

**PENGARUH RADIASI GAMMA TERHADAP KADAR PROTEIN,  
LEMAK DAN RADIKAL BEBAS DAGING IKAN TENGGIRI  
(*Scomberomus Commerson*)**

**SKRIPSI**



Oleh:  
**HIDAYATULLAH HANA PUTRA**  
NIM. 14640053

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**PENGARUH RADIASI GAMMA TERHADAP KADAR PROTEIN,  
LEMAK, DAN RADIKAL BEBAS DAGING IKAN TENGGIRI  
(*Scomberomus Commerson*)**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**Hidayatullah Hana Putra  
NIM. 13640053**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH RADIASI GAMMA TERHADAP KADAR PROTEIN, LEMAK,  
DAN RADIKAL BEBAS DAGING IKAN TENGGIRI  
(*Scomberomus Commerson*)**

SKRIPSI

Oleh:  
Hidayatullah Hana Putra  
NIM. 14640053

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,  
Pada tanggal, 20, Desember..2018

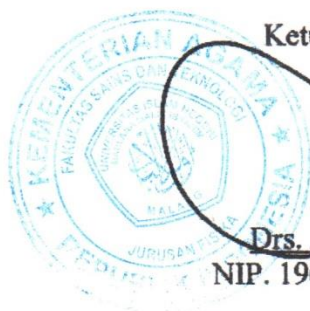
Pembimbing I

Dr. H. Mokhammad Tirno, M.Si  
NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

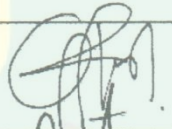
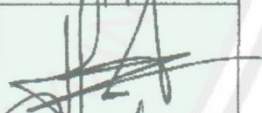
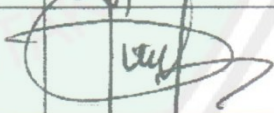
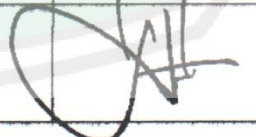
## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH RADIASI GAMMA TERHADAP KADAR PROTEIN, LEMAK,  
DAN RADIKAL BEBAS DAGING IKAN TENGGIRI  
(*Scomberomus Commerson*)

SKRIPSI

Oleh:  
Hidayatullah Hana Putra  
NIM. 14640053

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Mmemperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 20. Desember. 2018

Penguji Utama	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Ketua Penguji	<u>Khusnul Yakin, M.Si</u> NIDT. 19910103 20160801 1 073	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan  
Ketua Jurusan Fisika

  
  
Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

### PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hidayatullah Hana Putra  
NIM : 14640053  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Radiasi Gamma Terhadap Kadar Protein,  
Lemak, dan Radikal Bebas Daging Ikan Tenggiri  
(*Scomberomus Commerson*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang,

Yang Membuat Pernyataan,



Hidayatullah Hana Putra  
NIM. 14640053

## **MOTTO**

*Success is walking from failure to failure with no loss of enthusiasm.*

*Learn from yesterday, live for today hope for tomorrow. The important thing is don't to fight.*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Allah SWT, Segala puji hanya milik-Mu. Terima kasih atas karunia dan kesempatan yang Engkau berikan sehingga skripsi ini telah selesai

Rasulullah SAW yang telah menjadi suri tauladan seluruh umat. Semoga kita mendapatkan syafaatnya di akhirat kelak

Untuk kedua orang tuaku ayah Herman dan ibu Suhriyati, kakakku Anta Perdana Putra dan Amelia Suhermi Putri yang selalu mendoakan dan memberikan semangat sehingga karya sederhana ini terselesaikan

Untuk bapak Indra Mustika yang telah memberikan dukungan moril dan materil sehingga Penulis bisa menyelesaikan studi dan mampu memberikan karya sederhana ini

Para dosen dan pembimbing yang telah memberikan kritik, saran dan masukan guna menjadikan Penulis lebih baik di masa depan

Kedua pembimbing bapak Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si dan Bapak Rindi Panca Tanhindarto, M.Si yang telah suka rela memberikan ilmu dan bimbingannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya yang sederhana ini.

Semua teman-teman Fisika angkatan 14, Kevin, Anwar, Dihar, Aqli, Fajrul, Faiz, Mathein, Mayang, Athia, Indana, Aulia dan lain sebagainya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terima kasih selalu memberikan dukungan semangatnya yang luar biasa

Adek tingkat Fisika, Qolbi dan Risma, yang selalu memberikan semangat dari awal sampai akhir sehingga Karya sederhana ini terselesaikan.

Semua musyrif/ah MSAA angkatan 2014 (Mahkota) yang selalu memberikan semangat dan dukungannya dari awal hingga akhir.

Teman Kamar M. Zainurridlo dan semua teman Musyrif/ah Ar-Razi 78 yang setia menemani dari awal hingga akhir dan selalu menebarkan aura positif dalam transfer energi semangat.

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan para pengikutnya. Atas ridho dan Kehendak Allah Swt, Penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi Yang Berjudul **Pengaruh Radiasi Gamma Terhadap Kadar Protein, Lemak, Dan Radikal Bebas Daging Ikan Tenggiri (*Scomberomus Commerson*)** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan Inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Fisika yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Integrasi, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al Qur'an serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.



7. Kedua orang tua dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat terima kasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 05 Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Radiasi Gamma.....	7
2.1.1 Pembelokan Sinar Alfa dan Beta.....	10
2.1.2 Energi Radiasi.....	12
2.1.3 Interaksi Radiasi dengan Materi.....	14
2.1.4 Interaksi Radiasi dengan Daging Ikan.....	16
2.2 Efek Radiasi Terhadap Kandungan Protein, lemak dan Air pada Daging....	17
2.3 Kandungan Gizi Ikan Tenggiri.....	21
2.4 Protein.....	23
2.4.1 Struktur Protein.....	23
2.4.2 Kerusakan Protein.....	25
2.4.3 Pengujian Kadar Protein Metode Biuret.....	27
2.5 Lemak.....	28
2.5.1 Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode Soxhlet.....	32
2.6 Radikal Bebas.....	32
2.7 Elektron Spin Resonance (ESR).....	35
2.8 Kalibrasi ESR.....	41
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	44
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
3.2 Alat dan Bahan.....	44
3.2.1 Alat.....	44
3.2.2 Bahan.....	45
3.3 Rancangan Penelitian.....	45
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	46

3.3.2	Cara Kerja Penelitian.....	47
3.3.3	Proses Jemur Ikan.....	48
3.3.4	Proses Oven Ikan.....	48
3.3.5	Proses Freeze Dry Ikan.....	48
3.3.6	Penyinaran Radiasi Gamma.....	48
3.3.7	Pengukuran Kadar Protein Metode Biuret.....	49
3.3.8	Pengukuran Kadar Lemak Metode Soxhlet.....	49
3.3.9	Pengukuran Radikal Bebas Uji ESR <i>Leybold-Heracus</i> .....	50
3.3.10	Teknik Pengolahan Data.....	51
3.3.11	Analisa Data.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		52
4.1	Karakterisasi Iradiasi Gamma Menggunakan Irradiator Gamma Cell.....	52
4.1.1	Iradiasi Gamma Menggunakan Gamma cell.....	52
4.1.2	Data Hasil Pengukuran Kadar Protein.....	53
4.1.3	Data Pengukuran Kadar Lemak Daging ikan Tenggiri.....	65
4.1.4	data Hasil Pengukuran Radikal Bebas.....	68
4.2	Pembahasan.....	82
4.3	Nilai Gizi dan Keamanan Pangan dalam Pandangan Islam.....	86
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		90
5.1	Kesimpulan.....	90
5.2	Saran.....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembelokan Sinar Alfa dan Beta.....	11
Gambar 2.2	Tahapan Peroksidasi Lipida .....	20
Gambar 2.3	Formula Struktur Asam Amino.....	24
Gambar 2.4	Struktur Molekul Trigliserida.....	29
Gambar 2.5	Reaksi hidrolisa Lemak.....	31
Gambar 2.6	Rangkaian Leybold-Heracus .....	36
Gambar 2.7	Perbedaan Level Energi Medan Magnet.....	41
Gambar 2.8	Gambar Spectrum Resonansi.....	43
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 3.2	Mekanisme Penyinaran Gamma.....	49
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan Segar.....	55
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan Jemur .....	57
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan Oven.....	59
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan <i>Freezed Dry</i> .....	62
Gambar 4.5	Perbandingan Hasil Pengukuran Kadar Protein Masing-masing Perlakuan.....	63
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Lemak ikan Segar .....	67
Gambar 4.7	Resonansi Daging Ikan segar.....	69
Gambar 4.8	Grafik pengaruh Energi Rsdiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan Tenggiri Segar .....	71
Gambar 4.9	Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Segar yang dipaparkan Radiasi Gamma .....	74
Gambar 4.10	Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan Jemur.....	73
Gambar 4.11	Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma .....	72
Gambar 4.12	Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Dagin Ikan Oven.....	76
Gambar 4.13	Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma .....	77
Gambar 4.14	Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Dagin Ikan <i>Freezed Dry</i> .....	79
Gambar 4.15	Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma .....	80
Gambar 4.16	Perbandingan Hasil Pengukuran Kadar Radikal Bebas Masing masing Perlakuan.....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Pembobotan Radiasi .....	14
Tabel 2.2	Kadar Lemak Total beberapa Ikan .....	22
Tabel 2.3	Kandungan Gizi pada Ikan Tenggiri .....	22
Tabel 2.4	Nilai Faktor g.....	39
Tabel 3.1	Pengaruh Energi Radiasi terhadap Faktor g.....	51
Tabel 3.2	Pengaruh Energi radiasi terhadap Kadar Protein .....	51
Tabel 3.3	Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kandungan Lemak .....	51
Tabel 4.1	Laju Energi dan Energi dari Sumber Kobalt-60.....	53
Tabel 4.2	Data Pengaruh Energi Iradiasi dengan Kadar Protein Ikan Segar..	54
Tabel 4.3	Data Pengaruh Energi Iradiasi dengan Kadar Protein Ikan Jemur .	56
Tabel 4.4	Data Pengaruh Energi Iradiasi dengan Kadar Protein Ikan Oven..	59
Tabel 4.5	Data Pengaruh Energi Iradiasi dengan Kadar Protein Ikan <i>Freezed Dry</i> .....	61
Tabel 4.6	Data Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Lemak Ikan Segar	66
Tabel 4.7	Data Radikal Bebas pada Daging ikan Tenggiri Segar.....	68
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Segar.....	69
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Jemur.....	72
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Oven .....	75
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan <i>Freezed Dry</i> ....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Laju Dosis Iradiasi Gamma
- Lampiran 2 Gambar Resonansi pada osiloskop
- Lampiran 3 Data Pengujian ESR
- Lampiran 4 Data Pengukuran Kadar Protein
- Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian.



## ABSTRAK

Putra, Hidayatullah Hana. 2018. **Pengaruh Radiasi Gamma terhadap Kadar Protein, Lemak, dan Radika Bebas Daging Ikan Tenggiri (*Scomberomus Commerson*).** Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

**Kata kunci:** Radiasi Gamma, Biuret, Soxhlet, ESR, Radikal Bebas, Protein, lemak

Pemanfaatan radiasi pengion telah banyak dikembangkan dalam berbagai teknologi. Salah satu pemanfaatan teknik iradiasi dalam bidang industri adalah pada proses pengawetan makanan. Radiasi pengion mampu membunuh mikroorganisme. Namun juga dapat mengakibatkan radikal bebas. Daging Ikan Tenggiri yang dipapari radiasi gamma dengan sumber radiasi Cobalt 60 akan mengalami ionisasi dan akan merusak jaringan pada daging akibat radikal bebas. Salah satu kerusakan yang dapat terjadi yaitu kerusakan protein dan lemak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi gamma terhadap kadar protein, lemak, dan radikal bebas daging ikan tenggiri. Sampel daging ikan tenggiri diuji radikal bebas dengan menggunakan ESR. Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang diberikan energi radiasi 0 kGy, 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, dan 7,5 kGy. Kenaikan radikal bebas ini dapat dilihat seiring dengan naiknya faktor g pada daging ikan tenggiri segar yang diiradiasi, kenaikannya dari 1,3; 1,4; 1,4; 1,4 dan 1,5 faktor g ini menunjukkan adanya radikal O pada daging ikan. Pengujian kadar protein pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Biuret. Hasil penelitian menunjukkan nilai kadar protein daging sapi segar sebesar 17,07% dan mengalami penurunan pada saat diberi radiasi gamma yaitu 4,56%, 6,22%, 5,497%, 6,97% dan 9,8% penurunan kadar protein ini diukur selama penyimpanan 12 hari. Pengujian kadar lemak pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode soxhlet. Hasil penelitian menunjukkan pada daging ikan tenggiri segar kadar lemaknya sebesar 6,04% dan mengalami penurunan sebesar 0,5%, 0,23% 0,53%, 0,37%, dan 1,68% pengukuran kadar lemak dilakukan pada penyimpanan 12 hari.

## ABSTRACT

Putra, Hidayatullah Hana. 2018. **The Effects of Gamma Radiation on Protein, Fat and Radical Levels of Mackerel Fish Meat (*Scomberomus Commerson*)**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Sc (II) Drs. Abdul Basid, M.Sc.

---

**Keywords:** Gamma Radiation, Biuret, Soxhlet, ESR, Free Radicals, Protein, Fat

The utilization of ionizing radiation has been developed in various technologies. One of the uses of irradiation techniques in industrial fields is in food preservation processes. Ionizing radiation not only could kill microorganisms, but it could also cause free radicals. Mackerel Fish Meat exposed to gamma radiation with a Cobalt 60 radiation source will experience ionization and damage tissue in the flesh due to free radicals. One of the damage that could occur is the damage to protein and fat. This study aims to determine the effect of gamma radiation of protein, fat, and free radicals of mackerel fish meat. The meat samples of mackerel fish were then tested for free radicals using ESR. The results showed a large radical increase in mackerel fish meat which was given radiation energy of 0 kGy, 1 kGy, 2.5 kGy, 5 kGy, and 7.5 kGy. This increase in free radicals could be seen as the g factor increases in the flesh of freshly irrigated mackerel fish, an increase of 1.3; 1.4; 1.4; 1.4 and 1.5 g factor shows the presence of O radicals in fish meat. Then testing the protein content with the Biuret method. The results showed that the value of fresh beef protein content was 17.07% and decreased when gamma radiation was 4.56%, 6.22%, 5.497%, 6.97% and 9.8% decreased levels of this protein were measured for 12 days storage. Then testing the fat content with the soxhlet method, The results showed that fresh mackerel fish had a fat content of 6.04% and decreased by 0.5%, 0.23% 0.53%, 0.37%, and 1.68% fat content measurements were carried out 12-day-storage.



## الملخص

فوترا ، هداية الله هناء. ٢٠١٨. تأثير الإشعاع الجاما على البروتينات الخالية من اللحوم والدهون والمستويات الجذرية لأسماك الماكريل (*Scomberomus Commerson*) أطروحة. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الإسلامية الحكومية ، مولانا مالك إبراهيم مالانج. مستشار: (١) الدكتور مُجّد تيرونو، الماجستير (٢) الدكتور عبد الباسد، الماجستير

الكلمات الرئيسية: أشعة جاما : ESR، Soxhlet، Biuret ، الجذور الحرة ، البروتين ، والدهون.

وقد تم تطوير استخدام الإشعاع المؤين في تقنيات مختلفة. واحد من استخدامات تقنيات الإشعاع في المجالات الصناعية هو في عمليات حفظ الأغذية. يمكن للإشعاع المؤين قتل الكائنات الحية الدقيقة. لكنها يمكن أن تسبب أيضاً الجذور الحرة. أسماك سمك الأسقمري تتعرض للحوم المعرضة لإشعاع جاما بمصدر إشعاع كوبالت ٦٠ إلى التأين وسوف تلتف الأنسجة في الجسد بسبب الجذور الحرة. أحد الأضرار التي يمكن أن تحدث هو تلف البروتين والدهون. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير أشعة جاما على مستويات البروتين والدهون والجذور الحرة لحم سمك الماكريل. ثم تم اختبار عينات اللحوم من أسماك الماكريل للجذور الحرة باستخدام ESR. وأظهرت نتائج الدراسة زيادة كبيرة في جذور أسماك الماكريل التي أعطيت طاقة إشعاع، 0 kGy، 1kGy، 2.5 kGy، 5 kGy، و 7.5 kGy. ويمكن رؤية هذا الارتفاع الجذري الحر مع زيادة عامل في لحوم أسماك التنغيري المشعة الجديدة ، بزيادة 1.3 . 1.4 . 1.4 . 1.4 . 1.5 . عامل g يدل على وجود الجذور في لحم الأسماك ثم اختبار محتوى البروتين مع طريقة Biuret أظهرت النتائج أن قيمة محتوى بروتين لحم البقر الطازج كانت 17.07% وانخفضت عندما كان أشعة جاما 4.56% ، 6.22% ، 5.497% ، 6.97% و 9.8% انخفضت مستويات هذا البروتين. لمدة ١٢ يوما للتخزين. ثم اختبار محتوى الدهون مع طريقة سوكليت. أظهرت النتائج أن سمك الأسقمري الطازج يحتوي على نسبة دهون 6.04% وينخفض بنسبة 0.5% ، 0.23% ، 0.53% ، 0.37% ، و 1.68% قياسات محتوى دهني نفذت في التخزين ١٢ اليوم.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ikan merupakan salah satu sumber protein hewani yang dikonsumsi dalam bentuk olahan. Ditinjau dari segi nutrisi, ikan memiliki sedikit kandungan lemak dan kolesterol. Sedangkan kandungan protein mencapai 15-20 % sehingga ikan menjadi sumber gizi yang sangat baik dan mudah dicerna oleh tubuh manusia (Hadiwiyoto, 1983). Daging ikan merupakan salah satu sumber protein hewani yang mudah diperoleh dan relatif murah. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat maka banyak yang melakukan pengawetan terhadap daging ikan.

Terkait dengan daging ikan ini, Allah SWT telah berfirman di dalam alquran dalam surah Fathir (35) ayat 12 dan surah an-Nahl (16) ayat 14:

وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِن كُلِّ تَأْكُلُونَ  
لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُونَ حَلِيَّةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ فِيهِ مَوَآخِرَ لِنَبْتِغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ  
تَشْكُرُونَ ﴿١٢﴾

*“Dan tiada sama (antara) dua laut; yang ini tawar, segar, sedap diminum dan yang lain asin lagi pahit. Dan dari masing-masing laut itu kamu dapat memakan daging yang segar dan kamu dapat mengeluarkan perhiasan yang dapat kamu memakainya, dan pada masing-masingnya kamu lihat kapal-kapal berlayar membelah laut supaya kamu dapat mencari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur” (Q.S Fathir (35):12).*

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِنَآكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حَبِيَّةً تَلْبَسُوهَا وَتَرَى  
 الْفُلَّكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾

“Dan Dia-lah, Allah SWT yang menundukkan lautan (untukmu), agar dapat kamu makan dari padanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai, dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya supaya kamu bersyukur” (QS. an-Nahl (16): 14).

Selain dua ayat di atas, hukum kehalalan mengkonsumsi ikan tercantum pula pada surat al-Ma'idah ayat 96 yang menjelaskan bahwasannya binatang buruan laut yang diperoleh dengan jalan dipancing, dijala dan sebagainya halal dimakan. Pengertian laut disini ialah: sungai, danau, kolam dan sebagainya, serta ikan atau binatang laut yang diperoleh dengan mudah, karena telah mati terapung atau terdampar di laut juga halal untuk dikonsumsi.

Berdasarkan ayat diatas menunjukkan bahwa, apa yang telah diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia, dengan kuasa Allah SWT yang mana telah menciptakan dua laut yang tidak akan pernah bercampur keduanya. Dua laut ini masing-masing mempunyai hasil yang berbeda yang semuanya halal untuk dikonsumsi oleh manusia untuk menjaga kelangsungan hidupnya.

Pengawetan merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk membuat bahan atau makanan agar dapat bertahan dalam waktu yang lama. Masyarakat sudah mengenal produk yang diawetkan menggunakan radiasi. Pengawetan dengan radiasi telah digunakan dalam bidang pangan, di mana bahan yang akan diawetkan ditembakkan sinar alfa, beta maupun gamma. Radiasi yang paling

lazim digunakan adalah radiasi gamma karena gamma tidak mempunyai muatan dan mempunyai daya tembus yang tinggi serta pengionnya lebih rendah dari alfa dan beta.

Penggunaan radiasi pada makanan dapat menyebabkan perubahan rantai pada protein, lemak dan karbohidrat bergantung pada dosis serap radiasi yang diberikan. Menurut (Hidayah, 2015) efek beragam dapat muncul, seperti polimerisasi atau depolimerisasi pada molekul protein. Teknologi ini dapat meningkatkan ketahanan dari makanan (dosis 1-10 kGy), mencegah pertumbuhan bakteri (dosis 0,03-0,12 kGy) dan sterilisasi makanan (dosis 10-50 kGy). Zat yang dapat memancarkan iradiasi disebut zat radioaktif. Zat radioaktif adalah zat yang mempunyai inti atom tidak stabil, sehingga zat tersebut mengalami transformasi spontan menjadi zat dengan inti atom yang lebih stabil dengan mengeluarkan partikel atau sifat sinar tertentu. Diantara radiasi adalah radiasi alfa, beta dan gamma. Radiasi gamma adalah radiasi yang biasa digunakan untuk mengawetkan bahan makanan dengan berbagai sumber radioaktif seperti  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{135}\text{Cs}$  dll.

Interaksi radiasi pengion dengan materi biologik diawali dengan interaksi fisika yaitu proses ionisasi. Elektron yang dihasilkan dari proses ionisasi akan berinteraksi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung bila energi elektron tersebut langsung diserap oleh molekul organik dalam sel yang secara biologik penting, seperti DNA. Secara tidak langsung bila terlebih dahulu terjadi interaksi radiasi dengan molekul air dalam sel yang efeknya kemudian akan mengenai molekul organik yang penting. Interaksi secara fisika-kimia ini dapat

menimbulkan kerusakan sel lebih lanjut yang akhirnya menimbulkan efek biologik yang dapat diamati. Hal ini menunjukkan bahwa ada efek fisik, biologis dan kimia dalam bahan yang telah diiradiasi gamma yang dapat diamati, untuk mengetahui pengaruh efek itu terhadap kandungan gizi dan mutu bahan yang telah diiradiasi perlu dilakukan penelitian tentang (pengaruh radiasi gamma terhadap kadar protein, lemak, dan air daging ikan tenggiri).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Yorisita (2004), mengawetkan bakso yang diiradiasi dengan Sinar Gamma yang menggunakan sumber Radioaktif ( $^{60}\text{Co}$ ) dengan energi radiasi yang digunakan 1 kGy, 3 kGy dan 5 kGy. Sampel yang digunakan adalah Bakso dengan bahan baku dari Daging ikan patin. Hasil dari penelitian ini kadar protein awalnya adalah  $9,26\pm 0,51\%$ , dengan energi radiasi 1 kGy nilai kadar proteinnya  $8,22\pm 0,96\%$  energi radiasi 3 kGy kadar proteinnya  $8,40\pm 0,89\%$  energi radiasi sebesar 5 kGy hasil kadar proteinnya sebesar  $12,81\pm 3,41\%$ . Pada penelitian lainnya telah dilakukan oleh Maghfiroh (2017), pengukuran kadar protein daging sapi yang terpapar radiasi gamma, dengan sumber radiasi ( $^{60}\text{Co}$ ) dengan sampel daging sapi. Dengan memvariasikan waktu pemaparan radiasi 10 menit, 15 menit dan 20 menit.. Hasil dari penelitian ini adalah kadar protein daging segar 21,03% lama penyinaran 10 menit kadar protei 20,53% ini menunjukkan adanya penurunan pada kadar proteinnya. Tanhindarto (2001), melakukan penelitian dengan menggunakan radiasi gamma. Energi radiasi yang digunakan sebesar 2,5 kGy dan 5 kGy. Sampel yang digunakan adalah ikan tuna dan salem segar dengan sumber radioaktif  $^{137}\text{Cs}$ . Hasil yang diperoleh adalah dimana terdapat penurunan kandungan vitamin thiamin dan

riboflavin pada ikan tuna dan tidak terlalu ada penurunan pada ikan salem, ini manandakan bahwa ikan tuna lebih sensitif dibandingkan dengan ikan salem. Hasilnya adalah pada ikan tuna nilai thiaminnya adalah 2,148% dan 1,636% sedangkan nilai riboflavinnya adalah 3,79% dan 3,648%. Penelitian ini salah satu penelitian yang tidak meneliti tentang kadar protein, lemak dan air pada daging ikan tuna dan salem pada penelitian ini tidak disebutkan bagaimana mekanisme merubah dosis radiasi.

