

**EFEK PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT SENSORI
DAN LAMA SIMPAN ROTI TAWAR YANG DIFORTIFIKASI
DENGAN MINYAK IKAN**

(Skripsi)

Oleh

TIAS APRIYANI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITION OF THE ANTIOXIDANTS TO SENSORY CHARACTERISTICS AND SHELF LIFE OF BREAD FOTRIFIED BY FISH OIL

BY

TIAS APRIYANI

Bread is kind of food product which contains high carbohydrate content, meanwhile it contains low omega-3 fatty acid content. The composition of omega-3 fatty acid in bread can be increased by fortification with fish oil. Fish oil is susceptible to oxidation, which causes changes in odor and flavor that affect the shelf life of bread. Therefore, it is necessary to add antioxidants into the bread fortified by fish oil to maintain the organoleptic properties and extend shelf life of the bread. This research was aimed to determine the effect of addition of combination of antioxidants into bread fortified by fish oil to retain the organoleptic properties and extend the shelf life of the bread.

Research was arranged in Randomized Block Design Complete (RBDC) with two factors, that were combination of ascorbic acid and BHA (0 and 0,02% w/w, 0,005%

w/w and 0,015% w/w, 0,01% w/w and 0,001% w/w, 0,0015% w/w and 0,005 w/w, 0,02% w/w and 0), and storage time (0, 3, and 6 days). All the data from the experiment were analyzed by Bartlett Test for equality of variance and Tukey Test for data additivity. The data were analyzed by Analys of Variant to get the error variance estimators and differences between treatments. The data were then tested further by LSD Test to determine the best treatment. The result showed that addition of the 0,010% w/w of ascorbic acid and 0,010% w/w of BHA into fortified bread produced the bread that had the best organoleptic properties and the lowest peroxide value. Additionally, such treatment produced the bread that could be stored for 3 days without changing its organoleptic properties significantly.

Key words : bread, fortification, fish oil, omega-3 fatty acid, antioxidant

ABSTRAK

EFEK PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT SENSORI DAN LAMA SIMPAN ROTI TAWAR YANG DIFORTIFIKASI DENGAN MINYAK IKAN

Oleh

Tias Apriyani

Roti tawar merupakan produk pangan yang memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, namun mengandung sedikit kadar omega-3. Untuk meningkatkan kadar omega-3 pada roti tawar perlu dilakukan fortifikasi, yaitu dengan penambahan minyak ikan. Minyak ikan bersifat sensitif terhadap oksidasi, maka penambahannya pada roti tawar menyebabkan perubahan organoleptik terutama pada aroma dan berpengaruh terhadap lama simpan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan antioksidan untuk mempertahankan sifat organoleptik dan memperpanjang masa simpan roti tawar. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah kombinasi antioksidan yang tepat dan efektif dalam mencegah reaksi oksidasi sehingga dapat mempertahankan sifat sensori dan memperpanjang lama simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan.

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor yaitu variasi kombinasi asam askorbat dan BHA (0 dan 0,02% b/b; 0,005% b/b dan 0,015% b/b; 0,01% b/b dan 0,01% b/b; 0,015% b/b dan 0,005% b/b; 0,02% b/b dan 0), dan lama penyimpanan (0, 3, dan 6 hari). Semua data hasil pengamatan diuji kesamaan ragamnya dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat kemudian diuji lanjut dengan uji BNT untuk menentukan perlakuan terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi asam askorbat 0,010% b/b dan BHA 0,010% b/b menghasilkan roti tawar dengan sifat organoleptik terbaik dan bilangan peroksida terendah. Penambahan kombinasi asam askorbat dan BHA juga menghasilkan roti tawar yang dapat disimpan hingga 3 hari tanpa perubahan sifat organoleptik dan bilangan peroksida secara nyata.

Kata kunci : roti tawar, fortifikasi, minyak ikan, asam lemak omega-3, antioksidan

**EFEK PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN TERHADAP SIFAT SENSORI
DAN LAMA SIMPAN ROTI TAWAR YANG DIFORTIFIKASI
DENGAN MINYAK IKAN**

Oleh

TIAS APRIYANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

**: EFEK PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN
TERHADAP SIFAT SENSORI DAN LAMA
SIMPAN ROTI TAWAR YANG
DIFORTIFIKASI DENGAN MINYAK IKAN**

Nama Mahasiswa

: Tias Apriyani

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1114051057

Program Studi

: Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas

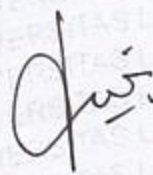
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

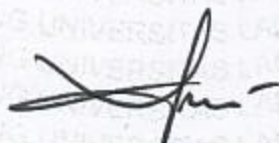


Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.
NIP 19660314 199003 1 009



Dyah Koesoemawardhani, S.Pl., M.P.
NIP 19701027 199512 2 001

2. Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian



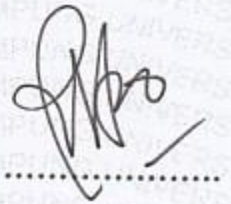
Ir. Susilawati, M.Si.
NIP 19610806 198702 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

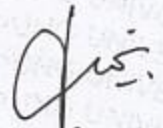
Ketua

: **Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.**



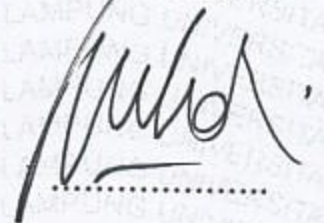
Sekretaris

: **Dyah Koesoemawardhani, S.Pi., M.P.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 April 2016**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Tias Apriyani NPM 1114051057.

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, April 2016

Yang membuat pernyataan



Tias Apriyani

NPM. 1114051057

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran pada tanggal 10 April 1993. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara buah hati pasangan Bapak Suparjo dan Ibu Suryanti.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Nurul Iman pada tahun 1999, Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Durian Padang Cermin pada tahun 2005, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 4 Padang Cermin pada tahun 2008, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 8 Bandar Lampung pada tahun 2011.

Pada tahun 2011, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis. Selama menjadi mahasiswa penulis menjadi anggota di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Penulis pernah menjadi Staf Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Keluarga Besar Mahasiswa Universitas Lampung (BEM U KBM Unila) pada periode 2012-2013 dan 2013-2014. Pada awal tahun 2014, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di desa Karya Bhakti, Kecamatan Meraksa Aji, Kabupaten Tulang

Bawang selama 40 hari. Pada Juli 2014, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Tirta Ratna Unit Badranaya Bandung, Jawa Barat.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas nikmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Efek Penambahan Antioksidan terhadap Sifat Sensori dan Lama Simpan Roti Tawar yang Difortifikasi dengan Minyak Ikan”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.S. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas arahannya dalam proses penyelesaian skripsi penulis.
3. Bapak Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc. selaku pembimbing satu skripsi atas saran dan bimbingannya dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
4. Ibu Dyah Koesoemawardhani, S.Pi.,M.P selaku pembimbing dua atas saran dan bimbingannya dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si selaku pembahas atas saran, bimbingan, dan evaluasinya terhadap karya skripsi penulis.

6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff administrasi dan laboratorium di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Kedua Orang Tua dan keluarga tersayang yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan yang selalu menyertai penulis dalam doanya untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.
8. Teman-teman JANJI GERHANA angkatan 2011, serta teman-teman sepermainan di luar sana yang selalu menjadi motivasi dan semangat. Terimakasih untuk kebersamaan selama ini.
9. Keluarga besar HMJ THP FP Unila, kakak-kakak, mbak-mbak, dan adik-adik atas bantuan dan kebersamaannya selama ini.
10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis selama ini hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala amal dan kebaikan semua pihak di atas dan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, April 2016

Penulis,

TIAS APRIYANI

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Roti Tawar dan Komposisi Roti Tawar	8
2.2. Bahan Baku Roti Tawar	9
2.2.1 Tepung Terigu	10
2.2.2 Air	11
2.2.3 Garam Dapur	11
2.2.4 Gula	12
2.2.5 Ragi Roti	13
2.2.6 Shortening	13
2.2.7 Susu	14
2.3. Proses Pembuatan Roti	15
2.4. Minyak Ikan	17
2.5 Asam Lemak Omega-3	18
2.6 Oksidasi Asam Lemak	19
2.7 Antioksidan	20

2.8	Bilangan Peroksida.....	22
2.9	Bilangan <i>p</i> -Anisidin	23
2.10	Bilangan Total Oksidasi	24
III.	BAHAN DAN METODE	25
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2.	Alat dan Bahan	25
3.3.	Metode Penelitian	26
3.4.	Pelaksanaan Penelitian	27
3.5	Pengamatan	29
3.5.1	Kadar Lemak	29
3.5.2	Penentuan Bilangan Peroksida	29
3.5.3	Penentuan Bilangan <i>p</i> -Anisidin	31
3.5.4	Penentuan Bilangan Total Oksidasi	31
3.5.5	Uji Organoleptik	32
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1.	Bilangan Peroksida.....	35
4.2.	Bilangan <i>p</i> -Anisidin	38
4.3	Bilangan Total Oksidasi	39
4.4	Uji Organoleptik	40
4.4.1	Aroma	40
4.4.2	Tekstur	44
4.4.3	Rasa	46
4.4.4	Penilaian Keseluruhan	49
4.5	Penentuan Perlakuan Terbaik	52
4.6	Uji Proksimat	54

V. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia roti tawar dalam 100 gram bahan.....	10
2. Syarat mutu roti tawar	10
3. Komposisi Kimia Tepung Terigu dalam 100 g Bahan	11
4. Faktor pertama (Jenis Antioksidan dan Minyak Ikan)	25
5. Faktor kedua (Lama penyimpanan roti tawar)	26
6. Skala penilaian organoleptik roti tawar.....	29
7. Uji BNT faktor kombinasi antioksidan terhadap aroma	36
8. Uji BNT faktor lama penyimpanan terhadap aroma	36
9. Uji BNT faktor lama penyimpanan terhadap tekstur	39
10. Uji BNT faktor lama penyimpanan terhadap rasa	42
11. Uji BNT 5% Faktor lama penyimpanan terhadap penilaian keseluruhan	44
12. Uji BNT faktor kombinasi antioksidan terhadap penilaian keseluruhan	45
13. Uji BNT faktor kombinasi antioksidan terhadap bilangan peroksida	48
14. Uji BNT 5% Faktor lama penyimpanan terhadap bilangan Peroksida	49
15. Rekapitulasi pemilihan perlakuan terbaik roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan.....	53
16. Hasil uji proksimat roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	55
17. Aroma roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan..	64

