



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENGAWETAN BANDENG ASAP SECARA  
IRADIASI PENGION TERHADAP PEMBENTUKAN PAH, MDA,  
dan RADIKAL BEBAS**

**SKRIPSI**

**NAMA : ASTRI RAYA**

**NPM : 0706196954**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENGAWETAN BANDENG ASAP SECARA  
IRADIASI PENGION TERHADAP PEMBENTUKAN PAH, MDA,  
dan RADIKAL BEBAS**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
sains**

**NAMA : ASTRI RAYA**

**NPM : 0706196954**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah karya saya sendiri. Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : ASTRI RAYA**

**NPM : 0706196954**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 4 juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : ASTRI RAYA  
NPM : 0706196954  
Program Studi : KIMIA  
Judul Skripsi : Pengaruh Pengawetan Bandeng Asap Secara Iradiasi  
Pengion Terhadap Pembentukan PAH, MDA, dan  
Radikal Bebas

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Sumi Hudyono PWS ( )  
Pembimbing : Dr. Ir. Zubaidah Irawati ( )  
Penguji : Dr. rer. nat Budiawan ( )  
Penguji : Dr. Asep Saefumillah ( )  
Penguji : Dra. Siswati Setiasih. Msi ( )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal :

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah Yang Maha kuasa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sience Jurusan Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

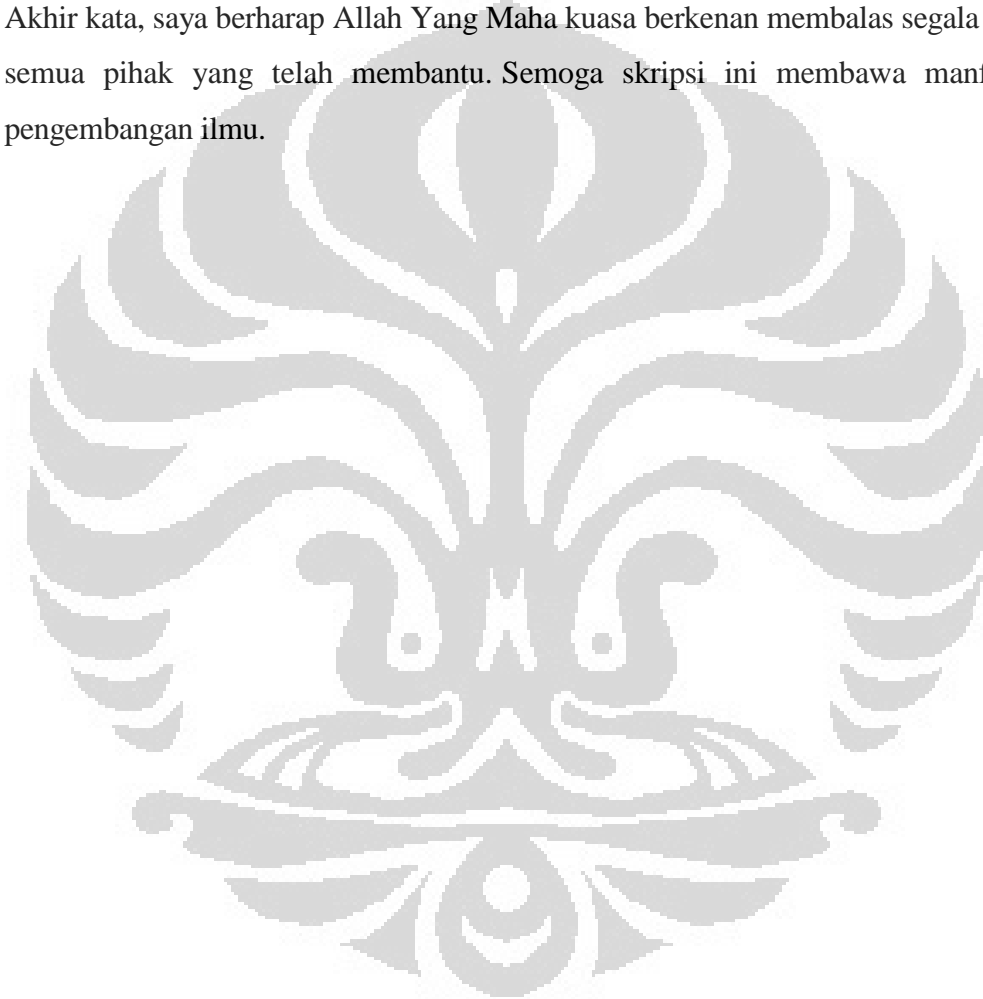
Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Sumi Hudiyono PWS selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Zubaidah Irawati selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Endang Saefudin selaku Pembimbing Akademik yang telah memberi saran selama menjalani masa perkuliahan;
4. PATIR-BATAN yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
5. Kepala laboratorium instrument Balai Besar Industri Agro (BBIA) ibu Yusmaria N.S, MSi atas bantuannya kepada penulis dalam memperoleh data;
6. Mama dan Papa Terimakasih untuk doa dan dukungannya. Kakak, kak Dias, dan dua keponakan ku yang selalu menemani dan membantu;
7. R. Indra Nugraha, Terimakasih atas dukungan dan bantuannya selama ini. Karena kamu mau menunggu saya belajar menjadi dewasa ;
8. Pak Cecep, Mbak Asti, Mbak Deudeu, Mas Aji, Indra dan seluruh staff bidang PR-BATAN
9. Sahabat-sahabatku Vira, Ipeh, Sandiah, Ratih, Any. Terimakasih atas bantuan dan

