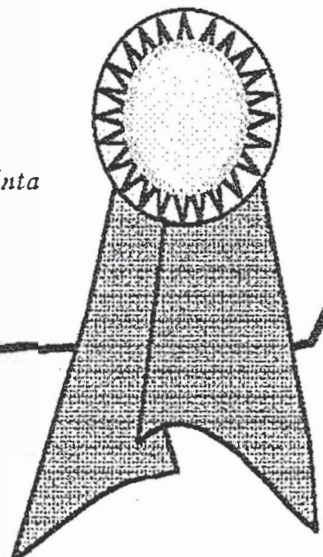




"Segala sesuatu yang kamu kehendaki supaya orang perbuat kepadamu, perbuatlah juga kepada mereka" (Matius 7:12)

"Kasihilah musuhmu, berbuatlah baik kepada orang yang membenci kamu, mintalah berkat bagi orang yang mengutuk kamu, berdoalah bagi orang yang mencaci kamu" (Lukas 6:27)

Dipersembahkan untuk Papi, Mami tercinta  
dan kakak serta adik tersayang



F/TPG  
1995  
0319  
IPB University

© Hak cipta milik IPB University

IPB University

**SKRIPSI**  
**PENGARUH PENGGORENGAN  
TERHADAP MUTU MINYAK SAWIT MERAH**

Oleh  
**AGUS PURBOWO**  
F 28. 1448



**1995**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**  
**B O G O R**

Hak Cipta: Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk kepentingan lain dan dipersebarluaskan kembali.  
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pertukaran karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan lain.  
3. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya ini untuk keperluan lain.  
4. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk kepentingan komersial.  
5. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk kepentingan politik.

Terbitan: 1995

AGUS PURBOWO F 28.1448. Pengaruh Penggorengan terhadap Mutu Minyak Sawit Merah. Di bawah bimbingan Sassya Santausa dan Ni Luh Puspitasari.

## RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggorengan terhadap mutu minyak sawit merah (MSM) serta produk yang digoreng. Bahan yang digunakan adalah minyak sawit (olein) merah kasar, yang kandungan karoten totalnya sekitar 700 ppm, dan sebagai pembanding digunakan minyak sawit pucat komersial (MPK). Produk yang digoreng adalah tahu, karena tahu adalah bahan pangan yang komposisinya sederhana (hanya berasal dari 1 bahan dasar) dan kadar lemaknya rendah (tidak mengubah komposisi asam lemak minyak), sehingga akan memudahkan interpretasi hasil penelitian.

Penggorengan dilakukan pada suhu 140-160 °C, dengan waktu 4-6 menit dan perbandingan minyak dengan bahan 8 : 1. Penggorengan dilakukan empat kali berturut-turut tanpa mengganti, menambah atau mengurangi jumlah minyak yang digunakan. Sampel minyak diambil setiap kali sehabis penggorengan dan sampel tersebut disimpan pada suhu -27°C, sampai sampel dianalisa.

Analisa mutu minyak yang dilakukan adalah penentuan bilangan peroksida, kadar asam lemak bebas, kekentalan,

senyawa polar dan non polar, kandungan beta karoten dan karoten total. Analisa produk meliputi penentuan kadar air, karoten total dan kadar lemak serta pengamatan subyektif terhadap rasa dan penampakan produk gorengan.

Bilangan asam minyak sawit merah mula-mula 0,11 mg KOH/gr minyak, lalu meningkat hingga 1,13 mg KOH/gr minyak pada penggorengan keempat. Kadar senyawa polar MSM mula-mula 8,6 %, lalu meningkat hingga berkisar pada 23,7 % pada penggorengan keempat. Nilai kekentalan MSM mula-mula 60,38 cp, setelah minyak tersebut digunakan untuk menggoreng, kekentalan minyak tersebut meningkat dan pada penggorengan keempat menjadi 70,7 cp. Kandungan beta karoten MSM mula-mula 512 ppm, lalu menurun setelah minyak tersebut digunakan untuk menggoreng, yaitu berkisar pada 37 ppm pada penggorengan keempat. Kandungan karoten total minyak mula-mula 738 ppm, lalu turun hingga 63 ppm setelah minyak tersebut digunakan untuk menggoreng empat kali. Bilangan peroksida minyak sawit merah mula-mula tinggi yaitu 28,36 meq/kg minyak lalu turun hingga 9,06 meq/kg minyak pada penggorengan ketiga dan pada penggorengan keempat naik lagi hingga berkisar antara 9,67 meq/kg minyak.

Bilangan asam minyak pucat komersial mula-mula sebesar 0,16 mg KOH/gr minyak, setelah digunakan untuk menggoreng, bilangan asam minyak tersebut mengalami kenaikan, dan pada penggorengan keempat menjadi 0,26 mg

KOH/gr minyak. Kadar senyawa polar minyak pucat komersial mula-mula 9,6 %, lalu mengalami kenaikan setelah digunakan untuk menggoreng, dan kadar senyawa polar setelah penggorengan yang keempat berkisar pada 38,6 %. Bilangan peroksida minyak pucat komersial mula-mula 3,24 meq/kg minyak, lalu meningkat hingga 18,24 meq/kg minyak setelah penggorengan keempat. Kekentalan minyak pucat komersial juga meningkat setelah minyak tersebut digunakan untuk menggoreng, mula-mula kekentalan minyak tersebut adalah 51,68 cp lalu meningkat hingga 63,01 cp pada penggorengan keempat. Kandungan karoten total minyak pucat komersial mula-mula 15 ppm, dan setelah minyak pucat tersebut digunakan untuk menggoreng, maka kandungan karoten total menurun hingga 13 ppm pada penggorengan keempat. Sedangkan kandungan beta karoten tidak terdeteksi oleh *HPLC*.

Kadar lemak tahu mula-mula berkisar antara 8,87 % (bk), lalu meningkat menjadi 21,84 % (bk), setelah tahu tersebut digoreng dengan minyak pucat bekas 4 kali penggorengan. Kadar air tahu mula-mula 443,60 % (bk) dan menurun hingga 129,42 % (bk), pada tahu yang digoreng dengan minyak pucat bekas 4 kali penggorengan. Kadar lemak tahu yang akan digoreng dengan minyak sawit merah mula-mula adalah 2,74 % (bk), lalu meningkat menjadi 25,43 % (bk) setelah penggorengan keempat. Kadar air awal tahu yang akan digoreng dengan minyak sawit merah adalah 453 % (bk), dan menurun menjadi 121,60 % (bk) setelah penggorengan keempat.

Kandungan karoten total tahu yang akan digoreng dengan minyak sawit merah mula-mula 2 ppm, lalu meningkat pada penggorengan pertama menjadi 52 ppm dan kadar karoten total di dalam tahu menurun hingga hanya 9 ppm setelah digoreng dengan minyak bekas 4 kali penggorengan.

Dari hasil uji kesukaan terhadap penampakan dan rasa tahu diperoleh hasil bahwa baik tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah maupun tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial hingga penggorengan keempat dapat diterima panelis pada rentang skala suka hingga biasa. Pada penggorengan tahu yang pertama kali digoreng dengan MSM tidak disukai panelis karena warnanya menjadi kuning. Tahu yang digoreng dengan MSM setelah penggorengan berikutnya lebih disukai karena warnanya semakin mendekati warna tahu goreng yang dijumpai di pasar.

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

PENGARUH PENGGORENGAN  
TERHADAP MUTU MINYAK SAWIT MERAH

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN  
Pada Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian Bogor

oleh :

AGUS PURBOWO

F 28.1448

Dilahirkan di Semarang pada tanggal 21 Agustus 1972

Tanggal lulus : 10 November 1995

Menyetujui,

Bogor, Desember 1995

IR. NI LUH PUSPITASARI, MSc

Dosen Pembimbing II

IR. SASSYA SANTAUSA S, MS

Dosen Pembimbing I



## KATA PENGANTAR

Puji syukur dan penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Pengasih yang telah memberikan tuntunan, bimbingan dan kasih karuniaNya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan.

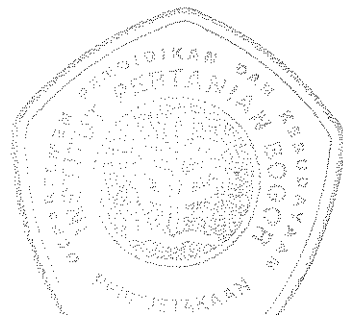
Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan baik secara moril maupun material berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini pula penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sassy S. Samiadji, MS., dan Ir. Ni Luh Puspitasari, MSc., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ir. Dede R. Adawiyah, selaku dosen penguji yang telah membantu memperbaiki penulisan skripsi ini.
3. Papi dan mami yang selalu memberikan dukungan moril dan material kepada penulis.
4. Toni, Darwis, Mbak Sri, dan Mas Taufik yang telah banyak membantu selama penelitian dan penulisan skripsi
5. Teman-teman di Perwira 16 atas bantuan dan kerjasamanya selama penulis menyelesaikan studi dan semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik yang membangun dan saran sangat penulis hargai. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Bogor, Desember 1995

Penulis



# DAFTAR ISI

	halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. TANAMAN KELAPA SAWIT	5
B. KOMPOSISI MINYAK SAWIT MERAH	6
C. MINYAK GORENG	10
D. PROSES PENGGORENGAN	14
E. PERUBAHAN SIFAT FISIKO-KIMIA MINYAK GORENG SELAMA PROSES PENGGORENGAN	18
F. KAROTENOID	23
G. TAHU	26
III. BAHAN DAN METODE	28
A. BAHAN DAN ALAT	28
B. METODE PENELITIAN	30
C. PENGAMATAN	32
D. RANCANGAN PERCOBAAN	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
A. MINYAK GORENG	43
B. TAHU	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
A. KESIMPULAN	71
B. SARAN	73
VI. DAFTAR PUSTAKA	75
VII. LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik sifat fisiko kimia minyak sawit merah dan minyak pucat komersial .....	29
---	----



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Penggorengan <i>deep frying</i> .....	17
Gambar 2.	Tahap oksidasi lemak .....	22
Gambar 3.	Perubahan kekentalan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan. ....	45
Gambar 4.	Perubahan bilangan asam minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan .....	48
Gambar 5.	Perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan .....	53
Gambar 6.	Perubahan kandungan beta karoten, karoten total tahu dan karoten total minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan .....	55
Gambar 7.	Kromatogram hasil pemisahan karotenoid minyak sawit merah dan minyak pucat komersial dengan <i>HPLC</i> . Kondisi pemisahan seperti pada halaman 34 .....	57
Gambar 8.	Perubahan kandungan senyawa polar minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan .....	61
Gambar 9.	Perubahan kadar air dan kadar lemak tahu hasil penggorengan .....	63
Gambar 10.	Skor rata-rata penerimaan panelis terhadap penampakan tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial yang digunakan berkali-kali .....	68
Gambar 11.	Skor rata-rata penerimaan panelis terhadap tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial yang digunakan berkali-kali .....	69



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak pucat komersial (cp) .....	79
Lampiran 2.	Tabel pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak sawit merah (cp) .....	79
Lampiran 3.	Sidik ragam pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak sawit merah dan minyak pucat komersial ..	79
Lampiran 3a.	Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap viskositas minyak ....	80
Lampiran 3b.	Uji Duncan pengaruh penggorengan 4 kali terhadap viskositas minyak .....	80
Lampiran 3c.	Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap viskositas minyak .....	80
Lampiran 4.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan bilangan asam minyak pucat komersial (mg KOH/gr minyak).....	81
Lampiran 5.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan bilangan asam minyak sawit merah (mg KOH/gr minyak) .....	81
Lampiran 6.	Sidik ragam pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan bilangan asam minyak sawit merah dan minyak pucat komersial ..	81
Lampiran 6a.	Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap bilangan asam minyak .	82
Lampiran 6b.	Uji Duncan pengaruh penggorengan 4 kali terhadap bilangan asam minyak .....	82
Lampiran 6c.	Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap bilangan asam minyak .....	82
Lampiran 7.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan bilangan peroksida minyak pucat komersial (meq/kg minyak)...	83
Lampiran 8.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah (meq/kg minyak).....	83



Lampiran	9.	Sidik ragam pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah dan minyak pucat komersial .....	83
Lampiran	9a.	Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap bilangan peroksida minyak .....	84
Lampiran	9b.	Uji Duncan pengaruh penggorengan 4 kali terhadap bilangan peroksida minyak .....	84
Lampiran	9c.	Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap bilangan peroksida minyak.....	84
Lampiran	10.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak pucat komersial (%).....	85
Lampiran	11.	Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak sawit merah (%).....	85
Lampiran	12.	Sidik ragam pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak sawit merah dan minyak pucat komersial .....	85
Lampiran	12a.	Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap kadar senyawa polar minyak .....	86
Lampiran	12b.	Uji Duncan pengaruh penggorengan 4 kali terhadap kadar senyawa polar minyak ....	86
Lampiran	12c.	Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar senyawa polar minyak ...	86
Lampiran	13.	Tabel pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar air produk tahu minyak pucat komersial (%) .....	87
Lampiran	14.	Tabel pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar air produk tahu minyak sawit merah (%) .....	87
Lampiran	15.	Sidik ragam pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar air produk tahu minyak sawit merah dan minyak pucat komersial .....	87
Lampiran	15a.	Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap kadar air produk tahu .....	88



Lampiran	15b. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar air produk tahu .....	88
Lampiran	16. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan menggunakan minyak pucat komersial terhadap perubahan kadar lemak produk tahu (%) .....	89
Lampiran	17. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar lemak produk tahu minyak sawit merah (%) .....	89
Lampiran	18. Sidik ragam pengaruh hasil penggorengan dengan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial terhadap perubahan kadar lemak tahu .....	89
Lampiran	18a. Uji Duncan pengaruh hasil penggorengan terhadap kadar lemak tahu .....	90
Lampiran	18b. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar lemak tahu .....	90
Lampiran	19. Tabel pengaruh penggorengan 4 kali menggunakan minyak pucat komersial terhadap kandungan karoten total (ppm) .....	91
Lampiran	20. Tabel pengaruh penggorengan 4 kali menggunakan minyak sawit merah terhadap perubahan kandungan karoten total (ppm) ..	91
Lampiran	21. Sidik ragam pengaruh 4 kali penggorengan terhadap perubahan kandungan karoten total minyak sawit merah dan minyak pucat komersial .....	91
Lampiran	21a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap kandungan karoten total minyak .....	92
Lampiran	21b. Uji Duncan pengaruh penggorengan 4 kali terhadap kandungan karoten total minyak.	92
Lampiran	21c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kandungan karoten total minyak.	92
Lampiran	22. Sidik ragam uji organoleptik terhadap rasa tahu hasil penggorengan dengan menggunakan minyak pucat komersial .....	93
Lampiran	23. Sidik ragam uji organoleptik terhadap penampakan tahu hasil penggorengan dengan menggunakan minyak pucat komersial.	93

Lampiran	24. Sidik ragam uji organoleptik terhadap penampakan tahu hasil penggorengan dengan menggunakan minyak sawit merah ....	93
Lampiran	25. Uji Duncan pengaruh penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap penampakan tahu .....	94
Lampiran	26. Sidik ragam uji organoleptik terhadap rasa tahu hasil penggorengan dengan menggunakan minyak sawit merah .....	94
Lampiran	26a. Uji Duncan pengaruh penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap rasa tahu .....	94
Lampiran	27. Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan kandungan beta karoten minyak pucat komersial (ppm) ...	95
Lampiran	28. Tabel pengaruh penggorengan 4 kali terhadap perubahan karoten total (ppm) di dalam tahu .....	95
Lampiran	29. Kromatogram pemisahan karotenoida pada minyak sawit merah .....	96
Lampiran	30. Kurva standar kandungan beta karoten pada minyak sawit merah .....	97
Lampiran	31a. Gambar minyak sawit merah segar hingga yang digunakan untuk menggoreng sebanyak 4 kali .....	97
Lampiran	31b. Gambar minyak pucat komersial segar hingga yang digunakan untuk menggoreng sebanyak 4 kali .....	98
Lampiran	32. Formulir uji organoleptik .....	99



## I. PENDAHULUAN

Penggorengan merupakan suatu metode memasak yang telah banyak dilakukan. Dalam penggorengan, minyak berfungsi sebagai medium penghantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai gizi serta kalori dalam bahan pangan. Selama proses penggorengan, minyak terserap ke dalam makanan dan menyebabkan terjadinya pelarutan sebagian dari komponen yang digoreng. Flavor makanan gorengan terbentuk akibat pemanasan protein, karbohidrat, lemak dan komponen minor lainnya dalam makanan itu (Orthoefer, 1989).

Selama proses penggorengan minyak goreng berinteraksi dengan bahan pangan, udara dan panas. Proses penggorengan tersebut akan menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia minyak goreng yang digunakan dan produk yang digoreng. Perubahan terjadi lebih banyak pada minyak yang digunakan untuk penggorengan berkali-kali, misalnya dalam proses penggorengan *deep frying*, akan mengalami perubahan sifat fisik dan kimia yang menyebabkan penurunan mutu dan nilai gizi minyak termasuk makanan gorengan yang dihasilkan. Selain itu di dalam minyak juga terdapat senyawa polimer. Perubahan ini pada tingkat lanjut bahkan diduga dapat menyebabkan keracunan bagi tubuh.

Perubahan fisik minyak goreng yang terlihat adalah meningkatnya kekentalan minyak karena pembentukan senyawa

polimer akibat dari pemanjangan rantai asam lemak tidak jenuh, dan berubahnya asam lemak tidak jenuh menjadi asam lemak jenuh. Selain itu, akan terlihat pula perubahan warna minyak menjadi coklat atau hitam, berasap dan menimbulkan aroma tengik.

Perubahan sifat fisiko kimia pada minyak akibat pemanasan juga akan mempengaruhi mutu bahan pangan yang diolah bersama minyak tersebut. Bahan pangan tersebut akan berwarna lebih gelap, mempunyai flavor yang tidak disukai dan terasa berlendir.

Kerusakan minyak dapat terjadi karena proses hidrolisis, oksidasi, polimerisasi dan karamelisasi. Kerusakan ini akan menyebabkan minyak kelihatan berasap dan akan menyebabkan warna coklat serta flavor yang tidak disukai. Kerusakan tersebut dapat mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit misalnya penumpukan lemak dalam pembuluh darah (atherosclerosis), dan kanker.

Minyak goreng yang digunakan sering berasal dari minyak sawit merah, karena minyak tersebut selain merupakan salah satu sumber minyak (energi), juga mengandung zat gizi mikro yaitu karotenoid dan antioksidan lainnya yang penting untuk menghindari penyakit kanker, kebutaan, jantung dan penyakit degeneratif lainnya. Tetapi dalam proses lanjut pembuatan minyak goreng, zat gizi mikro dengan sengaja dibuang demi menyesuaikan nilai estetika minyak goreng sesuai dengan permintaan pasar, maka selama ini beta

karoten belum dimanfaatkan, bahkan ikut terbangun pada waktu proses dekolorisasi (bleaching) (Mangoensoekarjo *et al.*, 1991).