18. Uji kehomogenan aroma roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	65
19. Analisis ragam aroma roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	66
20. Tekstur roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	67
21. Uji kehomogenan tekstur roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	68
22. Analisis ragam tekstur roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	69
23. Rasa roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	70
24. Uji kehomogenan rasa roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	71
25. Analisis ragam rasa roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	72
26. Penerimaan keseluruhan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	73
27. Uji kehomogenan penilaian keseluruhan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	74
28. Analisis ragam penerimaan keseluruhan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	75
29. Bilangan peroksida roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	76
30. Uji kehomogenan bilangan peroksida roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan.....	77
31. Analisis ragam bilangan peroksida roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	78
32. Bilangan anisidin roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	79

33. Uji kehomogenan bilangan anisidin roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan.....	80
34. Analisis ragam bilangan anisidin roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	81
35. Bilangan total oksidasi roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan	82
36. Uji kehomogenan bilangan total oksidasi roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	83
37. Analisis ragam bilangan total oksidasi roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	84
38. Analisis ragam penerimaan keseluruhan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur umum DHA dan EPA.....	19
2. Reaksi penghambatan antioksidan primer terhadap radikal Bebas	22
3. Reaksi pengikatan aldehida oleh senyawa <i>p</i> -anisidin	24
4. Diagram alir pembuatan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan	28
5. Penimbangan Bahan	86
6. Air + Minyak Ikan + Antioksidan	86
7. Pembuatan Adonan Roti Tawar	86
8. Fermentasi Roti Tawar	86
9. Roti Tawar yang Dihasilkan	87
10. Pengujian Organoleptik	87
11. A1 pada hari ke-6	87
12. A2 pada hari ke-6	87
13. A3 pada hari ke-6	88
14. A4 pada hari ke-6	88
15. A5 pada hari ke-6	88
16. Ekstraksi Lemak dengan Soxhlet	88
17. Lemak Hasil Ekstraksi	88
18. Pengujian Bilangan Peroksida dengan Metode Titrasi Iodometri	89

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Roti adalah produk pangan yang tercipta dari hasil fermentasi tepung terigu dengan menggunakan bahan pengembang berupa ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) atau bahan pengembang lainnya yang proses pematangannya dengan cara dipanggang (Mudjajanto dan Yulianti, 2004). Roti tawar merupakan salah satu jenis produk pangan yang berbentuk *sponge*, yaitu makanan yang sebagian besar volumenya tersusun dari gelembung-gelembung oksigen dan merupakan jenis roti yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Roti tawar yang beredar di pasaran sebagian besar dibuat dari tepung terigu dan tepung gandum utuh yang keduanya memberikan asupan energi cukup tinggi bagi tubuh akibat tingginya kandungan karbohidrat yang terdapat di dalamnya. Gaman dan Sherington (1992) menyatakan bahwa kandungan karbohidrat yang terdapat pada roti tawar cukup tinggi yaitu sebesar 50 gram dari 100 gram berat bahan, namun jumlah zat gizi lain yang terdapat di dalamnya rendah, misalnya kadar lemak yang jumlahnya hanya 1,5 gram dari 100 gram berat bahan. Hal itu mengakibatkan perlu dilakukannya fortifikasi pada roti tawar agar dapat meningkatkan nilai zat gizi tertentu pada roti tawar, salah satunya dengan minyak ikan.

Hingga saat ini minyak ikan merupakan salah satu sumber utama asam lemak omega-3 yang penting bagi kesehatan, terutama DHA (*Dokosaheksaenoat*) dan EPA (*Eikosapentaenoat*). EPA dapat memperbaiki sistem sirkulasi dan dapat membantu pencegahan penyempitan, pengerasan pembuluh darah, dan penggumpalan keping darah, sedangkan DHA berfungsi sebagai jaringan pembungkus syaraf yang berperan dalam melancarkan perintah syaraf dan mengantarkan rangsangan syaraf ke otak. DHA dan EPA ini merupakan bentuk paling umum dari omega-3 yang pada produk pangan kebanyakan digunakan dalam bentuk mikrokapsul. DHA (*Dokosaheksaenoat*) dihasilkan oleh alga laut dan komponen primer minyak ikan, sedangkan EPA (*Eikosapentaenoat*) merupakan produk primer asam lemak minyak ikan meskipun tidak dihasilkan oleh ikan.

Penambahan minyak ikan diharapkan dapat meningkatkan sifat fungsional roti tawar, namun karena minyak ikan memiliki sifat sensitif terhadap oksigen yang dapat menjadikannya teroksidasi dan menyebabkan ketengikan, maka penambahannya pada roti tawar dapat menyebabkan perubahan organoleptik pada roti tawar terutama pada aroma dan juga berpengaruh terhadap lama simpan produk tersebut (Rikafilanti, 2013). Hal tersebut menyebabkan perlu dilakukannya penambahan zat aditif antioksidan yang dapat mempertahankan sifat organoleptik dan juga berfungsi untuk memperpanjang masa simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan. Antioksidan dinyatakan sebagai senyawa yang secara nyata dapat memperlambat oksidasi, walaupun dalam konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan substrat yang dapat dioksidasi (Cuppeet, 1997). Berdasarkan sumbernya terdapat dua jenis antioksidan yang

dapat ditambahkan dalam pangan, yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Menurut Pratt dan Hudson (1990), senyawa antioksidan alami umumnya adalah senyawa fenolik atau polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Antioksidan sintetis merupakan antioksidan alami yang telah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial (Buck, 1991). Antioksidan sintetis yang diizinkan untuk ditambahkan ke dalam makanan yaitu Butil Hidroksi Anisol (BHA), Butil Hidroksi Toluen (BHT), propil galat (PG), Tert-Butil Hidroksi Quinon (TBHQ) dan tokoferol.

Pada penelitian ini antioksidan yang digunakan adalah asam askorbat dan BHA. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan tentang Bahan Tambahan Makanan menyebutkan bahwa bahan kimia tertentu diizinkan untuk dipergunakan, misalnya Asam Askorbat (*Ascorbic Acid*) untuk jenis bahan makanan tepung. BHA digunakan karena pada umumnya roti yang dijual dipasaran menggunakan BHA sebagai bahan tambahan untuk pengawetnya (Sari Roti). Penambahan antioksidan diharapkan dapat menghambat terjadinya reaksi oksidasi minyak ikan sehingga dapat mempertahankan sifat sensori roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan juga dapat memperpanjang lama simpan roti tawar tersebut. Namun penelitian yang mengkombinasikan asam askorbat dan BHA dalam rangka mempertahankan sifat sensori dan memperpanjang lama simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan belum pernah dilakukan. Oleh sebab itu, perlu dilakukannya penelitian yang membahas mengenai efek penambahan antioksidan terhadap sifat sensori dan lama simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jumlah kombinasi antioksidan yang tepat dan efektif dalam mencegah terjadinya reaksi oksidasi sehingga dapat mempertahankan sifat sensori dan memperpanjang lama simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan.

1.3 Kerangka Pemikiran

Menurut Mudjajanto dan Yulianti (2004), roti adalah produk pangan yang tercipta dari hasil fermentasi tepung terigu dengan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) atau bahan pengembang lain yang proses pematangannya dengan cara dipanggang. Halal Guide (2009) menyatakan bahwa roti tawar merupakan salah satu jenis produk pangan yang berbentuk *sponge*, yaitu makanan yang sebagian besar volumenya tersusun dari gelembung-gelembung oksigen. Gaman dan Sherington (1992) menyatakan bahwa roti tawar mengandung 8 g protein, 50 g karbohidrat, 39 g air, 1,5 g vitamin dan mineral serta lemak 1,5 g dari 100 g bahan. Hal tersebut mengakibatkan perlu dilakukannya penambahan minyak ikan untuk meningkatkan nilai gizi lain dari roti tawar. Penelitian terkait penambahan minyak ikan pada roti tawar telah dilakukan oleh Rikafilanti (2013). Selain itu, penambahan minyak ikan ke beberapa produk pangan telah dilakukan oleh Lukito dan Arges (2009), Ye dan Cui (2009), Kusuma (2008), serta Dunford (2005), namun hal tersebut memungkinkan terjadinya penyimpangan pada sifat organoleptik dan umur simpan produk (Rikafilanti, 2013). Jumlah minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3 yang ditambahkan umumnya adalah 2%, yang merupakan total jumlah ALA, EPA, dan DHA (Elisabeth, 2008), namun

dalam penelitian Rikafilanti (2013), penambahan minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3 1% menghasilkan roti tawar dengan sifat sensori paling baik. Penambahan minyak ikan tersebut dapat menyebabkan terjadinya penyimpangan, sehingga perlu dilakukan penambahan antioksidan yang dapat memperbaiki sifat sensori dan menghambat kerusakan dini pada produk pangan.

Madhavi *et al.* (1996) menyatakan bahwa antioksidan merupakan senyawa yang mampu mencegah ketengikan oksidatif dari lemak. Matz (1984) menambahkan bahwa dalam konsentrasi kecil pun antioksidan dapat menahan terjadinya ketengikan dan menghambat reaksi oksidasi pada bahan yang mengandung lemak atau minyak. Menurut Kochar dan Rossell (1990), berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan dapat digolongkan menjadi antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer (umunya senyawa fenolik) bekerja sebagai pemberi atom hidrogen pada radikal lipid (R^* , ROO^*) dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan (A^*) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibandingkan radikal lipid. Contoh dari antioksidan ini adalah BHA dan BHT. Antioksidan sekunder bekerja dengan cara mendekomposisi hidroperoksida lemak menjadi produk akhir yang lebih stabil. Antioksidan sekunder, seperti asam sitrat, asam askorbat, dan esternya, sering ditambahkan pada minyak/lemak sebagai kombinasi dengan antioksidan primer. Kombinasi tersebut dapat memberi efek sinergis sehingga menambah keefektifan kerja antioksidan primer.