dukungannya selama ini;

10. Teman-teman seperjuangan bu Kus, kak Dina, Sandra, Icing, Sandiah, Rika, Salman, dan Riry Wirasnita teman satu bimbingan dan penelitian di Bogor. Tempat berbagi cerita selama menjalani tugas akhir;
11. Jessie Octavillisia (Matematika 05), terimakasih atas pelatihan singkat untuk analisa data SPSS nya

Akhir kata, saya berharap Allah Yang Maha kuasa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.



**Penulis**

2010

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Astri Raya  
NPM : 0706196954  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Pengaruh Pengawetan ikan Bandeng Asap Secara Iradiasi Pengion Terhadap Pembentukan MDA, PAH, dan Radikal Bebas**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 4 juni 2010  
Yang menyatakan

( ASTRI RAYA )

## ABSTRAK

Nama : Astri Raya  
Program Studi : Kimia  
Judul : Pengaruh Pengawetan Bandeng Asap Secara Iradiasi Pengion  
Terhadap Pembentukan MDA, PAH, dan Radikal bebas

Ikan merupakan komoditi pangan dengan kandungan protein yang tinggi, tetapi ikan mudah sekali menjadi busuk. Pengawetan Ikan Bandeng Asap secara radiasi dapat membantu mencegah kerusakan pangan karena mempunyai berbagai keuntungan, yaitu ikan bandeng asap dapat disimpan pada suhu ruang dengan jangka waktu yang relatif lama.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengawetkan ikan bandeng asap agar dapat disimpan pada suhu ruang, selain itu dilihat pengaruh radiasi terhadap pembentukan senyawa MDA (Malondialdehid), PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon), dan Radikal bebas dengan variasi waktu simpan 0 minggu, 4 minggu, 12 minggu. Hasil yang didapat dari pengolahan data menggunakan ANOVA bahwa untuk PAH dosis radiasi dan lama simpan tidak mempengaruhi konsentrasi PAH. Sedangkan pada MDA, di bagian daging bandeng dosis radiasi dan masa simpan mempengaruhi konsentrasi MDA. Untuk tulang dan kulit dosis radiasi dan masa simpan tidak mempengaruhi konsentrasi MDA.