Kekurangan vitamin A di Indonesia merupakan salah satu masalah gizi utama, di samping kekurangan kalori dan protein (KKP), gangguan akibat kekurangan iodium (GAKI), dan anemia kekurangan besi. Diperkirakan setiap tahun lebih dari 60.000 anak Indonesia menderita gangguan penglihatan tingkat berat akibat kekurangan vitamin A dan sepertiga dari mereka menjadi buta dan tidak mungkin disembuhkan (Kodyat, 1989).

Prinsip dasar untuk menanggulangi masalah kekurangan vitamin A di Indonesia adalah menyediakan vitamin A yang cukup untuk tubuh. Ini dapat ditempuh dengan meningkatkan konsumsi sumber vitamin A alami, misalnya konsumsi sayuran dan minyak kelapa sawit. Keuntungan penggunaan minyak kelapa sawit adalah minyak ini mengandung beta karoten yang tinggi.

Pada penelitian ini digunakan minyak sawit merah fraksi olein hasil pemisahan minyak sawit kasar dan belum mengalami pemucatan. Hal ini disebabkan karena minyak tersebut masih mengandung zat gizi mikro (karoten, vitamin E dan tokotrienol) dalam jumlah tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggorengan terhadap penurunan mutu minyak sawit merah sehingga diperoleh infor





## A. TANAMAN KELAPA SAWIT

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq.) adalah tanaman berkeping satu yang termasuk dalam famili *Palmae*. Nama genus *Elaeis* berasal dari bahasa Yunani *Elaion* atau minyak, sedangkan nama *Guineensis* berasal dari kata *Guinea*, yaitu nama tempat di mana orang bernama Jacquin menemukan tanaman sawit pertama kali di pantai Guinea (Ketaren, 1986). Tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada daerah beriklim tropis dengan curah hujan 2000-2500 mm per tahun dan kisaran suhu 22-32°C (Ketaren, 1986). Kelembaban udara 50-90 % dan lama penyinaran matahari 5-7 jam setiap hari (Anonim, 1988). Menurut Lubis (1992), bunga kelapa sawit berumah satu (monoecus) dengan bunga jantan dan betina berada dalam satu pohon. Buah kelapa sawit termasuk buah dupe (buah batu), bentuk buah dari bulat sampai dengan lonjong, berwarna jingga sampai hitam, panjangnya sekitar 2-5 cm, serta memiliki berat buah rata-rata 3-30 gram.

Varietas tanaman kelapa sawit yang dikenal pada saat ini, dibedakan berdasarkan warna kulit dan bentuk buah, atau dari perbedaan tempurung atau endokarpnya. Tipe *Macrocarpa*, *Dura*, *Tenera* dan *Pisifera* merupakan

empat varietas yang dibedakan berdasarkan tebal tempurung (Ketaren, 1986). *Macrocaria* memiliki tempurung yang paling tebal, sedangkan *Pisifera* memiliki tempurung yang tipis.

Kriteria umum untuk tandan buah yang dapat dipanen adalah berdasarkan jumlah brondolan yang jatuh. Praktisnya digunakan aturan umum, yaitu pada setiap satu kilogram tandan buah segar (TBS) terdapat dua brondolan yang jatuh. Menurut Ketaren (1986) selain kriteria jumlah buah yang rontok pada tiap tandan, juga dapat dilihat dari warna kulit buah. Pada saat itu kadar minyak mesokarp mencapai maksimum dan kandungan asam lemak bebas minimum. Menurut Tim Penulis PS (1992) Warna buah yang masih muda berwarna hijau pucat, kemudian berubah menjadi hijau hitam. Semakin tua warna buah menjadi kuning muda dan pada waktu sudah masak berwarna merah kuning (jingga).

Kematangan buah kelapa sawit yang optimum adalah pada umur 15 - 17 minggu setelah antesis (pembuahan). Kadar minyak sawit dan minyak inti sawit tertinggi pada buah sawit yang berumur 16 minggu (Muchtadi, 1992).

## B. KOMPOSISI MINYAK SAWIT MERAH

Salah satu sumber minyak atau lemak nabati adalah minyak sawit yang diekstrak dari daging (mesokarp) buah sawit dan minyak inti sawit yang diperoleh dari

ekstraksi inti buah sawit. Minyak sawit memiliki sifat-sifat yang berbeda dengan minyak inti sawit, yaitu minyak sawit bersifat setengah padat pada suhu ruang (Naibaho, 1983), sedangkan minyak inti sawit bersifat cair pada suhu ruang. Perbedaan sifat ini disebabkan oleh perbedaan jenis dan jumlah rantai asam lemak yang membentuk trigliserida dalam kedua minyak tersebut (Goh et al., 1987). Lebih lanjut menurut Muchtadi (1992), perbedaan lainnya antara minyak sawit dan minyak inti sawit yaitu dalam minyak sawit terdapat pigmen karotenoid yang berwarna kuning merah, sedangkan minyak inti sawit tidak memiliki pigmen karotenoid.

Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80 persen perikarp dan 20 persen buah yang dilapisi kulit yang tipis, kadar minyak kelapa sawit dalam perikarp sekitar 34 - 40 persen. Minyak kelapa sawit merupakan lemak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap (Ketaren, 1986).

Bahan baku utama yang dipakai oleh perusahaan pengolah minyak kelapa sawit adalah CPO (*crude palm oil*). Minyak sawit kasar ini harus diproses lebih lanjut bila hendak digunakan sebagai minyak goreng dan lemak makan. Proses yang digunakan antara lain ialah proses fraksinasi (pemisahan antara fraksi olein dan stearin), proses "degumming", bleaching, dan deodorisasi (Wijaya, 1989).

Fraksi cair olein merupakan bahan baku utama untuk produk minyak goreng dan fraksi stearin merupakan bahan baku untuk produk margarin.

Minyak sawit selain mengandung komponen utama trigliserida, juga mengandung komponen yang jumlahnya sangat kecil termasuk karotenoid, tokoferol, tokotrienol, sterol, triterpen alkohol, fosfolipida, glikolipida dan berbagai komponen "trace element" (Goh *et al.*, 1987).

Minyak kelapa sawit (MKS) mempunyai kandungan asam lemak linoleat dan linolenat yang rendah, sehingga minyak goreng yang terbuat dari kelapa sawit memiliki kemantapan kalor (*heat stability*) yang tinggi dan tidak mudah teroksidasi. Minyak goreng kelapa sawit cocok untuk *deep frying* karena minyaknya lebih awet, serta makanan yang digoreng dengan minyak sawit tidak cepat terasa tengik, karena sedikitnya kandungan asam lemak rantai pendek yang mudah mengalami hidrolisis. Kandungan lemak jenuh minyak goreng kelapa sawit yang terbuat dari olein, 6% lebih rendah daripada kandungan lemak jenuh CPO (Mangoensoekarjo *et al.*, 1991). Lebih lanjut menurut Law dan Thiagarajan (1989), minyak sawit mengandung 39 persen asam oleat, 10,5 persen asam linoleat, 44 persen asam palmitat dan 4,5 persen asam stearat.

Warna minyak ditentukan oleh adanya pigmen yang masih tersisa setelah proses pemucatan, karena asam lemak dan trigliserida tidak berwarna. Warna oranye atau kuning disebabkan adanya pigmen karoten yang larut dalam minyak (Ketaren, 1986). Menurut Muchtadi (1992), minyak sawit mempunyai kandungan karoten yang sangat tinggi, dibanding dengan minyak lainnya, yaitu setara dengan 36.000 ppm aktivitas vitamin A (30 kali lebih tinggi dari margarin).

Karoten ditemukan pada beberapa varietas minyak kelapa sawit yaitu sebanyak 0,2%, yang akan memberikan karakteristik merah oranye. Hasil oksidasinya bersifat stabil dan menyebabkan warna coklat tua pada minyak (Krinsky, 1989). Lebih lanjut menurut Iwasaki dan Murakoshi (1992), karoten merupakan prekursor vitamin A yang penting.

Menurut Berger (1983), kandungan tokoferol pada minyak sawit selain memiliki aktivitas sebagai antioksidan, secara fisiologis juga memiliki aktivitas sebagai vitamin E. Lebih lanjut menurut Mangoensoekarjo et al. (1991), mengatakan bahwa kurang lebih 800 ppm tokoferol terdapat dalam minyak sawit. Senyawa tokoferol dalam minyak sawit merupakan campuran dari alfa-tokoferol 20%, alfa-tokotrienol 25%, gamma-tokotrienol 45%, dan delta-tokotrienol 10%.

### C. MINYAK GORENG

Minyak goreng adalah minyak nabati atau hewani yang telah mengalami pemurnian yang meliputi *degumming*, netralisasi, pemucatan dan deodorisasi. Menggoreng adalah suatu cara yang telah umum digunakan untuk menyajikan makanan. Di dalam proses menggoreng, minyak digunakan sebagai medium pemanasan. Fungsi minyak goreng sampai saat ini adalah sebagai penghantar panas, memberikan flavor dan menambah nilai gizi makanan (Djarmiko dan Enie, 1985).

Tidak semua minyak nabati dapat digunakan sebagai minyak goreng. Menurut Ketaren (1986), bahwa minyak yang termasuk golongan minyak setengah mengering (*semi drying oil*) atau pun minyak mengering (*drying oil*), misalnya minyak biji kapas, minyak biji bunga matahari, minyak kedelai tidak dapat digunakan sebagai minyak goreng. Hal ini disebabkan karena jika minyak tersebut kontak dengan udara pada suhu tinggi, maka minyak akan cepat teroksidasi sehingga menjadi berbau tengik.

Menurut Winarno (1991), minyak yang dapat digunakan untuk menggoreng adalah minyak yang tergolong dalam kelompok minyak tidak mengering (*non drying oil*) yaitu minyak yang tidak akan membentuk lapisan keras bila dibiarkan mengering di udara. Termasuk golongan di dalamnya adalah minyak kelapa sawit.

Menurut ikatan pada rantai karbonnya asam lemak dapat dibedakan menjadi 2, yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh tidak mempunyai ikatan rangkap pada rantai karbonnya, sedangkan asam lemak tidak jenuh memiliki 1 atau lebih ikatan rangkap.

Komponen utama minyak yang sangat menentukan mutu minyak adalah asam lemaknya, karena asam lemak tersebut yang akan menentukan sifat fisik, kimia maupun stabilitas minyak. Asam linoleat adalah asam lemak yang mempengaruhi kestabilan minyak, sehingga yang mengandung asam linoleat lebih sedikit akan lebih stabil (Djarmiko, 1984). Lebih lanjut menurut Ketaren (1986), faktor lain yang mempengaruhi standar mutu yaitu : kandungan air dan kotoran dalam minyak, warna, bilangan peroksida, titik cair dan kandungan gliserida, plastisitas, *spreadability*, kejernihan dan kandungan logam berat.

Griswold (1962) yang dikutip dari Sadikin (1992), mengatakan bahwa minyak goreng yang dihasilkan dari bahan yang berbeda mempunyai stabilitas yang berbeda pula. Karena stabilitas minyak goreng dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain derajat kejenuhan asam lemak yang dikandungnya, penyebaran ikatan rangkap dan bahan-bahan pembantu yang dapat menghambat atau

mempercepat proses kerusakan. Bahan pembantu tersebut terdapat secara alami ataupun sengaja ditambahkan.

Minyak goreng harus mempunyai titik asap yang tinggi, karena pada proses menggoreng tidak dikehendaki terjadinya banyak asap. Titik asap minyak bervariasi berdasarkan kandungan asam lemak bebasnya. Minyak yang kandungan asam lemak bebasnya rendah mempunyai titik asap yang tinggi (Winarno, 1991).

Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan rasa getir pada tenggorokan. Hidrasi gliserol akan membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein tersebut. Makin tinggi titik asap, makin baik mutu minyak goreng itu (Ketaren, 1986).

Lemak yang telah digunakan untuk menggoreng titik asapnya akan turun, karena telah terjadi hidrolisis molekul lemak. Karena itu untuk menekan terjadinya hidrolisis, pemanasan lemak atau minyak sebaiknya dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Pada umumnya suhu penggorengan sekitar  $177 - 221^{\circ}\text{C}$  (Winarno, 1991).

Minyak goreng yang berasal dari minyak kelapa sawit lebih memiliki keunggulan daripada minyak nabati lainnya yaitu : lebih tahan lama, tahan terhadap



tekanan dan suhu tinggi dan tidak cepat tengik serta hampir tidak mengandung kolesterol (Anonim, 1988).

Minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai minyak goreng adalah fraksi olein. Olein adalah fraksi cair dari minyak sawit, berwarna kuning sampai jingga dan diperoleh dari hasil fraksinasi minyak sawit mentah (*crude palm oil*) yang berwarna kuning dari daging buah sawit (Anonim, 1988).

Olein merupakan trigeliserida yang bertitik cair rendah, serta mengandung asam oleat dengan kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan stearin (fraksi padat minyak sawit). Menurut Ketaren (1986), olein kasar (*crude palm olein*) dan olein yang telah dimurnikan (*refined, bleached and deodorized olein*), biasanya dihasilkan oleh industri pemurnian. Industri pemurnian minyak bertujuan, untuk menghilangkan rasa serta bau yang tidak enak, warna yang tidak menarik.

Menurut Goh et al. (1987) kadar tokoferol di dalam minyak olein kasar (*crude palm olein*) adalah berkisar 800-1000 ppm, kadar sterol adalah 270-440 ppm, dan kadar phospolipid yaitu 7 ppm.

#### D. PROSES PENGGORENGAN

Menggoreng merupakan salah satu cara pengolahan pangan yang banyak dilakukan karena dapat meningkatkan citarasa, kandungan gizi dan daya awet bahan pangan.

(Sadikin, 1992). Bahan pangan yang digoreng dengan baik akan mempunyai bagian luar yang renyah dan bagian dalam yang lembut, sedikit berair. Selain itu bahan pangan goreng juga mempunyai flavor dan warna yang menarik.

Dalam proses penggorengan, minyak berfungsi sebagai penghantar panas, akibatnya proses pemanasan menjadi lebih efisien dibandingkan dengan proses pemanggangan dengan oven dan lebih cepat dibandingkan dengan proses perebusan, karena suhu yang digunakan lebih tinggi (Sadikin, 1992).

Proses gangsa (pan frying) dapat menggunakan lemak atau minyak dengan titik asap yang lebih rendah dari suhu pemanasan pada sistem "deep frying". Ciri khas dari proses gangsa adalah bahan pangan yang digoreng tidak sampai terendam di dalam minyak atau lemak (Ketaren, 1986).

Penggorengan dengan minyak dalam jumlah banyak hingga bahan terendam atau sering disebut *deep fat frying* sering digunakan oleh industri (Varela, 1988). *Deep fat frying* adalah sebuah metode pengolahan makanan yang kompleks, yang banyak reaksi berganti dalam minyak goreng, menghasilkan degradasi oksidatif, degradasi hidrolitik serta polimerisasi minyak (Firestone, 1993).

Menurut Ketaren (1986), bahwa proses penggorengan yang dilakukan dalam industri pangan maupun restoran

umumnya adalah proses "deep frying". Penggorengan dengan cara ini membutuhkan banyak minyak karena bahan yang digoreng harus terendam seluruhnya dalam minyak. Minyak yang digunakan dalam proses *deep frying* tidak boleh terbentuk emulsi dan harus mempunyai titik asap di atas suhu penggorengan. Jika pada penggorengan terbentuk banyak asap, maka berarti minyak tersebut telah mengalami dekomposisi sehingga menyebabkan bau dan rasa yang tidak enak. Minyak goreng yang mengandung sejumlah besar asam lemak berantai pendek akan mudah membentuk busa dan tidak baik digunakan untuk menggoreng bahan makanan yang berkadar air tinggi.

Semua pangan goreng mempunyai struktur dasar yang sama, yaitu terdiri dari inti (*inner zone*), lapisan luar (*outer zone*) dan kerak (*outer zone surface*). *Inner zone* atau inti merupakan bagian dalam dari bahan pangan berkadar air tinggi dan umum terdapat pada bahan pangan yang digoreng. Pada hasil gorengan yang tipis seperti keripik kentang, keripik jagung dan mie merupakan kekecualian (Ketaren, 1986).

Menurut Ketaren (1986), bahwa *outer zone* atau lapisan luar adalah bagian luar yang mengalami dehidrasi pada waktu penggorengan, sedangkan permukaan luar atau kerak akan berwarna coklat keemasan akibat penggorengan. Timbulnya warna pada permukaan bahan

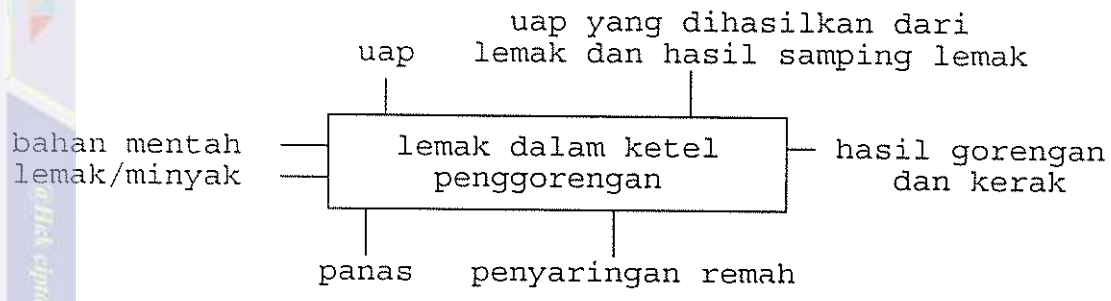
pangan disebabkan oleh reaksi pencoklatan atau reaksi *Maillard*. Tingkat intensitas warna ini tergantung dari lama dan suhu penggorengan dan juga komposisi kimia pada minyak dan permukaan luar bahan pangan.

Selama proses menggoreng berlangsung, maka sebagian minyak masuk ke bagian kerak dan bagian luar hingga *outer zone* dan mengisi ruang kosong yang pada mulanya diisi oleh air. Ada 2 macam fungsi dari lemak yang diserap yaitu mengempukkan kerak dan untuk membasahi bahan yang digoreng, sehingga menambah rasa lezat dan gurih. Jika seseorang mengkonsumsi bahan pangan yang digoreng, maka dia mengkonsumsi pula sejumlah lemak yang terbawa dari ketel penggorengan.