Berdasarkan uraian diatas, maka akan dilaksanakan penelitian yang berjudul Pengaruh Radiasi Gamma terhadap Kadar Protein, Lemak dan Radikal Bebas Daging Ikan Tenggiri. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode pengukuran Protein yang Berbeda dan dengan Menambah Energi Radiasi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar protein daging ikan tenggiri?
2. Bagaimana pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar lemak daging ikan tenggiri?
3. Bagaimana pengaruh energi radiasi gamma terhadap jumlah radikal bebas daging ikan tenggiri?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar protein daging ikan tenggiri.

2. Untuk mengetahui pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar lemak daging ikan tenggiri.
3. Untuk mengetahui pengaruh energi radiasi gamma terhadap jumlah radikal bebas daging ikan tenggiri.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar protein daging ikan tenggiri.
2. Mengetahui pengaruh energi intensitas gamma terhadap kadar lemak daging ikan tenggiri.
3. Mengetahui pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar radikal bebas daging ikan tenggiri.

#### **1.5 Batasan masalah**

Suatu penelitian harus mempunyai batasan masalah agar penelitian ini mempunyai arah maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sampel penelitian ini adalah menggunakan daging Ikan tenggiri.
2. Sumber radioaktif yang digunakan adalah kobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ ).
3. Variasi energi radiasi dengan perubahan lama penyinaran.
4. Uji kadar protein menggunakan metode biuret.
5. Uji kadar lemak menggunakan metode Soxhlet.
6. Uji Radikal Bebas dengan Menggunakan Metode ESR.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Radiasi Gamma**

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang membawa energi dalam bentuk paket-paket yang disebut foton. Jika sinar gamma masuk ke dalam suatu bahan dapat juga menghasilkan ionisasi, hanya saja ionisasi yang dihasilkan sebagian besar melalui proses ionisasi sekunder. Jadi, sinar gamma berinteraksi dengan materi hanya beberapa pasang ion primer saja yang terbentuk. Ion-ion primer itu selanjutnya melakukan proses ionisasi sekunder sehingga diperoleh pasangan ion yang lebih banyak dibandingkan yang terbentuk pada proses ionisasi primer.

Sifat-sifat sinar gamma yang digunakan dalam proses ini yaitu mempunyai daya tembus yang besar, serta proses yang tidak menimbulkan perubahan suhu pada bahan pangan yang diiradiasi (Irawati, 2008). Sifat ini menyebabkan dapat digunakan untuk pengawetan bahan pangan yang telah dikemas dalam bentuk kemasan akhir atau telah dilakukan pembekuan sehingga penggunaannya lebih praktis. Disamping itu mutu dan kesegaran bahan pangan tidak berubah karena suhu tetap, dan tidak menimbulkan residu zat kimia dan polusi pada lingkungan (Irawati, 2008).

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik pendek dengan energi tinggi yang berinteraksi dengan atom-atom atau molekul untuk memproduksi radikal bebas dalam sel. Radikal bebas tersebut akan menginduksi mutasi dalam



tanaman sebab radikal tersebut akan menghasilkan kerusakan sel atau pengaruh penting dalam komponen sel tanaman (Kovacs dan Keresztes, 2002).

Keuntungan menggunakan sinar gamma adalah dosis yang digunakan lebih akurat dan penetrasi penyinaran ke dalam sel bersifat homogen. Tidak seperti pemuliaan konvensional yang melibatkan kombinasi gen-gen yang ada pada tetuanya (di alam), iradiasi sinar gamma menyebabkan kombinasi gen baru dengan frekwensi mutasi tinggi. Mutasi digunakan untuk memperbaiki banyak karakter yang bermanfaat yang mempengaruhi ukuran tanaman, waktu berbunga dan kemasakan buah, warna buah, ketahanan terhadap penyakit dan karakter-karakter lainnya. Karakter-karakter agronomi penting yang berhasil dimulikan dengan mutasi pada beberapa jenis tanaman di antaranya adalah tanaman tahan penyakit, buah-buahan tanpa biji, tanaman buah-buahan yang lebih pendek dan genjah (IAEA, 2009).

Faktor-faktor lain penggunaan proses radiasi sinar gamma yaitu sifat sinar gamma yang tingkat ionisasinya lemah dan tidak adanya muatan listrik (Pamungkas, 2011), sehingga daya ionisasi terhadap bahan pangan yang terkontaminasi sinar radiasi bisa diminimalisir adanya perubahan kandungan pada bahan pangan tersebut tidak terlalu besar perubahan kandungan kimiawi pada bahan pangan. Sifat sinar gamma yang bersifat dapat merusak dan membunuh jaringan sel pada makhluk hidup, dalam radiasi pangan hal ini berlaku pula pada saat radiasi bahan pangan, di mana sel-selnya mikroba yang ada pada pangan akan rusak yang akan menyebabkan terjadi kematian mikroba, yang menyebabkan metabolisme mikroba tidak ada sehingga bahan pangan yang diradiasi akan awet,

oleh karena itu tingkat higienitas pada pangan menjadi meningkat oleh reaksi sinar gamma yang mematikan zat asing pada bahan pangan tersebut. Persyaratan penggunaan sinar gamma dalam pengawetan bahan pangan diantaranya yaitu, panjang gelombang sinar radiasi dibawah 10nm. Foton yang dihasilkan harus mempunyai energi yang cukup tinggi, sehingga sanggup menyebabkan terjadinya ionisasi dan eksitasi pada materi yang dilaluinya, hal ini terjadi pada radiasi pengion, salah satunya pada sinar gamma. Persyaratan lainya yang juga harus dipenuhi yaitu tidak boleh menyebabkan terbentuknya senyawa yang radioaktif pada bahan pangan. Sampai saat ini umumnya digunakan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  dengan energi foton sebesar 1,17 dan 1,3 MeV dan  $^{137}\text{Cs}$  dengan energi foton 0,66 MeV (Irawati, 2008).

Di samping hal-hal yang menguntungkan, ada juga hal-hal yang membahayakan bila menggunakan radiasi. Seperti halnya sinar X, maka berbagai radiasi Radionuklida dapat mengionisasi materi yang dilaluinya, dan semua radiasi ionisasi berbahaya bagi jaringan tubuh. Apabila tubuh terkena radiasi, maka cairan jaringan sel-sel "tubuh akan terionisasi yang mengakibatkan terjadinya" kerusakan sel-sel. Jika kerusakannya sedikit, sel-sel jaringan tubuh masih sempat memperbaiki dirinya sehingga tidak ada pengaruh yang permanen. Apabila kerusakan itu tidak dapat diatasi sendiri oleh metabolisme sel-sel dalam jaringan, maka dapat mengakibatkan penyakit kanker (Beiser, 1986).

Berdasarkan sifat radiasi sinar Gamma terhadap materi atau bahan makanan yang dikenainya maka radiasi sinar Gamma dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan-bahan makanan karena dipandang lebih efisien bila dibandingkan dengan

pengawetan secara tradisional maupun pemakaian bahan kimia sebagai pengawet (Siagian, 1988).

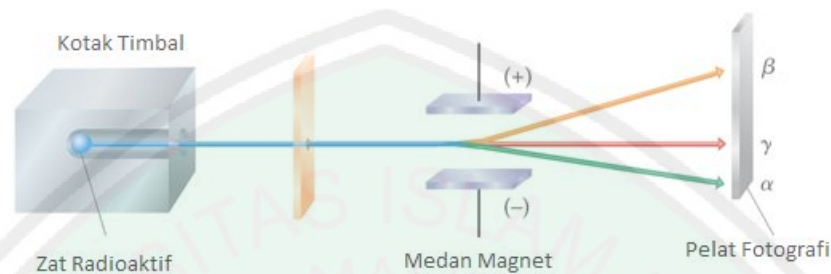
Saat ini, perkembangan penggunaan teknologi iradiasi gamma untuk meningkatkan produktivitas tanaman pertanian semakin berkembang pesat. Penggunaan teknologi iradiasi yang tepat guna dapat memberikan hasil yang optimal yang diharapkan dapat berguna bagi kesejahteraan manusia. Menurut Siwi (1966), istilah radiasi sinar Gamma adalah radiasi elektromagnetik energi-tinggi yang diproduksi oleh transisi energi karena percepatan elektron. Efek radiasi Sinar gamma dapat menyebabkan perubahan genetik di dalam sel somatik (mutasi somatik) yang dapat diturunkan dan dapat menyebabkan terjadinya perubahan fenotip. Pada umumnya tampak bahwa iradiasi sinar gamma dengan dosis 10.000 rad (100Gy), 20.000 rad (200 Gy), dan 30.000 (300Gy) menimbulkan banyak mutasi sifat – sifat pada tanaman padi (Siwi, 1966).

Efek iradiasi sinar gamma bergantung pada dosis iradiasi, waktu paparan serta jumlah substansi yang diberi paparan iradiasi sinar gamma. Pengkombinasian faktor - faktor tersebut, dapat menginformasikan kombinasi yang tepat yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas suatu produk tertentu (Siwi, 1966).

### **2.1.1 Pembelokan Sinar Alfa dan Beta**

Rutherford (penemu teori atom Rutherford) pada tahun 1899 melakukan studi tentang sinar radioaktif. Rutherford menempatkan radium dibagian bawah kotak timah kecil sinar yang di hasilkan dikenakan pada medan magnet yang

kuat. Rutherford menemukan bahwa sinar dipisahkan menjadi tiga bagian yang berbeda seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini (Ilmu kimia, 2014):



Gambar 2.1 Pembelokan Sinar Alfa dan Beta (Ilmu kimia, 2014)

Rutherford menamai tiga jenis radiasi ini dengan alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) dan gamma ( $\gamma$ ). Sinar alfa dibelokkan ke arah yang berlawanan dengan sinar beta. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sinar alfa bermuatan positif sehingga dapat dibelokkan ke arah medan magnet negatif. Sedangkan sinar beta bermuatan negatif karena dapat dibelokkan ke arah medan magnet positif, dan untuk sinar gamma tidak bermuatan karena tidak dapat dibelokkan oleh medan magnet (Ilmu kimia, 2014).

Atom-atom diuapkan dan diionisasikan dalam sumber ion. Ion-ion yang keluar dari lubang sumber ion akan dipercepat oleh beda potensial  $V$ . Ketika mencapai keping negatif yang mempunyai celah, energi kinetik ion sama dengan perubahan energi potensialnya, yaitu (Surya, 2009):

$$v^2 = \frac{2qV}{m} \dots\dots\dots (2.1)$$

Ketika memasuki medan magnet lintasan ion akan berupa sebuah lingkaran.

Gaya yang menyebabkannya adalah gaya magnetik yang besarnya  $F = qvB$ .

Gaya ini sama dengan gaya sentripetal sehingga (Surya, 2009):

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \dots\dots\dots(2.2)$$

Dari kedua rumus di atas diperoleh:

$$r = \frac{mv}{qB} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan mengukur besarnya B, r dan V dapat diketahui massa partikel yang bermuatan q, semakin besar massa partikel semakin besar jari-jari (Surya, 2009).

### 2.1.2 Energi Radiasi

#### 1. Energi Serap (E)

Energi serap adalah banyaknya energi yang diserap oleh suatu materi per satuan massa. Energi serap merupakan besaran yang dibatasi oleh jumlah energi dari radiasi yang diserap oleh jaringan biologi. Energi serap (D) dapat dituliskan sebagai berikut (Akhadi, 2000):

$$E = \text{energi/massa atau } E = d\varepsilon/dm \dots\dots\dots(2.4)$$

Persamaan Energi Total

$$E = \varepsilon_{\text{total}}/m \dots\dots\dots(2.5)$$

Nilai  $\varepsilon_{\text{total}} = N \times \varepsilon_1$  partikel radiasi, sehingga:

$$E = \frac{N \times \varepsilon_1 \text{ partikel radiasi}}{m} \dots\dots\dots(2.6)$$

Jumlah  $N$  bergantung pada waktu karena adanya aktivitas peluruhan:

$$A = -\frac{dN}{dt} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$dN = -A dt \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\int dN = \int -A dt \dots\dots\dots (2.9)$$

$$N = -At \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga:

$$E = \frac{A \times \epsilon \times 1 \text{ partikel radiasi} \times t}{m} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana  $E$  adalah Energi serap dengan satuan J/kg atau Gy,  $d\epsilon$  adalah energi yang diserap oleh medium bermassa  $dm$ . Satuan dari  $d\epsilon$  adalah Joule dan  $dm$  adalah kg. Sedangkan proses pelemahan radiasi sinar X dalam suatu jaringan bersifat eksponensial (Akhadi, 2000):

$$I = I_0 e^{-\mu x} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :  
 $I$  = Intensitas radiasi setelah melalui jaringan  
 $I_0$  = Intensitas radiasi sebelum melalui jaringan  
 $\mu$  = koefisien serapan linier jaringan  
 $x$  = tebal jaringan

## 2. Energi Ekuivalen ( $H_T$ )

Energi ekuivalen adalah energi serap yang mempertimbangkan faktor kualitas dari radiasi. Semakin besar radiasi (semakin merusak), maka semakin tinggi faktor kualitasnya. Energi ekuivalen dapat ditulis sebagai berikut (Akhadi, 2000):

$$H_T = W_R \cdot D \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan  $H_T$  adalah Energi ekuivalen dengan satuan Sievert (Sv),  $W_R$  adalah faktor kualitas (pembobot) dan  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ , rem merupakan satuan CGS.

Faktor bobot radiasi  $W_R$  menurut jenis dan kelompok energi radiasi ditunjukkan table 2.1.

Table 2.1 Faktor pembobot radiasi (Akhadi, 2000).

Jenis Radiasi	Faktor Pembobot Radiasi
Radiasi Gamma dan Sinae X	1
Elektron Berenergi Rendah	5
Proton	2
Neutron dengan Energi 10-100 keV	10
Neutron dengan Energi >100keV	20

### 3. Energi Efektif

Energi efektif adalah energi serap yang mempertimbangkan kualitas radiasi dan sensitivitas yang berbeda-beda. Sel yang harus dilindungi adalah sel reproduksi. Sehingga energi efektif ini dapat dituliskan sebagai (Akhadi, 2000):

$$E = WT \cdot HT = WT \cdot WR \cdot D \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana  $WT$  adalah factor sensitivitas atau factor bobot jaringan yang nilainya telah ditentukan.

#### 2.1.3 Interaksi Radiasi dengan Materi

Zarah radiasi tak bermuatan tidak lain adalah radiasi gamma dan sinar X. Keduanya mempunyai sifat yang sama, namun memiliki perbedaan yang terletak pada panjang gelombangnya. Radiasi gamma mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek dari radiasi sinar X. Sehingga energi radiasi gamma lebih tinggi dan daya tembus atau penetrasinya lebih kuat daripada radiasi sinar X. Selain itu perbedaan yang lain adalah radiasi sinar gamma berasal dari inti atom, sedangkan radiasi sinar X berasal dari kulit elektron (Wardhana, 2007).

Radiasi gamma termasuk zarah radiasi tidak bermuatan dan tidak bermassa. Saat keduanya berinteraksi dengan materi hampir tidak ada hambatan, kecuali terdapat 3 efek yang harus diperhatikan yaitu efek fotolistrik, efek Compton dan efek produksi pasangan. Oleh karena itu, radiasi gamma tidak bermuatan maka secara langsung keduanya tidak mungkin menimbulkan ionisasi. Akan tetapi, kenyatannya radiasi gamma dapat juga menimbulkan ionisasi sehingga keduanya sering disebut radiasi pengion. Peristiwa ionisasi terjadi karena adanya elektron yang dihasilkan dari interaksi radiasi gamma dengan materi yang menimbulkan ketiga efek tersebut. Elektron yang dihasilkan dari ketiga efek tersebut mengionisasikan atom atau molekul materi (Wardhana, 2007).

Peristiwa efek fotolistrik selalu ada elektron yang keluar dari inti atom dengan membawa energi sebesar  $E_k$ . Pada proses selanjutnya elektron inilah yang menimbulkan ionisasi. Pada efek Compton radiasi gamma mengenai elektron dan hanya sebagian energi radiasi gamma yang diberikan pada elektron. Sisa energi yang ada tetap dibawa radiasi gamma yang terhambur. Kemudian untuk produksi pasangan adalah terbentuknya elektron yang berenergi 0,51 MeV. Elektron yang terbentuk inilah yang akan menimbulkan peristiwa ionisasi ketika radiasi gamma berinteraksi dengan materi (Wardhana, 2007).



#### 2.1.4 Interaksi Radiasi dengan Daging Ikan

Inti sel dan *cytoplasma* merupakan bagian sel yang sangat penting karena sebagian besar berupa 70% air. Secara kimiawi inti sel sangat aktif dan dalam keadaan normal pertumbuhan sel dikendalikan inti sel. Inti juga mengontrol perbaikan sel yang rusak tetapi ada sel tertentu dari bagian tubuh manusia yang tidak bisa diperbaiki bila mengalami kerusakan yaitu sel otak dan sel ginjal (Wardhana, 2007).

Proses penyerapan energi radiasi berlangsung sangat singkat kira-kira dalam waktu  $10^{-16}$  detik. Oleh karena sel sebagian besar terdiri atas air maka proses yang terjadi pertama kali pada sel adalah proses ionisasi (Wardhana, 2007):



Air dalam sel akan terurai menjadi ion positif  $\text{H}_2\text{O}^+$  dan  $\text{e}^-$  yang bermuatan negatif menjadi ion negatif. Ion-ion yang bersifat reaktif akan menyerang molekul air lainnya dan terjadi ionisasi sekunder. Begitu seterusnya ion-ion sekunder akan menyerang molekul air dan terjadi ionisasi tersier. Ionisasi yang terjadi baru merupakan awal kerusakan molekul air dalam sel (Wardhana, 2007).

Selain terbentuk ion-ion baru pada proses kimia fisika ini terbentuk juga radikal bebas yaitu  $\text{OH}^*$  dan  $\text{H}^*$ . Radikal bebas secara elektrokimia tidak bermuatan listrik tetapi radikal bebas sangat reaktif sehingga mudah bereaksi. Radikal bebas  $\text{OH}^*$  dan  $\text{OH}^*$  akan saling bereaksi membentuk:



**2.2 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah peroksida yang bersifat oksidator kuat sehingga akan mudah menyerang molekul lain (Wardhana, 2007). Efek Radiasi terhadap Kandungan Protein, Lemak dan Air pada Daging**

Iradiasi pada bahan apapun dapat menghasilkan deposisi energi pada bahan yang diiradiasi. Energi yang terdeposisi ini dapat menyebabkan reaksi kimia yang ditunjukkan oleh pembacaan pada dosimeter. Jika bahan yang diiradiasi merupakan pangan, perubahan kimia dalam pangan tersebut dapat diperkirakan kejadiannya akan terus meningkat berbanding lurus dengan naiknya dosis iradiasi (Diehl, 1995). Perubahan kimia yang diinduksi proses radiasi merupakan bagian yang penting dalam mengevaluasi keamanan konsumsi pangan iradiasi, karena perubahan-perubahan ini mampu menyebabkan radiolisis komponen penyusun bahan pangan.

Radiolisis air menghasilkan •OH, e-aq dan •H yang merupakan spesies reaktif serta hidrogen dan hidrogen peroksida yang merupakan produk akhir yang stabil. Hidrogen dan hidrogen peroksida dihasilkan dalam jumlah kecil, meskipun pangan diiradiasi dengan dosis tinggi. Pembentukan hidrogen peroksida, yang diketahui merupakan agen pengoksidasi, dianggap signifikan dalam keamanan pangan iradiasi, meskipun sebenarnya tidak begitu signifikan dibandingkan dengan pembentukan produk intermediet yang sangat reaktif. Radikal hidroksil merupakan agen pengoksidasi yang kuat, elektron terhidrasi merupakan agen pereduksi yang kuat, sementara atom hidrogen adalah agen pereduksi yang kurang efektif. Karena semua bahan pangan mengandung senyawa yang dapat dioksidasi

maupun direduksi, reaksi-reaksi reduksi maupun oksidasi terhadap bahan pangan mungkin saja terjadi (Diehl, 1995).

Adanya kandungan air, karbohidrat biasanya diserang oleh radikal  $\bullet\text{OH}$ , sementara elektron terlarut dan atom H hanya berperan kecil. Radikal  $\bullet\text{OH}$  memutus ikatan hydrogen C-H dan membentuk air. Bergantung pada posisi molekuler C=O yang dibentuk melalui disproporsionasi atau dehidrasi, produk akhirnya dapat berupa asam, keton, atau aldehida. Sebagai contoh, produk radiolitik utama yang dihasilkan dari pati jagung yang diiradiasi adalah asam format, asetaldehida, formaldehida, maltosa, aseton, metanol, juga malonaldehida (Diehl, 1995).

Protein juga menjadi molekul target serangan radikal bebas. Sebagai contoh, semua residu asam amino protein merupakan target serangan radikal hidroksi yang diproduksi oleh radiasi pengion, meski beberapa residu dihasilkan karena sebab lain. Radikal protein dibentuk oleh sebuah serangan radikal yang menyebabkan pemotongan rantai polipeptida, ikatan silang (*cross linkage*), oksidasi dan modifikasi asam amino. Perubahan konformasional memicu meningkatnya kerentanan terhadap proteolisis dan denaturasi panas juga kehilangan fungsi biologis (Niki, 1997).