Kata Kunci : Iradiasi Pengion, PAH, MDA, Radikal Bebas  
xii+62 : 13 gambar ; 7 tabel  
Daftar Pustaka : 25 (1985-2010)



## ABSTRACT

Name : Astri Raya

Program Study: Chemistry

Title : The Impact of Smoked Milkfish Preservation by Ionizing Regarding to the Formation of MDA, PAH, and Free Radical

Preservation of MilkFish, by ionizing radiation, has been shown to effectively reduce food spoilage so it can be stored in room temperature with a much long period. This review aims at summarizing all available information regarding the impact of irradiation dose on the formation of malondialdehyd (MDA), polyaromatic hydrocarbon (PAH), and free radical with store period 0 week, 4 week, and 12 week. The result from these treatment, by using analysis of variance (ANOVA), is that radiation doses and store period does not impact PAH concentration in fish while MDA does. For bone and skin, the radiation dose and store does not impact on MDA concentration.

Key Words : Ionizing Radiation, MDA, PAH, Free Radical

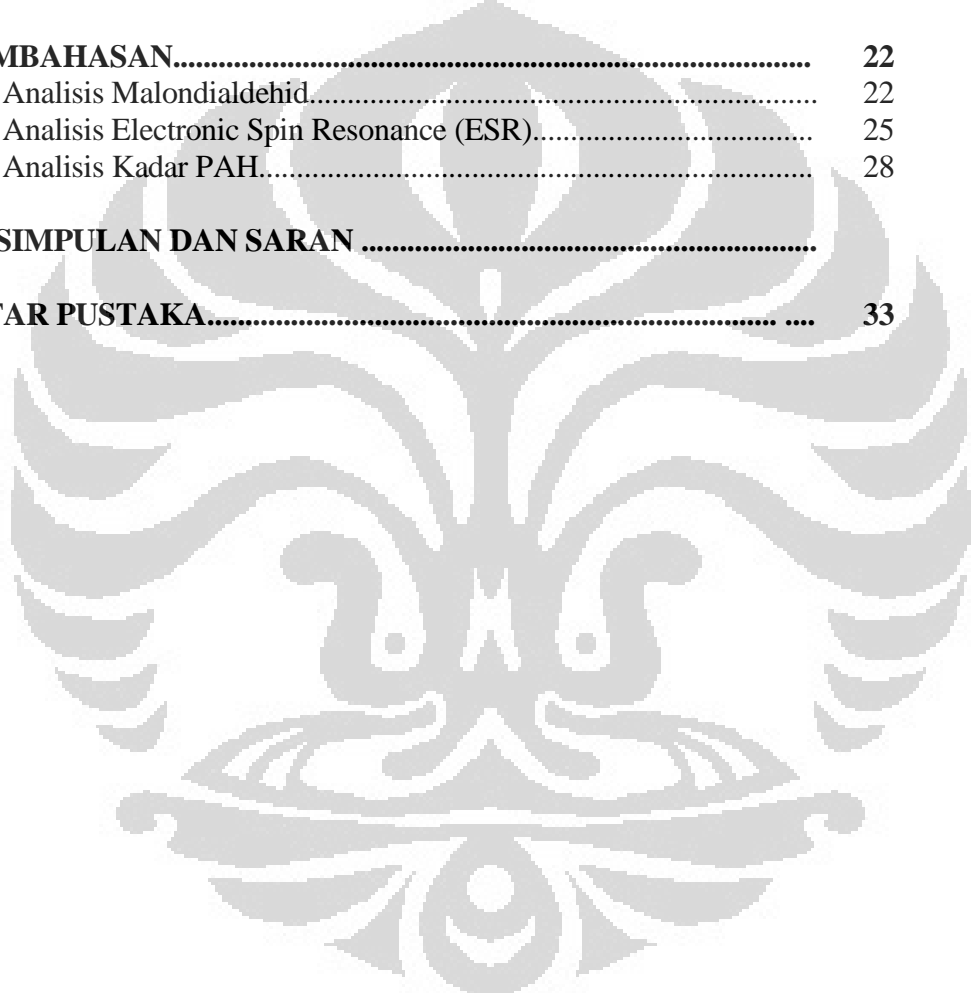
xii+62 : 13 pictures ; 7 table

Bibliography : 25 (1985-2010)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRAK (Bahasa Inggris).....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Hipotesis .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	2
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Komposisi Kimia Ikan .....	4
2.2 Ikan Bandeng(Chanos chanos) .....	4
2.3 Pengasapan.....	5
2.3.1 Asap Cair (Liquid Smoke).....	6
2.4. Iradiasi Pangan.....	6
2.4.1 Aspek Fisiko-Kimia.....	8
2.4.2 Aspek Toksikologi.....	8
2.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH).....	9
2.5.1 Benzo(a)Pyren.....	10
2.5.2 Benzo(a)Anthracene.....	11
2.5.2.1 Sifat Fisika dan Kimia.....	11
2.6 Malondialdehid (MDA).....	12
2.7 High Performance Liquid Chromatograph (HPLC).....	13
2.7.1 Fasa Normal HPLC.....	13
2.7.2 Fasa Terbalik HPLC.....	14
2.8 Spektrofotometer UV-Vis.....	14
2.9 Electron Spin Resonance (ESR).....	15
2.10 Radikal Bebas.....	16
2.11 Analysis of Variance (ANOVA).....	17
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>

3.1 Alat dan bahan.....	18
3.2.1 Preparasi Bandeng Asap.....	18
3.2.1.1 Iradiasi Bandeng Asap.....	18
3.2.2 Analisis MDA.....	19
3.2.2.1 Pembuatan Reagen.....	19
3.2.2.2 Analisis Kadar MDA.....	20
3.2.3 Analisis Kadar PAH.....	20
3.2.3.1 Pembuatan Deret Standar Benzo(a)Pyren dan Benzo(a)Antrcene.....	21
3.2.4 Analisis Radikal Bebas dengan ESR.....	21
<b>4. PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Analisis Malondialdehid.....	22
4.2 Analisis Electronic Spin Resonance (ESR).....	25
4.3 Analisis Kadar PAH.....	28
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>.....</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>33</b>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Analisis MDA.....	36
Lampiran 2.	Diagram Alir Analisis PAH.....	37