Prinsip penggorengan secara *deep frying* dapat dilihat pada Gambar 1. Ke dalam ketel berturut-turut dimasukkan minyak goreng, kemudian dipanaskan, selanjutnya dimasukkan bahan yang akan digoreng. Dari ketel akan diperoleh hasil gorengan, uap yang dihasilkan dari lemak, dan hasil samping lemak akibat pemanasan dan penggorengan serta kerak (Ketaren, 1986).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses penggorengan antara lain ialah ketel penggorengan, jenis minyak goreng dan stabilitasnya serta struktur bahan makanan yang digoreng.

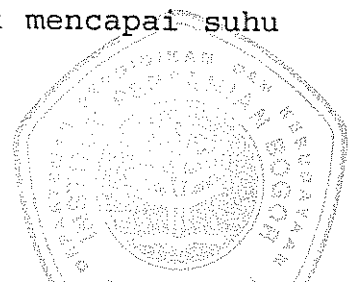




Gambar 1. Penggorengan *deep frying* (Ketaren, 1986).

Ketel adalah alat yang paling penting yang diperlukan dalam proses penggorengan. Berbagai faktor mempengaruhi kondisi penggorengan dalam ketel, yaitu pemanasan dengan adanya udara, lemak setempat kelewat panas, aerasi pada lemak, kontak lemak dengan logam dari ketel, kontak bahan pangan dengan minyak, adanya kerak dan partikel yang gosong (Ketaren, 1986). Dan bahan ketel yang baik digunakan untuk menggoreng adalah terbuat dari *stainless steel* atau *carbon steel*.

Menurut Robertson (1967), proses penggorengan yang baik, dilakukan pada suhu minyak sudah cukup tinggi, yang ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung uap air ini keluar secara kontinyu dari bahan pangan yang menyebabkan sulitnya minyak melakukan penetrasi ke dalam bahan pangan. Akibatnya tidak terlalu banyak minyak yang terserap ke dalam bahan pangan dan produk tidak terasa berminyak (*greasy*). Lebih lanjut Ketaren (1986) mengatakan pemanasan yang tidak mencapai suhu



penggorengan menyebabkan minyak membentuk busa, sehingga penggorengan tidak praktis.

Menurut Djatmiko dan Enie (1985), faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas minyak pada waktu penggorengan adalah suhu, oksigen, kandungan asam lemak bebas dalam minyak dan komposisi bahan yang digoreng.

Menurut Winarno (1991), bahwa suhu penggorengan harus lebih tinggi dari titik didih air, tetapi juga tidak boleh terlalu tinggi, karena akan mempercepat kerusakan minyak.

#### E. PERUBAHAN SIFAT FISIKO-KIMIA MINYAK GORENG SELAMA PROSES PENGGORENGAN

Sifat-sifat fisiko kimia dari minyak sawit meliputi warna, bau dan flavor, viskositas, indeks bias, kelarutan, titik cair, titik nyala, titik asap, bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar polimer (Ketaren, 1986).

Minyak sawit memiliki sifat-sifat khusus, yaitu memiliki bilangan iod 48,6 meq, bilangan penyabunan 190-202, 0,4-0,5 % kadar air dan kotoran, bilangan tak tersabunkan 0,2-0,5 %, titik leleh berkisar 30,5-37,09°C, dan kandungan asam lemak palmitat ( $C_{16}$ ) 46,6-53,0 %, dan 38,2-42,6 % oleat ( $C_{18:1}$ ).

Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak.

Asam lemak tidak jenuh dalam minyak dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk senyawa peroksida (Ketaren, 1986).

Minyak goreng yang telah dipakai untuk menggoreng akan mengalami peningkatan viskositas. Kenaikan kekentalan yang terjadi pada minyak yang sudah digunakan disebabkan oleh pembentukan polimer akibat pemanasan disamping adanya remah-remah dari bahan yang digoreng (Andarwulan et al., 1991). Viskositas minyak dapat diukur dengan viskometer bola jatuh.

Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak atau lemak, biasanya dihubungkan dengan proses hidrolisa minyak atau lemak dengan adanya air, alkali, asam, enzim lipase atau uap air panas. Penggorengan akan meningkatkan jumlah asam lemak bebas dalam minyak (Andarwulan et al., 1991).

Menurut Ketaren (1986), pemanasan mengakibatkan 3 macam perubahan kimia dalam lemak yaitu : terbentuknya peroksida dalam asam lemak tidak jenuh; peroksida terdekomposisi menjadi persenyawaan karbonil dan polimerisasi oksidasi sebagian. Hasil oksidasi sebagian asam lemak dapat dipisahkan dari lemak sebagai fraksi *non urea adduct*. Fraksi ini pada dosis 2,5 persen dapat mengakibatkan keracunan kronis pada tikus setelah tujuh hari, sedangkan peroksida dan per-



senyawaan karbonil mengakibatkan keracunan yang kronis dalam aktivitas biologis.

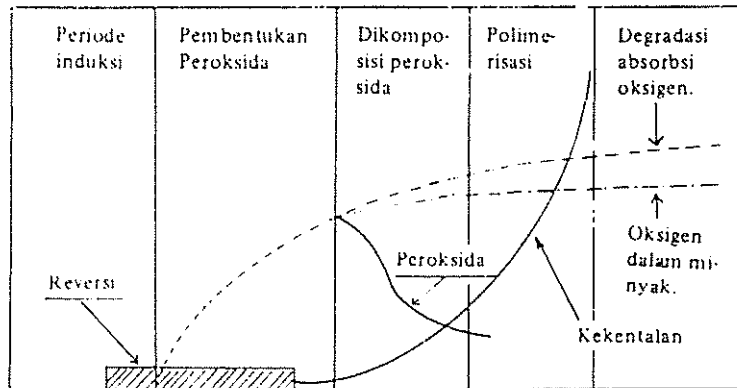
Tipe penyebab ketengikan dalam lemak atau minyak dibagi atas 3 golongan, yaitu : ketengikan oleh oksidasi (*oxidative rancidity*), ketengikan oleh enzim (*enzymatic rancidity*) dan ketengikan oleh proses hidrolisa (*hidrolitic rancidity*). Ketengikan oleh oksidasi terjadi karena proses oksidasi oleh oksigen udara terhadap asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Proses oksidasi dapat terjadi pada suhu kamar, dan selama proses pengolahan menggunakan suhu tinggi.

Minyak goreng mengandung sejumlah besar asam lemak tidak jenuh dalam molekul trigliserida. Reaksi-reaksi degradasi selama proses penggorengan didasarkan atas reaksi penguraian asam lemak. Produk yang terbentuk diklasifikasikan menjadi dua golongan utama yaitu : hasil dekomposisi yang tidak menguap (NVDP), yang tetap terdapat dalam minyak dapat diserap oleh bahan pangan yang digoreng dan hasil dekomposisi yang dapat menguap (VDP) yang keluar bersama-sama uap waktu minyak dipanaskan. Hasil dekomposisi yang tidak menguap atau *Non Volatile Decomposition Product* (NVDP) terbentuk dari asam lemak tidak jenuh yang terdapat di dalam molekul trigliserida. Ada tiga reaksi utama yang mendorong terbentuknya senyawa NVDP ini, yaitu autooksidasi, polimerisasi karena panas dan oksidasi

karena panas. Proses autooksidasi, polimerisasi termal, oksidasi termal pada prakteknya sukar sekali untuk dipisahkan. Ketiga proses ini dapat terjadi secara sendiri-sendiri atau serentak selama pemanasan dan pendinginan minyak. Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses autooksidasi adalah polimerisasi termal dan oksidasi termal sehingga membentuk hasil dekomposisi yang bersifat tidak menguap. Tahap dari proses oksidasi lemak dapat dilihat pada Gambar 2 (Ketaren, 1986). Proses oksidasi akan meningkat dengan peningkatan ketidakjenuhan minyak (Stevenson, 1984).

Lemak atau minyak yang mengandung asam lemak tidak jenuh, misalnya asam linoleat akan mengalami periode induksi, dan reaksi yang terjadi belum terdeteksi pada tahap ini. Proses autooksidasi diawali dengan periode induksi dimana minyak akan mengikat oksigen dari udara secara perlahan-lahan. Di sini minyak akan mengalami perubahan yang disebut *reversi* (Ketaren, 1986).

Menurut Ketaren (1986) peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk selama proses autooksidasi akan mengalami dekomposisi sehingga membentuk zat menguap seperti aldehida, keton, asam-asam, alkohol, hidrokarbon dan komponen lainnya. Panjang rantai zat menguap akibat oksidasi lemak terdiri dari  $C_1$ - $C_{18}$ .



Gambar 2. Tahap oksidasi lemak (Ketaren, 1986).

Jika minyak dipanaskan pada suhu tinggi (sekitar 250°C) tanpa oksigen, maka akan terjadi peristiwa polimerisasi yang berlangsung dalam beberapa tahap. Peristiwa tersebut disebut tahap polimerisasi termal. Pemanasan akan mengakibatkan konjugasi asam linoleat yang terdapat di dalam minyak. Senyawa ini selanjutnya akan membentuk cincin siklohexan dengan sebuah ikatan rangkap endosiklis. Kemudian senyawa ini akan bereaksi dengan molekul asam linoleat konjugasi lainnya membentuk sebuah trimer (Ketaren, 1986).

Jika minyak dipanaskan pada suhu tinggi dengan adanya oksigen, disebut oksidasi termal. Proses ini terjadi pada waktu menggoreng, misalnya pada lapisan permukaan lemak panas yang kontak dengan oksigen atmosfer. Asam lemak bebas akan terbentuk selama

proses oksidasi yang dihasilkan dari pemecahan dan oksidasi ikatan rangkap (Ketaren, 1986).

Menurut Boskou (1988), senyawa yang menguap ada 2 macam yaitu senyawa yang bersifat asam dan senyawa yang bersifat non-asam. Fraksi non asam menghasilkan senyawa yang terdiri dari hidrokarbon jenuh, hidrokarbon tidak jenuh, alkohol, ester, lakton, aldehida, keton dan senyawa-senyawa aromatik. Senyawa yang paling banyak dihasilkan ialah aldehida, termasuk pula senyawa-senyawa dienal yang memiliki bau khas minyak yang digoreng. Fraksi asam menghasilkan senyawa-senyawa yang terdiri dari asam lemak jenuh alifatik, asam lemak tak jenuh berikatan rangkap dua dan tiga, asam keto, asam hidroksi, asam dekarboksilat dan asam aromatik.

#### F. KAROTENOID

Karotenoid merupakan kelompok pigmen yang berwarna kuning, jingga, merah jingga serta larut dalam minyak. Karotenoid terdapat dalam kloroplast (0,5 %) bersama-sama dengan klorofil (9,3 %) terutama pada permukaan atas daun, dekat dengan dinding sel palisade (Winarno, 1991). Lebih lanjut menurut Fennema (1985), karotenoid menyebabkan warna kuning dan merah pada tanaman, ganggang, mikroorganisme dan hewan. Karotenoid ter-

sebar luas dan secara alami terdapat dalam jumlah besar.

Sebagian besar sumber vitamin A adalah karoten yang terdapat dalam bahan-bahan nabati seperti pada sayuran hijau, buah-buahan berwarna kuning dan merah, serta minyak sawit. Tubuh manusia mempunyai kemampuan mengubah sejumlah besar karoten menjadi vitamin A (retinol), sehingga karoten disebut provitamin A (Winarno, 1991).

Karotenoid tersusun oleh sekitar 300 senyawa yang tersebar luas dalam bahan nabati dan hewani. Di samping warnanya yang menarik, beberapa jenis karotenoid mempunyai fungsi yang sangat penting sebagai sumber vitamin A. Struktur dasar karotenoid terdiri dari ikatan hidrokarbon tidak jenuh yang dibentuk oleh 40 atom C atau mengandung 8 unit isopren dan 11 ikatan rangkap. Struktur yang membedakan alfa, beta dan gamma karoten adalah pada ikatan rangkap dari gugus cincinnya (Meyer, 1960).

Berdasarkan unsur-unsur penyusunnya karotenoid dibagi menjadi dua golongan utama yaitu golongan karoten yang tersusun oleh unsur-unsur atom C dan H, seperti alfa, beta, gamma karoten, dan golongan oksikaroten atau xantofil yang tersusun oleh unsur-unsur atom C, H, dan OH seperti lutein, violaxantin, neoxantin, zeaxantin, dan kriptoxantin. Dari karo-

tenoid total, kadar karoten (hidrokarbon) umumnya lebih tinggi (60-70%) dibandingkan dengan kadar oksikarotenoid (Bauernfeind et al., 1981).

Menurut Bauernfeind et al. (1981), sedikitnya ada sepuluh macam karotenoid yang menunjukkan aktivitas sebagai provitamin A, yaitu alfa, beta, dan gamma karoten, kriptosantin, alpha dan beta karoten epoksida, semi-beta-karotenon, beta-zeakaroten, 3,4-dehidro-beta-karoten, beta-apo-8-karotenal dan anhidrolutein.

Bauernfeind et al. (1981) menambahkan bahwa penyinaran langsung cahaya ultraviolet atau cahaya matahari dapat menyebabkan kerusakan karoten, yang kepekaannya dipengaruhi oleh adanya oksigen dan panas yang biasanya menjadi katalis dalam proses oksidasi, serta peroksida yang terbentuk pada proses oksidasi lemak akan mempercepat oksidasi karoten, sehingga menyebabkan kerusakan aktifitas karoten tersebut.

Menurut Kodyat (1989), bahwa bahan makanan sumber vitamin yang terdapat di Indonesia, selain sayuran hijau, minyak kelapa sawit merupakan sumber vitamin A. Bahkan menurut Chong (1989) *Unrefined Palm Oil* merupakan sumber alami provitamin A yang paling banyak.

Akhir-akhir ini karotenoid telah diketahui memiliki aktivitas biologis yang lain, selain sebagai prekursor vitamin A, antara lain sebagai faktor pertumbuhan dan reproduksi, anti kanker dan pemacu

respon imunologi. Hasil studi epidemiologis menunjukkan kecenderungan rendahnya resiko penyakit kanker dengan tingginya konsumsi makanan yang mengandung provitamin A, terutama beta karoten, dan juga karotenoid sangat potensial sebagai antioksidan (Iwasaki dan Murakoshi, 1992). Lebih lanjut menurut Aritonang (1994) vitamin A disamping untuk mencegah kebutaan, juga dapat bermanfaat bagi pertumbuhan yang optimal, menekan kesakitan dan kematian anak. Peran vitamin A pada pertumbuhan fisik erat kaitannya dengan metabolisme tubuh. Konsumsi vitamin A yang cukup akan memacu pertumbuhan anak secara normal. Bahkan dapat meningkatkan daya tahan tubuh, karena dengan vitamin A maka jaringan epitel yang rusak akan cepat diganti dan diferensiasi sel tetap terjaga sehingga dapat menjaga integritas sel dan menghindarkan diri dari serangan sel patogen.

#### G. TAHU

Shurtleff dan Aoyagi (1975), menyatakan bahwa tahu adalah gumpalan protein dari susu kedelai sesudah dipisahkan dari air tahu (whey) dengan cara pengepresan. Sedangkan Hardjo (1964) menyatakan bahwa tahu merupakan hasil pengendapan suatu larutan kental yang menjadi protein terdispersi yang berasal dari kedelai.

Tahu merupakan makanan yang menyehatkan dan mengandung zat-zat yang dibutuhkan untuk memperbaiki gizi. Kedelai mengandung protein, karbohidrat, lemak dan zat-zat mineral seperti kalium, fosfor, magnesium dan vitamin B1.

Tahu dibuat dengan cara mengendapkan protein dari sari kedelai panas dengan menggunakan bahan penggumpal. Selain protein, zat-zat lain yang terdapat dalam kedelai juga terbawa dalam endapan. Tahu biasanya dipasarkan setelah dibentuk dan dipotong-potong (Hermana, 1985).

Menurut Hermana (1985), pembuat tahu biasanya menggunakan batu tahu untuk membuat tahu yang keras dan menggunakan biang untuk menghasilkan tahu yang lunak. Sebenarnya tahu lunakpun dapat dibuat dengan menggunakan batu tahu.

Komposisi yang terdapat dalam tiap 100 gram tahu adalah 72 kkal kalori, 84 gram air, 4,3 gram lemak, 7,8 gram protein, 2,3 gram gula, 0,7 gram abu dan sisanya adalah zat gizi mikro lainnya, misalnya niasin, riboflavin, tiamin, besi (Shurtleff dan Aoyagi, 1975).

### III. BAHAN DAN METODE

#### A. BAHAN DAN ALAT

##### 1. Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa sawit merah kasar fraksi olein, selanjutnya akan disebut minyak sawit merah. Minyak sawit merah tersebut diperoleh dari Balai penelitian kelapa sawit di Medan. Minyak sawit merah ini belum mengalami proses pemurnian, dan sebagai pembanding digunakan minyak pucat komersial. Minyak pucat komersial ini diperoleh dari Mitra Supermarket di Dewi Sartika Plaza, Bogor. Bahan lain adalah tahu yang diperoleh dari perusahaan pembuatan tahu di Gunung Batu.

Bahan kimia untuk identifikasi pada analisis kandungan beta karoten digunakan standar beta karoten (Sigma 9750), untuk analisis senyawa polar digunakan silika gel 60 (Merck 7731), dan pelarut-pelarut organik serta bahan kimia lainnya.

Karakteristik sifat fisiko kimia minyak sawit merah dan minyak pucat komersial yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sifat fisiko kimia minyak sawit merah dan minyak pucat komersial

Sifat fisiko kimia	minyak sawit merah	minyak sawit pucat komersial
Bilangan peroksida (meq\kg)	28,42	1,58
Bilangan iod (gr I <sub>2</sub> /100g minyak)	44,50	60,20
Bilangan asam (mg KOH/g)	0,40	0,14
Viskositas (cp)	57,39	47,63
Indeks bias	1,4631	1,4625
Titik asap (°C)	180	220
Kandungan karoten total (ppm)	732	17
Kandungan beta karoten (ppm)	568	-
kandungan alfa tokoferol (ppm)	427	240
kandungan senyawa polar (%)	7,58	9,12

Sumber : Rianto (1995).

## 2. Alat

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian adalah: alat-alat penggorengan, viskometer bola jatuh (Gilmont R.), termometer, rotary evaporator, penangas air, stopwatch, sonikator (Branson 2000), timbangan analitik, Spektrofotometer (Shimadzu, UV-160) dan peralatan gelas.

Alat-alat yang digunakan untuk analisis Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi yaitu menggunakan pompa Bio-Rad model 1350, sistem kontrol Shimadzu SCL-6A, alat injektor Rheodyne 7125, alat pendeteksi UV-sinar tampak Shimadzu C-

R6A. Kolom yang digunakan untuk analisis karotenoida adalah Vydac 201 TP 54 fase terbalik C-18 dengan panjang 25 cm. Kondisi lainnya yaitu fase mobil yang digunakan adalah  $\text{CH}_3\text{CN} : \text{CH}_2\text{Cl}_2 : \text{CH}_3\text{OH} = 60 : 35 : 5$ , menggunakan panjang gelombang 462 nm dan kecepatan alirnya adalah 2 ml/menit, serta volume injeksi sebesar 20  $\mu\text{l}$ .