Menurut Madhavi *et al.* (1996) dan Gulcin (2012), fungsi asam askorbat dalam bahan pangan yaitu sebagai penangkap oksigen sehingga mencegah proses

oksidasi, menjaga kelompok sulfhidril dalam bentuk $-SH$, bersinergis dengan zat pengkelat, dan atau untuk mengurangi produk oksidasi yang tidak diinginkan. Peraturan Menteri Kesehatan tentang Bahan Tambahan Makanan menyebutkan bahwa bahan kimia tertentu diijinkan untuk dipergunakan, misalnya Asam Askorbat (*Ascorbic Acid*) untuk jenis bahan makanan tepung dengan batas maksimum penggunaan 200 mg/kg bahan. BHA pada konsentrasi 0,005%-0,01% cukup efektif digunakan pada bahan pangan, aktivitas antioksidan meningkat dengan adanya peningkatan konsentrasi hingga 0,02% dan cenderung konstan pada level yang lebih tinggi (Mahdavi *et al.*, 1996). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Coppen (1983), penambahan BHA 0,02% pada minyak goreng dapat memperbaiki kualitas *flavour* keripik kentang setelah dilakukan penyimpanan beberapa minggu pada suhu penyimpanan 30°C.

Penggunaan BHA menghasilkan kestabilan pada *lard* selama 4-16 hari dan meningkat hingga 36 hari dengan penambahan asam sitrat. Sama halnya dengan BHA, asam askorbat lebih efektif digunakan ketika dikombinasikan dengan antioksidan yang lain. Adegoke *et al.* (1998) melaporkan bahwa kombinasi BHA dan asam askorbat dapat memperlambat oksidasi lipid dan pigmen dalam daging giling mentah hingga 8 hari dalam lemari pendingin. Penambahan kombinasi antioksidan pada beberapa produk pangan telah dilakukan oleh Ruger *et al.* (2002), Lanari *et al.* (2003), serta Man dan Tan (1999). Hasil penelitian menyatakan bahwa kombinasi antioksidan tersebut efektif dalam menjaga kestabilan reaksi oksidatif minyak dan lemak dan tidak menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap *flavour* makanan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah jumlah kombinasi antioksidan yang ditambahkan berpengaruh terhadap sifat sensori dan lama simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roti Tawar dan Komposisi Roti Tawar

Menurut SNI (1995), definisi roti adalah produk yang diperoleh dari adonan tepung terigu yang diragikan dengan ragi roti dan dipanggang dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan yang diizinkan. Jenis roti yang beredar saat ini sangat beragam dan secara umum roti dibedakan atas roti tawar dan roti manis. Roti tawar dapat dibedakan lagi atas roti putih (*white bread*) dan roti gandum (*whole wheat bread*), sedangkan roti manis (2009), roti isi adalah roti yang sudah diberi penambahan rasa atau isi tertentu ke dalam roti sehingga konsumen tinggal menyantapnya, sedangkan roti tawar merupakan jenis produk pangan yang berbentuk *sponge*, yaitu makanan yang sebagian besar volumenya tersusun dari gelembung-gelembung gas. Produk ini terdiri dari gas sebagai fase diskontinyu dan zat padat sebagai fase kontinyu (Maltz, 1962). Berdasarkan bahan pengembang yang digunakan, roti tawar termasuk dalam *yeast raised goods*, yaitu adonan yang mengembang karena adanya karbondioksida yang dihasilkan dari proses fermentasi gula oleh *yeast* (Potter, 1978).

Tabel 1. Komposisi kimia roti tawar dalam 100 gram bahan.

Komposisi	Jumlah
Protein (g)	8,0
Karbohidrat (g)	50,0
Lemak (g)	1,5
Air (g)	39,0
Vitamin dan mineral (g)	1,5

Sumber : Gaman dan Sherington (1992)

Tabel 2. Syarat mutu roti tawar berdasarkan SNI NO.01-3840-1995.

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Kenampakan	-	Normal, tidak berjamur
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Kadar Air	% b/b	Maksimal 40
Kadar Abu	% b/b	Maksimal 1
Kadar NaCl	% b/b	Maksimal 2,5
Serangga	-	Tidak boleh ada
Bahan tambahan makanan:		
a. Pengawet		Sesuai dengan SNI
b. Pewarna		
c. Pemanis buatan		
d. Sakarin siklamat	negatif	negatif

Sumber : SNI (1995)

2.2 Bahan Baku Roti Tawar

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan roti tawar terdiri dari bahan utama dan bahan tambahan. Menurut Pomeranz dan Shellenberger (1971), bahan utama dalam pembuatan roti terdiri dari tepung, air, ragi roti (*yeast*), dan garam, sedangkan yang termasuk bahan tambahan diantaranya yaitu gula, susu skim, *shortening*..

2.2.1 Tepung Terigu

Tepung merupakan bahan baku utama dalam pembuatan roti. Tepung yang biasa digunakan untuk roti adalah tepung gandum, jagung, dan *havermouth*. Beberapa jenis protein yang terdapat pada tepung jika dicampur dengan air akan menghasilkan gluten. Gluten inilah yang dapat membuat roti mengembang selama proses pengolahan. Jaringan sel-sel ini juga cukup kuat untuk menahan gas yang dibuat oleh ragi sehingga adonan tidak mengempis kembali (Sufi, 1999). Tepung terigu yang digunakan sebaiknya yang mengandung gluten 8-12%. Gluten adalah protein yang terdapat pada terigu yang bersifat elastis sehingga akan mempengaruhi sifat elastisitas dan tekstur roti yang dihasilkan (Widyaningsih dan Murtini, 2006). Komposisi kimia tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Tepung Terigu dalam 100 g Bahan.

Komposisi	Jumlah
Kalori (kal)	365
Protein (g)	8.9
Lemak (g)	1.3
Karbohidrat (g)	77.3
Kalsium (mg)	16
Fosfor (mg)	106
Besi (mg)	1.2
Vit A (SI)	0
Vit B1 (mg)	0.12
Vit C (mg)	0
Air (g)	12.0
Bdd (%)	100

Sumber : Departemen Kesehatan RI (1996)

2.2.2 Air

Air merupakan bahan yang berperan penting dalam pembuatan roti karena berfungsi dalam proses pembentukan struktur gluten. Air sangat menentukan konsistensi dan karakteristik adonan, sifat adonan selama proses dan akhirnya menentukan mutu produk yang dihasilkan. Air juga berfungsi sebagai pelarut bahan seperti garam, gula, susu bubuk dan mineral, sehingga bahan tersebut terdispersi secara merata dalam adonan (Subarna, 1992). Menurut Mudjajanto dan Yulianti (2004), penambahan air dalam pembuatan roti selain berfungsi dalam proses pembentukan struktur gluten juga untuk mengontrol kepadatan dan suhu adonan. Selain itu, air berperan sebagai penahan dan penyebar bahan-bahan bukan tepung secara seragam, dan memungkinkan adanya aktivitas enzim.

2.2.3 Garam Dapur

Garam adalah bahan utama untuk mengatur rasa. Garam akan membangkitkan rasa pada bahan-bahan lainnya dan membantu membangkitkan harum dan meningkatkan sifat-sifat roti. Penggunaan garam pada adonan akan membuat adonan lebih padat. Garam memperbaiki pori-pori roti dan tekstur roti akibat kuatnya adonan dan secara tidak langsung berarti membantu pembentukan warna adonan (*US Wheat associates*, 1983). Selain itu, garam juga berfungsi sebagai pengontrol waktu fermentasi dari adonan beragi, penambah kekuatan gluten, pengatur warna kulit, dan pencegah timbulnya bakteri karena sifatnya yang higroskopis sehingga menurunkan aktivitas air dalam adonan. Syarat garam yang baik dalam pembuatan roti adalah harus 100% larut dalam air, jernih, bebas dari gumpalan-gumpalan, tidak tercampur dengan senyawa lain, dan bebas dari rasa

pahit (Frazier & Westhoff, 1988; Mudjajanto & Yulianti, 2004). Menurut *US Wheat Associates* (1983), jumlah pemakaian garam kurang dari 2% berat tepung maka rasa akan hambar, sedangkan diatas 2,25% berat tepung akan menghambat aktivitas mikroba.

2.2.4 Gula

Gula sangat penting peranannya dalam pembuatan roti. Gula pasir memiliki kandungan karbohidrat sebesar 94% dan air 6 persen. Menurut Mudjajanto dan Yulianti (2004), gula berfungsi sebagai nutrisi bagi ragi, memberi rasa, mengatur fermentasi, memperpanjang umur roti, menambah kandungan gizi, membuat tekstur roti menjadi lebih empuk, memberikan daya pembasahan pada roti, dan memberikan warna coklat yang menarik pada kulit karena proses *Maillard* atau karamelisasi. Menurut Astawan (2005), gula perlu ditambahkan ke dalam adonan roti. Hal ini karena, gula berperan dalam pertumbuhan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk dapat menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) dalam jumlah yang cukup untuk mengembangkan adonan secara optimal.

Gula dengan konsentrasi tinggi menghambat aktivitas ragi walaupun terjadi fermentasi. Gula berperan dalam memberikan rasa manis dan warna *crust* pada produk. Pemakaian gula lebih dari 8% pada roti tawar akan memberikan sifat empuk yang berlebihan sehingga bentuk roti tidak tegar, sedangkan pada roti manis sifat empuk terjadi pada kadar gula 15% ke atas. Peningkatan jumlah gula dalam adonan harus diimbangi dengan penambahan jumlah ragi agar proses fermentasi tidak terganggu.

2.2.5 Ragi Roti

Ragi memiliki kandungan protein sebesar 13%, lemak sebesar 0,7%, karbohidrat sebesar 10%, air sebesar 70,5%, dan abu sebesar 1,85 persen. Ragi yang digunakan dalam pembuatan roti berasal dari *Saccharomyces cerevisiae*. Dalam proses pembuatan roti, ragi memfermentasikan gula sederhana dan menghasilkan CO₂ dan alkohol. Proses pemanasan akan mematikan ragi dan menginaktifkan enzim, kemudian fermentasi dan pelepasan CO₂ terhenti. Meningkatnya suhu pada roti membuat pati tergelatinisasi dan gluten terkoagulasi, menghasilkan struktur yang agak keras dan kurang rapuh (Potter dan Hotchkiss, 1995). Mudjajanto dan Yulianti (2004) menjelaskan bahwa volume roti yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh hasil CO₂ selama pengembangan adonan dan karakteristik dari protein untuk menahan gas, sementara yang berfungsi sebagai pengembang adonan dengan produksi gas CO₂ adalah ragi. Selain itu, ragi juga berfungsi sebagai pelunak gluten dengan asam yang dihasilkan serta pemberi rasa dan aroma. Mikroba dapat tumbuh dengan baik dan beraktivitas optimal jika ada keseimbangan antara gula, garam, terigu, dan air; oksigen cukup tersedia karena mikroba yang hidup bersifat aerob, suhu pengolahan diatur sekitar 30°C; dan pH diatur berkisar 2,0 - 4,5.