Lampiran 3.	Diagram Alir Pengukuran Radikal Bebas dengan ESR.....	38
Lampiran 4.	Tabel Uji Anova untuk MDA Daging.....	39
Lampiran 5.	Tabel Uji Anova untuk MDA Kulit.....	40
Lampiran.6.	Tabel Uji Anova untuk MDA Tulang.....	41
Lampiran 7.	Tabel Uji Anova untuk Benzo(a)pyren Daging.....	42
Lampiran 8.	Tabel Uji Anova untuk Benzo(a)pyren Kulit.....	43
Lampiran 9.	Tabel Uji Anova untuk Benzo(a)Anthracene Daging.....	44
Lampiran 10.	Tabel Uji Anova untuk Benzo(a)Anthracene Kulit.....	45
Lampiran 11.	Tabel Uji Anova Radikal Bebas.....	46
Lampiran 12.	Grafik Standar Benzo(a)Pyren dan Benzo(a)Anthracen.....	47
Lampiran 13.	Tabel Uji MDA.....	48
Lampiran 14	Spektrum ESR untuk Daging Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 4 minggu.....	49
Lampiran 15.	Spektrum ESR untuk Kulit Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 4 minggu.....	50
Lampiran 16.	Spektrum ESR untuk Tulang Sirip dan Ekor Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 4 minggu.....	51
Lampiran 17.	Spektrum ESR untuk Tulang Dalam Dosis 7,5kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 4 minggu.....	52
Lampiran 18.	Spektrum ESR untuk Tulang Kepala Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 4 minggu.....	53
Lampiran 19.	Spektrum ESR Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 12 minggu.....	54
Lampiran 20.	Spektrum ESR Dosis 7,5 kGy, kontrol dan 15 kGy Masa Simpan 0 minggu	
Lampiran 21.	Laporan Hasil Uji PAH.....	55
Lampiran 22.	Laporan Hasil Uji PAH.....	56
Lampiran 23.	Laporan Hasil Uji PAH.....	57
Lampiran 25.	Laporan Hasil Uji PAH.....	58
Lampiran 26.	Laporan Hasil Uji PAH.....	59
Lampiran 27.	Laporan Hasil Uji PAH.....	60
Lampiran 28.	Laporan Hasil Uji PAH.....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Pembuatan Bandeng Asap.....	6
Gambar 2.2.	Struktur Benzo(a)Pyren .....	10
Gambar 2.3.	Struktur Benzo(a)Anthracene .....	11
Gambar 2.4.	Struktur Malondialdehid .....	12
Gambar 2.5	Reaksi MDA-TBA.....	12
Gambar 2.6	Skema Alat HPLC.....	13
Gambar 2.7	Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis.....	15
Gambar 3.1	Bandeng Asap Iradiasi dan Kontrol.....	19
Gambar 3.2	Alat SPE dan Manifold.....	21
Gambar 4.1	Grafik LeastSquare Standar TEP.....	24
Gambar 4.2	Sampel dan Standar TEP.....	25
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Lama Simpan dan Kadar MDA.....	26
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Lama Simpan dan konsentrasi PAH.....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Kimia Ikan Bandeng Segar per 100 gram bahan.....	5
Tabel 2.2.	Senyawa PAH .....	9
Tabel 3.1.	Deret Standar Uji MDA .....	19
Tabel 4.1.	Data Hasil Analisis ESR .....	27
Tabel 4.2.	Data Hasil Pengujian PAH 0 Minggu.....	30
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian PAH 4 Minggu.....	30
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian PAH 12 Minggu.....	31