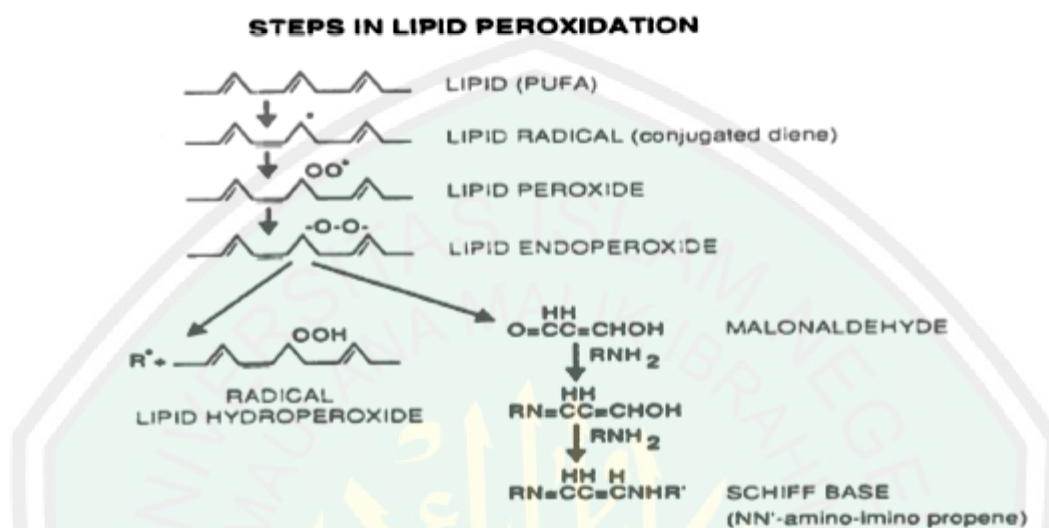
Diketahui bahwa daging segar mempunyai warna merah segar, warna yang dihasilkan ini berasal dari salah satu jenis protein yaitu hemoglobin. Irawati (1999) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa radiasi gamma mempengaruhi warna dari daging sapi. Terjadinya penurunan warna tersebut akibat dari proses reduksi yang terjadi pada komponen metalloprotein khususnya turunan porfirin

yang berpengaruh pada pigmen warna daging segar. Proses reduksi dari hemoglobin ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ke dalam bentuk  $\text{Fe}^{2+}$  oleh  $e^-$  dan radikal lainnya yang bersifat reduktor seperti  $-\text{CO}^-$  akan berlangsung secara cepat karena pigmen tersebut sangat sensitif terhadap radiasi (Simic, 1983). Pemucatan pada daging akibat radiasi dan penyimpanan juga disebabkan oleh berlangsungnya proses oksidasi myoglobin (Mb II) menjadi metmyoglobin (Mb III).

Bagian lemak dari pangan didominasi oleh trigliserida. Adanya oksigen pada saat iradiasi, autooksidasi dipercepat dengan mekanisme yang sama seperti autooksidasi akibat cahaya atau keberadaan logam. Jika udara tidak dikeluarkan dari kemasan, maka peroksida dapat mencapai nilai tinggi. Akan tetapi hal ini tidak berlaku pada pangan yang terdiri dari hanya sedikit bagian lipida. Beberapa penelitian pada iradiasi daging menunjukkan bahwa protein atau kemungkinan produk hasil interaksi antara karbohidrat dan protein memberikan efek antioksidan yang meningkat dengan semakin tingginya dosis iradiasi, sehingga dapat melindungi lipida dari perubahan oksidatif (Diehl, 1995).

Beberapa penelitian lain pada iradiasi daging mentah menunjukkan bahwa setelah proses iradiasi, nilai peroksida dan kadar malonaldehida produk daging iradiasi lebih tinggi dibandingkan produk sejenis yang tidak diiradiasi. Menurut Ahn dan Jo (1999), radiasi pengion menghasilkan radikal hidroksi dan dapat meningkatkan laju oksidasi lipida. Ketika molekul-molekul menyerap energi ionisasi, maka akan menjadi sangat reaktif dan membentuk ion atau radikal bebas. Ion dan radikal bebas ini kemudian akan bereaksi dan membentuk produk radiolitik stabil. Senyawa volatil yang menyebabkan *off-odor* pada daging iradiasi

dihasilkan akibat iradiasi pada molekul protein, karbohidrat, dan bukan merupakan hasil dari oksidasi lipida.



Gambar 2.2 Tahapan peroksidasi lipida (Hatheril dkk., 1991)

Menurut Supari (1996), membran plasma merupakan tempat utama reaksi radikal bebas, karena memiliki struktur yang terdiri dari asam lemak tidak jenuh yang sangat mudah teroksidasi (lipid peroksidasi). Rusaknya asam lemak tidak jenuh pada membran plasma akan mengganggu permeabilitas membran dan radikal bebas semakin mudah masuk ke dalam sel dan mempengaruhi atau bereaksi dengan organel yang terdapat di dalam sel. Misalnya merusak lisosom, merusak inti sel, mengakibatkan kerusakan DNA sehingga menimbulkan mutagenesis. Hal inilah yang mendasari patogenesis kanker. Radikal bebas juga merusak karbohidrat di dalam sel, sehingga merusak reseptor. Perusakan asam lemak tidak jenuh akan membentuk aldehida (malonaldehida) dan hidroksinonenal, yang mengakibatkan terjadinya ikatan silang (*cross linkage*) pada lipida, protein, fosfolipida dan asam nukleat.

### 2.3 Kandungan Gizi Ikan Tenggiri

Komposisi gizi ikan sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu spesies, jenis kelamin, tingkat kematangan (umur), musim, siklus bertelur dan letak geografis. Kandungan protein ikan sangat dipengaruhi oleh kadar air dan lemaknya. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa ikan bersirip mengandung protein 16-24 %, sedangkan pada ikan yang telah diolah kandungan proteinnya dapat mencapai 35%. Proporsi protein kolektif (kolagen) pada ikan jauh lebih rendah daripada daging ternak yaitu berkisar antara 3-5% dari total protein. Hal ini juga yang menyebabkan daging ikan lebih empuk. Ikan sebagai salah satu sumber protein hewani mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi (Khomsan, 2004).

Hasil analisa proksimat daging ikan tenggiri menunjukkan bahwa kadar lemak ikan tenggiri cukup rendah (3,28%) dan proteinnya cukup tinggi (21,40%). Ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) merupakan komoditi sumberdaya ikan pelagis yang mempunyai arti ekonomis cukup tinggi dan digunakan sebagai komoditi ekspor maupun untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Ikan tenggiri mengandung kurang lebih 18% - 22% protein, 0,2% - 5% lemak, karbohidrat kurang dari 5%, air 60% - 80% (Nova, 2014).

Ikan adalah sumber hewani yang kaya akan protein. Selain itu, ikan juga mengandung asam lemak yaitu asam lemak jenuh (15-25%), asam lemak tidak jenuh (35-60%), dan asam lemak jenuh majemuk (25-40%). Pada ikan tenggiri mengandung asam lemak tak jenuh (Pratama, 2011).

Tabel 2.2 Kadar lemak total yang terkandung dalam berbagai ikan (Pratama, 2011).

Jenis Ikan	Kadar Lemak (%)
Layur	16,68
Tenggiri	6,11
Tongkol	0,87

Tabel 2.3 Kandungan Gizi Pada ikan Tenggir (Sri Purwaningsih, 2010).

No	Komposisi	Awal		Akhir	
		Nelayan	Peneliti	Nelayan	Peneliti
1	Air (%)	75,38	75,35	78,36	76,45
2	Protein (%)	20,19	20,20	18,73	19,73
3	Lemak (%)	2,03	2,02	1,19	1,90
4	Abu (%)	1,54	1,54	1,50	1,54

Allah SWT SWT. Berfirman dalam Surah An-Nahl (16) ayat 14:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حَبْلًا مَلْبُوسًا وَتَرَى  
الْفُلَّكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾

“Dan Dia-lah, Allah SWT yang menundukkan lautan (untukmu), agar dapat kamu makan dari padanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai, dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya supaya kamu bersyukur” (QS. An-Nahl (16):14).

Selain ayat diatas, hukum kehalalan mengkonsumsi ikan tercantum pula pada surat Al-Ma'idah ayat (96) yang menjelaskan bahwasannya binatang buruan laut yang diperoleh dengan jalan dipancing, dijala dan sebagainya halal dimakan, termasuk juga pengertian laut disini ialah: sungai, danau, kolam dan sebagainya, serta ikan atau binatang laut yang diperoleh dengan mudah, karena telah mati terapung atau terdampar di laut juga halal untuk dikonsumsi.

## 2.4 Protein

### 2.4.1 Struktur Protein

Istilah protein berasal dari kata Yunani, yaitu *Proteos* yang berarti utama. Istilah ini digunakan karena protein merupakan zat yang paling penting dalam setiap organisme. Protein adalah molekul makro yang mempunyai berat molekul antara lima ribu hingga jutaan gram per mol. Protein terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino, yang terikat satu sama lain dalam ikatan peptida. Asam amino terdiri atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Beberapa asam amino disamping itu mengandung unsur-unsur fosfor, besi, sulfur, iodium, dan kobalt. Unsur nitrogen adalah unsur utama protein, karena terdapat di dalam semua protein akan tetapi tidak terdapat di dalam karbohidrat dan lemak. Unsur nitrogen merupakan 16% dari berat protein (Almatsier, 2002).

Protein merupakan polimer dari sekitar 21 asam amino yang berlainan disambungkan dengan ikatan peptida. Karena keragaman rantai samping yang terbentuk jika asam-asam amino tersebut disambung-sambungkan, protein yang berbeda dapat mempunyai sifat kimia yang berbeda dan struktur sekunder dan tersier yang sangat berbeda. Kandungan bagian asam amino polar yang tinggi dalam protein meningkatkan kelarutannya dalam air. Rantai samping yang paling polar ialah rantai samping asam amino basa dan asam amino asam. Asam-asam amino ini terdapat dalam albumin dan globulin yang larut dengan air dan aras yang tinggi (John, 1997).

Struktur protein terdiri dari asam amino yang disatukan oleh ikatan peptida. Jika protein mengalami hidrolisa maka akan menghasilkan asam amino alfa dalam





## 2) Struktur sekunder

Pada struktur sekunder pola lipatannya teratur (seperti struktur a *heliks* dan b *sheet*) yang distabilkan oleh ikatan hidrogen diantara gugus-gugus peptida yang saling berdekatan dalam rantai.

## 3) Struktur tersier

Struktur tersier yakni lipatan segmen-segmen struktur sekunder dalam tiga dimensi yang distabilkan oleh interaksi antara urutan-urutan yang jauh..

## 4) Struktur kuarter

Interaksi antara rantai-rantai polipeptida yang berbeda membentuk suatu struktur oligomer, yang distabilkan hanya oleh ikatan-ikatan nonkovalen. Protein yang mengandung lebih dari satu rantai polipeptida, misalnya hemoglobin, memunculkan tingkat keempat struktur protein yang disebut struktur kuarterner

### 2.4.2 Kerusakan Protein

Kerusakan protein terjadi akibat serangan radikal bebas ini termasuk oksidasi protein yang mengakibatkan kerusakan jaringan tempat protein itu berada (Anies, 2009). Perubahan akibat kerusakan struktur yang dibentuk oleh interaksi antargugus R atau kerusakan gugus R akan merusak fungsi protein yang bersangkutan. Sementara, kerusakan yang terjadi pada *backbone* yang dibentuk oleh ikatan peptide akan menghancurkan protein tersebut. Bagian-bagian protein (gugus R dan backbone) merupakan target reaktivitas senyawa radikal bebas (Winarsih, 2007).

Kerusakan protein diantaranya disebabkan oleh:

1. Autolisis, Penembakan tubuh organisme yang mati oleh enzim tanpa bantuan bakteri. Contoh ikan mati, enzim dalam tubuh ikan mengubah daging ikan tersebut menjadi lunak.
2. Denaturasi, berubahnya sifat fisik dari protein. Pada daging ikan semula kenyal maka menjadi kaku. Denaturasi disebabkan oleh Panas, Dingin, Zat kimia, garam.
3. Koagulasi, proses lebih lanjut dari denaturasi.
4. Penambahan, protein dirombak oleh mikroba menjadi asam amino, maka akan terjadi bau busuk pada ikan.
5. Pelarutan.

Interaksi antara radikal bebas dengan protein sebagai berikut:



Efek dari sinar radiasi gamma terhadap protein mampu memutus ikatan kimia atau depolimerisasi polisakarida. Pemutusan ikatan hidrogen dapat mengubah konformasi biomolekul dan mempengaruhi aktivitas biologisnya sehingga bisa menyebabkan apoptosis atau pembelahan sel terhambat. Apoptosis dimulai dari kondisi stress sebagaimana kerusakan DNA yang disebabkan radiasi pengion (sinar gamma). Tahapan terjadinya apoptosis yaitu adanya sinyal kematian. Sinyal tersebut dapat terjadi secara intraseluler seperti akibat dari radiasi pengion atau ekstraseluler. Dari sinyal penginduksi ini menyebabkan protein keluar dari mitokondria. Selama pembelahan sel terhambat, mitokondria

mengalami perubahan yang disebabkan gangguan oksidasi fosforilasi dan transpor elektron sehingga sintesis protein menjadi terhambat. Hubungan antara radiasi gamma dengan kadar protein pada daging segar memiliki kadar protein 21,03% dengan disinari gamma selama 10 menit terjadi perubahan nilai protein menjadi 20,53% hal ini menunjukkan adanya pengaruh energi radiasi gamma dan radikal bebas pada kandungan protein daging (Magfiro, 2017).

### 2.4.3 Pengujian Kadar Protein Metode Biuret

Analisis protein yang digunakan yaitu dengan metode biuret menggunakan alat spektrofotometer. Metode ini hanya dapat digunakan untuk protein terlarut. Pada penetapan kadar protein secara spektrofotometri, digunakan bovin serum albumin (BSA) sebagai pembanding karena memberikan tingkat keakuratan yang tinggi (Rohman dan Sumantri, 2007).

Metode penentuan kadar protein dengan menggunakan prinsip metode biuret yaitu dalam larutan basa,  $\text{Cu}^{2+}$  membentuk kompleks dengan ikatan peptida (-CO-NH-) dari suatu protein yang membentuk warna ungu dengan absorbansi 540 nm. Besarnya absorbansi tersebut berbanding langsung dengan konsentrasi protein dan tidak tergantung pada jenis protein, karena semua protein pada dasarnya mempunyai jumlah ikatan peptida yang sama per satuan berat.

Beberapa hal yang patut dicatat dalam prosedur analisis dengan metode biuret ada, antara lain yaitu (Rohman, 2007):

1. Jumlah sampel harus mengandung protein sekitar 1-10 mg/ml
2. Ada senyawa pengganggu yang perlu diantisipasi, yaitu:
  - a. Urea, karena mengandung gugus -CO-NH-

b. Gula pereduksi, yang akan bereaksi dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$

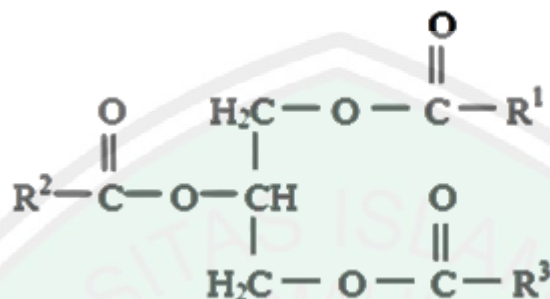
3. Metode biuret mempunyai ketepatan lebih besar dibanding kjedhal

## 2.5 Lemak

Lemak merupakan senyawa kimia yang mengandung unsur C, H, dan O. Lemak atau lipid merupakan salah satu nutrisi diperlukan tubuh karena berfungsi menyediakan energi sebesar 9 kkal/gram, melarutkan vitamin A, D, E, K dan dapat menyediakan asam lemak esensial bagi tubuh manusia. Selama proses pencernaan, lemak dipecah menjadi molekul yang lebih kecil, yaitu asam lemak dan gliserol. Lemak merupakan unit penyimpanan yang baik untuk energi. Berdasarkan struktur kimianya, lemak dibedakan menjadi lemak jenuh dan lemak tak jenuh. Lemak tak jenuh biasanya cair biasanya cair pada suhu kamar, minyak nabati dan lemak yang ditemukan dalam biji merupakan contoh dari lemak tak jenuh sedangkan lemak jenuh biasanya padat pada suhu kamar dan ditemukan dalam daging, susu, keju, minyak kelapa, dan minyak kelapa sawit (Angelia, 2016).

Lipid atau lemak berasal dari kata Yunani yang berarti *Lipos* yang merupakan penyusun tumbuhan atau hewan yang diberikan oleh sifat kelarutannya. Terutama lipid tidak bisa larut dalam air tetapi larut dalam larutan non polar seperti eter. Minyak atau lemak merupakan lipida yang banyak terdapat di alam, minyak merupakan senyawa turunan ester dari gliserol dan asam lemak. Komponen lemak memegang peranan penting yang menentukan karakteristik fisik keseluruhan, seperti aroma, tekstur, rasa dan penampilan. Struktur umum lemak adalah  $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$  adalah gugus alkil mungkin saja sama atau juga beda. Gugus

alkil tersebut dibedakan sebagai gugus alkil jenuh (tidak terdapat ikatan rangkap) dan tidak jenuh (terdapat ikatan rangkap) (Angelia, 2016).



Gambar 2.4 Struktur Molekul Trigliserida (Angelia, 2016).

Adapun struktur lemak kimia yaitu komponen penyusun lemak menggabungkan karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan sekali dalam fosfor sementara (P) dan nitrogen (N). Partikel lemak terdiri dari empat bagian, khususnya satu atom gliserol dan tiga partikel lemak tak jenuh. Asam terdiri dari rantai hidrokarbon (CH) dan karboksil mengumpulkan (-COOH). Molekul gliserol memiliki tiga hidroksil banyak (OH) dan masing-masing interface dengan hidroksil yang pertemuan sekelompok karboksil dari lemak tak jenuh. Dengan mempertimbangkan potongan senyawa lemak dipisahkan menjadi tiga antara lain: lemak sederhana, lemak campuran dan lemak awal.

Fungsi lemak meliputi (Angelia, 2016).

1. Sebagai pelindung tubuh dari perubahan suhu, terutama suhu rendah
2. Sebagai pelarut beberapa vitamin
3. Sebagai sumber energi
4. Sebagai alat pengangkut vitamin yang larut dalam di dalam lemak
5. Sebagai pelindung organ vital seperti lambung dan jantung

6. Sebagai penahan lapar
7. Sebagai penghemat protein, sebab lemak merupakan sumber utama terbentuknya energi
8. Sebagai penyusun membran sel.

Lemak mempunyai peran penting dalam tubuh manusia, sebab lemak adalah sumber energi yang tinggi. Satu gram lemak sesuai dengan rekomendasi dari Food and Nutrition Board of the National Research Council pada tahun 1948, bahwa antara 20% sampai 25% kalori hendaknya datang dari lemak. Bila 408 kalori, haruslah berasal dari lemak. Hal ini berarti kita memerlukan sedikitnya 46 gram lemak per hari (Sri Wahyuni, 2009).

Fungsi lemak sebagai berikut (Sri Wahyuni, 2009):

1. Melarut vitamin A, D, E, dan K dapat diserap oleh dinding usus halus.
2. Melindungi alat-alat tubuh yang halus.
3. Memperbaiki rasa pada makanan.
4. Penyimpan tenaga sebagai bahan penyekat yang melindungi dari rasa dingin yang merusak.

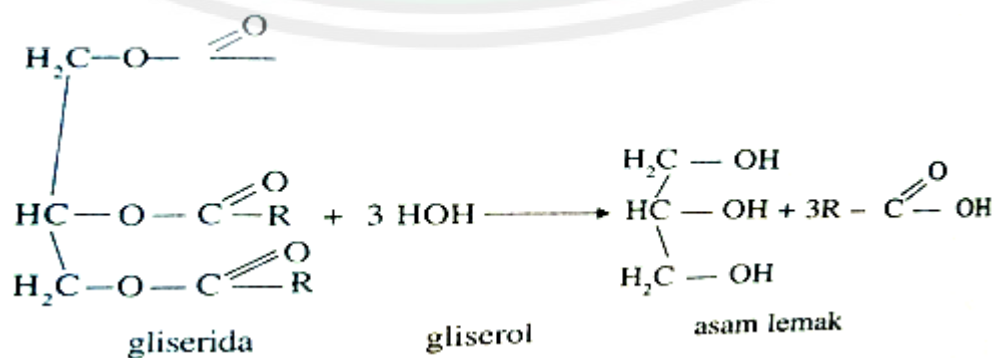
Kadar lemak dapat ditentukan dengan beberapa uji kadar lemak sebagai berikut (Sri Wahyuni, 2009):

1. Pengujian kimia dengan penentuan kadar total untuk meningkatkan jaminan mutu dan keamanan pangan.
2. Pengekstrasian merupakan suatu proses pemisahan atau substansi tertentu dari suatu bahan dengan pelarut organik, air.
3. Evaporasi merupakan suatu proses penguapan untuk memisahkan pelarut (solvent) dengan zat terlarut (solute). Kandungan kalori yang berasal dari

lemak tidak lebih dari 30% total kalori. Lemak dibedakan menjadi lemak jenuh dan lemak tidak jenuh. Manusia juga membutuhkan asam lemak tak jenuh ganda tertentu. Konsumsi lemak perlu dibatasi khususnya mengurangi lemak jenuh dengan makanan. Kelebihan lemak dalam tubuh terutama lemak dengan kandungan kolesterol yang tinggi akan menyebabkan kegemukan dan penyakit seperti jantung, ginjal, diabetes dan hipertensi.

Lemak adalah bahan yang mengandung asam lemak baik yang dalam bentuk cair disebut minyak sedangkan bentuk padat disebut *fat* (lemak). Struktur kimia terdiri dari ikatan asam lemak dan gliserol. Manfaat lemak bagi tubuh yaitu pemberi kalori, melarutkan vitamin-vitamin tersebut dapat diserap oleh dinding usus dan memberikan asam lemak esensial (Sri Wahyuni, 2009).

Radiasi dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis atau hidrolisa, dalam reaksi hidrolisa akan mengubah lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat mengakibatkan kerusakan pada lemak terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam lemak. Reaksi ini akan mengakibatkan ketengikan hidrolisa yang menghasilkan flavor dan bau tengik (Ketaren, 2005):



Gambar 2.5 Reaksi hidrolisa lemak (Ketaren, 2005).



### 2.5.1 Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode Soxhlet

Kadar lemak dalam suatu bahan pangan dapat diketahui dengan cara mengekstraksi lemak. Metode ekstraksi lemak terdiri dari ekstraksi lemak kering, dan ekstraksi lemak basah. Ekstraksi lemak kering dapat dilakukan dengan menggunakan ekstraksi soxhlet. Pada perinsipnya metode Soxhlet ini menggunakan sampel lemak kering yang diekstraksi secara terus menerus dalam pelarut dengan jumlah yang konstan (Darmasih, 1997).

Prosedur pengukuran kadar lemak dengan menggunakan metode Soxhlet (Darmasih, 1997):

- 1) Disiapkan labu lemak yang sesuai dengan alat ekstraksi soxhlet
- 2) Dikeringkan labu lemak dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit
- 3) Didinginkan labu lemak selama 15 menit dalam desikator, dan ditimbang
- 4) Ditimbang sampel 2-5 gram dalam kertas saring, diikat dengan benang wol
- 5) Pelarut lemak dimasukkan kedalam labu lemak secukupnya
- 6) Dimasukkan batu didih kedalam labu lemak dan dipanaskan
- 7) Labu lemak dipanaskan dan diekstraksi 3-4 jam (5-6 x siklus)
- 8) Pelarut disulingkan, labu lemak diangkat dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  sampai berat konstan.
- 9) Didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang

### 2.6 Radikal Bebas

Radikal bebas dapat didefinisikan sebagai molekul atau atom yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan di kulit terluar atom. Ketika radikal bebas dibentuk maka radikal bebas akan bersifat reaktif dan dapat

melakukan reaksi berantai. Sumber dari radikal bebas bisa dari sumber endogen maupun eksogen. Sumber radikal bebas endogen berasal dari dalam sel yaitu dari reaksi oksidasi atau inaktivasi molekul kecil. Sumber radikal bebas eksogen bisa berasal dari asap rokok polutan maupun radiasi (Rao, 2011).