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan suhu penggorengan 140 °C, pada kondisi perbandingan minyak dan bahan 8 : 1 dan lama proses penggorengan sekitar 4-6 menit. Perbandingan minyak dengan bahan 8 : 1 yang memungkinkan seluruh bahan yang digoreng dapat terendam di dalam minyak selama proses penggorengan 4 kali berturut-turut tanpa mengganti, menambah atau mengurangi jumlah minyak yang digunakan (Andarwulan et al., 1991).

Suhu minyak goreng mencapai 160 °C dan ketika bahan dimasukkan ke dalamnya, suhu minyak berangsur-angsur turun sampai 130 °C. Suhu minyak selama proses penggorengan rata-rata 140 °C. Sampel minyak diambil setiap kali setelah selesai penggorengan dan sampel minyak bekas penggorengan tersebut disimpan dalam wadah gelas pada suhu -27°C sampai akan dianalisis.

Penelitian ini menggunakan minyak sawit merah (fraksi olein) yang belum mengalami pemurnian, karena minyak tersebut masih mengandung zat gizi mikro yang penting untuk menghindari kanker, penyakit jantung dan penyakit degeneratif lainnya. Sebagai pembanding digunakan minyak sawit pucat komersial.

Produk yang digoreng adalah tahu, karena produk tersebut berkadar lemak rendah. Penggunaan produk berlemak rendah bertujuan untuk mengetahui cara minyak goreng menyebabkan terjadinya suatu proses pada produk, dengan deskripsi perubahan tersebut maka dapat diestimasi yang terjadi pada nilai gizi dalam minyak goreng dan produk yang digoreng.

Parameter mutu minyak goreng yang dipelajari meliputi kekentalan (viskometer bola jatuh), kadar asam lemak bebas (Apriyantono et al., 1989), bilangan peroksida (Apriyantono et al., 1989), kadar senyawa polar (Waltking and Wessels, 1981), dan penentuan kandungan beta karoten (Ng dan Tan, 1988), serta kandungan karoten total minyak. Untuk produk gorengan diamati kadar air (AOAC, 1984), kadar lemak (Apriyantono et al., 1989) dan penilaian subyektif uji kesukaan (Soekarto, 1985) terhadap rasa dan penampilan, serta kandungan karoten total dalam produk.

### C. PENGAMATAN

Pengamatan dilakukan sebanyak 2 kali ulangan, baik pada minyak sawit merah maupun pada minyak goreng komersial. Pengamatan yang dilakukan terhadap minyak, meliputi :

#### 1. Kekentalan

Kekentalan sampel minyak diukur dengan menggunakan alat Viskometer Bola Jatuh.

Sampel minyak yang akan diukur viskositasnya dituang ke dalam Viskometer bola jatuh lalu dicatat waktu yang digunakan oleh bola untuk mencapai jarak yang ditentukan yang terdapat pada alat tersebut. Bola jatuh yang digunakan berasal dari bahan Tantalum. Viskositas akuades sebagai viskositas standar atau blanko. Rumus perhitungan yang dipakai adalah :

$$\text{Viskositas} = k \times (\text{BJ bola jatuh} - \text{BJ minyak}) \times t$$

(cp)

$k$  = konstanta yang didapat dari penghitungan standar

BJ bola jatuh = BJ Tantalum = 16.6

$t$  = waktu (menit)

## 2. Kadar Asam Lemak Bebas (AOAC, 1984).

Kadar asam lemak bebas menunjukkan persentase jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak, dihitung berdasarkan berat molekul asam lemak atau campuran asam lemak yang dominan terdapat di dalam minyak atau lemak tersebut.

Minyak yang akan diuji ditimbang sebanyak 10-20 gram di dalam erlenmeyer 250 ml. Ditambahkan 50 ml alkohol netral 95 %, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk.

Campuran ini lalu dititrasi dengan KOH 0.1 N. Indikator yang digunakan adalah pp 1 % di dalam alkohol. Titik akhir titrasi ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah jambu yang persisten selama 10 - 20 detik.

Kadar asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times 56.1}{\text{berat (gram)}}$$

## 3. Bilangan peroksida (AOAC, 1984)

Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkap sehingga membentuk

peroksida. Peroksida ini dapat ditentukan banyaknya dengan metode iodometri.

Bilangan peroksida ditentukan berdasarkan pengukuran sejumlah Iodium yang dibebaskan dari kalium iodida melalui reaksi oksidasi oleh peroksida pada suhu ruang di dalam medium asam asetat / kloroform.

Minyak ditimbang sebanyak 5 gram lalu ditambah 10 ml kloroform, 15 ml asam asetat dan 1 ml kalium iodida jenuh, kemudian digoyang selama 1 menit dan dibiarkan selama 5 menit di dalam ruang gelap, setelah itu dikeluarkan dari ruang gelap dan kemudian ditambahkan 75 ml akuades dan indikator larutan amilum 1 % hingga sampel akan berubah warnanya menjadi biru dan kemudian sampel dititrasi dengan 0.01 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  hingga warna biru tepat hilang.

$$\text{Perhitungan} = \frac{\text{ml titran} \times \text{N } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000}{\text{berat sampel}}$$

#### 4. Kandungan karoten (Ng dan Tan, 1988).

Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi yang digunakan untuk memisahkan karoten menggunakan kolom merk Vydac 201 TP 54 C-18 fase terbalik, panjang 25 cm, diameter 4,6 mm, sistem kontrol

Shimadzu SCL-6A, fase mobil  $\text{CH}_3\text{CN} : \text{CH}_2\text{Cl}_2 : \text{CH}_3\text{OH} = 60 : 35 : 5$ , dengan kecepatan alir eluen 2 ml/menit dan volume injeksi 20  $\mu\text{l}$ , serta dilakukan deteksi pada panjang gelombang 462 nm.

Minyak sebanyak 3 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml yang berisi 20 ml diklorometana digoyang hingga minyak larut, lalu ditambah 3 ml BHA 1% di dalam metanol dan 45 ml 17 % KOH di dalam metanol, kemudian sampel dibungkus aluminium foil, dan head space diisi dengan gas  $\text{N}_2$ , kemudian disaponifikasi selama 3 jam pada kondisi gelap atau tertutup.

Sampel tersebut diekstraksi dengan 50 ml petroleum eter sebanyak 3 kali, lalu sampel dicuci dengan NaCl masing-masing 50 ml sebanyak 4 kali dan terakhir kali dicuci dengan akuadest 50 ml satu kali.

Sampel yang telah diekstraksi tersebut lalu dirotavapor hingga kering pada suhu  $30^\circ\text{C}$ , kemudian sampel ditransfer ke 5 ml petroleum eter dan disimpan pada vial pada suhu  $-29^\circ\text{C}$ .

Identifikasi senyawa beta karoten dilakukan dengan jalan membandingkan pola kromatogram sampel dengan kromatogram standar beta karoten. Alfa karoten dan isomer cis dari beta karoten

diidentifikasi dengan jalan membandingkan kromatogram dengan hasil penelitian Quackenbush dan Smallidge (1985) yang terdapat pada O'Neil dan Schwartz (1992). Alfa karoten terelusi sebelum beta karoten, sedangkan isomer cis dari beta karoten terelusi setelah beta karoten.

Cara kuantifikasi dengan memasukkan luas area sampel ke dalam persamaan regresi linear kurva standar beta karoten. Dan dapat diketahui kadar kandungan karotennya setelah dikalikan dengan faktor pengencerannya.

$$[\text{beta karoten}] = \frac{[X] \times \text{FP} \times 1000}{\text{berat minyak (gram)}}$$

[X] = [beta karoten dari kurva standar]

FP = faktor pengenceran

#### 5. Analisis senyawa polar (Walting & Wessels, 1981).

Komponen polar adalah komponen minyak yang dideteksi oleh kromatografi kolom di bawah kondisi yang khusus dan yang termasuk senyawa polar adalah monogliserida, digliserida, asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak yang belum dipakai, dan juga hasil transformasi senyawa polar terbentuk selama penggorengan produk dan

atau selama pemanasan. Senyawa non polar kebanyakan adalah trigliserida yang tidak berubah. Minyak goreng dipisahkan oleh kolom kromatografi dengan silika gel menjadi senyawa polar dan non polar.

Kolom diisi dengan 10 ml eluen yang terdiri atas petroleum eter : dietil eter (87:13) dan kemudian glass wool diletakkan di dasar kolom.

Bubur yang terdiri dari 15 gram silika gel 60, 48 ml petroleum eter : dietil eter dan 0.789 gr  $H_2O$  mempunyai kadar air kira-kira 5 %, disiapkan di dalam *beaker glass*. Kemudian bubur dituangkan ke dalam kolom lalu dibilas dengan petroleum eter : dietil eter (87:13) hingga 6 cm di atas silika gel, dan lalu kolom dipadatkan dan ditambah pasir kuarsa sebanyak 2.4 gram di bagian atasnya.

Kolom dielusi dengan eluen sebanyak 100 ml hingga komponen non polar terelusi keluar semua. Eluat (campuran minyak yang berisi senyawa non polar dan pelarut) ditampung ke dalam labu erlenmeyer.

Labu rotavapor yang diketahui beratnya diisi dengan eluat. Pelarut diuapkan dengan rotavapor pada suhu  $65^{\circ}C$ . Setelah pelarut menguap, labu

sampel dihembus dengan gas nitrogen agar labu kering, kemudian labu ditimbang, hingga dapat diketahui berat akhirnya.

$$\text{Kadar Senyawa Non Polar (\%)} = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat labu kosong}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$\text{Kadar senyawa polar (\%)} = 100 \% - \text{Kadar senyawa non polar}$$

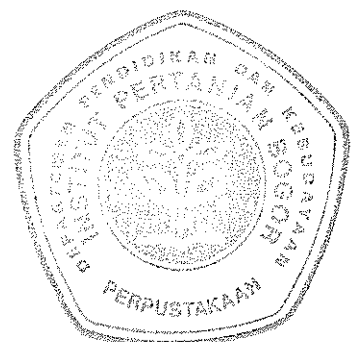
#### 6. Karoten total di dalam minyak goreng

Minyak yang sudah diencerkan dengan pelarut n-heksana diukur absorbansinya pada 450 nm.

Konsentrasi karoten total dalam larutan encer tersebut dihitung dengan menggunakan nilai  $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ , yang berarti absorbansi dari larutan standar beta karoten 1% dalam pelarut n-heksana dengan menggunakan kuvet 1 cm (10mg/ml) pada panjang gelombang 450 nm, sebesar 2500. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$[\text{Karoten total (ppm)}] = \frac{10 \times \text{Abs pada 450 nm} \times \text{FP} \times 1000}{2500 \times \text{berat minyak (gram)}}$$

FP = Faktor Pengenceran



Pengamatan yang dilakukan terhadap produk meliputi :

1. Kadar air metode oven (AOAC,1984) .

Cawan kosong dan tutupnya dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan kemudian didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang (untuk cawan aluminium didinginkan selama 10 menit dan cawan porselen didinginkan selama 20 menit). Sampel yang sudah dihomogenkan dalam cawan, ditimbang sebanyak kurang lebih 5 gram.

Tutup cawan diangkat, cawan beserta isi dan tutupnya ditempatkan di dalam oven selama lebih kurang 6 jam. Kontak antara cawan dengan dinding oven harus dihindarkan. Bila produk tidak mengalami dekomposisi dengan pengeringan yang lama, maka dapat dikeringkan selama 1 malam (16 jam).

Cawan dipindahkan ke desikator, dan ditutup dengan penutup cawan, lalu didinginkan. Setelah dingin, cawan ditimbang kembali. Lalu dikeringkan kembali ke dalam oven sampai diperoleh berat yang tetap.

$$\text{Persen kadar air (berat kering)} = \frac{W_3}{W_2} \times 100$$

$$\text{Persen kadar air (berat basah)} = \frac{W_3}{W_1} \times 100$$

Berat sampel (gram) =  $W_1$

Berat sampel setelah dikeringkan (gram) =  $W_2$

Kehilangan berat (gram) =  $W_3$

2. Kadar lemak kasar, metode soxhlet (Apriyantono et al., 1989)

Labu lemak yang ukurannya sesuai dengan alat ekstraksi soxhlet yang akan digunakan, dikeringkan dalam oven, didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Sampel dihomogenkan dan ditimbang sebanyak 5 gram langsung dalam saringan timbel yang sesuai ukurannya, kemudian ditutup dengan kapas yang bebas lemak. Sebagai alternatif sampel dapat dibungkus dengan kertas saring.

Timbel atau kertas saring yang berisi sampel diletakkan dalam alat ekstraksi soxhlet, kemudian di atasnya dipasang alat kondenser dan labu lemak di bawahnya.

Pelarut n-heksana dituangkan ke dalam labu lemak secukupnya sesuai dengan ukuran soxlet yang digunakan. Lalu dilakukan refluks selama minimum 5 jam sampai pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih.

Pelarut yang ada dalam labu lemak didistilasi dan pelarutnya ditampung. Selanjutnya labu lemak yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven 105°C.

Setelah dikeringkan sampai berat tetap dan didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang.

$$\% \text{ lemak (bk)} = \frac{\text{Berat lemak (gr)}}{\text{Berat sampel setelah dikeringkan (gr)}} \times 100$$

### 3. Uji organoleptik (Soekarto, 1985)

Uji organoleptik dengan metode uji kesukaan (Soekarto, 1985) dilakukan terhadap penampakan dan rasa. Skala yang digunakan 1 = sangat suka, 2 = suka, 3 = biasa, 4 = tidak suka, dan 5 = sangat tidak suka.

Sampel diujikan terhadap 20 orang panelis semi terlatih.

### 4. Karoten total di dalam produk tahu

Sampel dihomogenkan dan ditimbang sebanyak 2 gram, lalu sampel dimasukkan ke labu erlenmeyer dan diekstrak 2 kali dengan pelarut n-hexana selama masing-masing 1 jam, kemudian pelarut berisi minyak hasil ekstraksi tersebut dikeluarkan, disaring dan dituang ke labu rotavapor.

Sampel minyak tersebut dikeringkan dengan rotavapor sampai pelarut teruapkan semua. Sampel minyak tersebut dimasukkan ke dalam vial.

Sampel diencerkan dengan 5 ml pelarut n-hexana dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 450 nm. Kandungan karoten total dalam heksana dapat dihitung dengan menggunakan nilai  $E_{1\%}^{1\text{cm}}$  sebesar 2500.

$$[\text{Karoten total}] = \frac{10 \times \text{Abs pada } 450 \text{ nm} \times \text{FP} \times 1000}{2500 \times \text{berat kering tahu (gr)}}$$

FP = Faktor Pengenceran

#### D. RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan percobaan acak lengkap dengan percobaan faktorial yang dilakukan dengan dua kali ulangan (Sudjana, 1985). Model yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{k(ij)}$$

$Y_{ijk}$  = variabel respon karena pengaruh taraf ke-i faktor jenis minyak dan taraf ke-j faktor perlakuan penggorengan ke-  
 $U$  = efek rata-rata yang sebenarnya  
 $A_i$  = efek sebenarnya dari taraf ke-i faktor jenis minyak  
 $B_j$  = efek sebenarnya dari taraf ke-j faktor perlakuan penggorengan ke-  
 $AB_{ij}$  = efek sebenarnya dari interaksi antara taraf ke-i faktor jenis minyak dan taraf ke-j faktor perlakuan penggorengan ke-  
 $E_{k(ij)}$  = efek kesalahan pada ulangan ke k karena pengaruh kombinasi perlakuan

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama digunakan dalam proses penggorengan umumnya minyak mengalami perubahan sifat fisiko-kimia yang menghasilkan pembentukan busa, kenaikan kekentalan, kenaikan kandungan asam lemak bebas. Menurut Djatmiko dan Enie (1985) perubahan sifat fisiko kimia akibat pemanasan akan berpengaruh terhadap mutu minyak dan makanan gorengan yang dihasilkan.

Minyak yang rusak akibat oksidasi dan polimerisasi akan menghasilkan gorengan dengan rupa yang kurang menarik dan cita rasa yang tidak enak serta kerusakan sebagian vitamin dan asam lemak esensial dalam minyak (Ketaren, 1986).

Sampel minyak goreng bekas diperoleh dari hasil penggorengan sebanyak 4 kali tanpa mengganti atau menambahkan minyak goreng baru, setelah selesai masing-masing penggorengan dilakukan pendinginan minyak. Jika minyak yang digunakan telah dingin, baru dilakukan penggorengan kembali. Sampel diambil setiap akhir penggorengan.

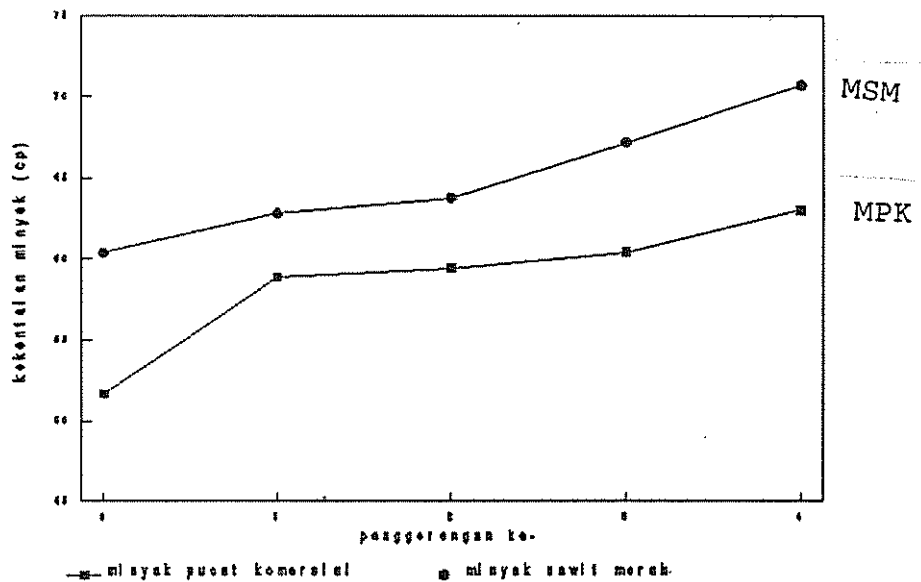
##### A. MINYAK GORENG

Dari pengamatan yang dilakukan selama penelitian diperoleh hasil sebagai berikut :

## 1. Kekentalan

Pengukuran kekentalan minyak merupakan metode yang sederhana untuk mengontrol proses penggorengan dan kualitas gizi minyak yang digunakan dalam industri makanan gorengan. Alasan ini disebabkan karena adanya korelasi yang positif antara kenaikan kekentalan dengan persentase kenaikan polimer-polimer dalam minyak yang terbentuk akibat terdekomposisinya senyawa peroksida selama proses penggorengan. Menurut Ketaren (1986) kerusakan minyak akibat pemanasan pada suhu tinggi, yang diikuti dengan terdekomposisinya senyawa peroksida menjadi senyawa polimer, akan mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit misalnya diareha, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, kanker dan menurunkan nilai cerna lemak.