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bahan pangan khususnya berbasis ikan merupakan sumber protein dan asam lemak yang diperlukan oleh tubuh. Namun, pada umumnya jenis pangan yang tersedia di alam memiliki masa simpan (*shelf-life*) yang pendek. Sejak beratus-ratus tahun yang lalu, manusia terus berupaya untuk memproses makanan dengan berbagai cara agar awet, namun tetap bergizi. Teknik pengawetan konvensional seperti pengeringan, pendinginan, pengasapan, dan penggorengan, termasuk pemanasan dengan gelombang mikro dan radiasi pengion pada gelombang pendek, merupakan proses fisika yang aman.

Salah satu sumber protein hewani yang diperlukan manusia antara lain adalah ikan bandeng (*Chanos chanos*), karena mengandung asam amino esensial, memiliki nilai biologi yang tinggi, dan harganya relatif murah. Akan tetapi ikan memiliki kelemahan karena cepat mengalami pembusukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan, pengolahan, dan pengawetan hasil perikanan yang tepat sehingga kerusakan produk tersebut dapat dicegah sekaligus dapat memperpanjang daya simpan.

Iradiasi merupakan teknik pengawetan yang mempunyai banyak keunggulan, antara lain tidak meningkatkan suhu pada bahan pangan, tidak meninggalkan residu. Disamping itu, karakteristik fisiko-kimia dan sifat organoleptik tidak mengalami perubahan secara nyata. Teknik iradiasi dapat diterapkan pada makanan di dalam kemasan dan dapat dikombinasikan dengan teknik pengawetan konvensional lainnya seperti pengasapan dan pembekuan. Bakteri-bakteri dapat dimatikan karena efek ionisasi pancaran energi radiasi. Radiasi pengion dosis tinggi (di atas 10 kGy) dapat dimanfaatkan untuk mensterilkan mikroba dan menyelamatkan bahan pangan dari kerusakan terutama mikroba patogen berspora termasuk mikroba lain yang tidak mati pada dosis di bawah 10 kGy.



Iradiasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah iradiasi sinar gamma yang berasal dari Cobalt-60. Selain itu iradiasi tersebut memiliki pula keunggulan diharapkan dapat dilihat manfaatnya pada aspek lain seperti pengaruhnya terhadap kadar Benzo(a)pyren pada bandeng yang diasap. Di dalam produk alam senyawa Benzo(a)pyren adalah senyawa karsinogen yang sangat kuat dan terbentuk akibat dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Senyawa tersebut ditemukan pada makanan yang diolah pada temperatur tinggi, misalnya diasap, digoreng, dan dipanggang.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh iradiasi pengion pada senyawa karsinogen seperti kadar Benzo(a)pyren, MDA, dan jumlah Radikal bebas bandeng asap yang diiradiasi dengan sinar gamma.