Umumnya radiasi akan menyerang molekul-molekul besar (biomakromolekul) seperti lipid, protein maupun DNA. Jika kerusakan terjadi pada molekul yang berukuran besar maka akan semakin parah akibatnya. Kerusakan sel akan berdampak negatif pada struktur dan fungsinya. Secara biologis senyawa biomakromolekul memiliki fungsi yang sangat penting. Oleh sebab itu, adanya kerusakan struktur dan fungsi sel akan sangat mengganggu sistem kerja organ secara umum (Dasgupta dan Klein, 2014).

Secara umum radikal bebas dapat dibentuk melalui salah satu cara diantaranya, absorpsi radiasi (ionisasi, sinar UV, radiasi sinar tampak dan radiasi panas) melalui reaksi redoks dengan mekanisme reaksi fisik ikatan homolitik dan pemindahan elektron. Pengaruh radiasi ionisasi terhadap materi biologik akan menghasilkan bermacam-macam radikal bebas yang kompleks terutama radikal hidrogen (H), hidroksil (OH), dan elektron yang siap berinteraksi dengan biomolekul-biomolekul lain yang berdekatan. Berbagai proses metabolisme normal dalam tubuh dapat menghasilkan radikal bebas dalam jumlah kecil sebagai produk. Di dalam sel hidup radikal bebas yang dibentuk pada membran plasma dan organel-organel seperti mitokondria, peroksisom, retikulum endoplasmik dan sitosol yang melalui reaksi-reaksi enzimatik fisiologi yang berlangsung dalam proses metabolisme (Gitawati, 1995).

Secara endogen radikal bebas terbentuk sebagai respon normal dari rantai peristiwa biokimia di dalam tubuh. Secara endogen radikal bebas timbul melalui beberapa macam mekanisme seperti aktivitas oksidasi (misalnya siklo oksigenase, lipo oksigenase, dehidrogenase, peroksidase) dan mitokondria, membran plasma, lisosom, peroksisom, *endoplasmic reticulum* dan inti sel. Secara eksogen radikal bebas diperoleh dari bermacam-macam sumber seperti berbagai polutan lingkungan (emisi kendaraan bermotor dan industri, asbestos, asap rokok dan lain-lain), radiasi ionisasi, infeksi bakteri, jamur dan virus serta paparan zat kimia (termasuk obat) yang bersifat mengoksidasi (Winarno, 2006).

Secara kimia molekul yang tidak berpasangan menyebabkan radikal bebas yang cenderung bereaksi dengan molekul tubuh. Selanjutnya menghasilkan senyawa tidak normal berupa radikal bebas yang lebih reaktif dan senyawa berantai yang dapat merusak sel-sel penting. Ada beberapa komponen tubuh yang rentan terhadap radikal bebas di antaranya kerusakan DNA, membran sel, protein, lipid peroksida, proses penuaan dan autoimun manusia. Sedangkan dalam dunia medis radikal bebas merupakan penyebab berbagai keadaan patologis di antaranya liver, jantung koroner, diabetes, katarak, penyakit hati dan beberapa proses penuaan dini (Gitawati, 1995).

Radikal bebas bersifat sangat reaktif dapat menimbulkan perubahan kimiawi dan merusak berbagai komponen sel hidup seperti protein, gugus tiol non protein, lipid, karbohidrat dan nukleotida. Radikal bebas terhadap protein mengakibatkan fragmentasi dan *cross-linking* yang dapat mempercepat proses proteolisis. Pada gugus tiol enzim, radikal bebas mengakibatkan perubahan aktivitas enzim. Pada

lipid, radikal bebas mengakibatkan reaksi peroksidasi yang menghasilkan proses otokatalitik yang merambat jauh dari tempat asal reaksi semula. Sedangkan untuk nukleotida, radikal bebas mengakibatkan perubahan struktur (DNA atau RNA) sehingga terjadi mutasi atau sitoksisitas (Gitawati, 1995).

Kerusakan sel oleh radikal bebas reaktif didahului kerusakan membran sel dengan rangkaian proses sebagai berikut (Gitawati, 1995):

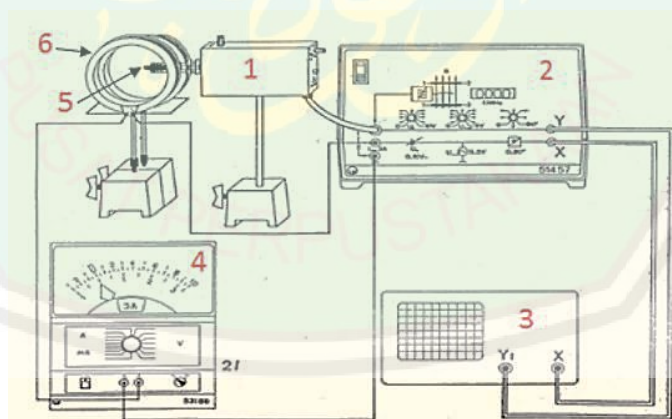
1. Terjadi ikatan kovalen antara radikal bebas dengan komponen membran (enzim-enzim membran, komponen karbohidrat membran plasma) sehingga terjadi perubahan struktur dan fungsi reseptor.
2. Oksidasi gugus tiol pada komponen membran oleh radikal bebas yang menyebabkan proses transport lintas membran terganggu.
3. Reaksi peroksidasi lipid dan kolesterol membran yang mengandung asam lemak tak jenuh majemuk. Hasil peroksidasi lipid membran oleh radikal bebas berdampak langsung terhadap kerusakan membran sel dengan mengubah fluiditas, *cross-linking*, struktur dan fungsi membran serta menyebabkan kematian sel.

Kerusakan struktur subseluler secara langsung mempengaruhi pengaturan metabolisme. Sebagai contoh adalah disrupsi membran lisosom yang selanjutnya mampu sebagai perantara kerusakan intraseluler dan memperkuat kemampuan radikal bebas dalam menginduksi kerusakan sel (Gitawati, 1995).

## **2.7 Electron Spin Resonance (ESR)**

*Electron Spin Resonance* (ESR) merupakan metode penelitian tentang molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Teknik

ini memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan akibat elektron yang beresonansi dengan radiasi elektromagnetik. Penyerapan resonansi energi elektromagnetik akibat partikel yang berputar pada medan magnet yang kuat adalah dasar dari ESR ini. Pada dasarnya, ESR merupakan hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron spin ( $S$ ) dengan momen magnet yang ditunjukkan persamaan:  $\mu = g\beta s$  Dimana:  $g$  = faktor lande ( $2,0023$  J/T)  $\beta$  = magneton Bohr ( $9,274078 \times 10^{-24}$  J/T). Faktor lande menunjukkan hubungan antara interaksi spin-orbit dan elektron paramagnet dengan inti atom yang ada disekitarnya. Penentuan nilai  $g$  didapatkan pada saat terjadi resonansi magnetik yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar  $hf$  dan sebanding dengan transisi energi antara 2 tingkatan spin seperti yang digambarkan berikut (Atkins, 1999).



Gambar 2.6 Rangkaian Leybold-Heracus (Atkins, 1999).

Keterangan:

1. ESR Unit
2. Pengendali ESR
3. Osiloskop
4. Multimeter
5. Selenoid untuk sampel
6. Kumparan Helmholtz

ESR merupakan metode penelitian tentang molekul yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan. Teknik ini memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan akibat elektron yang beresonansi dengan radiasi elektromagnetik. Penyerapan resonansi energi elektromagnetik akibat partikel yang berputar pada medan magnet yang kuat adalah dasar dari ESR ini. Resonansi magnetik termasuk fenomena dari spin-spin magnetik pada atom-atom tertentu dengan metode spin yang menyerap energi pada frekuensi tertentu pada saat terjadi medan magnet bolak-balik antara frekuensi yang sama dan frekuensi alami pada sumber (Hendrayana, 1994).

Pada dasarnya, ESR merupakan hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron spin (S) dengan momen magnet yang ditunjukkan persamaan (Atkins, 1999):

$$\mu = g \beta s \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

g = faktor lande (2,0023 J/T)

$\beta$  = magneton bohr ( $9,274078 \times 10^{-24}$  J/T)

Pada skala eksperimen menggunakan frekuensi 13-130 MHz dengan arus 2A yang mengalir ke kumparan dan akan menghasilkan medan magnet. ESR berupa medan magnet kuat dan seragam yang menghasilkan magnet. Sumber radiasi elektromagnetik yang berupa frekuensi radio tertentu (Atkins, 1999).

Pada penggunaan ESR ini, sampel diletakkan pada kumparan magnet dan diputar. Perputaran tersebut berfungsi untuk menghomogenkan magnet serta diharapkan agar inti magnet terjadi di medan yang sama. Selanjutnya akan menghasilkan spektrum berupa nilai faktor g yang diperoleh dari besarnya

frekuensi dan arus akibat resonansi magnetik yang berbentuk simetris pada layar osiloskop (Atkins, 1999).

Hasil spektrum ESR berupa nilai faktor  $g$  akibat adanya radikal atau kompleks. Faktor  $g$  dipengaruhi orientasi molekul dengan medan magnet dan dipengaruhi struktur elektron pada molekul. Sedangkan faktor  $g$  pada elektron disebut dengan faktor  $g$  *ladge*. Nilai faktor  $g$  merupakan hasil dari frekuensi presisi pada elektron yang tidak berpasangan dengan hubungan semakin kecil nilai faktor  $g$  maka semakin besar nilai perbedaan frekuensi presisinya (Atkins, 1999).

Penentuan nilai  $g$  didapatkan saat terjadi resonansi magnetik yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar  $hf$  dan sebanding dengan transisi energi antara 2 tingkatan spin seperti yang dituliskan sebagai berikut (Atkins, 1999):

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

$h$  = konstanta plank ( $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ W s}^2$ )

$\mu_B$  = magneton Bohr ( $\mu_B = 9,273 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

$B$  = medan magnet eksternal (T)

Sedangkan untuk menentukan medan magnet ( $B$ ) eksternalnya pada ESR Leybold Heracus menggunakan persamaan berikut (Miller, 2001):

$$B = \mu_0 \left( \frac{4}{5} \right)^{3/2} \frac{m}{r} I \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$

n = jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz (n = 320)

r = jari-jari kumparan Helmholtz (r = 6,8 cm)

I = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

Pada tabel 2.4 menyajikan informasi mengenai nilai faktor-g yang menunjukkan nilai kandungan radikal bebas.

Tabel 2.4 Nilai faktor g (Miller, 2001)

No	Nama Radiasi	Nilai Faktor g
1.	O	1,501
2.	Fe <sup>2+</sup>	1,77
3.	MnO <sub>2</sub>	1,8367
4.	FeS	1,86
5.	<i>Hidroperoxide</i>	1,9896
6.	CO <sup>2-</sup>	1,996-2,0007
7.	Cu	1,997
8.	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,9976
9.	<i>Hidroxy</i>	2,00047
10.	CO <sup>2</sup>	2,0007
11.	<i>Alkoxy</i>	2,0016-2,11197
12.	Hellium	2,002
13.	<i>Methanol</i>	2,00205
14.	<i>Alkyl</i>	2,00206
15.	<i>Free Radical</i>	2,00232
16.	Hidrogen	2,00232
17.	<i>Methyl</i>	2,00255-2,00286
18.	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2,0356
19.	DPPH	2,0036
20.	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,0037
21.	<i>Ethyl</i>	2,0044
22.	C	2,00505-2,00548
23.	<i>Peroxy</i>	2,0155-2,0265
24.	CuOx	2,098
25.	CuGeO <sub>3</sub>	2,154
26.	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	2,24
27.	Cu-HA	2,289
28.	Hg	4,0-4,5

Untuk hubungan antara momen magnetik dengan medan magnet didapatkan persamaan:

$$E = - \mu B_0 \dots\dots\dots (2.21)$$



$$\mu = -\frac{e}{2m}L \dots\dots\dots (2.22)$$

Jika diamati pada arah sumbu Z, diperoleh:

$$E = \frac{e}{2m}B_0 L_z \dots\dots\dots (2.23)$$

dan

$$L_z = \hbar m_l \dots\dots\dots (2.24)$$

Sehingga:

$$E = \frac{eh}{2m}B_0 m_l \dots\dots\dots (2.25)$$

Apabila momentum sudut atomik total didefinisikan sebagai J, maka hubungan momen magnetik dengan medan magnetik ditunjukkan dengan persamaan (Miller, 2001):

$$E = -\mu_j B_0 \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana komponen  $J_z$  pada momentum sudut total J didefinisikan  $J_z = \hbar m_j$  dan  $\mu_j = -g_j \frac{\mu_b}{\hbar} J$ , sehingga:

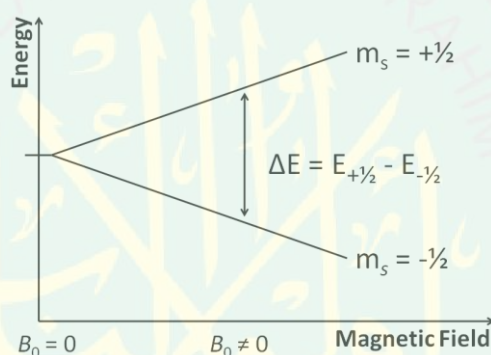
$$E = -g_j \mu_b B_0 m_j \dots\dots\dots (2.27)$$

Oleh karena itu, perubahan pada dua tingkat energi ditunjukkan sebagai berikut:

$$\Delta E = \pm \mu_b B_0 g_j \dots\dots\dots (2.28)$$

Setiap elektron memiliki sebuah momen magnetik dan bilangan kuantum spin  $s = 1/2$  dengan komponen magnetik  $m_s = +1/2$  dan  $m_s = -1/2$ . Jika terdapat medan magnetik eksternal dengan kekuatan  $B_0$  maka momen magnetik elektron

akan sejajar secara paralel ( $m_s = -1/2$ ) atau anti paralel ( $m_s = +1/2$ ) terhadap medan. Tiap penyejajaran memiliki sebuah energi tertentu. Kesejajaran paralel berkaitan dengan tingkatan energi rendah (*lower energy state*) dan selisihnya terhadap tingkat energi atas sebesar  $\Delta E = g \mu_b B_0$  dimana  $g$  merupakan faktor  $g$  dan  $\mu_b$  merupakan ketetapan bohr magneton. Persamaan ini menunjukkan bahwa perbedaan level energi proporsional terhadap kekuatan medan magnetik seperti terlihat pada gambar 2.8 (Miller, 2001).



Gambar 2.7 Perbedaan Level Energi Medan Magnet (Miller, 2001)

Secara eksperimen persamaan ini dapat diterapkan pada kombinasi frekuensi dan nilai medan magnet yang besar tetapi pengukuran ESR pada umumnya dilakukan dengan gelombang mikro pada daerah 9.000-10.000 MHz (Miller, 2001).

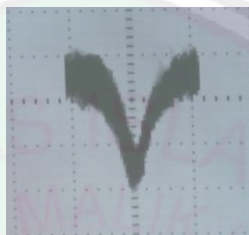
## 2.8 Kalibrasi Alat ESR

Alat ESR dengan tipe *Leybold Heracus* ini digunakan untuk mendeteksi radikal bebas yang berdasarkan dari gambar resonansi yang ditentukan dengan nilai frekuensi dan arusnya. ESR mampu mendeteksi radikal bebas karena alat ini mampu mendeteksi suatu atom yang tidak memiliki pasangan elektron. Pada saat atom tersebut diberi medan magnet yang homogen maka momentum magnetik

elektron bebas akan berinteraksi dengan medan magnet sehingga akan terbentuk tingkat energi spin. Elektron akan bertransisi dari suatu energi spin yang rendah ke tingkat yang lebih tinggi ketika tersedia energi yang sesuai untuk bertransisi. Keluaran dari alat ini berupa spektrum gambar simetris pada osiloskop. Hasil spektrum ESR berupa nilai faktor  $g$  yang menunjukkan adanya radikal bebas. Faktor  $g$  dipengaruhi orientasi molekul dengan medan magnet dan dipengaruhi struktur elektron pada molekul. Hasil spektrum yang simetris ini, dipengaruhi nilai arus dan frekuensi pada osiloskop. Maka dari itu, pengaturan alat ESR ini harus dilakukan dengan teliti misalnya untuk memposisikan kumparan yang seharusnya pada posisi sejajar. Apabila tidak sejajar akan menyebabkan nilai medan magnet yang tidak seragam dan akan mempengaruhi nilai arus ( $I$ ) untuk memperbesar medan magnet eksternal (Magfiro, 2017).

Sebelum menggunakan alat ESR perlu dilakukan kalibrasi alat dengan tujuan untuk menentukan keakuratan alat dalam menentukan radikal bebas. Kalibrasi alat ESR ini menggunakan kalibrator DPPH (*Diphenyl-picrylhydrazyl*) karena DPPH merupakan jenis radikal bebas yang sudah bisa dipakai dan relatif stabil sehingga cocok digunakan kalibrator. Pada saat menguji DPPH rangkaian alat harus disusun dengan benar karena akan mempengaruhi hasil gambar spektrum yang ditunjukkan osiloskop. Rangkaian alat disusun secara seri, arus rangkaian seri akan langsung masuk pada rangkaian sehingga akan menghasilkan resonansi. Ketika mengkalibrasi alat ESR, kalibrator DPPH dimasukkan ke dalam tabung pipet dan diletakkan di antara kedua kumparan pada ESR. Pada osiloskop akan dihasilkan gambar spektrum berbentuk cekungan simetris yang

menunjukkan adanya radikal bebas. Semakin lancip kurva dan berbentuk seperti huruf V pada gambar spektrum, maka menunjukkan semakin besar kadar radikal bebas yang terdapat pada sampel (Magfiro, 2017).



Gambar 2.8 Gambar Spektrum Resonansi DPPH (Magfiro, 2017)

Kalibrator DPPH merupakan salah satu jenis radikal bebas yang memiliki nilai faktor  $g$  sebesar 2,00303 sampai dengan 2,00389. Nilai tersebut mendekati nilai faktor  $g$  yang ditunjukkan pada tabel 2.4 yaitu sebesar 2,0036 (Magfiro, 2017).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan September sampai dengan bulan Oktober 2018 bertempat di Laboratorium Riset BATAN Jakarta Laboratorium UB.

### **3.2 Alat dan Bahan**

#### **3.2.1 Alat**

1. Irradiator (Gamma Cell)
2. Satu set ESR *Leybold-Heracus*
3. Sumber iradiasi (radiosotop  $\text{Co}^{60}$ )
4. Autoklaf
5. Oven
6. Mistar
7. Cuter
8. Pipet Hisap
9. Beaker glass
10. Tissue
11. Pisau
12. Neraca Digital
13. Kondensor
14. Desikator

### 3.2.2 Bahan

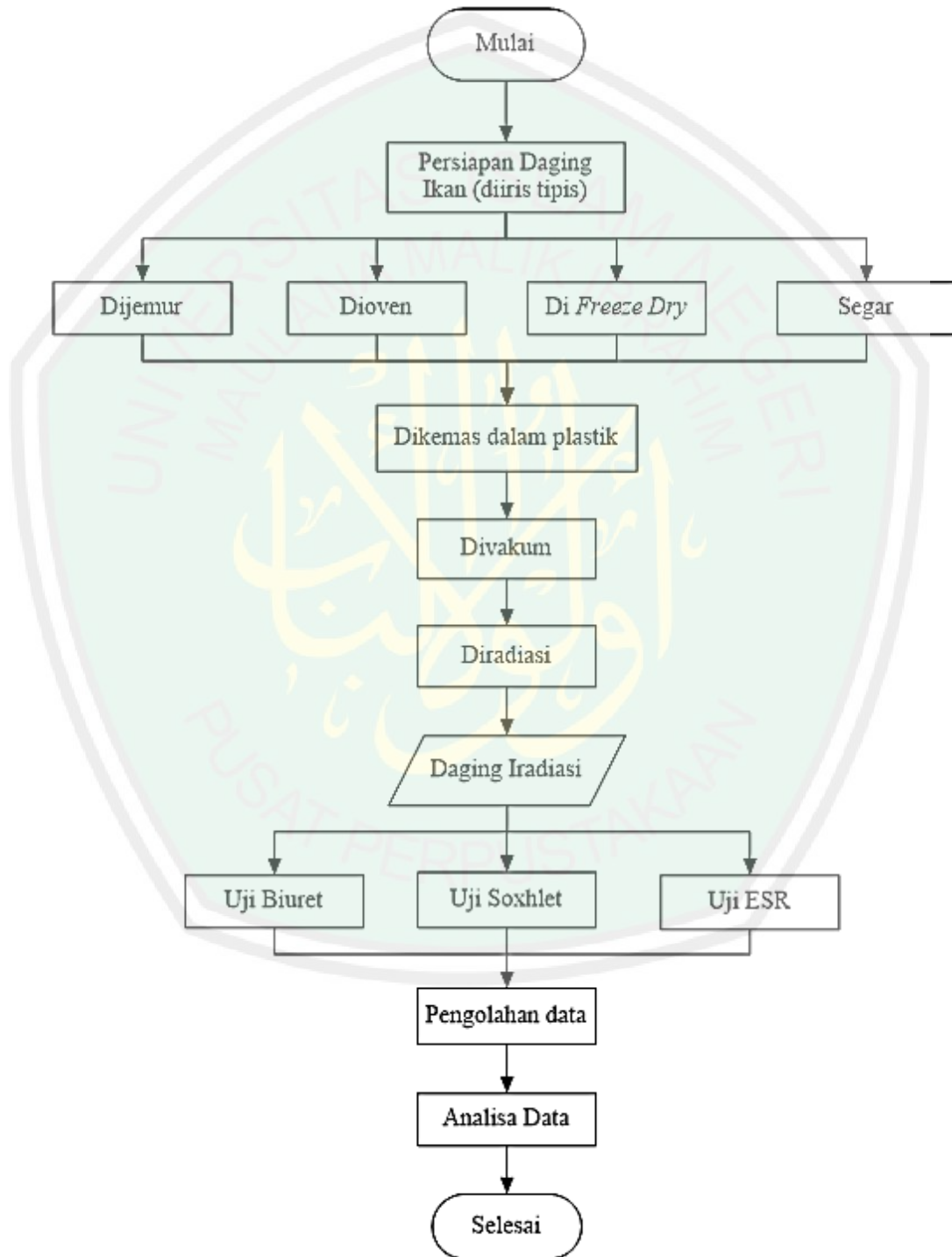
1. Daging Ikan Tenggiri
2. Reagen Biuret
3. Serum Albumin (BSA)

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan seperti irradiator Gamma Cell. Kemudian daging ikan yang telah dipotong dan dibentuk. Daging diradiasi dengan energi sebesar 0 kGy, 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy dan 7,5 kGy dengan sumber radiasi  $\text{Co}^{60}$ . Setelah proses iradiasi selesai sampel disimpan pada suhu ruang.