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa nilai kekentalan minyak pucat komersial segar berkisar antara 51,22 - 52,20 cp dan setelah penggorengan empat kali, rata-rata kekentalan minyak pucat tersebut meningkat menjadi 63,01 cp. Nilai kekentalan minyak sawit merah segar adalah 59,94 - 61,14 cp, dan setelah mengalami penggorengan empat kali, maka nilai kekentalan tersebut meningkat menjadi rata-rata 70,70 cp. Kenaikan kekentalan tersebut dapat ditunjukkan lebih jelas oleh Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan kekentalan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan.

Hasil sidik ragam terhadap kekentalan menunjukkan bahwa jenis minyak mengakibatkan perbedaan yang nyata terhadap nilai kekentalan. Hal ini diduga disebabkan karena kandungan polimer yang terdapat didalam kedua jenis minyak berbeda. Hal ini disebabkan karena minyak sawit merah belum mengalami pemurnian, sehingga masih terdapat kotoran yang berbentuk suspensi koloid dalam minyak, seperti fosfolipid, dan senyawa kompleks lain. Senyawa-senyawa tersebut dapat mengakibatkan peningkatan kekentalan minyak sawit merah yang lebih tinggi.

Menurut Andarwulan *et al.* (1991), kenaikan kekentalan yang terjadi pada minyak yang sudah digunakan disebabkan oleh pembentukan polimer akibat pemanasan. Dan menurut Jacobson (1967) hal itu disebabkan pula kemungkinan adanya pelarutan lemak dari bahan makanan yang digoreng. Menurut Ketaren (1986) kenaikan kekentalan mula-mula disebabkan oleh proses oksidasi minyak dan akan semakin tinggi dengan adanya polimerisasi.

Jika digunakan minyak yang mempunyai kekentalan dan pembentukan busa yang tinggi untuk menggoreng maka akan menghasilkan makanan gorengan yang kualitasnya buruk, seperti citarasa yang tidak disukai, pencoklatan yang tidak teratur, penampilan yang buruk dan terlalu banyak minyak yang terserap ke dalam makanan (Ketaren, 1986).

## 2. Bilangan asam

Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak atau lemak, biasanya dihubungkan dengan proses hidrolisa minyak yang berkaitan dengan mutu minyak atau lemak. Menurut Djatmiko dan Enie (1985), kandungan asam lemak bebas akan meningkat pada waktu proses penggorengan dimana peningkatan ini berhubungan dengan penurunan asam lemak tidak jenuh dalam minyak.

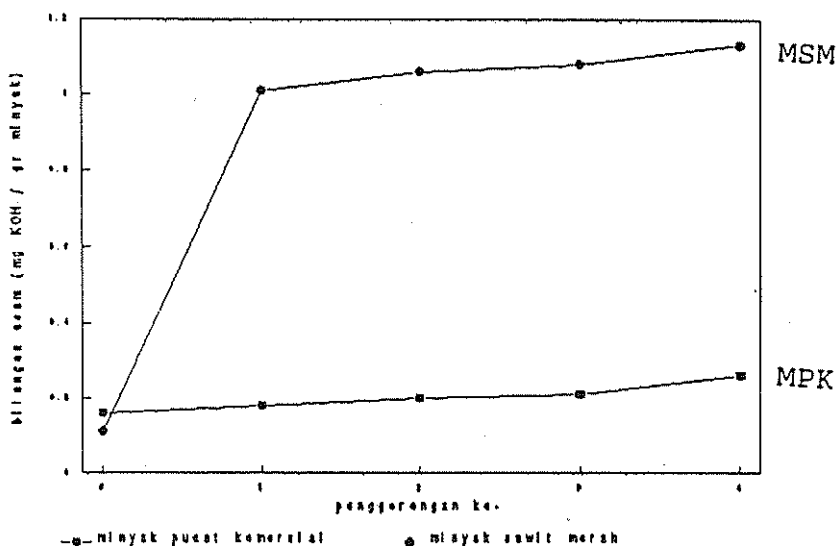
Asam lemak bebas merupakan produk hasil hidrolisis antara air dalam bahan pangan dengan minyak. Reaksi hidrolisis ini melepaskan ikatan ester asam lemak dengan molekul gliserida (Lawson, 1985). Ketaren (1986), menyatakan juga bahwa asam lemak bebas terbentuk karena proses oksidasi dan hidrolisa enzim selama pengolahan dan penyimpanan.

Hasil analisis menunjukkan terjadinya kenaikan bilangan asam pada minyak pucat komersial dan minyak sawit merah. Perubahan bilangan asam akibat penggorengan sebanyak empat kali dapat dilihat pada Gambar 4.

Bilangan asam minyak sawit merah mula-mula 0, 11 mg KOH/gr minyak, setelah digunakan mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Pada penggorengan yang keempat bilangan asam minyak tersebut berkisar 1,05 - 1,23 mg KOH/gr minyak. Bilangan asam pada minyak pucat komersial mula-mula mempunyai rata-rata 0,16 mg KOH/gr minyak, setelah digunakan mengalami kenaikan. Bilangan asam pada penggorengan keempat berkisar pada 0,26 mg KOH/gr minyak.

Bilangan asam minyak sawit merah, jika dibandingkan dengan batas standar yang ditetapkan, hingga penggorengan keempat ternyata masih layak dipakai sebagai minyak goreng, karena batas maksimum standar yang ditetapkan adalah 2 mg KOH/gr minyak.

Berdasarkan standar mutu minyak sawit yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (1989), asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak sawit maksimum 5 %. Jadi bilangan asam minyak sawit merah yang digunakan masih berada dibawah batas standar maksimum mutu yang ditetapkan.



Gambar 4. Perubahan bilangan asam minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan.

Hasil sidik ragam memperlihatkan hasil yang berbeda nyata karena interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan. Dan dari Gambar 4 terlihat bahwa kenaikan bilangan asam pada minyak sawit merah cukup tinggi setelah penggorengan pertama dan penggorengan berikutnya. Tingginya pembentukan

bilangan asam pada minyak sawit merah ini diduga karena minyak tersebut belum mengalami pemurnian (netralisasi), sehingga asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak masih tinggi. Menurut Lawson (1985), faktor lainnya penyebab kecepatan pembentukan asam lemak bebas, karena disebabkan oleh reaksi hidrolisis yang tergantung dari beberapa faktor. Semakin tinggi kandungan air dalam bahan pangan, maka semakin banyak asam lemak bebas yang terbentuk. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kecepatan pembentukan asam lemak bebas adalah suhu penggorengan, kecepatan periode penggantian minyak yang dilakukan dan adanya sisa-sisa hasil gorengan yang terkumpul dalam ketel.

Menurut Stevenson et al. (1984) jumlah asam lemak bebas yang terbentuk selama penggorengan lebih banyak disebabkan oleh reaksi oksidasi dibandingkan oleh reaksi hidrolisis. Hal ini terjadi karena suhu penggorengan tinggi dan minyak banyak kontak dengan oksigen, sedangkan reaksi hidrolisis lebih banyak terjadi bila suhu penggorengan rendah dan bahan pangan lebih banyak mengandung air. Oleh karena itu pembentukan asam lemak bebas yang terjadi pada minyak kemungkinan besar didominasi oleh reaksi oksidasi.

Asam lemak bebas ini dapat digunakan sebagai indikator kerusakan minyak akibat proses hidrolisa dan

oksidasi, berkaitan dengan mutu lemak atau minyak (Apriyantono et al., 1989).

### 3. Bilangan peroksida

Bilangan peroksida merupakan nilai yang penting untuk menentukan tingkat kerusakan oksidatif pada minyak atau lemak, karena peroksida merupakan produk pertama dari reaksi otooksidasi. Menurut Hamilton dan Rossel (1986), kerusakan yang sering terjadi pada minyak adalah ketengikan yang disebabkan oleh reaksi oksidasi di mana produk oksidasi yang pertama terbentuk adalah hidroperoksida. Menurut Ketaren (1986), reaksi-reaksi yang terjadi selama proses otooksidasi adalah polimerisasi termal dan oksidasi termal.

Dari hasil analisis terlihat bahwa bilangan peroksida minyak pucat komersial yang segar sebelum digunakan adalah rata-rata 3,24 meq/kg minyak dan bilangan peroksida minyak sawit merah segar berkisar sekitar 28,21 - 28,28 meq/kg minyak (rata-rata 28,26 meq/kg minyak). Berdasarkan standar mutu minyak yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (1989) yaitu bilangan peroksida minyak sawit maksimum adalah 6 meq/kg minyak. Standar mutu yang ditetapkan oleh negara lain, misalnya Australia, ternyata lebih rendah lagi. Di Australia bilangan peroksida maksimum yang

masih diperbolehkan adalah 2 meq/kg minyak sawit, sehingga bilangan peroksida awal minyak sawit merah tersebut telah melebihi standar yang ditetapkan. Jadi minyak sawit merah tersebut perlu mengalami proses lebih lanjut sebelum minyak tersebut digunakan untuk menurunkan tingginya bilangan peroksida yang mula-mula terbentuk.

Tingginya bilangan peroksida pada minyak sawit merah segar ini diduga karena minyak sawit merah ini belum mengalami pemurnian yaitu deodorisasi, sebab menurut Ketaren (1986), dalam proses deodorisasi selain hidrokarbon dan zat warna yang terpisah, peroksida dalam minyak juga akan turut terpisah.

Hasil analisis pada minyak pucat komersial yang telah digunakan untuk menggoreng menunjukkan adanya peningkatan bilangan peroksida yang cukup besar. Rata-rata bilangan peroksida minyak pucat tersebut setelah penggorengan pertama hingga keempat adalah berkisar antara 6,98 - 18,24 meq/kg minyak. Peningkatan yang terbesar terjadi pada penggorengan yang keempat. Pada minyak sawit merah terjadi penurunan bilangan peroksida hingga 8,44 meq/kg minyak. Peningkatan dan penurunan bilangan peroksida yang terjadi pada minyak pucat komersial ataupun minyak sawit merah, diduga karena terjadinya oksidasi, maka bilangan peroksida naik hingga mencapai nilai maksimum dan kemudian

peroksida-peroksida yang terbentuk bereaksi satu dengan yang lain sehingga membentuk senyawa dimer, trimer atau polimer, sehingga menyebabkan bilangan peroksida menurun. Penurunan bilangan peroksida ini dipercepat dengan pemanasan sehingga pembentukan komponen dimer, trimer dan polimer (polimerisasi) menjadi lebih cepat.

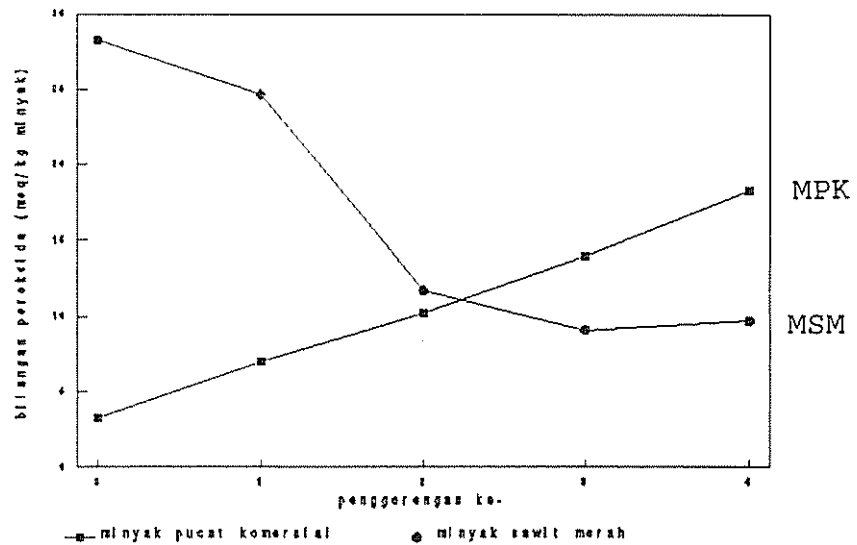
Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada minyak sawit merah, bilangan peroksida setelah penggorengan keempat naik kembali, diduga karena kondisi yang dilakukan melibatkan oksigen, sehingga hal ini memacu pembentukan peroksida dari asam-asam lemak yang masih ada.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh perbedaan jenis minyak, perlakuan penggorengan berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 99 % terhadap bilangan peroksida.

Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa rata-rata bilangan peroksida minyak sawit merah lebih tinggi daripada bilangan peroksida minyak pucat komersial.

Menurut Ketaren (1986), bahwa setelah periode induksi (tahap reaksi awal pembentukan peroksida) disusul dengan tahap yang ditandai dengan peningkatan jumlah oksigen yang diserap dengan pembentukan peroksida. Pembentukan peroksida akan mencapai maksimum dan akhirnya mengalami dekomposisi menjadi

senyawa yang menguap seperti aldehide, keton, asam-asam, alkohol, hidrokarbon, dan komponen lainnya.



Gambar 5. Perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan.

#### 4. Kandungan karoten total dan beta karoten minyak sawit merah

Minyak sawit merah merupakan minyak sawit yang belum mengalami pemucatan dan pemurnian. Minyak ini dihasilkan dari fraksinasi minyak sawit kasar (*crude palm oil*), sering disebut sebagai *crude palm olein*.

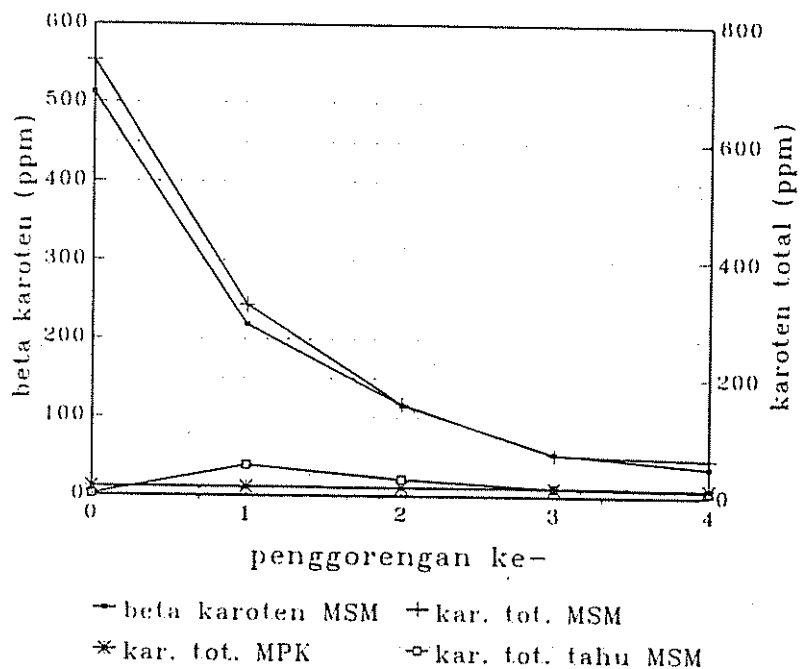
Pengukuran kandungan beta karoten minyak sawit kasar fraksi olein menggunakan metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) atau Kromatografi Cairan Kinerja Tinggi. Menurut Simpson *et al.* (1987),

HPLC merupakan metode kuantitatif untuk analisis karotenoid yang cepat, sensitif dan hasil analisisnya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Pigmen diidentifikasi berdasarkan waktu retensinya dan jumlahnya ditentukan berdasarkan luas areanya. Pemisahan karotenoid berdasarkan polaritas suatu senyawa dimana senyawa yang paling tidak polar akan keluar paling akhir.

Minyak tersebut mengandung kadar beta karoten yang tinggi. Dari hasil analisis diperoleh hasil kandungan beta karoten untuk minyak sawit merah segar sebesar 512 ppm. Kandungan beta karoten minyak sawit pucat komersial tidak dapat dideteksi oleh *HPLC*, karena kandungannya yang sangat kecil. Hal ini sesuai dengan hasil analisis karoten total di dalam minyak menunjukkan hasil bahwa karoten total di dalam minyak pucat komersial segar sangat kecil yaitu rata-rata 14 ppm, sedangkan karoten total yang terkandung di dalam minyak sawit merah segar mempunyai nilai rata-rata 720 ppm.

Hasil analisis menunjukkan terjadinya penurunan kandungan karoten total dan beta karoten setelah penggorengan yang dilakukan berulang. Menurut Manorama dan Rukmini (1992), kehilangan beta karoten dan karoten total selama *deep frying* disebabkan oleh dua faktor, yaitu penurunan karena penggabungan

karoten total dan beta karoten ke dalam produk makanan yang digoreng dan penurunan karena kerusakan oleh panas. Pada penggorengan yang pertama kali, penurunan lebih disebabkan karena terserapnya karoten total dan beta karoten ke dalam produk yang digoreng. Pada penggorengan selanjutnya penurunan lebih banyak dikarenakan oleh kerusakan karoten total dan beta karoten yang disebabkan oleh pemanasan.