## **1.3 Hipotesis**

1. Pengawetan ikan bandeng dapat dilakukan dengan metode pengasapan yang dikombinasikan dengan radiasi pengion,
2. Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH), Malondialdehid (MDA), dan radikal bebas yang dihasilkan pada saat pengasapan, dapat dikurangi kadarnya melalui radiasi pengion pada dosis tertentu.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui adanya senyawa Poli Aromatik Hidrokarbon (PAH), Malondialdehid (MDA), dan radikal bebas setelah proses pengasapan pada ikan bandeng
2. Melihat pengaruh iradiasi sinar gamma pada dosis tertentu, terhadap kadar senyawa PAH, MDA, dan radikal bebas pada ikan bandeng asap.

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Penelitian ini ditujukan untuk melihat pengaruh iradiasi pengion pada kadar beberapa senyawa karsinogen ikan bandeng asap. Proses pertama adalah pengasapan



ikan bandeng menggunakan cara konvensional, yang ditujukan untuk mengurangi kadar air dan pengawetan ikan. Pengasapan menghambat pertumbuhan bakteri, memperlambat oksidasi lemak dan memberi *flavour* atau rasa pada daging yang di proses. Pada proses pengasapan secara konvensional, proses mengasap dikontrol dan dibuat dari pembakaran kayu di bawah ikan.

Proses tahap kedua adalah mengiradiasi bandeng asap dengan sinar gamma. Dosis yang digunakan 7,5 kGy dan 15 kGy menggunakan iradiator IRKA BATAN laju dosis 3,69 kGy/jam

Proses tahap ketiga adalah menentukan parameter yang akan dianalisa pada bandeng asap. Parameter yang pertama adalah analisa benzo(a)pyren dan benzo(a)anthracene dengan metode HPLC pada bandeng yang telah diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy, 15 kGy, dan non iradiasi sebagai kontrol dengan variasi waktu 0, 4, dan 12 minggu. Sedangkan parameter yang kedua adalah analisis Malondialdehid (MDA) dengan alat instrumen Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 532 nm, pada sampel bandeng asap. Parameter yang ketiga, adalah analisis radikal bebas pada sirip dan tulang ekor, tulang dalam, tulang kepala, daging, dan kulit dengan menggunakan alat instrumen *Electron Spin Resonance* (ESR) dengan variasi waktu 0, 4, dan 16 minggu.

Proses tahap keempat adalah mengolah data dengan analisa statistik ANOVA dua arah. Dengan rentang kepercayaan 95%, dan dengan hipotesis :

Ho: Tidak ada pengaruh antara dosis radiasi dan masa simpan terhadap konsentrasi PAH, MDA, dan Radikal bebas

H1: Ada pengaruh antara dosis radiasi dan masa simpan terhadap konsentrasi PAH, MDA, dan Radikal bebas





## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Komposisi Kimia Ikan

Susunan kimia komponen pada ikan sangat bervariasi, bergantung kepada jenis, umur, habitat, dan masa penangkapannya. Komposisi kadar gizi ikan seperti kadar lemak sebagai bahan makanan nilainya dapat berubah-ubah. Pada beberapa jenis ikan lemak disimpan dalam tubuhnya sebagai cadangan makanan. Jenis ikan ini biasanya mengembara, seringkali tanpa makan apa-apa dan semata-mata mengandalkan persediaan lemak dalam tubuhnya sendiri.