2.2.6 Shortening

Shortening adalah lemak padat yang memiliki sifat plastis dan kestabilan tertentu, umumnya berwarna putih sehingga sering disebut mentega putih. Bahan ini diperoleh dari pencampuran dua atau lebih lemak, atau dengan cara hidrogenase. Lemak ini digunakan untuk meningkatkan penyimpanan gas pada adonan (Owens,

2002). Oleh karena itu, *shortening* meningkatkan volume dan kelembutan roti. Peningkatan konsentrasi lemak yang digunakan akan meningkatkan volume roti sampai batas tertentu dan setelah itu tidak ada peningkatan volume roti yang berarti. *Shortening* memiliki kadar lemak hingga 99 persen. Menurut Mudjajanto dan Yulianti (2004), *shortening* berfungsi sebagai pelumas untuk memperbaiki remah roti, memperbaiki sifat pemotongan roti, menjadikan kulit roti lebih lunak, dan dapat menahan air sehingga *shelf life* lebih lama. Selain itu, lemak juga bergizi, memberikan rasa lezat, mengempukkan, dan membantu pengembangan susunan fisik roti.

2.2.7 Susu

Susu memiliki kandungan protein sebesar 27,20%, kadar lemak sebesar 26%, kadar karbohidrat sebesar 36,80%, kadar air sebesar 45%, dan kadar abu sebesar 6 persen. Susu dalam pembuatan roti berfungsi untuk meningkatkan kualitas adonan, memberikan kontribusi terhadap nilai gizi, membantu pengembangan adonan, membantu proses pembentukan krim dan memperbaiki tekstur roti. Susu juga memperbaiki warna kulit dan rasa roti serta memperkuat gluten karena keberadaan kandungan kalsium pada susu. Susu yang umum digunakan dalam pembuatan roti adalah susu bubuk karena tahan lama dan lebih mudah penyimpanannya. Menurut Winarno (1993), susu bubuk yang digunakan dapat berupa susu skim bubuk (mengandung lemak susu sekitar 1%) dan susu *full* krim bubuk (mengandung lemak susu sekitar 29%).

2.3 Proses Pembuatan Roti

Pembuatan roti dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan proses. Tahapan-tahapan proses pembuatan roti yaitu pencampuran, peragian, pengadonan, pencetakan dan pemanggangan.

Secara lebih rinci dijelaskan sebagai berikut :

1) Pencampuran (*Mixing*)

Mixing berfungsi mencampur secara homogen semua bahan, membentuk dan melunakkan gluten, serta menahan gas pada gluten. *Mixing* harus berlangsung hingga tercapai perkembangan optimal dari gluten dan penyerapan airnya. *Mixing* yang berlebihan akan merusak susunan gluten, adonan akan semakin panas, dan peragiannya semakin lambat (Mudjajanto dan Yulianti, 2004). Proses *mixing* tergantung pada alat yang digunakan, kecepatan pencampuran, penyerapan air dari gluten, formula dan masa peragian, dan jenis roti yang diinginkan (Mudjajanto dan Yulianti, 2004).

2) Peragian

Tahap peragian sangat penting untuk pembentukan rasa dan volume. Pada saat fermentasi berlangsung, selain suhu pembuatan roti sangat dipengaruhi oleh kelembaban udara. Suhu ruangan 35°C dan kelembaban udara 75% merupakan kondisi yang ideal dalam proses fermentasi adonan roti. Semakin panas suhu ruangan, semakin cepat proses fermentasi dalam adonan roti. Sebaliknya, semakin dingin suhu ruangan semakin lama proses fermentasinya (Mudjajanto dan Yulianti, 2004). Enzim β -amilase secara normal terdapat dalam terigu membantu pemecahan pati menjadi maltosa, senyawa yang akan digunakan oleh ragi untuk membentuk gas karbondioksida dan etanol (Winarno, 1995).

3) Pengadonan

Tahap pembentukan adonan dilakukan dengan cara adonan yang telah diistirahatkan kemudian digiling menggunakan *roll pin*, kemudian digiling atau dibentuk sesuai dengan jenis roti yang diinginkan. Pada saat penggilingan, gas yang ada di dalam adonan keluar dan adonan mencapai ketebalan yang diinginkan sehingga mudah untuk digulung atau dibentuk. Pengadonan yang berlebihan akan merusak susunan gluten, adonan akan panas dan peragiannya akan lambat. Adonan tersebut akan menghasilkan roti yang penambahan volumenya sangat buruk dan juga rotinya akan mempunyai remah pada bagian dalam. Pengadonan yang kurang akan menyebabkan adonan menjadi kurang elastis (Mudjajanto dan Yulianti, 2004).

4) Pencetakan

Agar roti sesuai dengan besarnya cetakan atau berdasarkan bentuk yang diinginkan, adonan perlu ditimbang. Adonan dibagi dalam beberapa bagian. Proses penimbangan harus dilakukan dengan cepat karena proses fermentasi tetap berjalan (Mudjajanto dan Yulianti, 2004).

5) Pemanggangan

Roti dipanggang atau dibakar dalam oven pada suhu kira-kira 200–230°C. Setelah fermentasi cukup, adonan dimasukkan ke dalam oven dan dibakar sampai kulit atas dari roti biasanya berwarna coklat, bahkan ada yang sedikit gosong. *Mikroglobule* menggelembung karena gas CO₂ mengembang oleh suhu oven yang tertinggi dan dinding gluten mempertahankan volume globula tersebut, sehingga konsistensi roti seperti *spons* yang lunak dan empuk merata (Sediaoetama, 1993). Proses pemanggangan roti merupakan langkah terakhir

dan sangat penting dalam memproduksi roti. Melalui suatu penghantar panas, suatu massa adonan akan diubah menjadi produk yang mudah dicerna. Aktivitas biologis yang terjadi dalam adonan dihentikan oleh pemanggangan disertai dengan hancurnya mikrobial dan enzim yang ada (Desrosier, 1988).

2.4 Minyak Ikan

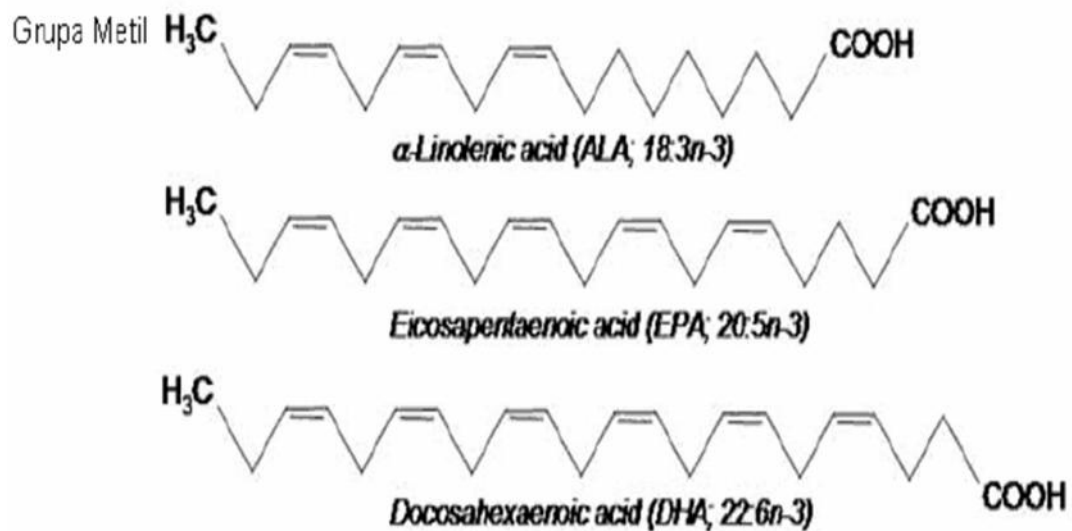
Minyak ikan merupakan fraksi lemak yang diperoleh dari ekstraksi ikan atau sebagai salah satu hasil samping dari industri pengalengan ikan yang dihasilkan karena pemanasan dan sterilisasi selama proses, sehingga minyak dari ikan terekstrak dan terbuang bersamaan dengan panas. Minyak ikan dianjurkan untuk diet kesehatan karena banyak mengandung asam lemak tidak jenuh dengan banyak ikatan rangkap (PUFA) omega-3, yaitu asam *eikosapentanoat* (EPA) dan *dokosaheksanoat* (DHA) yang bermanfaat bagi tubuh (Aidos *et al.*, 2002).

Minyak ikan memiliki komposisi utama trigliserida didalamnya, biasanya lebih dari 90% komposisinya terdiri dari tri-ester dari asam lemak dan gliserol. Sisanya komponen minyak ikan terdiri dari gliserida parsial, seperti digliserida, asam lemak bebas (FFA), dan senyawa lainnya dalam jumlah kecil. Minyak ikan mengandung omega-3 lebih tinggi dibandingkan dengan minyak nabati (Rodriguez *et al.*, 2010). Beberapa asam lemak tidak jenuh omega-3 dalam minyak ikan adalah α -linolenat, EPA dan DHA (Pak, 2005). Menurut Wanasundara dan Shahidi (1998), kandungan asam lemak tidak jenuh (PUFA) yang tinggi pada minyak ikan menyebabkan mudah mengalami kerusakan oksidatif dan menghasilkan bau yang tidak sedap.