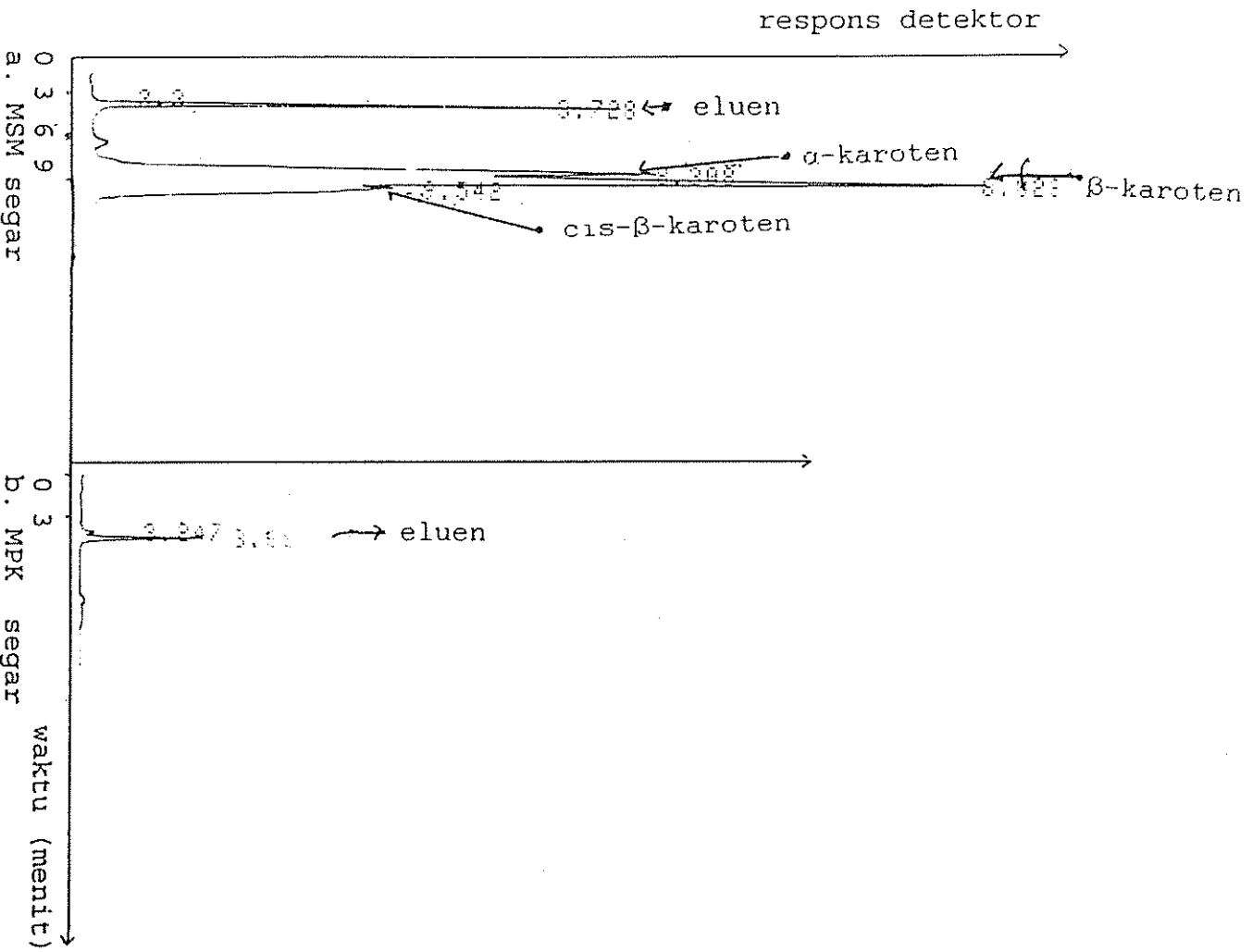
Gambar 6. Perubahan kandungan beta karoten, karoten total tahu dan karoten total minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan.

Dari Lampiran 29 dapat dilihat bahwa hasil analisis yang didapatkan cukup memuaskan, karena dapat memisahkan komponen-komponen karotenoida seperti yang

diinginkan. Namun bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ng dan Tan (1988), puncak-puncak komponen karotenoid yang dapat dipisahkan lebih sedikit, hal ini diduga karena perbedaan minyak yang digunakan. Ng dan Tan (1988) menggunakan minyak sawit kasar (*crude palm oil*). Dan waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan puncak beta karoten ternyata juga berbeda, hal ini disebabkan karena peralatan *HPLC* yang digunakan juga tidak sama.

Pada Gambar 7 terlihat hasil pemisahan karotenoid minyak sawit merah dan minyak pucat komersial. Pada pemisahan karotenoid minyak sawit merah setelah penggorengan, terlihat adanya puncak *cis* beta karoten setelah puncak beta karoten. Menurut O'Neil dan Schwartz (1992), pembentukan komponen *cis*- ini disebabkan karena perlakuan panas pada minyak. Hasil penelitian yang mereka lakukan, diduga komponen *cis* beta karoten ini mempunyai fungsi pada hewan yaitu menaikkan kemampuan menyerap lebih banyak karotenoid.

Hasil sidik ragam pengaruh penggorengan terhadap perubahan karoten total, terdapat pada Lampiran 21, menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antara karoten total yang terdapat di dalam minyak pucat komersial dengan minyak sawit merah. Hal ini disebabkan minyak pucat komersial yang sudah mengalami pemurnian telah mengalami degradasi karotenoid yang besar.



Gambar 7. Kromatogram hasil pemisahan karotenoid minyak sawit merah dan minyak pucat komersial dengan HPLC. Kondisi pemisahan seperti pada halaman 35.

Menurut Manorama dan Rukmini (1992), kandungan beta karoten kira-kira adalah 70 % dari total karotenoid.

Minyak sawit yang belum mengalami pemucatan ini menurut Chong (1989), dikenal sebagai sumber alami pigmen provitamin A (beta karoten) yang paling tinggi. Dan menurut Krinsky (1989), beta karoten merupakan prekursor karotenoid yang mempunyai aktivitas terbesar sebagai provitamin A daripada prekursor karotenoid lainnya, yang aktivitasnya sebagai provitamin A hanya setengah daripada aktivitas beta karoten.

#### 5. Kadar senyawa polar minyak sawit

Menurut Billek et al. (1978), metode pemisahan senyawa polar dan non polar pada minyak goreng bekas dengan menggunakan metode kromatografi kolom dengan silika gel adalah termasuk metode yang mudah dan cepat. Metode ini bertujuan memisahkan fosfatida dari trigliserida, setelah distandarisasi dan dimodifikasi, menjadi pemisahan terbaik komponen polar dan non polar pada minyak goreng bekas.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Billek et al. (1978), diketahui bahwa 71,6 % trigliserida yang tidak berubah atau non polar dan 26,9 % adalah komponen polar, kedua fraksi hanya menunjukkan 98,5 % dari berat sampel, menunjukkan jika sebagian kecil

Uji Lanjut Duncan menunjukkan bahwa rata-rata kadar polar minyak sawit merah segar lebih tinggi daripada minyak pucat komersial segar.

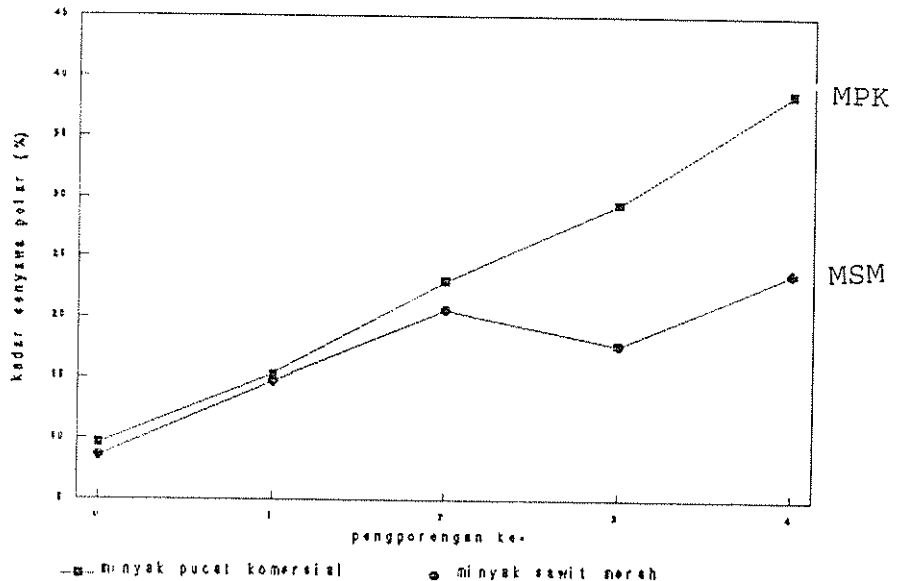
Menurut Goh *et al.* (1985), fosfolipid dan glikolipid adalah komponen polar lemak pada minyak sawit. Kedua tipe lemak ini merupakan bagian yang penting yang membentuk membran selular dan mereka memiliki struktur yang unik yaitu terdapatnya kedua fungsi sebagai lipofilik dan juga fungsi sebagai hidrofilik. Kandungan glikolipid diketahui lebih tinggi daripada kandungan fosfolipid, namun meskipun kandungan glikolipid lebih tinggi daripada fosfolipid, glikolipid tidak tampak lebih menentukan kualitas minyak sawit kasar. Kedua lipid tersebut hampir terbuang habis pada saat proses pemurnian.

Menurut Ketaren (1986), luas permukaan dari lemak yang kontak dengan oksigen atmosfer, memegang peranan penting dalam proses destruksi lemak. Air juga berpengaruh terhadap proses polimerisasi, karena adanya air akan menambah persentase senyawa polimer dengan bertambahnya waktu pemanasan.

Menurut Herlinda *et al.* (1989), makin tinggi suhu yang dipergunakan untuk menggoreng, maka makin tinggi pula tingkat polimerisasinya. Produk polimerisasi yaitu dimer dan polimer trigliserida yang diduga dapat berakibat buruk bagi kesehatan seperti terhambatnya



pertumbuhan, menurunnya konsumsi makanan, terjadinya pembesaran hati dan ginjal, bahkan pada taraf tertentu dapat pula terjadi perubahan patologis pada hati.



Gambar 8. Perubahan kandungan senyawa polar minyak sawit merah dan minyak pucat komersial setelah penggorengan.

Jika minyak dipanaskan secara berulang-ulang, maka proses destruksi minyak akan bertambah cepat. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kadar peroksida pada tahap pendinginan dan akan mengalami dekomposisi jika minyak tersebut dipanaskan kembali (Ketaren, 1986).

## B. TAHU

Pengamatan yang dilakukan terhadap produk tahu, diperoleh hasil sebagai berikut :

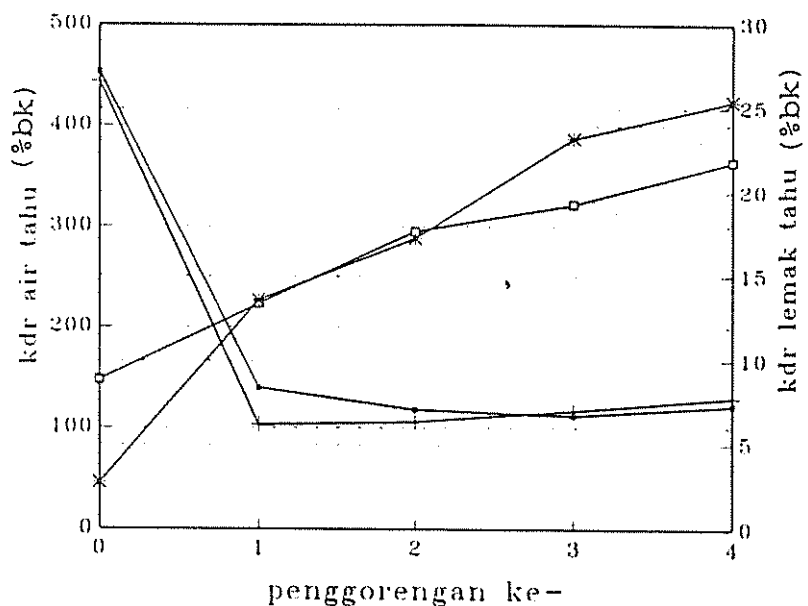
## 1. Kadar air tahu

Dari perhitungan didapatkan kadar air tahu mula-mula (berdasarkan berat kering) adalah berkisar antara 443,6 - 453,0 %. Setelah tahu tersebut digoreng maka kadar air tahu mengalami penurunan karena pada proses penggorengan terjadi pertukaran masa yaitu minyak goreng yang digunakan masuk ke dalam produk dan air serta senyawa lainnya dari produk keluar dari tahu dan masuk ke dalam minyak. Setelah penggorengan keempat, kadar air tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial memiliki kadar air rata-rata 129,42 %. Kadar air tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah mempunyai kadar air rata-rata 121,60 % setelah penggorengan keempat.

Pada Gambar 9 dapat menunjukkan bahwa hasil analisis kadar air tahu menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada pengaruh jenis minyak dan perlakuan penggorengan. Hal ini menunjukkan kedua jenis minyak yang dianalisis tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap kadar air di dalam tahu.

Hasil sidik ragam menunjukkan hasil bahwa jenis minyak tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kadar air tahu. Perbedaan kadar air yang nyata hanya disebabkan karena perlakuan penggorengan, yaitu pada saat tahu masih mentah dan setelah tahu digoreng.

Gambar 9 menunjukkan penurunan kadar air tahu yang cukup tinggi setelah tahu digoreng, baik yang digoreng dengan minyak sawit merah maupun yang digoreng dengan minyak pucat komersial. Ini akan berpengaruh pada peningkatan bilangan asam minyak, karena air yang terdapat di dalam tahu akan keluar ke dalam minyak dan akan mengakibatkan reaksi hidrolisis, terutama bila suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi.



→ ka tahu MSM + ka tahu MPK \* kl tahu MSM ◊ kl tahu MPK

Gambar 9. Perubahan kadar air dan kadar lemak tahu hasil penggorengan.

Menurut Lawson (1985), bahwa pembentukan asam lemak bebas dapat disebabkan dari jumlah air yang

terdapat di dalam bahan pangan, semakin banyak air, maka semakin banyak asam lemak bebas yang terbentuk.

## 2. Kadar lemak tahu

Kadar lemak produk tahu mula-mula berkisar dari 2,74 - 8,87 % (bk). Kadar lemak tahu meningkat setelah digoreng dengan minyak yang telah digunakan untuk menggoreng berulang dengan menggunakan minyak pucat komersial dan setelah penggorengan keempat didapatkan hasil yang berkisar pada 21,84 % (bk). Kadar lemak tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah mengalami peningkatan, setelah minyak tersebut digunakan untuk penggorengan yang berulang dan kadar lemak tahu hasil penggorengan dengan minyak sawit merah yang telah digunakan untuk menggoreng empat kali berkisar pada 25,44 % (bk). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 9.

Semakin sering minyak digunakan untuk penggorengan berulang, maka makin banyak minyak yang terserap ke dalam produk (Gambar 9). Hal ini akan menyebabkan produk semakin terasa berminyak, dan bila minyak yang dipakai sudah tengik maka flavor dan odor produk akan semakin tidak enak.

Hasil sidik ragam terhadap tahu yang digoreng dengan menggunakan minyak bekas yang telah dipakai hingga 4 kali penggorengan menunjukkan hasil bahwa

jenis minyak tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lemak tahu tersebut. Hal ini diduga bahwa kadar lemak di dalam tahu dipengaruhi oleh kandungan komponen lemak dalam minyak dan bukan disebabkan karena perbedaan perlakuan mula-mula yang dialami oleh kedua jenis minyak tersebut. Minyak sawit merah yang digunakan merupakan minyak yang belum dimurnikan sedangkan minyak pucat komersial telah dimurnikan terlebih dahulu, karena proses pemurnian bertujuan mengubah komponen minyak sawit yang dapat menurunkan mutu minyak, tanpa mengubah kadar lemak minyak. Kemungkinan besar kadar lemak di dalam minyak adalah tidak berbeda nyata.

Faktor lainnya yang menyebabkan kadar lemak tahu goreng tidak berbeda nyata adalah diduga karena kedua jenis minyak yang digunakan untuk menggoreng berasal dari bahan yang sama, yaitu kelapa sawit.

Semakin tingginya kadar lemak di dalam tahu hasil penggorengan yang menggunakan minyak yang telah digunakan berulang adalah karena kemungkinan berkaitan dengan semakin banyaknya air di dalam minyak yang menguap. Karena air di dalam tahu banyak yang keluar, lemak di dalam minyak terserap masuk menggantikan air yang keluar dari dalam tahu.



### 3. Uji organoleptik

Uji kesukaan dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis minyak dan perlakuan penggorengan yang berulang-ulang terhadap penerimaan konsumen terhadap rasa dan penampakan tahu.

Hasil sidik ragam uji organoleptik terhadap penampakan dan rasa tahu yang digoreng menggunakan minyak sawit merah memperlihatkan hasil bahwa penerimaan panelis terhadap rasa dan penampakan berbeda nyata antar penggorengan. Hasil sidik ragam uji organoleptik terhadap penampakan dan rasa tahu yang digoreng menggunakan minyak pucat komersial menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antar penggorengan.

#### 1. Penampakan

Skor rata-rata kesukaan panelis terhadap penampakan tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial berkisar antara 2,25 - 2,7 (suka hingga netral), sedangkan skor rata-rata penerimaan panelis pada penampakan tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah mempunyai rentang nilai 2,45 - 3,15 (suka hingga netral).

Skor rata-rata penampakan tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial lebih kecil

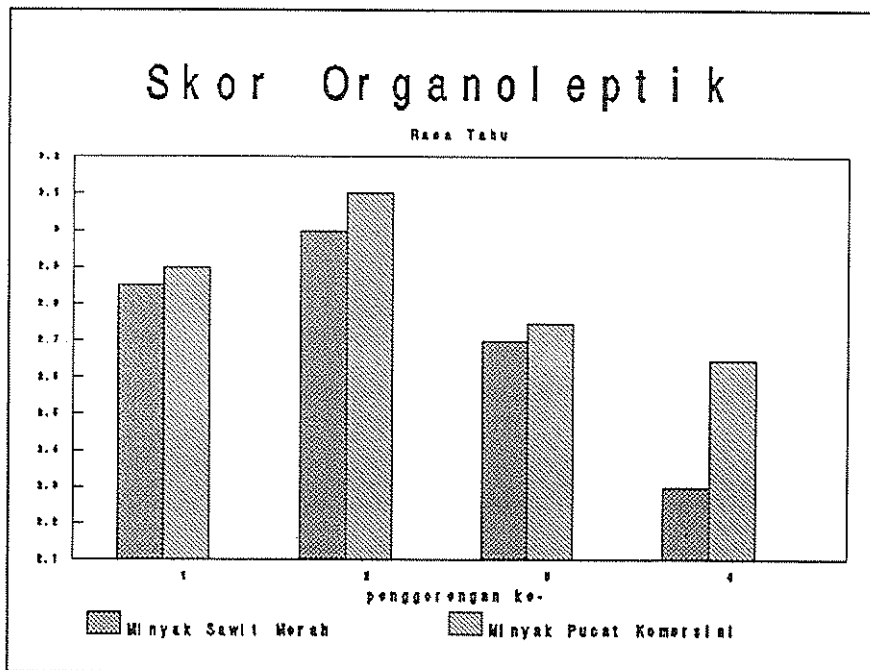
daripada rasa tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah, hal ini menunjukkan bahwa secara umum penampakan tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial lebih disukai panelis, yang mungkin disebabkan karena warna kuning yang terbentuk pada penggorengan dengan minyak sawit merah, terutama pada penggorengan pertama. Pada penggorengan dengan minyak sawit merah yang berikutnya, warna kuningnya semakin memudar sesuai dengan kandungan karotenoidnya yang semakin menurun, dan pada penggorengan selanjutnya penampakannya semakin disukai oleh panelis.