Daging ikan terdiri dari protein, lemak, air dan sedikit karbohidrat. Kadar mineral dan vitamin pada umumnya sama atau lebih tinggi daripada daging sapi. Ikan merupakan sumber magnesium dan fosfor, tetapi kalsiumnya sedikit kecuali bila tulang ikan juga dikonsumsi. Kadar besi pada ikan lebih sedikit dibandingkan dengan daging, kadar tembaga kira-kira setara, sedangkan kadar iodium kira-kira 100 kali lebih tinggi. Ikan yang tidak berlemak hampir tidak mengandung vitamin A dan D dalam dagingnya, sedangkan ikan yang berlemak hanya mengandung sedikit vitamin A, tetapi kaya akan vitamin D. Berbeda halnya dengan ikan air tawar, karena di dalamnya terdapat banyak vitamin A dan vitamin D. (Mustafa, 1985)

#### 2.2 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) termasuk ordo *Gonorynchiformes* dan termasuk familia *Chanidae*. Mempunyai mata yang besar, mulut tanpa gigi mirip dengan ikan *herring*, mempunyai tulang punggung, sisik yang besar dan berwarna keperakan. Ikan bandeng di temukan di Samudra Hindia hingga di Samudra Pasifik, mereka hidup bergerombol di sekitar pesisir dan pulau-pulau dengan koral.

Taksonomi ikan bandeng adalah :

Kerajaan : Animalia  
Kelas : Actinopterygii  
Ordo : Gonorynchiformes



Famili : Chanidae  
Genus : *Chanos*  
Spesies : *Chanos chanos*

Tabel 2.1 Komposisi ikan bandeng segar per 100 g bahan

Komponen	Kadar (%)
Kadar air	76,00
Protein	17,00
Lemak	4,50
Mineral dan vitamin	2,54-4,50

sumber: [www.ristek.go.id, 2000]

### 2.3 Pengasapan

Ikan cepat mengalami proses pembusukan dibandingkan dengan bahan makanan lain. yang pada umumnya berasal dari proses biokimia dan pertumbuhan mikroba. Hal ini akan berpengaruh pada mutu hasil akhir seperti ikan olahan yang sangat bergantung pada mutu bahan mentahnya.

Pengasapan adalah salah satu teknik pengawetan pangan menggunakan asap hasil dari pembakaran kayu keras dan asap yang dihasilkan akan berbeda dari hasil pembakaran kayu lunak. Pada umumnya kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan aromatik serta lebih banyak mengandung senyawa asam dibandingkan kayu lunak. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat dan karbonil. Pirolisis tempurung kelapa menghasilkan asap cair dengan kandungan senyawa fenol sebesar 4,13 %; karbonil 11,3 % ; dan asam 10,2 %. Pengasapan ikan adalah teknik pengawetan ikan secara tradisional, merupakan gabungan dari proses penggaraman (perendaman dalam air garam) dan pengasapan sehingga memberikan rasa khas.

Berbagai cara pengasapan bergantung pada faktor-faktor berikut :

- a. Jenis ikan yang diasap
- b. Besar kecilnya ikan yang diasap.
- c. Teknik Pengasapan

Asap dapat menghambat pertumbuhan bakteri, memperlambat oksidasi lemak dan memberi citarasa yang khas pada daging ikan. Secara tradisional, proses pengasapan dikontrol dan dilakukan menggunakan kayu yang dibakar di bawah ikan. (Margono, 2000)



Gambar 2.1. Proses pembuatan bandeng asap ([www.ristek.go.id](http://www.ristek.go.id), 2000)

### 2.3.1 Asap cair (*Liquid smoke*)

Asap cair atau *liquid smoke* merupakan hasil destilasi uap hasil pembakaran secara tidak langsung maupun langsung dan didinginkan sehingga membentuk cairan yang berasal dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lainnya. Bahan baku yang digunakan umumnya kayu yang keras, ampas hasil penggergajian kayu.