2.5 Asam Lemak Omega-3

Asam lemak tidak jenuh ganda (*poly unsaturated fatty acid, PUFA*) omega-3 adalah asam lemak yang mengandung dua atau lebih ikatan rangkap, dengan ikatan rangkap pertama terletak pada atom karbon ketiga dari ujung metil rantai asam lemak. Asam alfa linolenat (ALA, 18:3 -3), asam eikosapentaenoat (EPA, 20:5 -3), dan asam dokosaheksaenoat (DHA, 22:6 -3) adalah asam lemak omega-3 yang paling umum. Rasyid (2003) dan Almatsier (2004) memaparkan bahwa asam lemak omega-3 termasuk dalam kelompok asam lemak esensial, oleh karena itu kita harus memenuhinya dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari. Asam lemak omega-3 memiliki peran penting bagi kesehatan manusia. EPA dapat memperbaiki sistem sirkulasi dan dapat membantu pencegahan penyempitan, pengerasan pembuluh darah, dan penggumpalan keping darah, sedangkan DHA berfungsi sebagai jaringan pembungkus syaraf yang berperan dalam melancarkan perintah syaraf dan mengantarkan rangsangan syaraf ke otak. Dua asam lemak omega-3 pada ikan adalah asam eikosapentaenoat (EPA, 20:5 -3), dan asam dokosaheksaenoat (DHA, 22:6 -3) (Alonso dan Maroto, 2000).

Struktur umum DHA dan EPA disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur umum DHA dan EPA (Ramli, 2011)

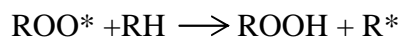
2.6 Oksidasi Asam Lemak

Oksidasi lemak disebabkan oleh adanya oksigen dan akan menimbulkan bau yang tidak diinginkan, menyebabkan polimerisasi pada minyak yang mengandung PUFA dan komponen lainnya. Perubahan ini terjadi dengan atau tanpa bantuan enzim (Gunstone, 1996). Oksidasi non-enzimatis terutama disebabkan oleh karena adanya reaksi radikal bebas yang terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap inisiasi (belum diketahui secara jelas), propagasi (menghasilkan radikal bebas dari alkena RH dan oksigen) dan terminasi (terjadi pemecahan hidroperoksida menjadi senyawa sederhana seperti aldehid dan keton atau asam-asam dengan karakteristik bau dan citarasa tengik).

Tahapan proses oksidasi non-enzimatis adalah sebagai berikut:

Tahapan inisiasi : Produksi radikal bebas (R atau RO_2)

Tahapan propagasi : $R^* + O_2 \longrightarrow ROO^*$



Tahapan terminasi : Interaksi antara radikal-radikal menghasilkan senyawa non-inisiasi dan non propagasi.

2.7 Antioksidan

Madhavi *et al.* (1996) menyatakan bahwa antioksidan merupakan senyawa yang mampu mencegah ketengikan oksidatif minyak/lemak. Menurut Winarno (1992), adanya antioksidan dalam minyak/lemak dapat menghambat dan mengurangi terjadinya reaksi oksidasi. Menurut Goburdhun dan Jhurree (1995), penggunaan antioksidan dalam pangan dapat meningkatkan umur simpan produk.

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibedakan menjadi antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Beberapa contoh antioksidan sintetis yang diizinkan penggunaan untuk makanan yaitu Butil Hidroksi Anisol (BHA), Butil Hidroksi Toluen (BHT), propil galat (PG), Tert-Butil Hidroksi Quinon (TBHQ), dan tokoferol. Antioksidan tersebut merupakan antioksidan alami yang telah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial (Buck, 1991). Antioksidan alami di dalam makanan dapat berasal dari senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan atau senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan (Pratt, 1992). Menurut Pratt dan Hudson (1990) senyawa antioksidan alami umumnya adalah senyawa fenolik atau

polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional.

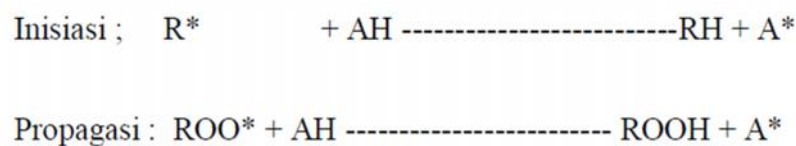
Kerusakan minyak atau lemak yang disebabkan oleh reaksi oksidasi dapat dicegah dengan penambahan antioksidan. Antioksidan mampu menghambat terbentuknya radikal bebas pada tahap inisiasi dan menghambat kelanjutan reaksi autooksidasi pada tahap propagasi. Hal ini karena antioksidan memiliki energi aktivasi yang rendah untuk melepaskan satu atom hidrogen kepada radikal lemak, sehingga tahap oksidasi lebih lanjut dapat dicegah. Berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan memiliki dua fungsi. Fungsi utama antioksidan yaitu sebagai pemberi atom hidrogen. Antioksidan disingkat (AH) yang mempunyai fungsi utama tersebut sering disebut sebagai antioksidan primer. Senyawa ini dapat memberikan atom hidrogen secara cepat ke radikal lipida (R^* , ROO^*) atau mengubahnya ke bentuk lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan (A^*) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal bebas. Fungsi kedua merupakan fungsi sekunder, yaitu memperlambat laju autooksidasi dengan berbagai mekanisme diluar mekanisme pemutusan rantai autooksidasi dengan pengubahan radikal bebas ke bentuk lebih stabil (Gordon, 1990).

Secara umum mekanisme kerja antioksidan dapat dituliskan sebagai berikut:



Penambahan antioksidan (AH) primer dengan konsentrasi rendah dapat menghambat atau mencegah reaksi autooksidasi. Penambahan tersebut dapat

menghalangi reaksi oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi. Radikal-radikal antioksidan (A^*) yang terbentuk pada reaksi tersebut relatif stabil dan tidak mempunyai cukup energi untuk dapat bereaksi dengan molekul tertentu membentuk radikal bebas baru (Gordon, 1990). Menurut Hamilton (1983), radikal-radikal antioksidan dapat saling bereaksi membentuk produk non radikal, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi penghambatan antioksidan terhadap radikal bebas (Gordon, 1990)

2.8 Bilangan Peroksida

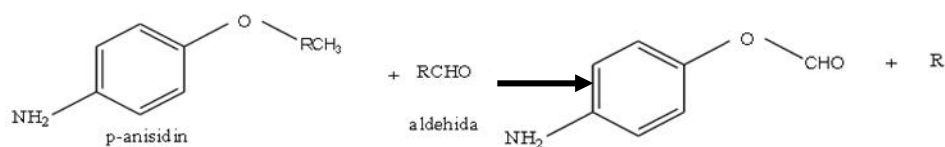
Bilangan peroksida adalah banyaknya miliekuivalen peroksida dalam 1000 g lemak. Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Diantara kerusakan minyak yang mungkin terjadi, ternyata kerusakan karena autooksidasi yang paling besar pengaruhnya terhadap cita rasa (Ketaren, 1986). Rasa tak enak dari minyak yang teroksidasi ini dihubungkan dengan terbentuknya produk primer dari asam lemak tak jenuh berupa peroksida atau hidroperoksida dan produk sekunder berupa asam lemak bebas, aldehid, dan keton (Sudarmadji *et al.*, 1989). Proses oksidasi dimulai dari pembentukan peroksida dan hidroperoksida, dan tingkat selanjutnya ialah terurainya asam-asam lemak disertai dengan konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. Ketengikan terbentuk oleh aldehid dan keton, bukan oleh peroksida. Kenaikan bilangan peroksida hanya

indikator dan peringatan bahwa minyak sebentar lagi akan berbau tengik (Ketaren, 1986).

Adanya peroksida pada minyak/lemak dapat ditentukan secara iodometri. Angka peroksida dinyatakan sebagai banyaknya mili-ekuivalen peroksida dalam setiap 1000 g minyak, lemak, dan senyawa-senyawa lain. Cara yang sering digunakan untuk menentukan bilangan peroksida adalah berdasarkan reaksi antara kalium iodide dengan peroksida dalam suasana asam. Iodium yang dibebaskan selanjutnya dititrasi dengan larutan baku natrium thiosulfat menggunakan indikator amilum sampai warna biru tepat hilang (Rohman, 2007).

2.9 Bilangan *p*-Anisidin

Bilangan *p*-anisidin menghitung jumlah aldehyd-aldehyd penting (terutama 2-alkenal). Aldehyd merupakan produk dari dekomposisi asam lemak yang berubah menjadi peroksida. Aldehyd dapat digunakan sebagai penanda untuk menentukan berapa banyak bahan-bahan yang berubah menjadi peroksida telah dipecah (Blumethal, 1996; Krishnamurthy dan Vernon, 1996). Secara sederhana bilangan *p*-anisidin dapat diartikan sebagai banyaknya senyawa aldehyda yang terbentuk dalam minyak yang berikatan dengan senyawa *p*-anisidin. Dimana senyawa aldehyda yang terbentuk ini merupakan senyawa hasil proses oksidasi yang terjadi di dalam minyak. Reaksi pengikatan senyawa aldehyda oleh senyawa *p*-anisidin dipaparkan pada gambar 3.



Gambar 3. Reaksi Pengikatan Aldehida Oleh Senyawa *p*-anisidin

Menurut Paquot (1987), semakin tinggi nilai dari bilangan *p*-anisidin maka kandungan enal dan dienal yang ada dalam minyak atau lemak semakin banyak sehingga menyebabkan mutu minyak atau lemak turun, sedangkan menurut Naibaho (1998), bilangan *p*-anisidin adalah bilangan yang merupakan angka penunjuk abstrak yang teroksidasi menjadi gugusan aldehida dan keton yang dinyatakan dengan milliliter equivalen (mLeq) oksigen yang terkait pada setiap kg minyak atau lemak.