Daging yang telah diradiasi disimpan berdasarkan intensitas radiasinya yang masing-masing sampel disimpan dalam plastik nylon PE yang telah di vakum. Uji kandungan protein dilakukan dengan metode Biuret, uji kandungan lemak dengan metode Soxhlet dan uji radikal bebas dengan metode ESR. Sehingga dari hasil pengujian akan diketahui pengaruh dari Radiasi Gamma terhadap Kadar Protein, Lemak, dan Radikal Bebas Daging Ikan Tenggiri.

### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.3.2 Cara Kerja Penelitian

#### 1. Persiapan Alat

Langkah awal dari penelitian ini ialah mempersiapkan peralatan yang akan digunakan memotong ikan tenggiri seperti baskom, pisau, sendok dan lain-lain. Kemudian disiapkan juga alat untuk iradiasi seperti irradiator Gamma Cell yang menggunakan sumber radiasi (radiosotop  $\text{Co}^{60}$ ).

#### 2. Persiapan Bahan

Bahan yang dipersiapkan ialah daging ikan tenggiri yang akan dijadikan sebagai sampel. Daging ikan ini diiris tipis-tipis. Selanjutnya dipisahkan 200 gr di masing-masing perlakuan. 200 gram untuk dijemur, 200 gram untuk di *Freezed Dry*, 200 gram untuk di oven dan 200 gram untuk sampel daging segar. Sampel yang sudah siap kemudian di masukan kedalam plastic Nylon PE dan siap untuk divakum.

#### 3. Penyinaran Radiasi Gamma

Langkah selanjutnya daging atau sampel diradiasi gamma dengan energi 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy dan 7,5 kGy. Radiasi dilakukan dengan menggunakan irradiator Gamma Cell. Sampel dimasukan ke dalam wadah pada mesin radiator Gamma Cell dan diatur energi yang kita inginkan.

#### 4. Parameter Pengamatan

Untuk mengetahui perubahan kandungan gizi (kadar protein dan lemak) serta radikal bebas daging sebelum dan setelah radiasi, maka dilakukan uji kadar protein dengan metode biuret, uji lemak dengan metode Soxhlet dan radikal bebas dengan metode ESR.



### 3.3.3 Proses Jemur Ikan

Daging ikan tenggiri diberikan beberapa perlakuan diantaranya dijemur, proses penjemuran ini yaitu daging ikan tenggiri yang telah dipotong tipis-tipis kemudian diletakkan diatas wadah dan disusun dengan rapi kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 7 jam.

### 3.3.4 Proses Oven Ikan

Daging ikan tenggiri diberikan perlakuan di oven proses pengovenan ini yaitu daging ikan tenggiri yang telah diiris tipis-tipis kemudian disusun dalam wadah dengan rapi. Wadah yang berisikan daging ikan kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.

### 3.3.5 Proses Freezed Dry Ikan

Daging ikan tenggiri yang telah diiris tipis-tipis dimasukkan kedalam wadah dengan rapi. Wadah yang berisikan daging ikan dimasukkan kedalam tabung freezed dry, kemudian diatur mesin freezed dry pada suhu  $-107^{\circ}\text{C}$  ditunggu sampai 5 jam.

### 3.3.6 Penyinaran Radiasi Gamma

Pada penelitian ini, penyinaran radiasi gamma dengan sumber radiasi Cobalt 60. Alat yang disiapkan pada proses penyinaran, yaitu sumber radiasi Cobalt 60, sampel daging segar, *stopwatch* dan tempat radioaktif. Proses penyinaran radiasi gamma dilakukan dengan variasi lama penyinaran dengan energi 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy dan 7,5 kGy . Adapun langkah-langkah proses penyinaran yaitu memasukkan sumber radiasi Cobalt 60 yang berbentuk seperti laser ke dalam tempat radioaktif yang di dalamnya sudah terdapat sampel daging segar. Sumber

radiasi yang berbentuk laser bertujuan agar sinar yang terpancarkan searah dan langsung tepat pada sampel daging segar. Kemudian *stopwatch* digunakan untuk perhitungan lama penyinaran. Berikut mekanisme penyinaran sinar gamma:



Gambar 3.2 Mekanisme Penyinaran Gamma

### 3.3.7 Pengukuran Kadar Protein Metode Biuret

- 1) Sebanyak 4 ml larutan protein ditambah 6 ml pereaksi (reagen Biuret), kemudian dibiarkan selama 30 menit dalam suhu ruang.
- 2) Selanjutnya intensitas warna ungu larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.
- 3) Kurva standar menggunakan larutan protein serum albumin (BSA, *bovine serum albumin*) secara serri, misalnya dari 0,1-1,0 %.
- 4) Kadar protein dihitung berdasarkan regresi kurva standar:

$$Y = a + bX$$

Y = nilai absorbasni

X = konsentrasi protein

### 3.3.8 Pengukuran Kadar Lemak Metode Soxhlet

- 1) Disiapkan labu lemak yang sesuai dengan alat ekstraksi soxhlet
- 2) Dikeringkan labu lemak dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit
- 3) Didinginkan labu lemak selama 15 menit dalam desikator, dan ditimbang

- 4) Ditimbang sampel 2-5 gram dalam kertas saring, diikat dengan benang wol
- 5) Pelarut lemak dimasukkan kedalam labu lemak secukupnya
- 6) Dimasukan batu didih kedalam labu lemak dan dipanaskan
- 7) Labu lemak dipanaskan dan diekstraksi 3-4 jam (5-6 x siklus)
- 8) Pelarut disulingkan, labu lemak diangkat dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  sampai berat konstan.
- 9) Didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang

### **3.3.9 Pengukuran Radikal Bebas Uji ESR *Leybold-Heracus***

Sebelum mengamati kandungan radikal bebas daging ikan yang akan diamati, diperlukan kalibrasi alat ESR dengan DPPH. Kalibrasi dilakukan dengan meletakkan pipet yang telah diisi dengan DPPH di kumparan ESR *Leybold-Heracus*. DPPH berfungsi untuk membersihkan arus pada kumparan helmholtz yang merupakan sumber medan magnet yang menghasilkan impuls resonansi. Selanjutnya mengatur variabel resistor ESR dan mengatur frekuensi sehingga menghasilkan impuls resonansi magnetik. Kemudian menentukan tombol dengan digeser-geser yang menunjukkan perubahan fase yang merupakan alat pengendali alat ESR sampai menghasilkan impuls resonansi yang berhimpit dan mendapatkan impuls resonansi yang simetris pada layar osiloskop. Di samping kalibrasi alat juga dilakukan perhitungan faktor g. Faktor g didapat dari variabel frekuensi dan arus yang dihasilkan.

### 3.3.10 Teknik Pengolahan Data

Tabel 3.1 Pengaruh Energi Radiasi terhadap Faktor g

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5						
5						
2,5						
1						
0						

Tabel 3.2 Pengaruh Energi radiasi terhadap Kadar Protein

Dosis Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
0	
1	
2,5	
5	
7,5	

Tabel 3.3 Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kandungan Lemak

Dosis Radiasi (kGy)	Kadar Lemak (%)
0	
1	
2,5	
5	
7,5	

### 3.3.11 Analisa Data

Setelah diperoleh data dari pengaruh Radiasi gamma terhadap kadar protein, lemak dan air pada daging sapi, maka dibuat grafik pengaruh energi radiasi terhadap kadar protein, lemak dan air pada daging ikan tenggiri serta grafik energi radiasi dengan lama penyimpanan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Iradiasi Gamma Menggunakan Irradiator Gamma Cell

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah persiapan sampel. Sampel yang disiapkan adalah daging ikan tenggiri yang diiris-irirs tipis, dipisahkan dari kulit dan tulangnya. Sampel daging tersebut diberikan 4 perlakuan yaitu dijemur, oven, Freez Dray, dan segar. Sampel yang akan diiradiasi kemudian dimasukkan kedalam plastik nylon PE yang kemudian di vakum menggunakan mesin vakum. Sampel yang telah divakum kemudian diberikan label untuk membedakan sampel yang diiradiasi dengan variasi energy radiasinya. Variasi energi yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, dan 7,5 kGy.

Sampel yang sudah siap diiradiasi kemudian dimasukkan ke dalam mesin irradiator gamma cell, beberapa factor yang mempengaruhi tingkat energi radiasi yang diterima oleh sampel adalah laju radiasi, waktu paparan terhadap daging. Sumber radiasi yang digunakan adalah kobalt-60 ( $\text{Co}^{60}$ ). Bentuk dari sumber ini mirip dengan laser yang ditanam disekitar wadah sampel pada mesin irradiator mengelilingi sampel sehingga sampel dapat diiradiasi secara merata dan pengukuran waktu penyinaran dapat dihitung dengan menggunakan *stopwatch*. Cara untuk menghitung energi radiasi yang diterima oleh materi secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$D = t \times v \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan:

D= Energy radiasi  
 t= waktu penyinaran  
 v= laju energy radiasi

Sumber kobalt-60 ini adalah sumber yang sering digunakan untuk proses iradiasi pangan karena sumber ini mempunyai karakterisasi yang murni menghasilkan sinar gamma dan mudah untuk diperoleh data laju energi radiasi sinar gamma pada table 4.1. Laju energi radisi pada proses ini dapat diperoleh dengan menginput besar energi yang kita inginkan, output yang dihasilkan adalah waktu pemaparan yang dibutuhkan untuk mencapai energi yang diinginkan dengan menggunakan persamaan 4.1.

Table 4.1 Laju Energi dan Energi Dari Sumber Kobalt-60

Laju Energi (Gy/s)	Energi Radiasi (Gy)	Lama Paparan (s)
1,435	7500	5228
1,435	5000	3485
1,435	2500	1743
1,435	1000	1435
0	0	0

#### 4.1.2 Data Hasil Pengukuran Kadar Protein

##### 1. Data dan Analisa Data Penelitian dengan Sampel Daging Ikan Segar

##### a) Data Energi radiasi dengan Kadar Protein Daging Ikan Segar

Analisis protein dengan menggunakan metode biuret dilakukan dengan tiga tahap. Pertama, penentuan kurva standar protein. Larutan standart protein dibuat pada kosentrasi 0.10 mg/ml, 0.20 mg/ml, 0.40 mg/ml, 0.60 mg/ml, 0.80 mg/ml, dan 1.0 mg/ml. larutan standar yang telah dipreparasi (dicampur aquades dan biuret) kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm kemudian di peroleh persamaan regresi

linear  $y = 0.26709x - 0.00014$  dan  $R^2 = 0.99980$ . Kedua, preparasi dan pengukuran sampel daging ikan tenggiri. Sampel daging ikan tenggiri masing-masing ditimbang sebanyak 5 gr, dihaluskan dengan mortar kemudian dilarutkan menggunakan aquades hingga volumenya mencapai 50 ml. Sehingga konsentrasi sampel =  $5 \text{ gram} / 50 \text{ ml} = 5000 \text{ mg} / 50 \text{ ml} = 100 \text{ mg/ml}$ . Sampel disaring, kemudian filtrat yang dihasilkan digunakan untuk uji protein. Preparasi sampel menggunakan aquades dan biuret dengan perbandingan 1 ml (sampel) + 3 ml (aquades) + 6 ml (biuret) = 10 ml sehingga faktor pengenceran sampel = 10/1. Sampel daging ikan yang telah dipreparasi kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Ketiga, Perhitungan kadar protein dalam sampel dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Protein} = \frac{\text{Konsentrasi Protein}}{\text{Konsentrasi Sampel}} \times \text{fp} \times 100\% \dots\dots\dots (4.2)$$

Hasil yang diperoleh adalah ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Pengaruh energi iradiasi dengan kadar protein ikan segar

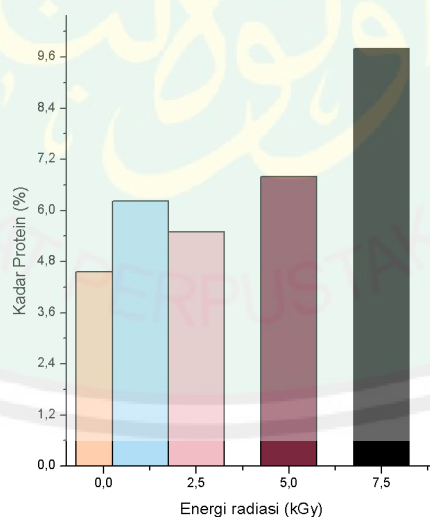
N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	4,565
2	1	6,22
3	2,5	5,497
4	5	6,79
5	7,5	9,8
6	0 (kontrol awal)	14,4

Hasil dari perhitungan kadar protein dengan menggunakan metode biuret ditunjukkan pada tabel 4.2 menjelaskan bahwa kadar protein daging ikan segar sebesar 14,4% dan pada penelitian ini dengan menggunakan variasi energi radiasi maka kandungan protein pada daging segar juga

bervariasi, dimana hasil yang diperoleh pada saat energi radiasi 0 kGy dengan nilai protein yang diperoleh 4,565%. Energi radiasi yang diberikan pada daging ikan tenggiri sebesar 1 kGy menghasilkan nilai protein sebesar 6,22% ketika energi radiasi diubah menjadi 2,5 kGy maka diperoleh kadar protein sebesar 5,497% dengan energi radiasi 5 kGy menghasilkan kadar protein sebesar 6,79% dengan energi radiasi paling tinggi menghasilkan kadar protein 9,8%.

#### b) Analisa Data Kadar Protein Daging Ikan Segar

Hasil dari pengukuran kadar protein pada daging ikan segar dapat dilihat pada tabel 4.2 dengan hasil tersebut maka dapat dianalisa dengan menggunakan grafik ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan Segar

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada energi radiasi 0 kGy kadar prorein yang paling rendah yaitu 4,565%, pada saat energi radiasi dinaikan menjadi 1 kGy hasil dari proteinnya pun ikut naik menjadi 6,22% pada energi



radiasi 5 kGy kadar protein yang diperoleh adalah 6,79% variasi energi yang paling besar adalah 7,5 kGy hasil dari pengukuran kadar proteinnya adalah 9,8%. Grafik ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan protein dari energi 0 kGy ke energi 1 kGy, 2,5 kGy dan 5 kGy. Perbedaan kenaikan proteinnya tidak terlalu jauh sedangkan pada saat energinya di tambahkan menjadi 7,5 kGy kadar protein yang diperoleh sangat tinggi kenaikannya yaitu mencapai 9,8%. Hasil pengukuran kadar protein menunjukkan bahwa nilai kadar protein yang paling tinggi berada pada dosis yang paling tinggi hal ini disebabkan karena iradiasi dapat mempertahankan kesegaran daging ikan tenggiri memperpanjang masa simpan selama simpanan dan menghambat pertumbuhan mikroba yang mendekomposisi dan menghidrolisis protein. Hasil dari kadar protein ikan yang diiradiasi dengan semua variasi energi bila dibandingkan dengan kadar protein daging ikan kontrol semuanya mengalami penurunan kadar protein.

## 2. Data dan Analisa Data Penelitian dengan Sampel Ikan Dijemur

### a) Data Energi Iradiasi dengan Kadar Protein Daging Ikan Jemur

Hasil pengukuran kadar protein dengan menggunakan metode biuret didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 4.3.

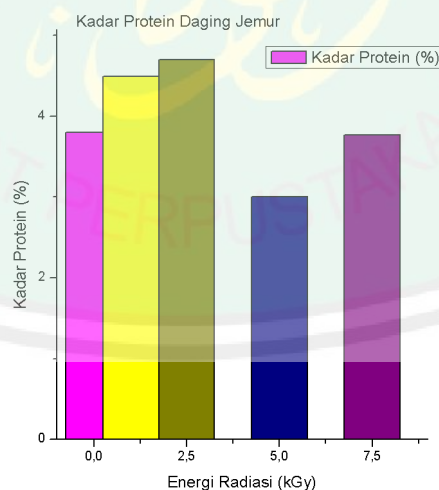
Tabel 4.3 Data Pengaruh energi iradiasi terhadap kadar protein ikan jemur

<b>N0</b>	<b>Energi Radiasi (kGy)</b>	<b>Kadar Protein (%)</b>
1	0	3,8
2	1	4,49
3	2,5	4,7
4	5	3
5	7,5	3,77

Tabel 4.3 adalah data hasil pengukuran protein pada daging ikan yang diberikan perlakuan yaitu dijemur, pada energi radiasi 0 kGy hasil pengukuran kadar proteinnya adalah 3,8%, pada energi 1 kGy hasil pengukuran kadar proteinnya adalah 4,49%, pada saat energi radiasinya dinaikan pada 2,5 kGy maka hasil dari pengukuran kadar proteinnya adalah 4,7%. Pengukuran protein pada energi 5 kGy kadar protein yang terukur adalah 3% dengan merubah energi radiasinya menjadi 7,5 kGy kadar protein yang terukur adalah 3,77%.

#### b) Analisa Data Kadar Protein Daging Ikan Jemur

Analisa data yang digunakan adalah analisa dengan grafik, berdasarkan dari data pada tabel 4.3 maka dapat diplot sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Protein Ikan Jemur

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa pada daging ikan yang dijemur dengan dilakukan pengukuran kadar protein metode biuret maka hasil yang diperoleh

dengan energy 0 kGy lebih kecil nilainya dari kadar protein yang diberikan energy radiasi sebesar 1 kGy dan 2,5 kGy disamping itu nilai kadar protein ikan di jemur dengan 0 kGy radiasi ini lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan dengan daging jamur yang diradiasi dengan energi radiasi sebesar 5 dan 7,5 kGy. Faktor yang mengakibatkan perbedaan ini adalah adanya perlakuan dijemur, dengan perlakuan ini dapat berakibat ketidak homogenan sampel, sehingga terjadi perbedaan nilai kadar protein yang terukur, ketika kita melihat yang 0 kGy dibandingkan dengan 1 dan 2,5 kGy hasil dari pengukuran kadar lemaknya lebih tinggi ini dikarenakan sifat iradiasi yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba pada daging ikan jamur dan mencega terjadinya dekomposisi dan hidrolisasi pada protein, sedangkan bila dibandingkan dengan energi radisi 5 dan 7,5 kGy terjadi penurunan kadar protein hal ini terjadi karena pada energi yang tinggi iradiasi dapat menyebabkan terjadinya denaturasi protein selama proses iradiasi. Denaturasi protein ini yaitu terjadinya pemecahan molekul protein karena adanya energi radiasi yang cukup besar dan diikuti dengan polimerisasi fraksi-fraksi protein.

### 3. Data dan Analisa Data Penelitian dengan Sampel Ikan Oven

#### a) Data Energi Radiasi dengan Kadar Protein Daging Ikan Oven

Pengukuran kadar protein dilakukan dengan metode biuret. Pengukuran ini dilakukan pada beberapa sampel diantaranya pada daging ikan yang diberikan perlakuan Oven. Data hasil pengukuran yang diperoleh disajikan pada tabel 4.4.

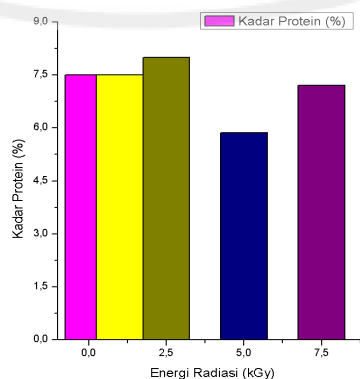
Tabel 4.4 Data Pengaruh energi iradiasi terhadap kadar protein ikan oven

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	7,5
2	1	7,5
3	2,5	8
4	5	5,86
5	7,5	7,2

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran kadar protein pada daging ikan tenggiri yang diberikan perlakuan dioven pada energi radiasi dengan energi 0 kGy hasil yang diperoleh adalah 7,5% pada energi radiasi 1 kGy nilai kadar protein yang ada pada daging ikan bernilai 7,5% dan pada saat energi radiasinya dinaikkan menjadi 2,5 kGy maka nilai kadar protein yang diperoleh adalah 8%, pada energi radiasi 5 kGy nilai kadar protein yang terukur adalah 5,86% variasi energi radiasi sebesar 7,5 kGy yang ditembakkan kedaging ikan tenggiri yang telah dioven kadar protein yang terukur adalah 7,2%

#### b) Analisa Data Kadar Protein Daging Ikan Oven

Tabel 4.4 adalah tabel data kadar protein setelah daging diiradiasi dengan sinar gamma. Hasil pengukuran kadar protein dapat ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Energi Iradiasi Terhadap Kadar Protein Ikan Oven

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara energi radiasi dengan kadar protein pada daging ikan tenggiri yang telah diberikan perlakuan di oven terlihat sangat jelas perubahan energi radiasi gamma yang diikuti dengan perubahan kadar protein pada daging ikan. Grafik ini menunjukkan pada energi radiasi 0 kGy daging ikan tenggiri memiliki kadar 7,5% sama dengan kadar protein yang terukur pada tingkat energi radiasi 1 kGy. Selanjutnya, ketika energi radiasinya dinaikkan 2,5 kGy nilai kadar protein yang terukur adalah 8% yang hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan kadar protein yang terukur pada energi radiasi 0 kGy dan 1 kGy. Grafik ini menunjukkan perubahan kadar protein yang dipengaruhi oleh energi radiasi gamma, perubahan ini juga terjadi pada energi radiasi 5 kGy dan 7,5 kGy. Perubahan kadar protein yang menurun disebabkan karena adanya denaturasi protein akibat energi besar yang diberikan yaitu akibat radiasi. Perubahan kadar protein pada energi radiasi yang tinggi dengan kadar protein yang tinggi pula, menunjukkan bahwa radiasi mempunyai sifat yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba pada sampel yang dapat menimbulkan kerusakan pada proteinnya. Iradiasi dapat menjaga kandungan gizi sampel selama waktu simpan tertentu. Data yang bervariasi ini juga dapat disebabkan karena ketidak homogenan sampel dari perlakuan yang diberikan.

#### 4. Data dan Analisa Data penelitian dengan Sampel Difreezed Dry

##### a) Data Energi Radiasi dan Kadar Protein Daging Ikan yang Difreezed Dry

Pengukuran kadar protein dilakukan dengan metode biuret. Pengukuran ini dilakukan pada beberapa sampel diantaranya pada daging ikan yang

diberikan perlakuan *frozen dry*. Data hasil pengukuran yang diperoleh disajikan pada tabel 4.5.

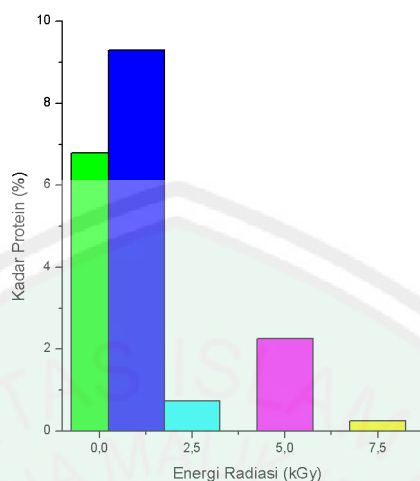
Tabel 4.5 Data Pengaruh energi iradiasi terhadap kadar protein *Frozen Dry*

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	6,97
2	1	9,3
3	2,5	0,73
4	5	2,25
5	7,5	0,24

Tabel 4.5 adalah data kadar protein pada daging ikan tenggiri yang diperoleh dengan metode biuret. Hasil pengukuran yang diperoleh pada saat energi radiasinya 0 kGy hasil pengukuran kadar protein yang diperoleh adalah 6,97% sedangkan pada energi radiasi 1 kGy data hasil pengukuran kadar protein yang diperoleh 9,3% dengan energi radiasi 2,5 kGy data kadar protein yang peroleh adalah 0,73% selanjutnya pada tingkat energi radiasi 5 kGy menghasilkan data kadar protein yang terukur sebesar 2,25% variasi terahir dengan energi radiasi 7,5 kGy maka hasil pengukuran kadar protein yang diperoleh adalah 0,24% dari data dapat dilihat adanya perbedaan kadar protein di masing-masing tingkat energi.