Hasil sidik ragam antar kali penggorengan menunjukkan, bahwa skor penerimaan panelis terhadap penampakan tahu dengan penggorengan yang menggunakan minyak sawit merah berbeda nyata, sedangkan penampakan tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial tidak berbeda nyata.

## 2. Rasa

Skor rata-rata rasa tahu yang digoreng dengan minyak pucat komersial berkisar antara 2,65 - 3,1 (suka hingga netral), sedangkan skor rata-rata penerimaan panelis terhadap rasa tahu yang digoreng dengan menggunakan minyak sawit

yang tidak enak di mulut dan pada penggorengan keempat rasa yang tidak enak tersebut telah hilang. Hal ini diduga karena adanya komponen di dalam minyak sawit merah yang menyebabkan rasa tidak enak tersebut telah hilang karena pemanasan yang berulang.



Gambar 11. Skor rata-rata penerimaan panelis terhadap rasa tahu yang digoreng dengan minyak sawit merah dan minyak pucat komersial yang digunakan berkali-kali.

#### 4. Karoten total di dalam tahu

Hasil analisis karoten total di dalam tahu pada penggorengan pertama dengan menggunakan minyak sawit merah, menunjukkan nilai rata-rata 51,6 ppm. Kandungan



karoten yang cukup tinggi ini menyebabkan produk tahu berwarna kuning.

Gambar 6 menunjukkan bahwa tahu yang dihasilkan oleh penggorengan yang berulang kandungan karoten totalnya semakin rendah, sesuai dengan penurunan kandungan karoten total di dalam minyak. Pada penggorengan yang keempat kandungan total karoten di dalam tahu yang tersisa hanya 9 ppm. Karoten total yang menurun diduga disebabkan karena teroksidasinya karoten dalam minyak oleh panas. Seperti yang dikatakan oleh Ketaren (1986), lemak atau minyak dalam jaringan, secara alamiah biasanya bergabung dengan pigmen, misalnya pigmen karotenoid yang akan turut rusak oleh proses oksidasi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Warna merah yang terdapat pada minyak sawit disebabkan karena pigmen karotenoid. Jika minyak tersebut dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi dan digunakan untuk penggorengan yang berkali-kali, warna merah tersebut akan memudar sesuai dengan penurunan kandungan karoten total.

Perubahan yang terjadi pada minyak yang digunakan untuk menggoreng yaitu bilangan asam, kadar senyawa polar dan kekentalan akan meningkat sesuai dengan bertambahnya pemakaian minyak untuk penggorengan, sedangkan kandungan karoten total maupun kandungan beta karoten mengalami penurunan. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa bila bilangan peroksida telah mencapai maksimum, dan kemudian mengalami penurunan.

Rata-rata bilangan asam pada minyak sawit merah (MSM) segar hingga penggorengan keempat berkisar 0,11 - 1,13 mg KOH/gr minyak, sedangkan pada minyak pucat komersial (MPK) adalah 0,16 - 0,26 mg KOH/gr minyak. Kadar senyawa polar MSM segar hingga penggorengan yang keempat adalah 8,58 - 23,33 %, sedangkan pada MPK berkisar antara 9,49 - 48,37 %. Nilai kekentalan MSM

Rata-rata kadar air tahu pada penggorengan dengan menggunakan kedua jenis minyak yang berbeda mula-mula 390 - 485 % (bk), setelah itu menurun hingga 95,5 % (bk), karena kandungan air di dalam tahu keluar.

Kadar lemak tahu goreng yang digoreng dengan menggunakan MSM segar sampai minyak tersebut digunakan untuk menggoreng empat kali berkisar antara 11,42 - 27,58 %, sedangkan kadar lemak tahu goreng yang digoreng dengan memakai MPK segar sampai minyak pucat tersebut telah digunakan untuk menggoreng empat kali berkisar antara 12,29 - 23,00 %.

Berdasarkan data yang diperoleh, ternyata MSM yang diteliti belum layak digunakan sebagai minyak goreng, sebab berdasarkan standar mutu minyak yang ditetapkan oleh beberapa negara dan juga di Indonesia, bilangan peroksida yang diperbolehkan adalah lebih kecil dari 2 meq/kg minyak, sedangkan bilangan peroksida MSM tersebut mula-mula sangat tinggi, yaitu 28,36 meq/kg minyak.

## B. SARAN

Pada penelitian selanjutnya, minyak perlu dilakukan penurunan bilangan peroksida awal yang telah tinggi, dengan perlakuan netralisasi dan deodorisasi minyak sawit merah tersebut, tanpa melalui proses

pemucatan karena proses tersebut akan menurunkan kandungan karotenoid di dalam minyak.

Pengulangan penggorengan bisa lebih diperbanyak, hingga minyak sawit merah yang dianalisis telah mengalami kerusakan atau ketengikan dan disarankan untuk tidak dipakai lagi (yaitu bila bilangan asamnya telah sangat tinggi, kadar senyawa polarnya juga sudah tinggi dan minyak secara organoleptik baik bau maupun warnanya telah tidak dapat diterima) supaya dapat diketahui maksimum pengulangan penggorengan yang boleh dilakukan.

Penelitian dapat dilanjutkan dengan memakai hewan percobaan (secara *in vivo*), supaya bisa diketahui pengaruh MSM yang telah digunakan untuk menggoreng berulang kali pada tubuh makhluk hidup.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N., Sugiyono, Syah, D., dan Koswara, S. 1991. Perubahan sifat fisikokimia dan pembentukan komponen toksik selama penggorengan. Di dalam Bul. Pen. Ilmu Tek. Pangan. 2 (2) : 49 - 57.
- Anonim. 1988. Minyak Kelapa Sawit : Suatu Tinjauan, Produksi, Pemasaran, dan Prospek. Bank Bumi Daya, Jakarta.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati dan Budiyanto, S. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. PAU-IPB, Bogor.
- Aritonang, I. 1994. Manfaat Ganda Vitamin A bagi Kelangsungan Hidup Anak. Di dalam Kedaulatan Rakyat, tanggal 17 Juli 1994.
- Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14<sup>th</sup> ed. AOAC, Inc. Arlington, Virginia.
- Bauernfeind, J.C., Adams, C.R., dan Marusich, W.L. 1981. Carotenes and Vitamin A Precursors in Animal Feed. Di dalam Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors (Bauernfeind, J.C., ed). Academic Press Inc., New York. Hal. 564-590.
- Berger, K. 1983. Palm oil Di dalam H.T. Chan Jr. (ed.) Handbook of Tropical Foods. Marcel Dekker Inc., New York.
- Billek, G., Guhr, G. dan Waibel, J. 1978. Quality assessment of used frying fats : a comparison of four methods. J. Am.Oil Chem. Soc. 55:728-733.
- Boskou, D. 1988. Stability of frying fats and oils. Di dalam G. Varela, A.E. Bender dan I.D. Morton (eds.). Camelot Press, Southampton.
- Chong, Y.H. 1989. Facts about Palm oil. Di dalam Kumpulan makalah "Seminar Pemanfaatan Beta Karoten Minyak Kelapa Sawit, Jakarta, 13 Juni 1989". Depkes RI, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 1989. Di dalam Tim Penulis Penebar Swadaya. Usaha Budidaya, Pemanfaatan Hasil, dan Aspek Pemasaran Kelapa Sawit. Penebar Swadaya, Jakarta.

- \* Djatmiko, B. dan Enie, A.A. 1985. Proses Penggorengan dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisiko Kimia Minyak dan Lemak. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fateta IPB, Bogor.
- Fennema, O.R., 1985. Food Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York.
- Firestone, D. 1993. Worldwide regulation of frying fats and oils. Inform. 4(12) : 1366 - 1371.
- \*Goh, S.H., Choo, Y.M. dan Ong, S.H. 1987. Minor constituents of palm oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 62(2) : 237 - 240.
- Hamilton, R.J. and Rossell, J.B. 1986. Analysis of Oil and Fats. Elsevier Sci. Publ. Co., London dan New York.
- Hardjo, S. 1964. Pengolahan dan pengawetan kedelai untuk bahan makanan manusia. Di dalam Laporan Rapat Kerja Kedelai, 28-30 September. Makalah Seminar. Departemen Pertanian, Bogor
- Herlinda, Y., Moviana, Y. dan Ridwan, E. 1989. Pengaruh minyak jelantah terhadap berat badan dan organ tikus. Di dalam Majalah Kesehatan Masyarakat, Depkes RI. 40:39-42.
- Hermana. 1985. Pengolahan kedelai menjadi berbagai bahan makanan. Di dalam Kedelai, Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi. IPB, Bogor.
- Iwasaki, R. dan Murakoshi, N. 1992. Palm oil yields carotene for world markets. Inform, 3(2) : 210 - 217.
- Jacobson, G.A. 1967. Quality control of commercial deep fat frying. Food Technol. 21 (2) : 43 - 48.
- \*Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kodyat, B. 1989. Program penanggulangan kekurangan vitamin A di Indonesia. Di dalam Kumpulan makalah "Seminar Pemanfaatan Beta Karoten Minyak Kelapa Sawit, Jakarta, 13 Juni 1989". Depkes RI, Jakarta.
- \*Krinsky, N.I. 1989. Beta carotene : functions. Di dalam G.A. Spiller dan J. Scala (eds). New Protective Roles for Selected Nutrients. Alan R. Liss, Inc. 1-15.

- \* Law, K.S. dan Thiagarajan, T. 1989. Palm oil-edible oil of tomorrow. PORIM, Malaysia.
- Lawson, H. 1985. Standard for Fats and Oils. The Avi Publ. Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Lubis, A.U. 1992. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*, JACQ) di Indonesia. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat, Sumatera Utara.
- \* Mangoensoekarjo, S., Muhilal, dan Subagyo, T. 1991. Prosiding seminar nilai tambah minyak kelapa sawit untuk peningkatan derajat kesehatan, Jakarta.
- Manorama, R dan Rukmini, C. 1992. Crude palm oil as a source of beta karoten. Di dalam Nutrition Research. 12 : 223-232.
- Meyer, L.H. 1966. Food Chemistry. Reinhold Publ. Co., New York.
- \* Muchtadi, T.R. 1992. Karakterisasi Komponen Intrinsik Utama Buah Sawit (*Elaeis guineensis*, JACQ) Dalam Rangka Optimalisasi Proses Ekstraksi Minyak dan Pemanfaatan Provitamin A. Disertasi. FPS. IPB, Bogor.
- \* Naibaho, P.M. 1983. Pemisahan Karoten (Provitamin A) dari Minyak Sawit dengan Metode Adsorpsi. Disertasi Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ng, J.H. dan Tan, B. 1988. Analysis of palm oil carotenoids by HPLC with diode array detection. J. Food Sci. 28 : 463 - 469.
- O'Neil, C.A. dan Schwartz, S.J. 1992. Chromatographic analysis of cis/trans carotenoid isomers. J. Chromatogr. 624 : 235 - 252.
- Orthoefer, F.T. 1989. Care of Food Service Frying Oil. ASA Technical Buletin. Vol 4 NH 6. Singapura.
- Perkins, E.G. 1967. Formation of non volatile decomposition products in heated fats and oils. Food Technol. 21 (4) : 125 - 130.
- Rianto, D. 1995. Sifat Fisiko Kimia dan Stabilitas Panas Minyak Sawit Merah. Skripsi. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Robertson, C.J. 1967. The practice of deep-fat frying. Food Technol. 21 (1) : 34 - 36.

- Sadikin, Y.T. 1992. Pengaruh Lama Penggorengan dan Penggunaan Adsorben terhadap Mutu Minyak Goreng Bekas Penggorengan Tahu dan Tempe. Skripsi. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Shurtleff, W. dan Aoyagi, A. 1975. The Book of Tofu. Food for Mankind. Autumn Press, Inc., Japan.
- Simpsons, K.L., Tsou, S.T.C. dan Chichester, C.O. 1987. Biochemical Methodology for The Assessment of Carotenes. International Vitamin Consultative IVACG.
- Soekarto, S.T. 1985. Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Stevenson, S.G., Genser, M. dan Eskin, N.A.M. 1984. Quality control in the use of deep fat frying oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 61 : 1102.
- Sudjana, M.A. 1985. Disain dan Analisis Eksperimen, edisi kedua, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Tim Penulis Penebar Swadaya, 1992. Usaha Budidaya, Pemanfaatan Hasil, dan Aspek Pemasaran Kelapa Sawit. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Varela, G. 1988. Current facts about frying of food. Di dalam G. Varela, A.E. Bender dan I.D. Morton (eds.). Frying of Food. Camelot Press, Southampton.
- Waltking, A.E. dan Wessels, H. 1981. Chromatographic separation of nonpolar components of frying fats. J. Am. Oil Chem. Soc. 64(6) : 1329 -1330.
- Wijaya, E.O. 1989. Mempelajari Aspek Teknologi Proses Pengolahan Minyak Sayur Merk Bimoli di PT Sajang Heulang Jakarta. Laporan Praktek Lapang. Fateta. IPB, Bogor.
- Winarno, F.G. 1991. Kimia Pangan dan Gizi. PT Gramedia, Jakarta.

Lampiran 1. Tabel pengaruh empat kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak pucat komersial (cp) .

Jenis perlakuan	Ulangan I		Ulangan II	
	I	II	I	II
mentah	51,22	52,20	52,02	51,25
penggorengan pertama	57,13	59,75	59,88	58,66
penggorengan kedua	57,00	59,80	59,12	61,78
penggorengan ketiga	60,00	57,02	61,35	63,36
penggorengan keempat	62,43	60,93	63,88	64,79

Lampiran 2. Tabel pengaruh empat kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak sawit merah (cp) .

Jenis perlakuan	Ulangan I		Ulangan II	
	I	II	I	II
mentah	59,94	61,14	60,25	60,18
penggorengan pertama	64,01	63,60	61,30	62,22
penggorengan kedua	64,78	64,45	62,22	63,64
penggorengan ketiga	64,60	64,98	69,69	69,51
penggorengan keempat	71,14	70,29	70,66	70,69

Lampiran 3. Sidik ragam pengaruh empat kali penggorengan terhadap perubahan viskositas minyak sawit merah dan minyak pucat komersial.

Sumber	db	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	470,709	52,30	18,32*	0,001
A	1	197,632	197,63	69,23*	0,000
B	4	255,731	63,93	22,40*	0,000
AB	4	17,346	4,34	1,52*	0,269
Galat	10	28,547	2,85		
Total	19	499,255			

berbeda nyata

Lampiran 3a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap viskositas minyak.

jenis minyak	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
minyak sawit merah	64,967	A
minyak pucat komersial	58,680	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 3b. Uji Duncan pengaruh penggorengan empat kali terhadap viskositas minyak.

kali penggorengan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
penggorengan keempat	66,855	A
penggorengan ketiga	63,815	B
penggorengan kedua	61,600	BC
penggorengan pertama	60,820	C
mentah	56,020	D

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 3c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis dan perlakuan penggorengan terhadap viskositas minyak.

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B4	70,700	A
A1B3	67,195	AB
A1B2	63,775	BC
A0B4	63,010	BC
A1B1	62,785	BC
A0B3	60,435	C
A1B0	60,380	C
A0B2	59,425	C
A0B1	58,855	C
A0B2	51,675	D

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 4. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan bilangan asam minyak sawit pucat komersial (mg KOH/gr minyak).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	0,14	0,14	0,17	0,18
penggorengan pertama	0,14	0,17	0,21	0,21
penggorengan kedua	0,17	0,17	0,24	0,24
penggorengan ketiga	0,18	0,18	0,24	0,25
penggorengan keempat	0,26	0,26	0,27	0,26

Lampiran 5. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan bilangan asam minyak sawit merah fraksi olein (mg KOH/gr minyak).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	0,13	0,11	0,11	0,11
penggorengan pertama	1,01	1,01	1,01	1,01
penggorengan kedua	1,03	1,03	1,11	1,07
penggorengan ketiga	1,05	1,05	1,14	1,07
penggorengan keempat	1,06	1,05	1,19	1,22

Lampiran 6. Sidik ragam pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan bilangan asam minyak.

Sumber	db	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	3,765	0,418	202,07*	0,0001
A	1	2,277	2,277	1099,95*	0,0001
B	4	0,835	0,209	100,84*	0,0001
AB	4	0,652	0,163	78,84*	0,0001
Galat	10	0,021	0,002		
Total	19	3,786			

berbeda nyata

**Lampiran 6a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap bilangan asam minyak.**

Jenis minyak	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
Minyak sawit merah	0,8791	A
Minyak pucat komersial	0,2042	B

\*huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 6b. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap bilangan asam minyak.**

Perlakuan Penggorengan	Rata-rata	Taraf Signifikansi 0,01
penggorengan keempat	0,6961	A
penggorengan ketiga	0,6464	A
penggorengan kedua	0,6310	A
penggorengan pertama	0,5967	A
mentah	0,1380	B

\*huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 6c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap bilangan asam minyak.**

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B4	1,1306	A
A1B3	1,0796	A
A1B2	1,0597	A
A1B1	1,0111	A
A0B4	0,2615	B
A0B3	0,2132	B
A0B2	0,2023	B
A0B1	0,1822	B
A0B0	0,1617	B
A1B0	0,1144	B

\*huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 7. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan bilangan peroksida minyak sawit pucat komersial (meq/kg minyak).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	1,49	1,78	4,87	4,80
penggorengan pertama	4,80	4,79	9,22	9,11
penggorengan kedua	8,46	8,66	11,99	11,69
penggorengan ketiga	13,29	13,29	14,36	14,80
penggorengan keempat	17,33	17,93	18,84	18,86

Lampiran 8. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan bilangan peroksida minyak sawit merah fraksi olein (meq/kg minyak).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	28,21	28,25	28,26	28,28
penggorengan pertama	24,48	24,58	24,92	24,63
penggorengan kedua	13,32	12,79	10,89	10,89
penggorengan ketiga	9,87	9,42	8,48	8,44
penggorengan keempat	10,09	10,32	8,55	9,71

Lampiran 9. Sidik ragam pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan bilangan peroksida minyak.