2.10 Bilangan Total Oksidasi

Bilangan total oksidasi digunakan untuk mengukur total oksidasi, yang terdiri dari produk oksidasi primer (angka peroksida) dan produk oksidasi sekunder (angka *p*-anisidin). Dalam persamaan total oksidasi, nilai peroksida diberikan dalam bobot ganda karena temuan Holm dan Ekbom (1972) bahwa ketika minyak dipanaskan pada suhu 200°C di bawah vakum, satuan nilai 1 peroksida terurai untuk memberikan peningkatan 2 unit nilai *p*-anisidin. Ini telah dirasionalisasikan oleh fakta bahwa peroksida memiliki dua oksigen per molekul, sedangkan aldehida hanya memiliki satu (Rossell, 1994).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, dan Laboratorium Pengolahan Limbah Agroindustri di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei - November 2015.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *mixer*, loyang, baskom, oven, timbangan, telenan, pemipih, gelas ukur, sendok, pisau roti, plastik, serangkaian alat *soxhlet*, spektrofotometer, alat uji organoleptik, dan alat-alat penunjang analisis lemak, bilangan peroksida, dan bilangan *p*-anisidin.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung terigu merek Cakra Kembar, gula pasir, air, ragi roti merek Saf-Instant, garam, susu bubuk *full cream* Merek Dancow, *shortening*, pengembang merek Baker Bonus, minyak ikan curah siap konsumsi, Asam Askorbat, BHA (Butil Hidroksi Anisol), serta bahan-bahan untuk analisis berupa aquades, KI jenuh, larutan kanji 1%, *sodium thiosulfat*, *p*-*anisidine*, *n*-*hexane*, *asam asetat glasial*, *chloroform*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah kombinasi antioksidan yaitu asam askorbat dan BHA dengan konsentrasi masing-masing perlakuan 0 dan 0,02% b/b (A1); 0,005% b/b dan 0,015% b/b (A2); 0,01% b/b dan 0,01% b/b (A3); 0,015% b/b dan 0,005% b/b (A4); 0,02% b/b dan 0 (A5), serta penambahan minyak ikan untuk masing-masing perlakuan sebesar 1% v/b dari berat tepung terigu. Faktor kedua adalah lama penyimpanan produk roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dengan tiga kali ulangan yaitu 0 hari (L1), 3 hari (L2), dan 6 hari (L3). Rancangan perlakuan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Faktor pertama (Jenis Antioksidan dan Minyak Ikan).

Kode	Asam Askorbat (% b/b)	BHA (% b/b)	Minyak Ikan (% v/b)
A1	0	0,02	1
A2	0,005	0,015	1
A3	0,01	0,01	1
A4	0,015	0,005	1
A5	0,02	0	1

Tabel 5. Faktor kedua (Lama penyimpanan roti tawar).

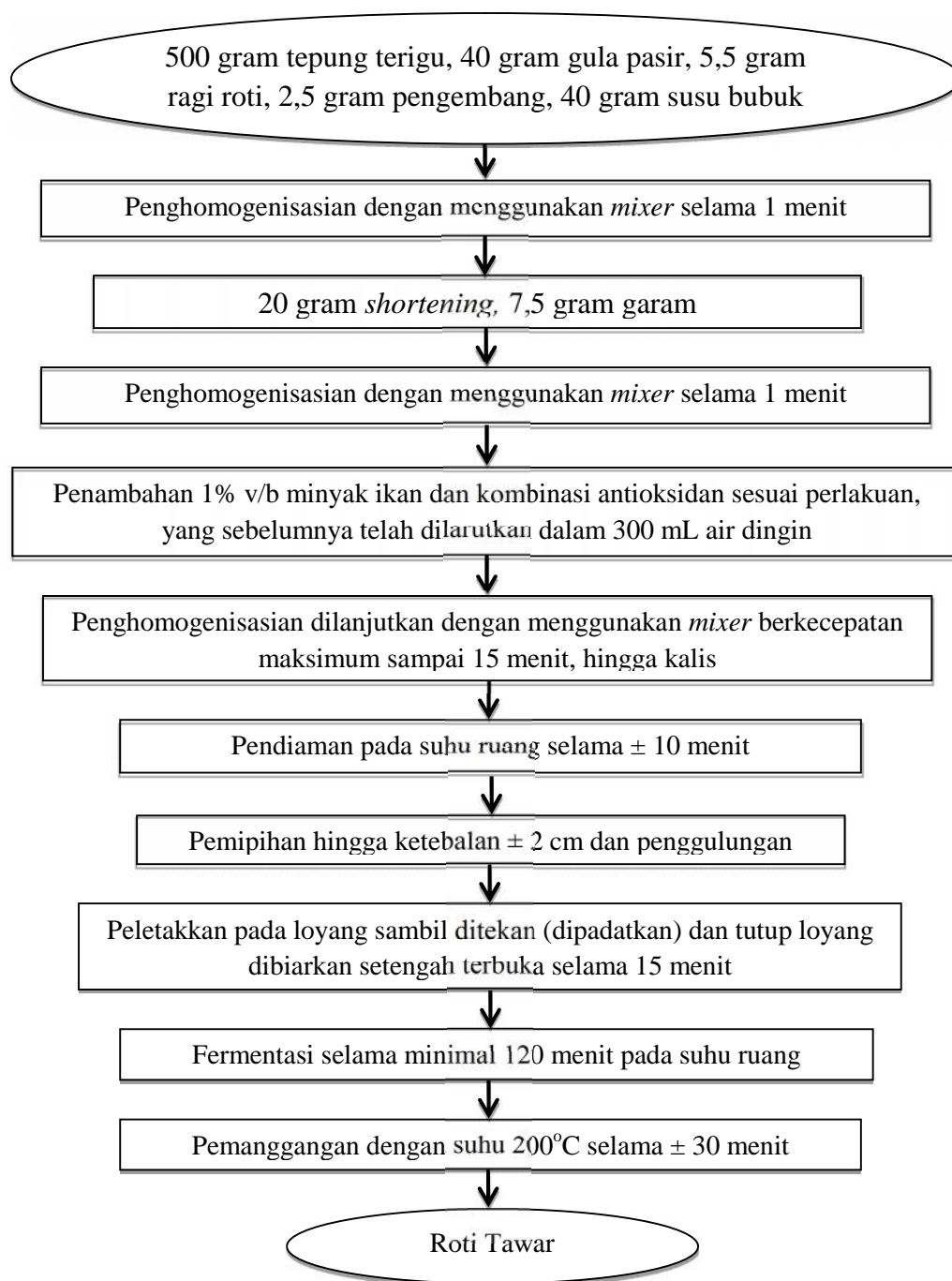
Kode	Lama Penyimpanan
L1	0 hari
L2	3 hari
L3	6 hari

Semua data hasil pengamatan diuji kesamaan ragamnya dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat kemudian diuji lanjut dengan uji BNT pada taraf 5% untuk menentukan perlakuan terbaik.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Roti dibuat dengan melakukan beberapa tahapan yang dimulai dengan tahapan pencampuran bahan, yaitu 500 gram tepung terigu, 40 gram gula pasir, 5,5 gram ragi roti, 2,5 gram pengembang, 40 gram susu bubuk dihomogenkan dengan menggunakan *mixer* selama 1 menit. Selanjutnya, 20 gram *shortening*, 7,5 gram garam ditambahkan dan dihomogenkan kembali dengan *mixer* selama 1 menit. Setelah itu, air sebanyak 300 mL dicampurkan dengan minyak ikan sebanyak 1% v/b dari berat tepung terigu dan kombinasi antioksidan sesuai perlakuan ((0 dan 0,02% b/b (A1); 0,005% b/b dan 0,015% b/b (A2); 0,01% b/b dan 0,01% b/b (A3); 0,015% b/b dan 0,005% b/b (A4); 0,02% b/b dan 0 (A5)), lalu ditambahkan ke dalam adonan. Seluruh adonan dihomogenkan dengan *mixer* berkecepatan maksimum sampai ± 15 menit, hingga kalis. Adonan yang sudah kalis didiamkan pada suhu ruang selama ± 10 menit, kemudian adonan dipipihkan hingga ketebalan ± 2 cm. Adonan yang telah dipipihkan, digulung, dan dimasukkan ke dalam loyang dengan ditekan (dipadatkan) dan tutup loyang dibiarkan setengah terbuka selama 15 menit selanjutnya difermentasi selama minimal 120 menit pada suhu ruang hingga adonan mengembang ± 1 cm dari tutup loyang. Setelah itu, pemanggangan dilakukan pada suhu 200°C selama ± 30 menit.

Diagram alir proses pembuatan roti yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 3. Diagram alir pembuatan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan (Prakasa, 2012 yang telah dimodifikasi).

3.5 Pengamatan

3.5.1 Kadar Lemak

Persiapan sampel lemak (ekstraksi lemak) dilakukan dengan metode *soxhlet* (AOAC, 1995). Ekstraksi sampel roti tawar diawali dengan pengeringan labu didih dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 15 menit, pendinginan di dalam desikator selama 15 menit, dan penimbangan. Selanjutnya, penimbangan 100 gram roti tawar dibagi menjadi tiga bagian yang kemudian ditempatkan dalam kertas saring, lalu dimasukkan ke dalam ekstraktor *soxhlet*. Labu didih kemudian disambungkan dengan *soxhlet*. Setelah itu, pelarut *n-hexane* dituang ke dalam *soxhlet* sebanyak 150 mL. *Reflux* dilakukan selama 5 jam. Setelah 5 jam, labu didih yang telah berisi lemak dikeringkan di oven pada suhu 70°C, kemudian didinginkan di dalam desikator selama 15 menit, dan ditimbang. Rumus perhitungan kadar lemak :

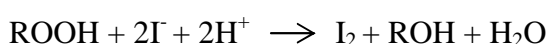
$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{(\text{berat labu + lemak}) - \text{berat labu}}{\text{berat sampel (roti tawar)}} \times 100\%$$

3.5.2 Penentuan Bilangan Peroksida

Peroksida merupakan suatu tanda adanya pemecahan atau kerusakan pada minyak karena terjadi oksidasi (kontak dengan udara) yang menyebabkan bau/aroma tengik pada minyak. Ukuran dari ketengikan dapat diketahui dengan menentukan bilangan peroksida. Semakin tinggi bilangan peroksida maka semakin tinggi pula tingkat ketengikan suatu minyak (ASA, 2000). Metode penentuan bilangan peroksida menggunakan prinsip titrasi iodin yang dilepaskan dari senyawa kalium

iodida oleh peroksida dengan menggunakan standar larutan natrium thiosulfat sebagai titran dan larutan pati sebagai indikator. Metode ini mendeteksi semua zat yang mengoksidasi kalium iodida dalam kondisi asam.