#### b) Analisa Kadar Protein Daging Ikan *Frozen Dry*

Tabel 4.5 adalah tabel data kadar protein setelah daging diiradiasi dengan sinar gamma. Hasil pengukuran kadar protein dapat ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.4



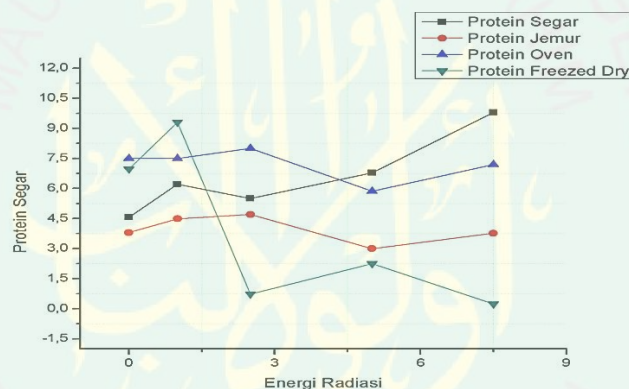
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kadar Protein Ikan *Freez Dry*

Gambar 4.4 ini adalah gambar grafik hubungan antara energi radiasi dengan kadar protein pada daging ikan tenggiri yang diberikan perlakuan di *freezed dry* (kering beku). Pada grafik ini terlihat sangat jelas perbedaan kadar protein pada daging ikan tenggiri yang telah diiradiasi dan diberikan perlakuan *freezed dry* pada energi radiasi 0 kGy kadar protein yang terukur lebih tinggi daripada 3 tingkat energi lainnya, sedangkan pada energi 1 kGy memiliki kadar protein yang paling tinggi bahkan memiliki kadar protein yang lebih tinggi dari 0 kGy. Peristiwa ini dapat disebabkan karena ketidak homogenan sampel pada saat diberikan perlakuan *freezed dry* kenaikan kadar protein ini juga dapat disebabkan karena iradiasi. Iradiasi pada energi tertentu dapat menghambat pertumbuhan mikroba yang dapat menimbulkan kerusakan pada protein, dan iradiasi dapat mencegah terjadinya dekomposisi hidrolisis pada protein. Penurunan kadar protein dapat disebabkan karena adanya energi besar yang diberikan yaitu energi iradiasi yang dapat menimbulkan terjadinya

denaturasi protein yang akhirnya dapat mengurangi fungsi dan kadar protein dalam daging.

#### 5. Perbandingan Hasil Pengukuran Kadar Protein dari masing-masing Perlakuan

Cara untuk mengetahui perbedaan dari hasil pengukuran kadar protein dari masing-masing perlakuan kami menganalisa hasil ini dengan menggunakan grafik gambar 4.5 adalah gambar grafik perbandingan dari masing-masing perlakuan yang dapat kita lihat pada gambar 4.5:



Gambar 4.5 Perbandingan Hasil Pengukuran Kadar Protein masing-masing Perlakuan

Gambar 4.5 menunjukkan adanya perbedaan hasil pengukuran kadar protein pada daging ikan yang masing-masing diberikan perlakuan berbeda. Perlakuan 0 kGy radiasi nilai kadar protein yang paling tinggi berada pada daging yang dioven, sedangkan dari urutan kadar protein terendah berturut-turut yaitu pada daging yang di freezed dry, segar, dan dijemur. Perlakuan 0 kGy ini dapat kita lihat bahwa dengan diberikannya perlakuan, kadar protein pada daging ikan tenggiri dapat bertahan lebih lama dibandingkan daging ikan segar tanpa perlakuan. Daging ikan tenggiri yang diberikan perlakuan dijemur



lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya hal ini dikarenakan perlakuan konvensional tidak jauh lebih baik dari perlakuan yang lain, pada daging ikan yang dijemur juga mengalami ionisasi yang disebabkan oleh sinar matahari yang mengandung sinar Ultra Violet yang menyebabkan terjadinya denaturasi pada protein daging ikan tenggiri. Perlakuan dengan radiasi yang diberikan energi 1 kGy sama dengan perlakuan 0 kGy ini membuktikan bahwa dengan energi 1 kGy belum terlihat perubahan pada daging yang disebabkan oleh radiasi gamma. Perlakuan dengan energi radiasi gamma 2,5 kGy, pada energi ini mulai terlihat perbedaan bahwa kadar protein terendah yaitu pada perlakuan *Freezed Dry* kemudian yang dijemur. Selanjutnya pada perlakuan yang diberikan energi radiasi sebesar 5 dan 7,5 kGy pada tingkat energi ini biasanya akan terlihat jelas perubahan pada objek yang diradiasi, pada grafik diatas menunjukkan bahwa dengan energi 5 dan 7,5 kGy daging ikan segar mengandung protein yang lebih tinggi dari 3 perlakuan lainnya, dari sini dapat kita lihat bahwa daging ikan segar lebih baik dengan menggunakan radiasi, karena radiasi tidak menimbulkan perubahan suhu dan penetrasi penyinaran kedalam sel lebih homogen dibandingkan dengan cara konvensional yang melibatkan gen-gen alam, radiasi gamma menyebabkan kombinasi gen baru dengan frekuensi mutasi yang tinggi.

Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi pada daging ikan dapat menambah daya simpan daging ikan tenggiri ditandai dengan adanya kadar protein dalam daging ikan setelah disimpan selama 12 hari. Perbandingan ini juga menunjukkan pada daging ikan segar

memiliki kadar protein yang paling tinggi pada energi radiasi yang paling tinggi pula dari masing-masing data perlakuan, data yang paling baik berada pada daging ikan segar karena daging ikan segar ini hanya diberikan perlakuan radiasi tanpa perlakuan lain. Daging yang lain diberikan perlakuan dan diradiasi, perlakuan itu juga mempengaruhi kandungan daging ikan tenggiri. Grafik ini juga menunjukkan bahwa dengan radiasi penetrasi kedalam sel lebih homogen inilah salah satu kelebihan menggunakan radiasi.

#### 4.1.3 Data Pengukuran Kadar Lemak Daging Ikan Tenggiri

##### 1. Data Kadar Lemak Daging Ikan Tenggiri

Lemak adalah salah satu unsur yang penting yang dibutuhkan oleh tubuh manusia sehingga manusia harus mengkonsumsi lemak nabati maupun lemak hewani. Metode pengukuran kadar lemak yang digunakan adalah metode ekstraksi langsung dengan alat soxhlet. Cara kerja dari alat ini adalah dengan menimbang 1 gram sampai 2 gram daging ikan, masukkan ke dalam selongsong kertas yang di alasi dengan kapas. Menyumbat selongsong kertas yang berisi daging ikan tersebut dengan kapas kering, kemudian masukan ke dalam alat soxhlet yang telah dengan lemak labu berisi batu didih yang telah dikeringkan dan telah diketahui bobotnya. Mengekstrak dengan heksana atau dengan pelarut lemak lainnya kurang lebih selama 6 jam. Menyuling heksana dan mengeringkan ekstrak dengan didinginkan serta ditimbang, perhitungan lemak secara matematis adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Lemak} = \frac{W - W_1}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (4.3)$$

Pengukuran kadar lemak pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode ekstraksi soxhlet, dari pengukuran kadar lemak ini diperoleh data pada tabel 4.6 sebagai berikut:

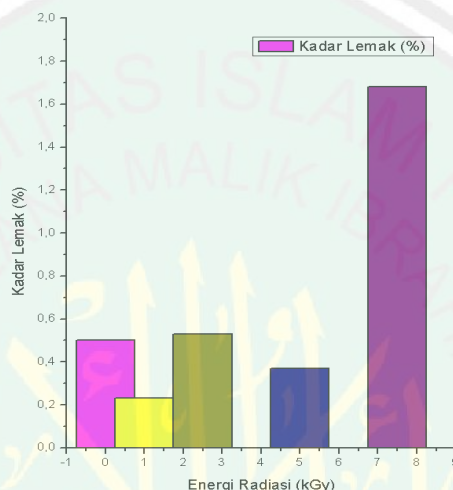
Tabel 4.6 Data Pengaruh Energi Iradiasi terhadap Kadar Lemak Ikan Segar

No	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Lemak (%)
1	0	0,5
2	1	0,23
3	2,5	0,53
4	5	0,37
5	7,5	1,68
7	Kontrol Awal	6,04

Tabel 4.6 menunjukkan data hasil pengukuran kadar lemak pada daging ikan tenggiri yang telah diiradiasi menggunakan sinar gamma dengan sumber radiasi kobalt-60. Hasil dari pengukuran ini adalah pada daging ikan tenggiri segar tanpa iradiasi dan penyimpanan hasil pengukuran kadar proteinnya mencapai 6,04% sedangkan pada saat daging ditembakkan sinar gamma dengan energi radiasi 0 kGy kadar lemak pada daging yang terukur sebesar 0,5%. Perlakuan selanjutnya yaitu daging ikan tenggiri yang ditembakkan sinar gamma dengan energi radiasi 1 kGy menunjukkan hasil pengukuran kadar lemaknya sebesar 0,23% perlakuan selanjutnya diberikan energi radiasi gamma sebesar 2,5 kGy nilai kadar lemak pada daging yang terukur adalah 0,53% pada tingkat energi selanjutnya yaitu diberikan energi radiasi gamma sebesar 5 kGy hasil pengukuran kadar lemak daging ikan tersebut sebesar 0,37 kGy. Variasi energi radiasi yang terakhir adalah dengan energi sebesar 7,5 kGy dengan energi sebesar ini maka hasil pengukuran kadar lemak menunjukkan nilai sebesar 1,68%.

## 2. Analisa Kadar Lemak Daging Ikan Segar

Hasil dari pengukuran kadar lemak yang telah disajikan dalam tabel 4.6 maka dapat di plot sebuah grafik, yang ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Energi Iraadiasi terhadap Kadar Lemak Ikan Segar

Gambar 4.6 merupakan grafik pengaruh energi iradiasi terhadap kadar lemak pada daging ikan tenggiri pada energi 0 kGy hasil pengukuran kadar lemak yang diperoleh lebih besar dari energi radiasi 1 kGy dan 5 kGy. Kadar protein pada energi radiasi 2,5 kGy lebih besar dari 0, 1, dan 5 kGy. Kadar protein yang paling tinggi berada pada energi 7,5 kGy. Grafik ini menunjukkan dengan jelas pengaruh energi radiasi terhadap kadar lemak daging ikan tenggiri, pada energi radiasi 1 kGy sebenarnya bisa masuk ke hasil yang tingkat energinya di 2,5 kGy sedangkan yang 5 kGy bisa masuk ke tingkat energi 7,5 kGy dimana dari grafik menunjukkan kadar lemak yang makin bertambah, jika dibandingkan dengan kadar lemak kontrol maka kadar lemak daging ikan yang diiradiasi semuanya mengalami penurunan, hal ini

disebabkan karena pengukuran lemak dilakukan tidak langsung setelah radiasi yaitu ada jeda waktu beberapa hari sehingga menunjukkan kadar lemak yang lebih besar pada energi radiasi yang lebih besar pula, hal ini karena iradisi dapat mencegah pertumbuhan mikroba yang dapat mengakibatkan terjadinya dekomposisi pada lemak, dan dapat menjaga kadar lemak dalam waktu sinpan tertentu. Jika da ada penurunan kadar lemak itu berarti terjadi dekomposisi akibat mikroba pada daging.

#### 4.1.4 Data Hasil Pengukuran Radikal Bebas

##### 1. Radikal Bebas pada Daging Segar Tanpa Iradiasi

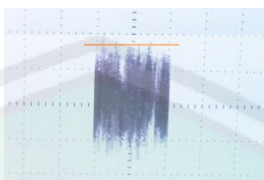
Penelitian ini menggunakan sampel daging ikan tenggiri yaitu daging ikan tenggiri segar yang diberi paparan radiasi gamma dengan membedakan tingkat energi radiasi yaitu 7,5 kGy, 5 kGy, 2,5 kGy, 1 kGy, dan 2,5 kGy. Proses radiasi dengan menggunakan irradiator gamma cell. Variasi energi yang diberikan bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat energi terhadap jumlah dan jenis radikal bebas yang ditimbulkan oleh radiasi data yang diperoleh pada table 4.2.

Tabel 4.7 Data Radikal Bebas pada Daging Ikan Segar

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
0	$172 \times 10^3$	0,195	$82 \times 10^{-3}$	1,3862979	1,386228581	-

Kontrol sampel yang digunakan adalah daging segar dengan tidak diberikan perlakuan radiasi dan diukur radikal bebasnya, pada daging ikan segar tanpa radiasi tidak terdeteksi radikal bebas sama sekali. Sampel daging

ikan segar menunjukkan gambar spectrum tanpa cekungan, gambarnya seperti garis lurus yang menandakan bahwa tidak adanya radikal bebas.



Gambar 4.7 Resonansi Daging Ikan Segar

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada daging ikan segar tidak ditemukan radikal bebas. Namun, akan berbeda dengan daging ikan segar yang diberikan paparan radiasi gamma, gambar ini menunjukkan kesimetrian impuls resonansi pada osiloskop yang menunjukkan tidak adanya radikal bebas.

## 2. Data dan Analisa Data Hasil Pengukuran Radikal Bebas Daging Segar

### a) Radikal Bebas pada Daging Ikan Segar yang Diiradiasi Sinar Gamma

Pada penelitian ini, daging ikan yang diberi paparan radiasi gamma dengan variasi energi diukur radikal bebasnya dengan menggunakan alat ESR tipe *Leybold-Heracus*. Hasil pengukuran kadar radikal bebas dengan variasi energi 7,5 kGy, 5 kGy, 2,5 kGy, 1 kGy, dan 7,5 kGy didapatkan nilai factor g dengan variasi energi radiasi maka didapat nilai factor g yang bervariasi pula.

Data yang didapatkan pada table 4.8 dibawah ini:

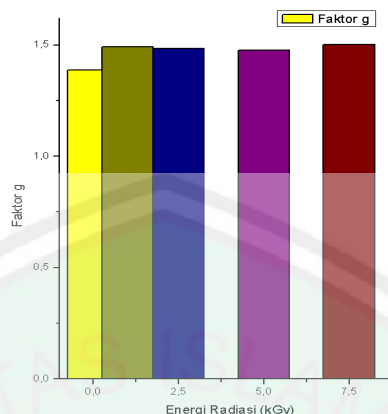
Table 4.8 Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Segar

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$176 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,50182272	1,501747629	O
5	$173 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,47622347	1,476149658	O
2,5	$173 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,48371699	1,483642804	O
1	$174 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,49229339	1,492218774	O
0	$163 \times 10^5$	0,199	$82 \times 10^{-5}$	1,3862979	1,386228581	-

Table 4.8 adalah data yang menunjukkan pengukuran kadar radikal bebas pada daging ikan tenggiri, radikal bebas yang tertangkap dalam pengukuran yaitu ditentukan dengan menghitung factor g pada daging yang kemudian digunakan untuk mengetahui jenis radikal bebas yang tertangkap. Dimana data pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa yang mempunyai nilai g paling tinggi adalah pada tingkat energi yang paling tinggi. Pada energi radiasi 0 kGy nilai faktor g yang diperoleh adalah sebesar 1,386 selanjutnya pada energi radiasi 1 kGy nilai faktor g yang diperoleh sebesar 1,49 dan pada saat energi radiasi 2,5 kGy maka hasil perhitungan faktor g yang ada pada daging ikan tenggirinya adalah sebesar 1,483 ketika dinaikkan energi radiasinya sebesar 5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,476 dan terakhir pada energi radiasi 7,5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,501.

#### b) Analisa Radikal Bebas pada Daging Ikan Tenggiri Segar

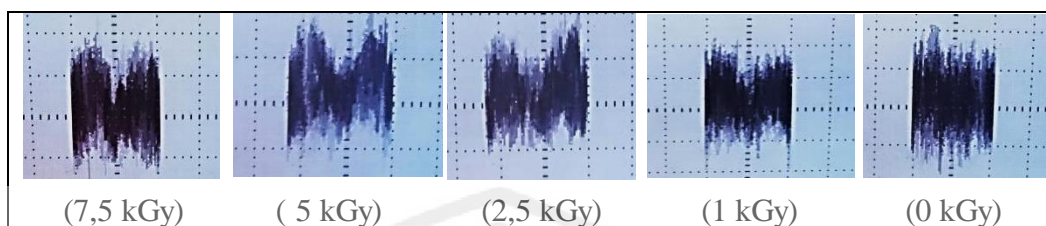
Penentuan jenis radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang dimulai dari penentuan faktor g pada daging ikan tenggiri yang dijemur dengan menggunakan metode ESR yang kemudian dari nilai faktor g itu dapat ditentukan jenis radikal bebas berdasarkan nilai faktor g. Hasil pengukuran kadar radikal bebas dengan penentuan nilai faktor g dapat dilihat pada tabel 4.8 dan dari tabel ini dapat diplot sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan Segar

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang diiradiasi dengan menggunakan sumber  $\text{Co}^{60}$ . Adanya radikal bebas ditunjukkan pada impuls resonansi pada gambar osiloskop. Grafik ini menunjukkan sangat jelas pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri. Energi 0 kGy memiliki nilai faktor g yang kecil sehingga tidak diketahui jenis radikal bebas pada daging tersebut sedang kan pada anergi radiasi 1, 2.5, 5 , dan 7,5 kGy menunjukkan nilai faktor g yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0 kGy radiasi. Grafik ini juga menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi yang berbeda nilai faktor g radikal bebas yang terukur dari ESR tidak terlalu jauh berbeda antara tingkat energi yang satu dengan tingkat energi yang lainnya. Gambar spectrum ditunjukkan pada gambar 4.9:





Gambar 4.9 Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Segar yang dipaparkan Radiasi Gamma

### 3. Data dan Analisa Data Hasil Pengukuran Radikal Bebas Daging Jemur

#### a) Radikal Bebas pada Daging Ikan Jemur yang Diiradiasi Sinar Gamma

Daging ikan tenggiri yang dijadikan sampel pada penelitian ini diberikan beberapa perlakuan diantara yaitu dijemur dan kemudian diiradiasi dengan sinar gamma. daging ikan yang selesai dijemur dan diiradiasi juga dilakukan pengukuran radikal bebas dengan menentukan faktor g pada daging ikan tersebut untuk mengetahui radikal bebasnya. Hasil penentuan faktor g tersebut disajikan data dalam tabel 4.9.

Table 4.9 Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Jemur

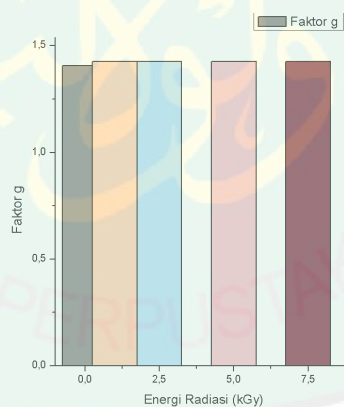
Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$167 \times 10^5$	0,193	$84 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
5	$167 \times 10^5$	0,193	$84 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
2,5	$167 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
1	$167 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
0	$167 \times 10^5$	0,195	$82 \times 10^{-5}$	1,40941783	1,373942778	-

Tabel 4.8 adalah data hasil penentuan faktor g pada daging ikan yang dijemur kemudian diiradiasi hasilnya menunjukkan pada saat energi radiasi 0 kGy ditembakkan pada daging ikan tenggiri faktor g yang terukur sebesar 1,409 atau pada faktor g sebenarnya 1,37 dan hasil pengukuran pada energi

radiasi 1, 2.5, 5, dan 7.5 kGy menunjukkan hasil yang sama yaitu 4,6 atau faktor g yang sebenarnya adalah 1,425.

#### b) Analisa Radikal Bebas pada Daging Ikan Tenggiri Jemur

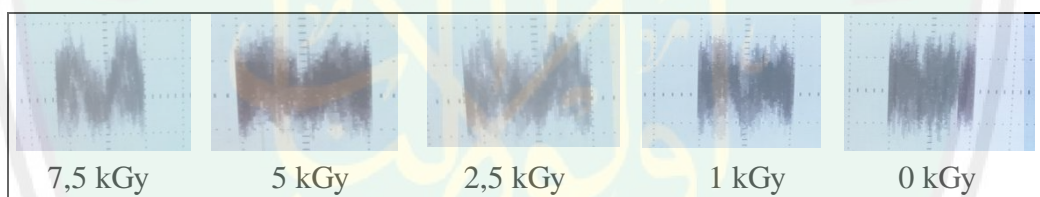
Penentuan jenis radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang dimulai dari penentuan faktor g pada daging ikan tenggiri yang dijemur dengan menggunakan metode ESR yang kemudian dari nilai faktor g itu dapat ditentukan jenis radikal bebas berdasarkan nilai faktor g. Hasil pengukuran kadar radikal bebas dengan penentuan nilai faktor g dapat dilihat pada tabel 4.9 dari tabel tersebut dapat diplot sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan Jemur

Pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang diiradiasi dengan menggunakan sumber  $\text{Co}^{60}$ . Adanya radikal bebas ditunjukkan pada impuls resonansi pada gambar osiloskop. Grafik ini menunjukkan sangat jelas

pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri. Energi 0 kGy memiliki nilai faktor g yang paling kecil sehingga tidak diketahui jenis radikal bebas pada daging tersebut sedang kan pada anergi radiasi 1, 2.5, 5 , dan 7,5 kGy menunjukkan nilai faktor g yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0 kGy radiasi. Grafik ini juga menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi yang berbeda nilai faktor g radikal bebas yang terukur dari ESR tidak terlalu jauh berbeda bahkan pada perlakuan ini radikal bebas yang terukur cenderung sama anantara tingkat energi yang satu dengan tingkat energi yang lainnya. Gambar spectrum ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma

4. Data dan Analisa Data Hasil Pengukuran Radikal Bebas Daging Oven
  - a) Radikal Bebas pada Daging Ikan Oven yang Diirradiasi Sinar Gamma

Daging ikan tenggiri yang dijadikan sampel pada penelitian ini diberikan beberapa perlakuan diantara yaitu dioven dan kemudian diirradiasi dengan sinar gamma. Daging ikan yang selesai dioven dan diirradiasi juga dilakukan pengukuran radikal bebas dengan menentukan faktor g pada daging ikan tersebut untuk mengetahui radikal bebasnya. Hasil penentuan faktor g tersebut disajikan data dalam tabel 4.10.