Sumber	dB	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	1121,962	124,662	51,32*	0,0001
A	1	188,991	188,991	77,81*	0,0001
B	4	84,354	21,088	8,68*	0,0027
AB	4	848,617	212,154	87,35*	0,0001
Galat	10	24,289	2,429		
Total	19	1146,251			

berbeda nyata

**Lampiran 9a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap bilangan peroksida minyak.**

Jenis minyak	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
minyak sawit merah	16,669	A
minyak pucat komersial	10,521	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 9b. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap bilangan peroksida minyak.**

Penggorengan ke	Rata-rata	Taraf signifikansi 0.01
penggorengan pertama	15.820	A
mentah	15,748	A
penggorengan keempat	13,956	AB
penggorengan ketiga	11,498	B
penggorengan kedua	10,954	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 9c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap bilangan peroksida minyak.**

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B0	28,255	A
A1B1	24,657	A
A0B4	18,240	B
A0B3	13,938	BC
A1B2	11,704	CD
A0B2	10,204	CD
A1B4	9,672	CD
A1B3	9,058	CD
A0B1	6,983	DE
A0B0	3,240	E

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 10. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak sawit pucat komersial (%).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	9,4	9,5	9,6	9,5
penggorengan pertama	15,3	14,3	16,0	15,6
penggorengan kedua	22,7	22,9	23,5	22,8
penggorengan ketiga	29,7	28,9	29,5	29,8
penggorengan keempat	39,8	38,6	38,0	38,1

Lampiran 11. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak sawit merah fraksi olein (%).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	9,2	8,8	9,1	8,2
penggorengan pertama	16,2	14,6	13,3	14,4
penggorengan kedua	18,4	20,2	24,5	19,1
penggorengan ketiga	14,7	21,0	13,7	21,0
penggorengan keempat	20,2	22,0	25,1	26,1

Lampiran 12. Sidik ragam pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar senyawa polar minyak.

Sumber	db	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	1504,505	167,167	122,69*	0,0001
A	1	189,113	189,113	138,80*	0,0001
B	4	1135,612	283,903	208,37*	0,0001
AB	4	177,813	44,945	32,99*	0,0001
Galat	10	13,625	1,363		
Total	19	1518,129			

berbeda nyata

Lampiran 12a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak terhadap kadar polar minyak.

Jenis minyak	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
Minyak pucat komersial	23,170	A
Minyak sawit merah	17,020	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 12b. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap kadar polar.

Perlakuan penggorengan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
penggorengan keempat	31,125	A
penggorengan ketiga	23,525	B
penggorengan kedua	21,775	B
penggorengan pertama	14,975	C
mentah	9,075	D

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 12c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar polar.

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A0B4	38,600	A
A0B3	29,400	B
A1B4	23,650	C
A0B2	23,000	C
A1B2	20,550	C D
A1B3	17,650	D E
A0B1	15,300	E
A1B1	14,650	E
A0B0	9,550	F
A1B0	8,600	F

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 13. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan dengan minyak pucat komersial terhadap perubahan kadar air produk tahu ( % bk).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	385,72	407,66	477,55	505,47
penggorengan pertama	95,63	91,26	112,50	112,79
penggorengan kedua	98,56	98,02	114,14	113,54
penggorengan ketiga	114,02	122,62	116,08	114,11
penggorengan keempat	149,88	149,75	110,48	107,58

Lampiran 14. Tabel pengaruh perlakuan penggorengan dengan minyak sawit merah terhadap perubahan kadar air tahu (% bk).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	487,30	483,97	424,77	415,97
penggorengan pertama	175,82	167,78	103,48	112,51
penggorengan kedua	137,56	126,74	101,29	106,10
penggorengan ketiga	120,73	128,77	95,28	102,43
penggorengan keempat	125,01	141,66	111,33	108,41

Lampiran 15. Sidik ragam pengaruh perlakuan penggorengan terhadap perubahan kadar air produk.

Sumber	db	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	350610,863	38956,7625	36,33*	0,0001
A	1	412,232	412,232	0,38	0,5491
B	4	348938,310	87234,578	81,35*	0,0001
AB	4	1260,321	315,080	0,29	0,8754
Galat	10	10723,800	1072,380		
Total	19	361334,663			

berbeda nyata

**Lampiran 15a. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap kadar air produk tahu.**

Pengaruh penggorengan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
mentah	448,30	A
penggorengan keempat	125,51	B
penggorengan pertama	121,47	B
penggorengan ketiga	114,26	B
penggorengan kedua	111,99	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 15b. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar air produk tahu.**

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B0	453,00	A
A0B0	443,60	A
A1B1	139,90	B
A0B4	129,42	B
A1B4	121,60	B
A1B2	117,93	B
A0B3	116,71	B
A1B3	111,81	B
A0B2	106,06	B
A0B1	103,04	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 16. Tabel pengaruh penggorengan dengan minyak pucat komersial terhadap perubahan kadar lemak produk tahu (% bk).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	6,52	7,45	8,65	9,50
penggorengan pertama	13,50	14,01	13,61	12,29
penggorengan kedua	17,32	17,40	18,52	17,47
penggorengan ketiga	18,47	18,58	20,21	19,86
penggorengan keempat	21,01	20,95	22,42	23,00

Lampiran 17. Tabel pengaruh penggorengan dengan minyak sawit merah terhadap perubahan kadar lemak produk tahu (% bk).

Jenis perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2	
	I	II	I	II
mentah	1,87	4,75	2,11	2,25
penggorengan pertama	11,42	12,42	15,43	14,98
penggorengan kedua	15,24	18,36	17,33	18,05
penggorengan ketiga	24,35	25,60	21,34	21,62
penggorengan keempat	21,58	25,31	27,27	27,58

Lampiran 18. Sidik ragam pengaruh penggorengan terhadap perubahan kadar lemak tahu.

Sumber	db	JK	KT	Fhitung	P
Perlakuan	9	857,963	95,329	40,01*	0,0001
A	1	0,288	0,288	0,12	0,7353
B	4	791,753	197,938	83,07*	0,0001
AB	4	65,923	16,481	6,92*	0,0062
Galat	10	23,828	2,383		
Total	19	881,792			

berbeda nyata

Lampiran 18a. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap kadar lemak produk tahu.

Perlakuan penggorengan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
penggorengan keempat	23,635	A
penggorengan ketiga	21,257	A
penggorengan kedua	17,462	B
penggorengan pertama	13,460	C
mentah	5,805	D

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 18b. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap kadar lemak produk tahu.

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B4	25,435	A
A1B3	23,230	AB
A0B4	21,835	ABC
A0B3	19,285	BC
A0B2	17,680	CD
A1B2	17,245	CD
A1B1	13,565	DE
A0B1	13,355	DE
A0B0	8,865	E
A1B0	2,740	F

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 21a. Uji Duncan pengaruh jenis minyak yang digunakan terhadap total karoten di dalam minyak.

Jenis minyak	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
Minyak sawit merah	270,267	A
Minyak pucat komersial	14,012	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 21b. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan terhadap total karoten di dalam minyak.

Perlakuan penggorengan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
mentah	376,613	A
penggorengan pertama	170,173	B
penggorengan kedua	84,733	C
penggorengan ketiga	41,565	D
penggorengan keempat	37,615	D

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 21c. Uji Duncan pengaruh interaksi jenis minyak dan perlakuan penggorengan terhadap total karoten di dalam minyak.

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,01
A1B0	737,937	A
A1B1	325,650	B
A1B2	155,680	C
A1B3	69,540	D
A1B4	62,530	D
A0B0	15,290	E
A0B1	14,695	E
A0B2	13,785	E
A0B3	13,590	E
A0B4	12,700	E

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

Lampiran 22. Sidik ragam uji organoleptik terhadap rasa tahu hasil penggorengan dengan minyak pucat komersial.

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	F <sub>tabel</sub> 0,01	F <sub>tabel</sub> 0,05
perlakuan	3	2,3	0,77	1,22	4,13	2,76
panelis	19	10,7				
galat	57	35,7	0,63			
total	79	48,2				

Lampiran 23. Sidik ragam uji organoleptik terhadap penampakan tahu hasil penggorengan dengan minyak pucat komersial.

Sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	F <sub>tabel</sub> 0,01	F <sub>tabel</sub> 0,05
perlakuan	3	2,05	0,68	0,70	4,13	2,76
panelis	19	36,45				
galat	57	55,45	0,97			
Total	79	93,95				

Lampiran 24. Sidik ragam uji organoleptik pengaruh penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap penampakan tahu.

sumber keragaman	db	JK	KT	Fhitung	F <sub>tabel</sub> 0,01	F <sub>tabel</sub> 0,05
perlakuan	3	5,84	1,95	8,13*	4,13	2,76
panelis	19	26,24				
galat	57	13,41	0,24			
total	79	45,49				

beda nyata

**Lampiran 25. Uji Duncan pengaruh penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap penampakan tahu.**

Jenis perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi*	
		0,01	0,05
penggorengan pertama	3,15	A	A
penggorengan kedua	2,80	AB	B
penggorengan ketiga	2,55	B	BC
penggorengan keempat	2,45	B	C

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

**Lampiran 26. Sidik ragam uji organoleptik pengaruh perlakuan penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap rasa tahu.**

Sumber keragaman	db	JK	KT	F <sub>hit</sub>	F <sub>tabel 0,01</sub>	F <sub>tabel 0,05</sub>
perlakuan	3	5,437	1,812	3,35*	4,13	2,76
panelis	19	12,137				
galat	57	30,813	0,541			
total	79	48,387				

beda nyata

**Lampiran 26a. Uji Duncan pengaruh perlakuan penggorengan menggunakan minyak sawit merah terhadap rasa tahu.**

Perlakuan	Rata-rata	Taraf signifikansi 0,05*
penggorengan kedua	3	A
penggorengan pertama	2,85	AB
penggorengan ketiga	2,7	AB
penggorengan keempat	2,3	B

huruf yang berbeda menyatakan perbedaan

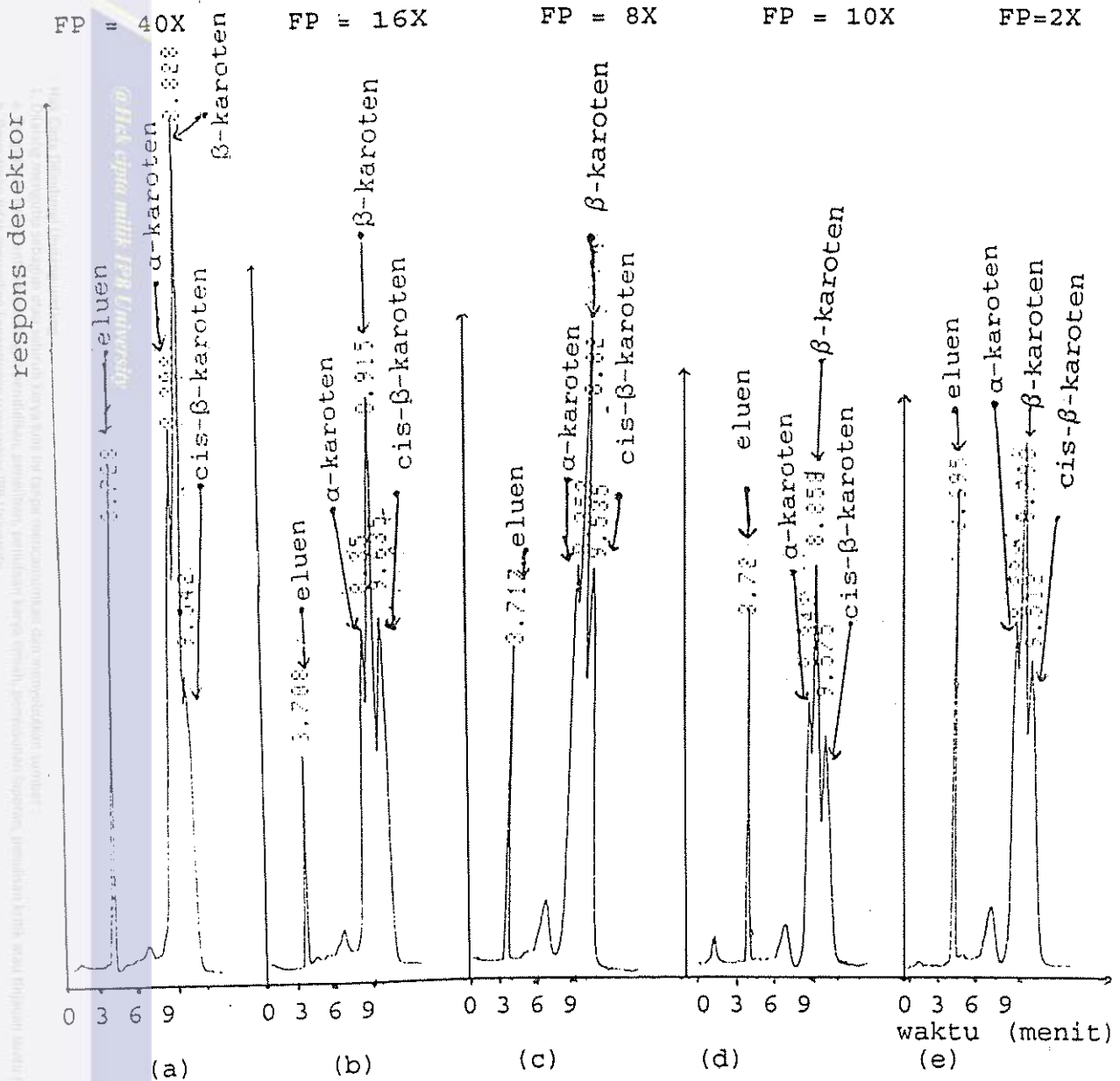
Lampiran 27. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan kandungan beta karoten minyak sawit merah (ppm).

Jenis perlakuan	Ulangan I		Ulangan II	
	I	II	I	II
mentah	532	521	500	494
penggorengan pertama	233	201	191	209
penggorengan kedua	106	120	114	124
penggorengan ketiga	60	63	51	41
penggorengan keempat	40	55	26	27

Lampiran 28. Tabel pengaruh penggorengan empat kali terhadap perubahan karoten total (ppm) di dalam tahu.

Jenis perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2
mentah	3	1
penggorengan pertama	62	41
penggorengan kedua	40	20
penggorengan ketiga	20	8
penggorengan keempat	11	7

# Lampiran 29. Kromatogram pemisahan karotenoida pada minyak sawit merah.

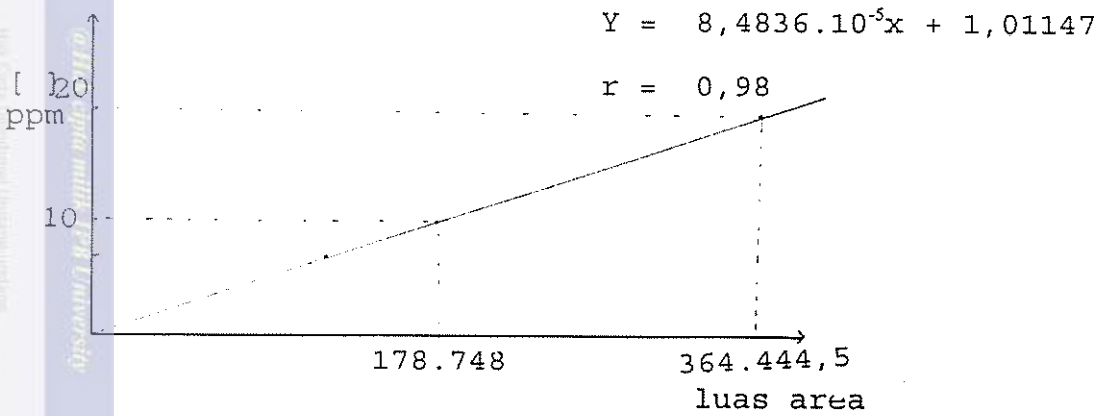


keterangan gambar:

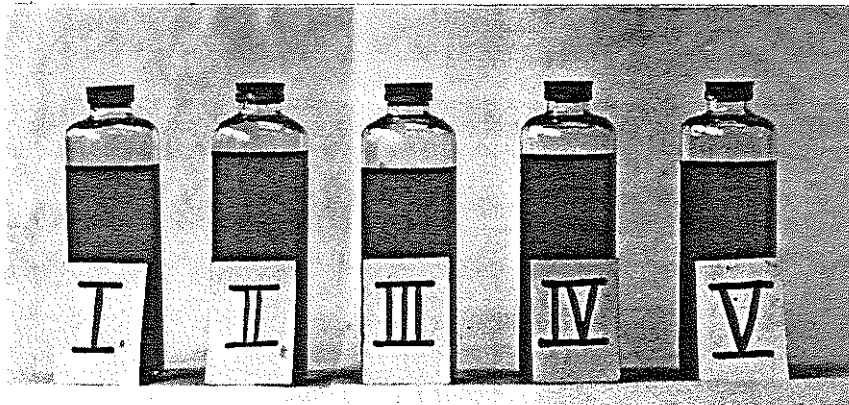
- (a) minyak sawit merah (MSM) segar
- (b) MSM pada penggorengan pertama
- (c) MSM pada penggorengan kedua
- (d) MSM pada penggorengan ketiga
- (e) MSM pada penggorengan keempat

FP = Faktor Pengenceran

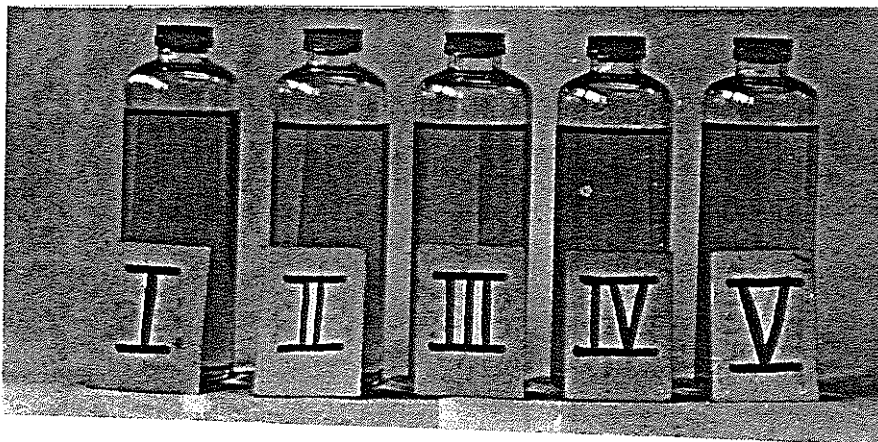
Lampiran 30. Kurva standar kandungan beta karoten pada minyak sawit merah.



Lampiran 31a. Gambar minyak sawit merah segar hingga yang digunakan untuk menggoreng sebanyak 4 kali.



Lampiran 31b. Gambar minyak pucat komersial segar hingga yang digunakan untuk menggoreng sebanyak 4 kali.



keterangan gambar

- I = minyak segar
- II = minyak yang digunakan untuk penggorengan pertama
- III = minyak yang digunakan untuk penggorengan kedua
- IV = minyak yang digunakan untuk penggorengan ketiga
- V = minyak yang digunakan untuk penggorengan keempat

# Lampiran 32. Formulir Uji Organoleptik

Nama :

Tanggal :

Instruksi :Nyatakan penilaian anda sesuai dengan kolom berikut ini dan berilah tanda v.

Penilaian	Rasa				Penampakan			
	815	394	558	614	815	394	556	614
sangat suka								
suka								
netral								
tidak suka								
sangat tidak suka								

Apakah yang anda rasakan di tenggorokan setelah mengkonsumsinya?

.....