3-5 gram minyak hasil ekstraksi roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan diukur dalam 250 mL erlenmeyer, ditambahkan 30 mL campuran asam asetat/ kloroform (3:2 v/v), kemudian diaduk untuk melarutkan lemak tersebut. Selanjutnya, 0,5 mL larutan KI jenuh ditambahkan dan dibiarkan selama 1 menit, lalu diaduk perlahan. 30 mL aquades ditambahkan dan selanjutnya dititrasi dengan larutan 0,01 N natrium thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hingga larutan berubah warna menjadi kuning, setelah itu ditambahkan 1 mL larutan indikator kanji 1% yang akan merubah warna larutan menjadi biru. Titrasi kemudian dilanjutkan bersamaan dengan terus mengocok larutan hingga berubah warna menjadi biru muda yang menandakan pelepasan iodin dari lapisan kloroform. Lanjutkan titrasi dengan hati-hati hingga warna biru pada larutan hilang. Reaksi yang terjadi adalah :



Perhitungan nilai peroksida dilakukan dengan persamaan berikut:

$\text{Nilai Peroksida (meq/kg)} = \frac{\text{S} \times \text{M} \times 1000}{\text{berat sampel (g)}}$
--

Keterangan :

S = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang dibutuhkan dalam mL (telah dikoreksi blanko)

M = Konsentrasi *sodium thiosulfate* (0,01 N)

g = Jumlah sampel yang digunakan dalam gram (AOAC, 2005)

3.5.3 Penentuan Bilangan *p*-Anisidin

Bilangan *p*-anisidin ditentukan berdasarkan British Standard method (BS 684 1998). Penentuan bilangan anisidin diawali dengan membuat larutan uji 1 dengan cara melarutkan 0,5 gram minyak hasil ekstraksi roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan kedalam 25 mL *n-hexane*. Selanjutnya, larutan uji 1 diukur nilai absorbansinya pada 350 nm dengan menggunakan *n-hexane* sebagai larutan kompensasi. Setelah itu, membuat larutan uji 2 dengan cara menambahkan 1 mL larutan *p-anisidine* (0,25 gram/ 100 mL asam asetat glasial) ke dalam 5 mL larutan uji 1. Kemudian ditutup, dikocok, dan dibiarkan terhindar dari cahaya selama 10 menit. Larutan uji 2 diukur nilai absorbansinya pada 350 nm dengan menggunakan larutan kompensasi berupa 5 mL *n-hexane* yang ditambahkan 1 mL larutan *p-anisidine* (0,25 gram/ 100 mL asam asetat glasial).

Nilai anisidin ditetapkan dengan persamaan berikut:.

$$\text{Nilai Anisidin (meq/kg)} = \frac{25 \times (1,2 A_1 - A_2)}{m}$$

Keterangan:

A1 = Absorbansi larutan uji 1

A2 = Absorbansi larutan uji 2

M = Massa sampel yang digunakan pada larutan uji 1 (Watson, 1994)

3.5.4 Penentuan Bilangan Total Oksidasi

Bilangan total oksidasi digunakan untuk mengukur total oksidasi, yang terdiri dari produk oksidasi primer (angka peroksida) dan produk oksidasi sekunder (angka *p*-anisidin).

Nilai total oksidasi ditetapkan dengan persamaan berikut:

$$\text{Totox value} = 2P_v + A_v$$

Keterangan:

P_v : Nilai Peroksida

A_v : Nilai *p*-Anisidin

Dalam persamaan total oksidasi, nilai peroksida diberikan dalam bobot ganda karena temuan Holm dan Ekbom (1972) bahwa ketika minyak dipanaskan pada suhu 200°C di bawah vakum, satuan nilai 1 peroksida terurai untuk memberikan peningkatan 2 unit nilai *p*-anisidin. Ini telah dirasionalisasikan oleh fakta bahwa peroksida memiliki dua oksigen per molekul, sedangkan aldehida hanya memiliki satu (Rossell, 1994).

3.5.5 Uji Organoleptik

Penilaian organoleptik yang dilakukan meliputi aroma, tekstur, rasa, dan penerimaan keseluruhan. Penilaian aroma, tekstur, rasa dilakukan menggunakan uji *scoring*. Sedangkan penilaian keseluruhan dilakukan menggunakan uji hedonik. Uji organoleptik dilakukan oleh 20 orang panelis. Skala penilaian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala penilaian organoleptik roti tawar.

Parameter Mutu	Kriteria	Skor
Aroma	Normal	5
	Agak berbau minyak ikan	4
	Berbau minyak ikan	3
	Berbau apek	2
	Berbau Tengik	1
Tekstur	Sangat lembut	5
	Lembut	4
	Agak lembut	3
	Keras	2
	Sangat keras	1
Rasa	Normal	5
	Agak terasa minyak ikan	4
	Terasa minyak ikan	3
	Sangat terasa minyak ikan	2
	Menyimpang	1
Penilaian keseluruhan	Sangat suka	5
	Suka	4
	Agak suka	3
	Tidak suka	2
	Sangat tidak suka	1

Sumber : Yuningsih (2012) dengan modifikasi

Format kuesioner penilaian panelis dibuat sebagai berikut :

LEMBAR KUISIONER

Nama : Sampel : Roti Tawar
Tanggal :

Dihadapan Anda disajikan 5 sampel roti tawar berkode acak. Berikan penilaian Anda terhadap karakteristik aroma, tekstur, rasa, dan tingkat penerimaan keseluruhan dengan cara mencicipi sampel dan berikan skor 1 sampai 5 sesuai keterangan.

Penilaian	Kode					Catatan
	114	228	480	391	249	
Aroma						
Tekstur						
Rasa						
Penilaian Keseluruhan						

Keterangan untuk penilaian:

Uji Skoring

Aroma

Normal : 5
Agak berbau minyak ikan : 4
Berbau minyak ikan : 3
Berbau apek : 2
Berbau tengik : 1

Tekstur

Sangat lembut : 5
Lembut : 4
Agak lembut : 3
Keras : 2
Sangat keras : 1

Rasa

Normal : 5
Agak terasa minyak ikan : 4
Terasa minyak ikan : 3
Sangat terasa minyak ikan : 2
Menyimpang : 1

Uji Hedonik

Penilaian Keseluruhan

Sangat suka : 5
Suka : 4
Agak suka : 3
Tidak suka : 2
Sangat tidak suka : 1

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat kombinasi antioksidan yang tepat dan efektif dalam mencegah reaksi oksidasi minyak ikan yang ditambahkan dalam pembuatan roti tawar, sehingga dapat mempertahankan sifat sensori dan memperpanjang umur simpan roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan, yaitu pada perlakuan kombinasi asam askorbat 0,010% b/b dan BHA 0,010% b/b (A3) dengan skor rasa sebesar 4,29 (agak terasa minyak ikan), tekstur 3,46 (agak lembut), aroma 4,10 (agak berbau minyak ikan), penilaian keseluruhan 3,77 (suka), dan bilangan peroksida 0,26.
2. Penambahan kombinasi asam askorbat dan BHA juga menghasilkan roti tawar yang dapat disimpan hingga 3 hari tanpa perubahan sifat organoleptik dan bilangan peroksida secara nyata.

3. Roti tawar yang difortifikasi minyak ikan dan antioksidan dengan perlakuan terbaik tersebut menghasilkan kadar air sebesar 36,26 %, kadar abu 0,89 %, kadar lemak 19,47 %, kadar protein 6,05%, dan kadar karbohidrat 37,33 persen. Data yang diperoleh sebagian besar sudah sesuai dengan standard SNI 01-3840-1995 tentang syarat mutu roti tawar, sehingga roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan ini layak untuk dikonsumsi.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang penambahan bahan tambahan pangan (*food additive*) roti tawar yang difortifikasi dengan minyak ikan dan antioksidan yang mampu mencegah aktivitas kapang seperti natrium propionat/kalsium propionat, sehingga kapang tidak tumbuh dan berkembang di permukaan roti tawar, dan juga berfungsi untuk memperpanjang masa simpan roti tawar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adegoke, G.O., M.V. Kumar, A.G. Gopala Krishna, M.C. Varadaraj, K. Sambalah, dan B.R. Lokesh. 1998. Antioxidants and Lipid Oxidation in Foods - A Critical Appraisal. *Journal Food Science Technology*. 35(4):283-298.
- Aidos I, C. Jacobsen, B. Jensen, J.B. Luten, A. Padt, R.M. Boom. 2002. Volatile Oxidation Products Formed dalam Crude Herring Oil Under Accelerated Oxidation Conditions. *Journal Lipid Science Technology*. 4: 148-161.
- Almatsier, S, 2004. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta. 338 hal.
- Alonso, D. dan F. Maroto. 2000. Plants as 'Chemical Factories' for the Production of Polyunsaturated Fatty Acids. *Journal Biotechnology*. 18: 481-497.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 991.36. 1995. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*: Published by The Association of Analytical Chemist, Inc. 1141 hal.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 965.33. 2005. *Official Method of Association of Official Analytical Chemist (12th Edition)*. Published by Association of Official Analytical Chemist. Benjamin Franklin Station. Washington. 684 hal.
- American Soybean Association (ASA). 2000. Penentuan Bilangan Peroksida. *Feed Quality Management Workshop*. Ciawi. 240 hal.
- Astawan, M. dan S. Widowati. 2005. Evaluasi Mutu Gizi dan Indeks Glikemik Ubi Jalar sebagai Dasar Pengembangan Pangan Fungsional. (*Laporan Penelitian RUSNAS Diversifikasi Pangan Pokok*). Bogor. 7(2):57-66.
- Buck, D.F. 1991. Antioxidants dalam *Food Additives User's Handbook*. Blackie dan Son (Editor). J. Smith. London. 279 hal.
- Blumenthal, M.M. 1996. Frying Technology dalam *Bailey Industrial Oil and Fat Product, Edible Oil and Fat Product, Product and Application Technology*. Hui, Y.H. (Editor). Wiley Interscience. New York. 708 hal.

- British Standard Intitution. 1998. Determination of Anisidine Value (BS 648). London.
- Coppen, P.P. 1983. Use of Antioxidant dalam *Rancidity in Food*. Allen, J.C. dan R. J. Hamilton (Editors). Applied Science Publisher. London. 290 hal.
- Cuppett, S.L. 1997. Structure Activities of Natural Antioxidant dalam *Antioxidant Methodology*. Arouma, O.I. dan S.L. Cuppeett (Editors). AOCS Press. USA. 192 hal.
- Departemen Kesehatan RI. 1998. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor tentang Bahan Tambahan Makanan. Direktorat Jenderal Pelayanan Medik. Jakarta
- Desrosier, N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. University of Indonesia-Press. Jakarta. 359 hal.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1996. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 56 hal.
- Dunford, N. 2005. *Foods, Health, and Omega-3 Oils*. Oklahoma State University. Oklahoma. 1-2.
- Elisabeth, J. 2008. Pengembangan Produk Lemak Untuk Industri Bakery. <http://www.foodreview.co.id/login/preview.php?view&id=56041>. Diakses pada tanggal 26 Januari 2015.
- Frazier, W.C. dan D.C. Westhoff. 1978. *Food Microbiology 4th Edition*. McGraw Hill Interamericana. New York. 540 hal.
- Gaman, P.M. dan K.B. Sherington. 1992. Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi dalam *The Science of Food: An Introduction to Food Science, Nutrition and Microbiology*. G. Murdijati, Agnes, M., Kasmidjo, R.B., Sardjono, dan Sri, N. (Editor). Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 317 hal.
- Goburdhun, D. dan B. Jhurree. 1995. Effect of Deep-Fat Frying on Fat Oxidation in Soybean Oil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 46(4):363-71.
- Gordon, M.H. 1990. The Mechanism of Antioxidants Action In Vitro dalam *Food Antioxidants*. Hudson, B.J.F. (Editor). Elsvier. London: Applied Science. 317 hal.
- Gordon, M., Pokorny, J., Yanishlieva, N. 2001. *Antioxidant in Food: Practical and Application*. CRC Press. New York. 400 hal.
- Gulcin, I. 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Arch Toxicol* (2012). 86:345-391.