Table 4.10 Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan Oven

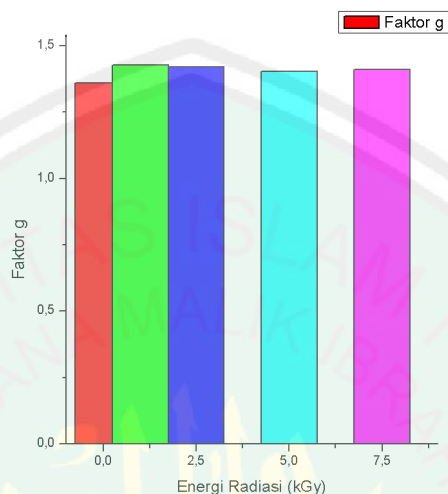
Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$167 \times 10^3$	0,195	$84 \times 10^{-5}$	1,44694843	1,410551164	O
5	$166 \times 10^3$	0,195	$84 \times 10^{-5}$	1,43828407	1,40210475	O
2,5	$168 \times 10^3$	0,195	$83 \times 10^{-5}$	1,45561279	1,418997579	O
1	$169 \times 10^3$	0,195	$83 \times 10^{-5}$	1,46427715	1,427443993	O
0	$161 \times 10^3$	0,195	$82 \times 10^{-5}$	1,39496226	1,359872679	-

Table 4.10 adalah data yang menunjukkan pengukuran kadar radikal bebas pada daging ikan tenggiri, radikal bebas yang tertangkap dalam pengukuran yaitu ditentukan dengan menghitung factor g pada daging yang kemudian digunakan untuk mengetahui jenis radikal bebas yang tertangkap. Dimana data pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa yang mempunyai nilai g paling tinggi adalah pada tingkat energi yang paling tinggi. Pada energi radiasi 0 kGy nilai faktor g yang diperoleh adalah sebesar 1,359 selanjutnya pada energi radiasi 1 kGy nilai faktor g yang diperoleh sebesar 1,427 dan pada saat energi radiasi 2,5 kGy maka hasil perhitungan faktor g yang ada pada daging ikan tenggirinya adalah sebesar 1,4189 ketika dinaikkan energi radiasinya sebesar 5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,402 dan terakhir pada energi radiasi 7,5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,4105.

#### b) Analisa Data Radikal Bebas pada Daging Ikan Oven

Penentuan jenis radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang dimulai dari penentuan faktor g pada daging ikan tenggiri yang dioven. Penentuan faktor g dengan menggunakan metode ESR yang kemudian dari nilai faktor g itu dapat ditentukan jenis radikal bebas berdasarkan nilai faktor g. Hasil pengukuran kadar radikal bebas dengan penentuan nilai faktor g dapat dilihat

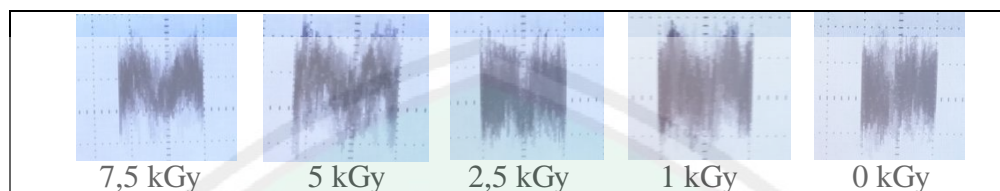
pada tabel 4.10 dari tabel tersebut dapat diplot sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan Oven

Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang diiradiasi dengan menggunakan sumber  $\text{Co}^{60}$ . Adanya radikal bebas ditunjukkan pada impuls resonansi pada gambar osiloskop. Grafik ini menunjukkan sangat jelas pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang telah dioven. Energi 0 kGy memiliki nilai faktor g yang paling kecil sehingga tidak diketahui jenis radikal bebas pada daging tersebut sedangkan pada energi radiasi 1, 2.5, 5, dan 7,5 kGy menunjukkan nilai faktor g yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0 kGy radiasi. Grafik ini juga menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi yang berbeda nilai faktor g radikal bebas yang terukur dari ESR tidak terlalu jauh berbeda bahkan pada perlakuan ini radikal bebas yang terukur cenderung sama antara

tingkat energi yang satu dengan tingkat energi yang lainnya. Gambar spectrum ditunjukkan pada gambar 4.13:



Gambar 4.13 Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma

## 5. Data dan Analisa Data Pengukuran Radikal Bebas Daging Ikan *Freezed Dry*

### a) Radikal Bebas pada Daging Ikan *Freezed Dry* yang Diiradiasi Sinar Gamma

Daging ikan tenggiri yang dijadikan sampel pada penelitian ini diberikan beberapa perlakuan diantara yaitu dioven dan kemudian diiradiasi dengan sinar gamma. Daging ikan yang selesai difreeze dry dan diiradiasi juga dilakukan pengukuran radikal bebas dengan menentukan faktor g pada daging ikan tersebut untuk mengetahui radikal bebasnya. Hasil penentuan faktor g tersebut disajikan data dalam tabel 4.11.

Table 4.11 Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan *Freezed Dry*

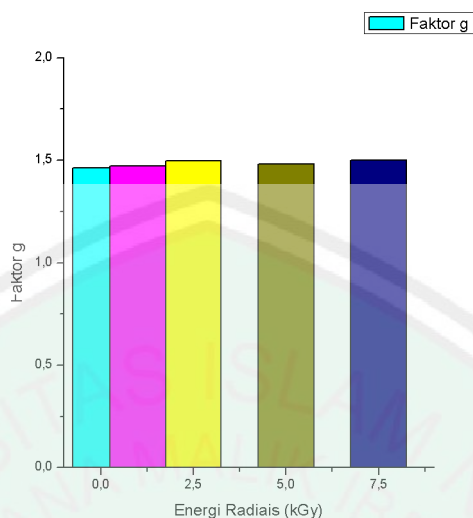
Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$175 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,48578567	1,499454897	O
5	$172 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,46769039	1,481193137	O
2,5	$174 \times 10^5$	0,198	$83 \times 10^{-5}$	1,48475655	1,498416313	O
1	$171 \times 10^5$	0,198	$83 \times 10^{-5}$	1,4591573	1,472581549	O
0	$170 \times 10^5$	0,198	$82 \times 10^{-5}$	1,45062422	1,463969961	-

Table 4.11 adalah data yang menunjukkan pengukuran kadar radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang difreeze dry, radikal bebas yang tertangkap dalam pengukuran yaitu ditentukan dengan menghitung factor g

pada daging yang kemudian digunakan untuk mengetahui jenis radikal bebas yang tertangkap. Dimana data pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa yang mempunyai nilai g paling tinggi adalah pada tingkat energi yang paling tinggi. Pada energi radiasi 0 kGy nilai faktor g yang diperoleh adalah sebesar 1,463 selanjutnya pada energi radiasi 1 kGy nilai faktor g yang diperoleh sebesar 1,47 dan pada saat energi radiasi 2,5 kGy maka hasil perhitungan faktor g yang ada pada daging ikan tenggirinya adalah sebesar 1,498 ketika dinaikkan energi radiasinya sebesar 5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,481 dan terakhir pada energi radiasi 7,5 kGy nilai faktor g yang terukur adalah 1,499.

b) Analisa Data Radikal Bebas pada Daging Ikan *Freezed Dry*

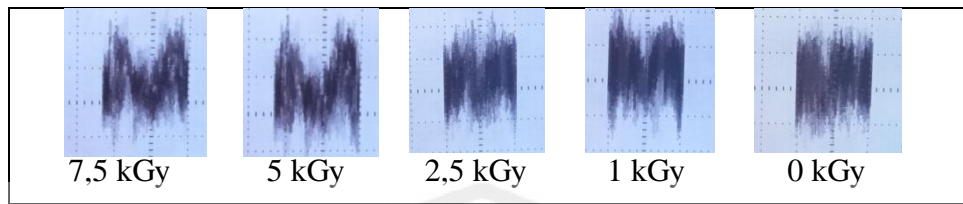
Penentuan jenis radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang dimulai dari penentuan faktor g pada daging ikan tenggiri yang difreezed dry. Penentuan faktor g dengan menggunakan metode ESR yang kemudian dari nilai faktor g itu dapat ditentukan jenis radikal bebas berdasarkan nilai faktor g. Hasil pengukuran kadar radikal bebas dengan penentuan nilai faktor g dapat dilihat pada tabel 4.11, dari tabel tersebut dapat diplot sebuah grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Energi Radiasi terhadap Nilai Faktor g Daging Ikan *Freezed Dry*

Pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang diiradiasi dengan menggunakan sumber  $\text{Co}^{60}$ . Adanya radikal bebas ditunjukkan pada impuls resonansi pada gambar osiloskop. Grafik ini menunjukkan sangat jelas pengaruh energi radiasi terhadap kandungan radikal bebas pada daging ikan tenggiri yang telah difreeze dry. Energi 0 kGy memiliki nilai faktor g yang paling kecil sehingga tidak diketahui jenis radikal bebas pada daging tersebut sedangkan pada energi radiasi 1, 2.5, 5, dan 7,5 kGy menunjukkan nilai faktor g yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0 kGy radiasi. Grafik ini juga menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi yang berbeda nilai faktor g radikal bebas yang terukur dari ESR tidak terlalu jauh berbeda bahkan pada perlakuan ini radikal bebas yang terukur cenderung sama antara tingkat energi yang satu dengan tingkat energi yang lainnya. Gambar spectrum ditunjukkan pada gambar 4.14.

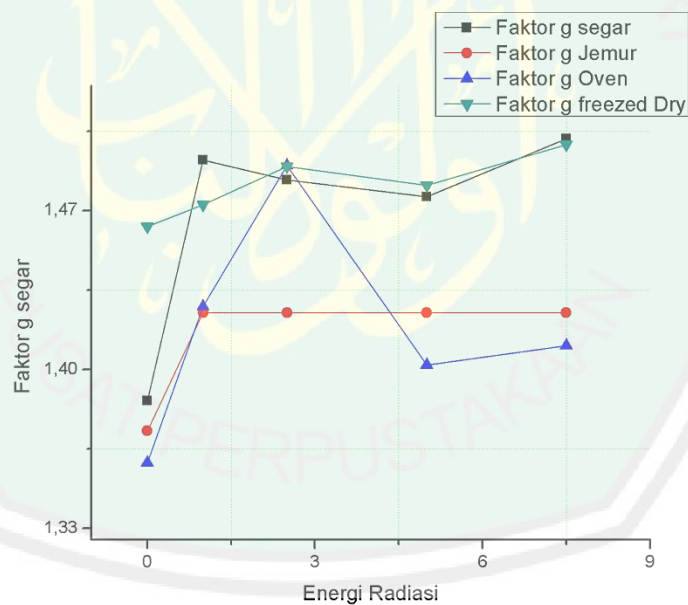




Gambara 4.15 Spektrum Resonansi dari Daging Ikan Jemur yang dipaparkan Radiasi Gamma

#### 6. Perbandingan Radikal Bebas masing-masing Perlakuan

Cara untuk mengetahui perbedaan dari hasil pengukuran radikal bebas dari masing-masing perlakuan kami menganalisa hasil ini dengan menggunakan grafik pada gambar 4.16 adalah gambar grafik perbandingan dari masing-masing perlakuan yang dapat kita lihat pada gambar 4.16:



Gambar 4.16 Perbandingan Hasil Pengukuran Kadar Radikal Bebas masing-masing Perlakuan

Gambar 4.16 menunjukkan perbedaan kandungan radikal bebas pada masing-masing perlakuan grafik ini menunjukkan pada saat energi 0 kGy tidak ditemukan radikal bebas pada semua perlakuan, pada masing-masing perlakuan yang diberikan energi radiasi 1 kGy menunjukkan bahwa kandungan radikal

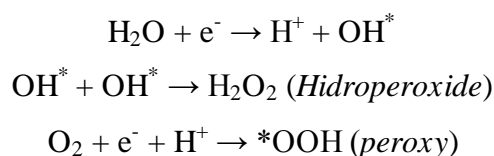
bebas pada daging ikan semakin naik atau radikal bebasnya meningkat, dan radikal bebas tertinggi berada pada daging ikan segar. Perlakuan dengan energi radiasi sebesar 2,5 kGy kadar radikal bebas yang paling tinggi berada pada perlakuan oven dan freeze-dry hal ini disebabkan karena adanya perubahan suhu yang memicu timbulnya radikal bebas akibat perpindahan elektron, dan pemutusan ikatan rangkap dalam molekul protein. Perlakuan dengan diberikan energi radiasi sebesar 5 kGy kadar radikal bebas yang paling tinggi berada pada daging yang diberikan perlakuan freeze-dry dan pada daging ikan segar hal ini dikarenakan pada dua perlakuan ini memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dua perlakuan yang lain, dimana radikal bebas pertama akan menyerang molekul air yang kemudian akan menghasilkan radikal-radikal baru. Begitupun, dengan diberikannya energi radiasi sebesar 7,5 kGy kadar radikal bebas yang paling tinggi berada pada daging ikan tenggiri yang segar dan pada daging yang diberikan perlakuan freeze-dry, hal ini dikarenakan daging ikan yang segar mengandung kadar air paling banyak yang mengakibatkan potensi terbentuknya radikal bebas oleh radiasi semakin besar pula.

Hasil ini menunjukkan bahwa dari semua perlakuan menunjukkan meningkatnya radikal bebas pada daging ikan yang diberikan radiasi gamma. Gambar 4.16 menunjukkan bahwa dengan diberikan energi radiasi pada daging menyebabkan timbulnya radikal bebas pada daging ikan segar ataupun pada daging ikan yang diberikan perlakuan.

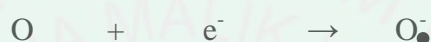
## 4.2 Pembahasan

Daging ikan tenggiri merupakan kebutuhan pokok masyarakat karena senyawa yang terkandung dalam daging ikan tenggiri sangat bermanfaat untuk tubuh manusia. Kandungan gizi pada ikan tenggiri terdapat pada tabel 2.2 dan 2.3 pada tabel tersebut dapat dilihat kandungan gizi pada daging ikan yang dibutuhkan tubuh manusia sebagai pelengkap kebutuhan tubuh. Kandungan terbesar dalam daging ikan tenggiri adalah kadar air. Kadar air dalam daging ikan ini yang berpotensi untuk menimbulkan terjadinya radikal bebas. Pengukuran radikal bebas sebelumnya menunjukkan bahwa adanya radikal O pada daging ikan yang diiradiasi dengan sinar gamma.

Radikal O ini terbentuk karena adanya kerusakan dengan proses kimia fisika. Akibat terjadinya proses ionisasi primer, skunder, mengakibatkan kerusakan pada molekul air dalam daging ikan. Proses ionisasi ini terjadi karena interaksi antara radiasi pengion dengan senyawa air dalam daging ikan dan mengakibatkan efek fotolistrik. Efek fotolistrik mengakibatkan elektron dari atom keluar dikarenakan energi ikat elektron terhadap inti lebih kecil dari energi radiasi yang datang. Sehingga elektron tersebut berinteraksi dengan senyawa air dalam daging ikan. Reaksi ini akan menghasilkan produk-produk baru, hal ini didukung dengan penelitian Magfiro pada tahun 2017, yang menyatakan bahwa dengan diberikan radiasi molekul air akan mengalami interaksi dengan electron yang terlepas akibat radiasi adapun reaksinya seperti:



Selanjutnya radikal O pada dasarnya terbentuk sama dengan proses terbentuknya radikal hidropersida. Pembentukan radikan anion peroksida (O) terjadi karena pembentukan radikal bebas berupa ransangan dosis yang tinggi yang menghasilkan kebocoran elektron ketika elektron meloncat secara langsung ke oksigen dan tidak bergerak normal pada serangkaian yang dikendalikan reaksi dari rantai transport electron.



Energi radiasi gamma juga berpengaruh pada gambar resonansi pada daging ikan tenggiri. Adanya radikal bebas ditunjukkan dengan kesimetrian impuls resonansi pada gambar diosiloskop. Semakin tinggi energi radiasinya maka semakin cekung atau panjang resonansinya, hal ini disebabkan karena tingkat energi radiasi gama dan menunjukkan banyaknya electron ganjil yang tak berpasangan dalam daging ikan. Pada nilai faktor sebesar 1,4 sampai dengan 1,501 mampu mengakibatkan loncatnya elektron pada molekul lain ke oksigen yang menyebabkan terjadinya elektron tak berpasangan dan menjadi radikal bebas.

Pengujian kadar protein pada penelitian ini dengan menggunakan metode biuret. Hasil dari pengujian kadar protein daging ikan tenggiri yang diiradiasi dengan sinar gamma diperoleh persentase kadar protein. Kadar protein pada daging ikan segar sebagai kontrol adalah 14,4%, sedangkan pada daging ikan yang tidak dipapari radiasi bernilai 4,565% sedangkan nilai kadar protein daging sapi yang dipapari radiasi adalah 6,22%, 5,497%, 6,79% dan 9,8%. Kadar protein ini diambil setelah 12 hari penyimpanan yang menunjukkan bahwa daging ikan yang diiradiasi dapat mempertahankan kadar protein lebih lama dari pada tanpa radiasi

dan daging yang diiradiasi mengalami penurunan kadar protein bila dibandingkan dengan kadar protein daging ikan kotrolnya. Terdapat pengaruh antara tingkat energi radiasi radiasi gama terhadap jaringan yang dapat bertahan hidup. Hasil dari pengujian radikal bebas sebelumnya bahwa terdapat radikal bebas yang ditimbulkan dari efek paparan radiasi. Radikal ini dapat memberikan efek samping terhadap protein yang dapat menghilangkan fungsi dari protein. Kadar protein dapat berkurang akibat adanya radikal bebas hal ini didukung oleh Magfiro (2017) yang menjelaskan intraksi radikal bebas dengan protein, adapunn interaksi radikal bebas dengan protein adalah sebagai berikut:

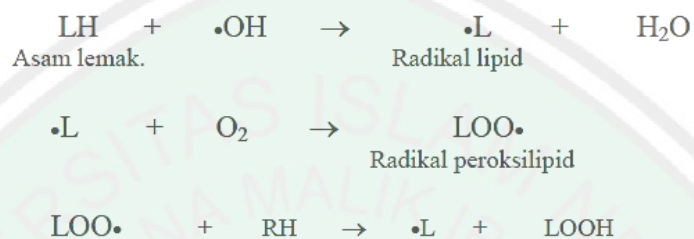


Efek dari sinar radiasi gamma terhadap protein mampu memutus ikatan kimia atau depolimerisasi polisakarida. Pemutusan ikatan hidrogen dapat mengubah konformasi biomolekul dan mempengaruhi aktivitas biologisnya sehingga bisa menyebabkan apoptosis atau pembelahan sel terhambat. Apoptosis dimulai dari kondisi stress sebagaimana kerusakan DNA yang disebabkan radiasi pengion (sinar gamma). Tahapan terjadinya apoptosis yaitu adanya sinyal kematian. Sinyal tersebut dapat terjadi secara intraseluler seperti akibat dari radiasi pengion atau ekstraseluler. Sinyal penginduksi ini dapat menyebabkan protein keluar dari mitokondria. Selama pembelahan sel terhambat, mitokondria mengalami perubahan yang disebabkan gangguan oksidasi fosforilasi dan transpor elektron sehingga sintesis protein menjadi terhambat. Menurunnya kadar protein ini disebabkan karena terjadinya denaturasi protein dan dekomposisi hidrolisis

pada protein yang menyebabkan kerusakan pada protein. Kadar protein yang tinggi ini bisa disebabkan karena adanya jarak waktu dalam proses iradiasi dan pengukuran kadar proteinnya, sehingga pada energi yang besar kadar protein daging cenderung lebih tinggi, karena iradiasi dapat mencegah pertumbuhan mikroba yang dapat menyebabkan dekomposisi protein.

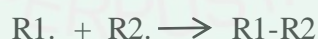
Pengukuran kadar lemak pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode ekstraksi soxhlet. Hasil dari pengujian kadar lemak dengan metode soxhlet ini diperoleh data pada daging ikan sebagai kontrol kadar lemak yang terukur adalah 6,04% sedangkan pada daging ikan tanpa paparan iradiasi gamma memiliki kadar lemak 0,5% sedangkan pada daging ikan yang dipapari radiasi gamma memiliki nilai kadar lemak 0,23%; 0,53%; 0,37%; 1,68% nilai kadar protein ini berdasarkan energi radiasi yang dipaparkan pada daging ikan tenggiri secara berturut-turut dengan masing energi 0 kGy, 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, dan 7,5 kGy pada penelitian ini pengukuran kadar lemak dilakukan setelah 12 hari penyimpanan dan kadar lemak ikan tenggiri sebagai control mencapai 6,04%. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan iradiasi gamma dapat memperpanjang masa simpan dari daging tenggiri semakin besar energinya maka akan semakin lama masa penyimpanannya yang ditandai dengan adanya kandungan gizi yang masih terdapat dalam daging ikan untuk memenuhi kebutuhan tubuh manusia. Terbentuknya radikal bebas dari penyinaran radiasi gamma mempunyai efek samping terhadap lemak pada daging ikan tenggiri. Lemak ini merupakan komponen yang sangat rawan terhadap serangan-serangan radikal bebas. Radikal bebas yang terbentuk karena radiasi gamma akan mengalami intrakasi dengan

lemak pada daging ikan hal ini didukung oleh Suryohudoyo (1993) yang menjelaskan interaksi radikal bebas dengan lemak, adapun interaksi radikal bebas dengan lemak dapat dituliskan sebagai berikut:



Akibat akhir dari rantai reaksi ini adalah Akibat akhir dari rantai reaksi ini adalah terputusnya rantai asam lemak menjadi berbagai senyawa yang bersifat toksis terhadap sel, antara lain berbagai macam aldehida, seperti malondialdehida, 9-hidroksi-nonenal serta bermacam-macam hi-drokarbon seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) dan pentana ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ).

Dapat pula terjadi ikatan silang (*cross-linking*) antara dua rantai asam lemak atau antara asam lemak dan rantai peptida (protein) yang timbul karena reaksi dua radikal:



Semuanya itu menyebabkan kerusakan parah membran sel sehingga membahayakan kehidupan sel.

#### 4.3 Nilai Gizi dan Keamanan Pangan dalam Pandangan Islam

Makanan adalah salah satu kebutuhan manusia yang harus dipenuhi untuk keberlangsungan hidupnya. Mengonsumsi makanan manusia tidak boleh sembarangan harus pula memperhatikana baik dan buruknya makanan

yang dikonsumsi sebagaimana firman Allah SWT dalam alquran surah al-Baqarah (2) ayat 172:

يَتَأَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ



“Hai orang-orang yang beriman, makanlah diantara rezeki yang baik-baik yang kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya engkau menyembah” (Q.S al-Baqarah (2): 172).

Makna kata “*makan*” dalam ayat ini adalah segala aktivitas manusia dan merupakan kebutuhan pokok manusia. Tanpa makan manusia akan lemah dan tidak dapat melkaukan kegiatan (Quraish, 2002).

Orang arab menyebut makanan dalam bahasanya adalah *at-tha'aam*” dan jamaknya adalah “*al-athimah*” yang artinya makan-makanan, yang didalam ensiklopedia adalah segala sesuatu yang menghilangkan lapar jiwa manusia memakannya.

Allah SWT memerintahkan kepada manusia agar memakan makanan yang *halal* lagi baik (*Thayyib*). Kata *halal* berasal dari akar kata bebas atau tidak terikat. Suatu yang *halal* adalah suatu yang terlepas dari ikatan duniawi dan ukhrawi karena itu kata “*halal*” juga berarti boleh.