- Gunawan, M.M.A. Triatmo, Rahayu. 2003. Analisis Pangan: Penentuan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Kedelai dengan Variasi Menggoreng. *Jurnal Staf Kimia Analitik*. 6(3): 1-6.
- Gunstone, F.D. 1996. *Fatty Acid and Lipid Chemistry*. Chapman and Hall, Great Britain. 252 hal.
- Hamilton, R.J. 1983. The Chemistry of Rancidity in Foods dalam *Rancidity in Foods*. Allen, J.C. dan R.J. Hamilton (Editors). Applied Science Publisher. London. 290 hal.
- Halal Guide. 2009. Dibalik Empuknya Roti. <http://www.halalguide.co.id>. Diakses pada tanggal 6 Januari 2015.
- Holm, U. dan K. Ekbom-Olsson. 1972. *p*-Anisidine as a Reagent of Secondary Oxidation Products. (*Proceeding*). 11th Congress of The International Societyfor Fat Research. Goteborg. Hal 100.
- Indrianty, Y. 2010. Higiene dan Sanitasi Pengolahan Roti pada Pabrik Roti di Desa Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Medan Tahun. (*Skripsi*). Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sumatera Utara Medan. 30 hal.
- Jenkins, L.G., *et al.*,. 1957. *Quantitative Pharmaceutical Chemistry*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 552 hal.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. University of Indonesia Press. Jakarta. 315 hal.
- Kochhar, S.P. dan B. Rossell. 1990. Detection Estimation and Evaluation of Antioxidant in Food System dalam *Food Antioxidants*. Hudson, B.J.F. (Editor). Elsevier. London: Applied Science. 317 hal.
- Krishnamurthy, R.G. dan C.W. Vernon. 1996. Salad Oil and Oil-based Dressings dalam *Bailey's Industrial Oil and Fat Technology; Edible Oil and Fat Product: Product and Application Technology (4th edition, Volume 3)*. Hui, Y.H. (Editor). Wiley-Interscience Publication. New York. 708 hal.
- Kusnandar, F. 2010. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Penerbit Dian Rakyat. Jakarta. 264 hal.
- Kusuma, R.W.R. 2008. Pengaruh Penggunaan Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan Kayu Manis (*Cinnamomum sp.*) sebagai Pengawet Alami terhadap Daya Simpan Roti Manis. (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 94 hal.
- Lanari, M.C., A.K. Hewavitharana, C. Becu, dan S. De Jong. 2003. *Effect of Dietary Tocopherol and Tocotrienol on Antioxidant Status and Lipid Stability of Chicken*. Elsevier Ltd. London. 162 hal.

- Lukito, V. dan A. Arges. 2009. The Effects of Adding Omega 3 Fatty Acid on The Texture and Taste of Chocolate Chip Cookies. http://www.cfs.purdue.edu/fn/fn453/Project_Archive/Fall_2009/Fish_oil_in_chocolate_chip_cookies.pdf. Diakses pada tanggal 13 Februari 2015.
- Madhavi, D.L. dan D.K. Salunkhe. 1996. Toxilogical Aspects of food Antioxidant dalam *Food Antioxidant: Technological, Toxilogical, and Health Perspectives*. Madhavi, D.L., S.S. Depandhe, dan D.K. Salunkhe (Editors). Marcel Dekker, Inc. New York. 512 hal.
- Madhavi, Kulkarni, dan Singhai. 1996. Technological Aspect of Food Antioxidant dalam *Food Antioxidant: Technological, Toxilogical, and Health Perspectives*. Madhavi, D.L., S.S. Depandhe, dan D.K. Salunkhe (Editors). Marcel Dekker, Inc. New York. 512 hal.
- Maltz, S.A. 1962. *Cookie and Cracker Technology*. AVI Publishing Company, Inc. London. 404 hal.
- Matz, S.A. 1972. *Bakery Technology and Engineering (2nd edition)*. The AVI Publishing. London, Connecticut. 598 hal.
- Man, Y.B dan C.P. Tan. 1999. Effects of Natural and Synthetic Antioxidants on Changes in Refined, Bleached, and Deoderized Palm Olein During Deep-Fat Frying of Potato Chips. *Journal American Oil Chemist Society*. 76(3): 331-339.
- Mudjajanto, E.S. dan L.N. Yulianti. 2004. *Membuat Aneka Roti*. Penebar Swadaya. Jakarta. 80 hal.
- Naibaho, M. 1998. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. 147 hal.
- Pak, C.S. 2005. *Stability and Quality of Fish Oil During Typical Domestic Application*. The United Nations University. Kangwon. 27 hal.
- Paquot, C. 1987. *Standard Methods for The Analysis Of Oils, Fats, and Derivaties (7th revised)*. Black Well Scientific Publications. London. 347 hal.
- Pomeranz, Y.dan J.A. Shellenberger. 1971. *Bread Science and Technology*. AVI Publishing. London, Connecticut. 262 hal.
- Potter, N. 1978. *Food Science (3rd edition)*.The AVI Publishing Co. Inc. Westpot, Connecticut. 608 hal.
- Prakasa, R. 2012. Mempelajari Proses Produksi dan Proses Pengemasan Roti Manis. (*Laporan Praktik Umum*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 68 hal.

- Pratt, D.E. dan B.J.F. Hudson. 1990. Natural Antioxidants not Exploited Commercially dalam *Food Antioxidants*. Hudson, B.J.F. (Editor). Elsevier. London, Applied Science. 317 hal.
- Ramli, M. 2011. EPA dan DHA. <http://mohammadramli.blogspot.com/2011/02/epa-dan-dha.html>. Diakses pada tanggal 3 Januari 2012.
- Rasyid, A. 2003. Asam Lemak Omega-3 dari Minyak Ikan. *Jurnal Oseana*. ISSN 0216-1877. 28(3):11-16.
- Rikafilanti, N. 2013. Efek Fortifikasi Minyak Ikan Terhadap kadar Omega 3 dan Sifat Sensori Roti Tawar Selama Penyimpanan. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 83 hal.
- Rodríguez, *et al.*,. 2010. Is Dietary Intake Able to Explain Differences in Body Fatness in Children and Adolescents? Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases. <http://www.nmcd-journal.com/article/S0939-4753%2805%2900181-X/fulltext>. Diakses pada 5 Januari 2016
- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 166 hal.
- Rossel, J.B. 1994. Measurement of Rancidity dalam *Rancidity in Foods* (3rd edition). Allen, J.C., R.J. Hamilton (Editors). Blackie Academic and Professional. London.
- Rugger, C.W., J.K. Eric, dan Earl G. Hammond. Abilities of Some Antioxidant to Stabilize Soybean Oil in Industrial Use Condition. *Journal American Oil Chemist Society* (Volume 79). hal 733-735.
- Sediaoetama, A.D. 1993. *Ilmu Gizi Untuk Mahasiswa dan Profesi di Indonesia*. Dian Rakyat. Jakarta. 318 hal.
- Sherwin, E.R. 1990. Antioxidants for Vegetables Oils. *Journal American Oil Chemist Society*. 53: 430.
- Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., dan Rege, D.V. 1997. *Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity*. Woodhead Publishing, Ltd. Inggris. 561 hal.
- Standard Nasional Indonesia. 1995. *Standard Nasional Indonesia untuk roti (SNI 01-3840-1995)*. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta. 5 hal.
- Subarna. 1992. Baking Technology. *Pelatihan Singkat Prinsip-prinsip Teknologi Pangan bagi Food Inspector*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sudarmadji, S. *et al.*,.1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Penerbit Liberty. Yogyakarta. 172 hal.

- Sufi, S.Y. 1999. *Kreasi Roti*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 71 hal.
- Syamsir, E. 2011. Bread Staling dalam *Kulinologi Indonesia*.
<http://ilmupangan.blogspot.co.id/2011/06/bread-staling.html>. Diakses pada 8 Desember 2015.
- US Wheat Association. 1981. *Pedoman Pembuatan Roti dan Kue*. Djambatan. Jakarta. Hal 1-10.
- US Wheat Association. 1983. *Pedoman Pembuatan Roti dan Kue*. Djambatan. Jakarta. Hal 1-10.
- Wahyuni, A.M. dan A. Made. 1998. *Teknologi Pengolahan Pangan Hewani Tepat Guna*. Cv Akademika Pressindo. Jakarta. 120 hal.
- Wanasundara, N. dan F. Shahidi. 1998. Omega-3 Fatty Acid Concentrates: Nutritional Aspects and Production Technologies. *Journal of Food Science and Technology*. 9: 230-240.
- Watson, C.A. 1994. *Official and Standardized Methods of Analysis (3rd Edition)*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, London. 802 hal.
- Widyaningsih, T.D. dan E.S. Murtini. 2006. *Alternatif Pengganti Formalin pada Produk Pangan*. Agrisarana. Jakarta. 97 hal.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1993. *Pangan, Gizi, Teknologi, dan Konsumen*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 416 hal.
- Winarno, F.G. 1995. *Enzim Pangan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 115 hal.
- Ye, A dan J. Cui. 2009. Evaluation of Processed Cheese Fortified with Fish Oil Emulsion. *Journal Food Research*. 8: 1093-1098.
- Yuningsih, D.H. 2012. Kajian Formulasi Tepung Pisang Batu (*Musa balbisiana Colla*) dan Tepung Terigu dalam Pembuatan Brownies. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 83 hal.