Secara kaidah bahasa, kata ini mencakup segala sesuatu yang diperbolehkan agama baik kebolehan itu bersifat sunnah (anjuran untuk dilakukan), makruh (anjuran untuk ditinggalkan) ataupun mubah (boleh-boleh saja). Karena itu boleh jadi ada sesuatu yang *halal* (Quraish, 2002).



Selain halal, makanan juga harus baik, makanan yang baik adalah makanan yang pantas dikonsumsi manusia jika makanannya halal dan baik maka makanan itu sudah pantas untuk dikonsumsi oleh manusia, beberapa syarat makanan baik diantaranya adalah:

1. Begizi tinggi
2. Makanan lengkap dan berimbang
3. Tidak mengandung zat-zat yang membahayakan tubuh
4. Alami
5. Masih layak, tidak busuk atau menimbulkan bau, perubahan warna dan rasa
6. Tidak berlebihan

Setiap orang beriman diperintahkan oleh Allah SWT untuk senantiasa mengonsumsi makanan yang halal dan baik (mengandung gizi dan vitamin yang cukup). Jadi bagian ayat yang berbunyi halal dan baik (*halalan thayyibah*) tersebut mengandung dua makna yang akan melekat pada makanan yang sebaiknya dikonsumsi oleh manusia. Pertama, hendaklah manusia memakan makanan yang diperoleh dengan cara halal dan halal dari segi bahan makanan itu, yang sesuai dengan syariat Islam yang telah dicontohkan oleh Rasulullah SAW. Kedua, Baik (*thayyib*) dengan makna mengonsumsi makanan yang baik dari zatnya yang bermanfaat untuk tubuh utamanya untuk kesehatan yang mengandung gizi dan vitamin yang lengkap.

Keamanan pangan adalah aspek terpenting yang harus melekat pada makanan yang hendak dikonsumsi oleh manusia. Pangan yang bermutu dan aman

dapat dihasilkan dari dapur rumah tangga maupun industri pangan. Keamanan pangan ini adalah salah satu yang harus dipenuhi, karena hal ini adalah hak seluruh konsumen.

Pengembangan penelitian ini dengan menggunakan iradiasi sebagai solusi keamanan pangan akan membantu manusia untuk membedakan antara makanan yang pantas dan tidak pantas dikonsumsi oleh manusia untuk menjaga kestabilan fungsi dan kesehatan tubuh manusia.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Energi radiasi gamma sangat berpengaruh terhadap kadar radikal bebas yang ada pada daging ikan tenggiri, dengan dipapari radiasi gamma maka muncul radikal bebas pada daging ikan tenggiri semakin besar energinya maka akan semakin banyak radikal bebas yang ada pada daging ikan tersebut. Tanda adanya radikal bebas pada daging yang telah dipapari radiasi gamma dapat dilihat dari nilai faktor  $g$  yang diperoleh saat penelitian. Data dengan 0 kGy radiasi tidak didapatkan jenis radikal bebas sama sekali dengan nilai faktor  $g$  1,386 sedangkan dengan energi radiasi 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy dan 7,5 kGy terdapat jenis radikal bebas yang dapat diidentifikasi dengan masing-masing nilai faktor  $g$  1,49; 1,483; 1,476; dan 1,501. Nilai  $g$  paling tinggi berada pada tingkat energi 7,5 kGy.
2. Pengukuran kadar protein yang dilakukan dengan metode biuret deiperoleh hasil dengan 0 kGy kadar protein 4,565%. Daging sapi yang dipapari dengan radiasi gamma dengan energi radiasi 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, dan 7,5 kGy masing-masing kadar protein yang diperoleh adalah 6,22%, 5,497%, 6,79%, dan 9,8%. Hasil ini menunjukkan dengan energi radiasi yang besar maka kadar protein yang ada dalam daging ikan masih banyak, pengukuran protein ini dilakukan setelah penyimpanan 12 hari. Hasil ini membuktikan bahwa dengan iradiasi dapat memperpanjang masa penyimpanan daging.

3. Pengukuran kadar lemak dilakukan dengan metode ekstraksi Soxhlet, hasil dari pengukuran kadar lemak adalah dengan energi radiasi 0 kGy kadar lemak yang diperoleh 0,5%. Sedangkan dengan energi radiasi 1 kGy, 2,5 kGy, 5 kGy, dan 7,5 kGy kadar lemak masing-masing adalah 0,23%, 0,53%, 0,37%, dan 1,68%. Data ini menunjukkan pengaruh energi radiasi gamma terhadap kadar lemak pada daging ikan tenggiri ketika energi yang diberikan besar maka kadar lemak yang ada pada daging ikan tenggiri yang telah disimpan selama 12 makin besar.
4. Perlakuan yang diberikan menunjukkan hasil yang baik berada pada daging ikan segar tanpa perlakuan selain radiasi, kadar proteinnya lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk diberikan antioksidan sebagai peredam radikal bebas.
2. Dilakukan penelitian pada satu tempat saja, agar tidak timpang tindih dalam proses pengambilan data.
3. Dilakukan penelitian dengan pengukuran biomakromolekul seperti pengukuran vitamin, kadar abu dan kadar air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, D.U. dan C. Jo. 1999. *Lipid oxidation, volatiles, and off-odor production of aerobic-packaged pork patties irradiated and stored in refrigerated or frozen conditions*. 1999 ISU Swine Research Report: Meat section. Iowa Pork Industry Center. <http://www.ipic.iastate.edu/reports/99swinereports/asl-1710.pdf>. (03 maret 2018).
- Akhadi, Mukhlis. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi Edisi Ke 1*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Almatsier, Sunita. 2002. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Al-Quran Al-Karim. 2008. *Al-Qur'an dan terjemahannya*. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Angelia, Ika Okhtora. 2016. *Analisa Kadar Lemak Tepung Ampas Kelapa*. Vol. 4. No. 1
- Atkins, 1999. *Kimia Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Beiser, Arthur (terjemahan The How Liong). 1986. *Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Che Man YB, Syahariza ZA, Mirghani MES, Jinap S, Bakar J. 2005. *Analysis Of Potential Lard Adulteration In Chocolate And Chocolate Products Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Food Chem 90: 815-819
- Connes J, Connes P. 1996. *Near Infra Red Planetary Spectra by Fourier Spectroscopy*. Journal of the Optical Society of America.
- Darmasih, 1997. *Prinsip Soxhlet*. [Pternakan.litbang.deptan.go.id/user/ptek97-24.pdf](http://Pternakan.litbang.deptan.go.id/user/ptek97-24.pdf).
- Dasgupta, A dan K. Klein. 2014. Dalam Hidayah. 2015. *Pengaruh Ekstrak Bawang Putih (Allium Sativum), Jahe (Zingiber Officinale) Temulawak (Curcuma Zanthorriza) dan Cengkeh (Syzygium Aromaticum) Pada Kandungan Protein Daging Sapi yang Dipapar Radiasi Gamma*. Skripsi. Malang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Deman, John M. 1997. *Kimia Makanan*. Bandung: ITB.
- Diehl, J.F. 1995. *Safety of Irradiated Foods*. Marcel Dekker: New York.

- Gitawati, Retno. 1995. *Radikal Bebas-Sifat dan Peran dalam Menimbulkan Kerusakan/Kematian Sel: Cermin Dunia Kedokteran*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI. Jakarta. 102: 34-37
- Hadiwiyoto, S. 1983. *Hasil-Hasil Olahan Susu, Ikan, Daging dan Telur*. Yogyakarta: Liberty.
- Hatherill, J.R., G.O. Till, P.A. Ward. 1991. *Mechanisms of oxidant-induced changes in erythrocytes*. Agents Actions 32 (3-4): 351-35.
- Hendrayana, Sumar, dkk. 1944. *Kimia Analitik*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hidayah, Ulfah. 2015. *Pengaruh Ekstrak Bawang Putih (Allium sativum), Jahe (Zingiber officinale), Temulawak (Curcuma zanthorriza) dan Cengkeh (Syzygium aromaticum)*. Skripsi. Malang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Hocevar L, Soares VRB, Oliveira FS, Korn MGA, Teixeira LSG. 2011. *Application of multivariate analysis in mid-infrared spectroscopy as a tool for the evaluation of waste frying oil blends*. J Am Oil Chem Soc.
- IAEA. 2009. *Induced Mutation in Tropical Fruit Trees*. IAEA-TECDOC-1615. Plant Breeding and Genetics Section. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p161.
- Irawati, Zubaidah. 2008. *Perkembangan dan Prospek Radiasi Pangan di Indonesia*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol.XIX No.2.
- Ilmu Kimia. 2014. *Sinar Radioaktif (Alfa, Beta dan Gamma)*. (<https://www.ilmukimia.org/2014/01/sinar-radidadoaktif-alfa-beta-dan-gamma.html>) Diakses pada 29 Februari 2018.
- Ketaren, S. 2005. *Pengantar teknologi minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Khomsan, A. 2004. *Ikan, Makanan Sehat dan Kaya Gizi, dalam Peranan Pangan dan Gizi untuk Kualitas Hidup*. Jakarta: Gramedia Widiasarana.
- Kovacs E, and Keresztes A. 2002. *Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cell*. Micron, 33:199-210.
- Magfiroh, laila. 2017. *Pengaruh pemberian air rendaman buah tin (ficus carica), buah belimbing wuluh (averhoa blimbi l.) Terhadap radikal bebas dan*

*kandungan protein pada daging sapi yang terpapar radiasi gamma.*  
Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

- Marikkar JMN, Ghazalil HM, Che Man HB, Peiris TSG, Lai OM. 2005. Distinguishing lard from other animal fats in admixtures of some vegetabel oils using liquid chromatographic data coupled with multivariate data analysis. *Food Chem* 91: 5-14
- Markovich RJ, Pidgeon C. 1991. *Introduction To Fourier Transform Infrared Spectroscopy And Applications In The Pharmaceutical Sciences.* *Pharmaceut Res* 8 (6): 663-675.
- Miller. 2001. Dalam Fauziyah, 2013. *Pengaruh Pemberian Buah Manggis, Buah Sirsak dan Kunyit Terhadap Kandungan Radikal Bebas Pada Daging Sapi yang Diradiasi Sinar Gamma.* Skripsi. Malang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Ngili, Yohanis. 2009. *Biokimia Struktur dan Fungsi Biomolekul.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Niki, E. 1997. Free Radicals in Chemistry and Biochemistry. Di dalam: Hiramatsu, Midori *et al.* (eds.). *Food and Free Radicals.* Plenum Press, New York.
- Nova, A dkk. 2014. *Pemanfaatan Daging Ikan Tenggiri Dengan Konsentrasi yang Berbeda pada Pembuatan kerupuk Ikan.* Vol. 3. No. 4. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Piliang, G Wiranda. 2006. *Fisiologi Nutrisi.* Bandung: IPB.
- Purwaningsih, Sri. 2010. *Kandungan Gizi dan Mutu Ikan Tenggiri (Scomberomorus Commersonii).* Sumatra: Sekolah Tinggi Perikanan.
- Pratama, Rusky I. 2011. *Analisis Komposisi Asam Lemak yang Terkandung dalam Ikan Tongkol, Layur, dan Tenggiri dari Pameungpeuk, Garud.* Bandung: Universitas Padjajaran. Vol. 2. No. 2
- Rao, S, dkk. 2011. *Free Radicals and Tissue Damage: Role of Antioxidant.* *Journal of Free Radicals and Antioxidants.* Vol 1 (4):6.
- Rohman, Abdul dan Sumantri. 2007. *Analisis Makanan.* Yogyakarta: Gajah Mada University PRESS.
- Rohman A, Che Man YB, Ismail A, Hashim P. 2010. *Application of FTIR Spectroscopy for the Determination of Virgin Coconut Oil in Binary Mixtures with Olive Oil and Palm Oil.* *J Am Oil Chem Soc* 87: 601-606

- Rohman, Sismindari, Erwanto Y, Che Man YB. 2011. *Analysis Of Pork Adulteration In Beef Meatball Using Fourier Transform Infra Red (Ftir) Spectroscopy*. Meat Sci 88: 91-95
- Shihab, Quraish. 2002. *Tafsir Al-Missbah*. Jakarta: Lenteras Hati.
- Siagian, E.G. 1988. *Aspek . Mikrobiologi pada Pengawetan Bahan Makanan Derigan Radiiisi*. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Simic, M.G., 1983. *Radiation chemistry of water-soluble food componentsd, i dalam : JosephsonE, .S., and Peterson, M.S., Preservation of Food by Ionizing Radiation, vol. II, ed.*, Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Siwi, B.H. 1966. *Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (<sup>60</sup>Co) terhadap Beberapa Varietas Padi di Indonesia*. Lembaga Pusat Penelitian Tanaman Pangan. Bogor. 226 – 228.
- Supari, F. 1996. *Radikal Bebas dan Patofisiologi Beberapa Penyakit*. Di dalam: Zakaria et al. (ed.). *Prosiding Seminar Senyawa Radikal dan Sistem Pangan: Reaksi Biomolekuler, Dampak terhadap Kesehatan dan Penangkalan*. Kerjasama Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB dengan Kedutaan Besar Prancis di Jakarta.
- Surya, Yohannes. 2009. *Fisika Modern*. Tangerang: PT Kandel.
- Suryohudoyo, Purnomo. 1993. *Oksidan, Antioksidan, dan Radikal Bebas*. Surabaya: Fakultas Kedokteran UNAIR. Des; 4(12): 08.
- S, Yorsita F dkk. 2004. *Mutu Bakso Ikan Patin yang Diiradiasi dengan Sinar Gamma (<sup>60</sup>Co)*. Jakarta: BATAN.
- Van de Voort, F. R. (1992). *Fourier transform infrared spectroscopy applied to food analysis*. Food Res.
- Wahyuni, Sri. 2009. *Uji Kadar Protein dan Lemak pada Keju Kedelai dengan Perbandingan Inokulum Lactobacillus Bulgaricus Dan Streptococcus Lactis yang Berbeda*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2007. *Teknologi Nuklir: Proteksi Radiasi dan Aplikasinya* Yogyakarta: ANDI.
- Winarno, F.G. 2006. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami & Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.



Vlachos N, Skopelitis Y, Psaroudaki M, Konstantinidou V, Chatzilazarou A, Tegou E. 2006. *Application Of Fourier Transform Infrared Spectroscopy To Edible Oils*. *Analytica Chimica Acta* 573-574: 459-465.





# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1

### Perhitungan Laju Dosis Iradiasi Gamma

Diketahui:

Dosis radiasi = 5000 Gy

Lama Paparan = 3485 s

Lampiran 4.1 Hasil perhitungan Laju Dosis Radiasi

$D = V \times t$

$$V = \frac{D}{t}$$

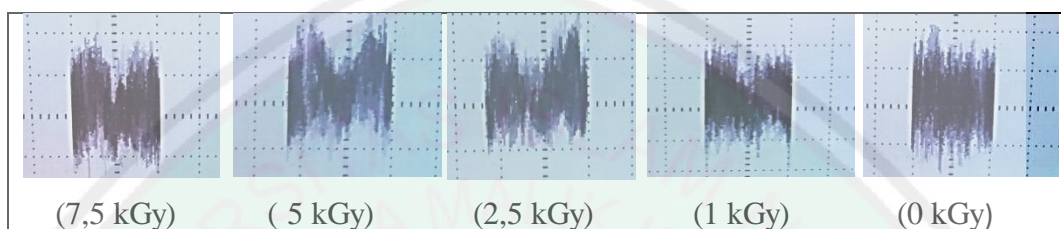
$V = 5000/3485 = 1.435 \text{ Gy/s}$

Laju Energi (Gy/s)	Energi Radiasi (Gy)	Lama Paparan (s)
1,435	7500	5228
1,435	5000	3485
1,435	2500	1743
1,435	1000	1435
0	0	0

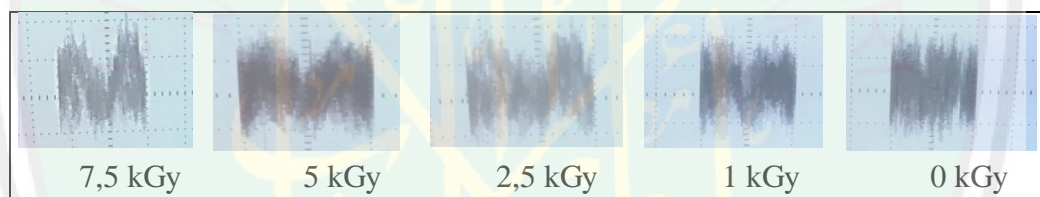
**LAMPIRAN 2**

## Gambar Resonansi pada Osiloskop

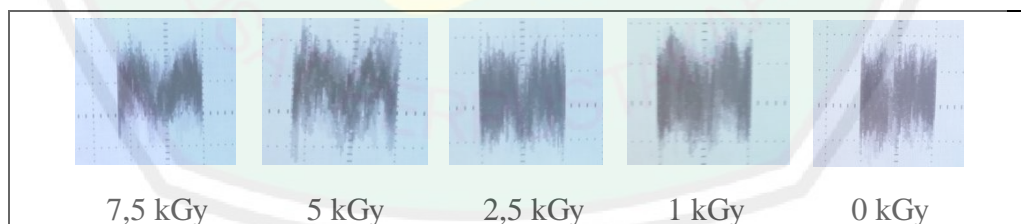
**Lampiran 2.1 Gambar Resonansi daging ikan tenggiri segar yang yang diiradiasi denagn sinar gamma.**



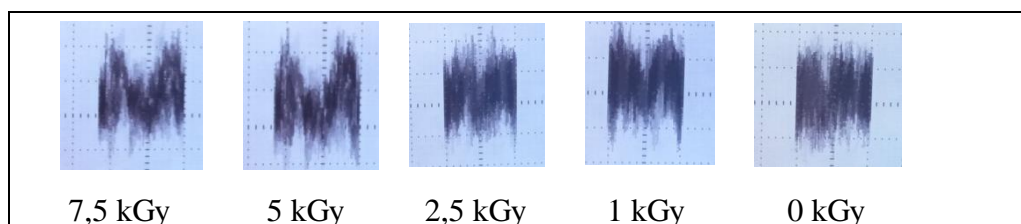
**Lampiran 2.2 Gambar Resonansi daging ikan tenggiri jemur yang yang diiradiasi denagn sinar gamma.**



**Lampiran 2.3 Gambar Resonansi daging ikan tenggiri Oven yang yang diiradiasi denagn sinar gamma.**



**Lampiran 2.4 Gambar Resonansi daging ikan tenggiri *frozen dry* yang yang diiradiasi denagn sinar gamma.**



**LAMIRAN 3**  
Data Pengujian ESR

**Lampiran 3.1 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan**

**Tenggiri Segar**

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$176 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,50182272	1,501747629	O
5	$173 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,47622347	1,476149658	O
2,5	$173 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,48371699	1,483642804	O
1	$174 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,49229339	1,492218774	O
0	$163 \times 10^5$	0,199	$82 \times 10^{-5}$	1,3862979	1,386228581	-

**Lampiran 3.2 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan**

**Tenggiri Jemur**

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$167 \times 10^5$	0,193	$84 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
5	$167 \times 10^5$	0,193	$84 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
2,5	$167 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
1	$167 \times 10^5$	0,197	$83 \times 10^{-5}$	1,46194271	1,425145615	O
0	$167 \times 10^5$	0,195	$82 \times 10^{-5}$	1,40941783	1,373942778	-

**Lampiran 3.3 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan**

**Tenggiri oven**

Pengujian Kandungan Radikal Bebas						
Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$167 \times 10^5$	0,195	$84 \times 10^{-5}$	1,44694843	1,410551164	O
5	$166 \times 10^5$	0,195	$84 \times 10^{-5}$	1,43828407	1,40210475	O
2,5	$168 \times 10^5$	0,195	$83 \times 10^{-5}$	1,45561279	1,418997579	O
1	$169 \times 10^5$	0,195	$83 \times 10^{-5}$	1,46427715	1,427443993	O
0	$161 \times 10^5$	0,195	$82 \times 10^{-5}$	1,39496226	1,359872679	-

**Lampiran 3.4 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas pada Daging Ikan**

**Tenggiri *Freezed Drya***

Energi (kGy)	F (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor g	Factor g*	Radikal Bebas
7,5	$175 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,48578567	1,499454897	O
5	$172 \times 10^5$	0,198	$84 \times 10^{-5}$	1,46769039	1,481193137	O
2,5	$174 \times 10^5$	0,198	$83 \times 10^{-5}$	1,48475655	1,498416313	O
1	$171 \times 10^5$	0,198	$83 \times 10^{-5}$	1,4591573	1,472581549	O
0	$170 \times 10^5$	0,198	$82 \times 10^{-5}$	1,45062422	1,463969961	-

**LAMPIRAN 4**  
Data Pengukuran Kadar Protein

**Lampiran 4.1 Data Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kadar Protein Ikan Tenggiri Segar**

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	4,565
2	1	6,22
3	2,5	5,497
4	5	6,79
5	7,5	9,8
6	0 (kontrol awal)	14,4

**Lampiran 4.2 Data Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kadar Protein Ikan Tenggiri Jemur**

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	3,8
2	1	4,49
3	2,5	4,7
4	5	3
5	7,5	3,77

**Lampiran 4.3 Data Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kadar Protein Ikan Tenggiri Oven**

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	7,5
2	1	7,5
3	2,5	8
4	5	5,86
5	7,5	7,2

**Lampiran 4.4 Data Pengaruh Energi Radiasi terhadap Kadar Protein Ikan Tenggiri *Freezed Dry***

N0	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Protein (%)
1	0	6,97
2	1	9,3
3	2,5	0,73
4	5	2,25
5	7,5	0,24

**LAMPIRAN 6**  
Data Pengukuran Kadar Lemak

**Lampiran 6.1 Data Pengukuran Kadar Lemak pada Daging Ikan Tenggiri Segar**

No	Energi Radiasi (kGy)	Kadar Lemak (%)
1	0	0,5
2	1	0,23
3	2,5	0,53
4	5	0,37
5	7,5	1,68
7	Kontrol Awal	6,04

**LAPIRAN 7**  
Dokumentasi Penelitian



Rangkaian ESR Boild Heracus



Tempat Pengujian Soxhlet



Proses Daging ditimbang



Iradiator Gamma Cell



Alat Freezed Dry



Sampel Daging Ikan Tengiri Segar



Sampel Setelah dijemur dan Iradiasi.





### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

**Nama** : Hidayatullah Hana Putra  
**NIM** : 14640053  
**Fakultas/Jurusan** : Sains dan Teknologi / Fisika  
**Judul Skripsi** : Pengaruh Radiasi Gamma terhadap Kadar Protein, Lemak, dan Radikal Bebas Daging Ikan Tenggiri (*Scomberomus Commerson*)  
**Pembimbing I** : Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si  
**Pembimbing II** : Drs. Abdul Basid, M.Si

NO	TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN
1	18 Desember 2017	Konsultasi Bab I, dan II	
2	20 Desember 2017	Konsultasi Bab III	
3	08 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran Bab I	
4	12 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I-II	
5	05 November 2018	Konsultasi Bab IV	
6	13 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I, II dan IV	
7	19 November 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
8	29 November 2018	Konsultasi kajian agama dan Acc	
9	03 Desember 2018	Konsultasi semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 27 Desember 2018  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003