Pada umumnya, asap cair sendiri telah dikenal di banyak negara seperti Jepang sebagai bahan untuk menggoreng atau memanggang. Dilihat dari unsur-unsur yang menyusun asap cair, unsur fenol banyak terkandung dalam asap cair. Fenol banyak digunakan sebagai anti bakteri atau disinfektan, sehingga pangan yang diproses menggunakan asap cair relatif lebih awet. (Margono, 2000)

## 2.4 Iradiasi Pangan

Makanan adalah sesuatu yang esensial bagi kelangsungan hidup manusia. Namun, umumnya makanan yang tersedia di alam mempunyai masa penyimpanan



(*shelf-life*) pendek. Berbagai cara telah dicoba untuk memperpanjang masa simpan, mulai dari teknik konvensional sampai cara-cara modern misalnya iradiasi pangan.

Iradiasi pangan merupakan salah satu proses pengawetan bahan pangan menggunakan gelombang elektromagnetik, yaitu iradiasi yang menghasilkan foton berenergi tinggi sehingga mampu menyebabkan terjadinya ionisasi dan eksitasi pada materi yang dilaluinya. Jenis iradiasi ini dinamakan iradiasi pengion, contoh iradiasi pengion adalah sinar gamma dan sinar X.

Apabila suatu zat dilewati radiasi pengion, energi yang dilewatinya akan diserap dan menghasilkan pasangan ion. Energi yang diserap oleh tumbukan radiasi dengan partikel bahan pangan akan menyebabkan eksitasi dan ionisasi beribu-ribu atom dalam lintasannya yang akan terjadi dalam waktu kurang dari 0,001 detik.

Iradiasi pangan mempunyai banyak keuntungan diantaranya, membunuh bakteri, mengeliminasi organisme perusak bahan pangan, seperti kapang dan khamir. Menurut **IAEA** (*International Atomic Energy Agency*, 1999) terdapat tiga kategori dosis yang dapat dijadikan rujukan ketika bahan pangan akan diradiasi dengan iradiasi pengion, yaitu :

- ❖ Iradiasi dosis rendah atau *Low dose irradiation*-sampai dengan 1 kGy (menghambat pertumbuhan bakteri, menunda pemasakan buah atau sayuran, membasmi serangga, inaktivasi parasit)
- ❖ Iradiasi dosis sedang atau *Medium dose irradiation* 1-10 kGy (Mereduksi jumlah bakteri pembusuk, mereduksi atau mengeliminasi spora bakteri)
- ❖ Iradiasi dosis tinggi atau *High dose irradiation*. Di atas 10 kGy (sterilisasi bahan pangan, tidak boleh ada mikroorganisme)

Pengawetan bahan pangan dengan menggunakan iradiasi pengion sangat aman, karena tidak membuat bahan pangan menjadi radioaktif dan tidak membuat bahan pangan menjadi toksik. Iradiasi pangan tidak mempengaruhi kandungan gizi dalam bahan pangan, karena diiradiasi dengan proses dingin, sehingga tidak merubah bau, rasa, dan bentuk dari bahan pangan.

Untuk mengukur dosis radiasi yang terserap oleh bahan pangan secara tepat dapat dilakukan dengan menggunakan dosimeter. Satuan paparan iradiasi yang



digunakan ialah kilogray (kGy), yaitu unit energi radiasi yang terserap sebesar 1 kiloJoule per kilogram bahan. Dosimeter terbagi dalam tiga kelompok yaitu:

- ❖ Dosimeter acuan (*reference*) digunakan untuk pengukuran dosis secara absolute (dosis di ukur secara langsung), maupun secara tidak absolut. Untuk dosimeter tidak absolut, yang diukur adalah perubahan kimia yang terjadi dalam sistem.
- ❖ Dosimeter rutin, digunakan untuk mengukur dosis terserap selama berlangsungnya proses iradiasi. Jenis dosimeter ini harus sederhana dan mempunyai respons yang segera dapat dibaca. Dosimeter rutin lebih sering dipakai daripada dosimeter acuan.
- ❖ Dosimeter penanda, digunakan untuk membedakan secara visual (kualitatif) antara bahan yang sudah atau belum di iradiasi berdasarkan perubahan warna dari dosimeter.

Dengan mengatur dosis radiasi yang diberikan, maka efek radiasi pada pangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau tujuan dari iradiasi tersebut. Seperti menghambat pertunasan, menunda kematangan buah, disinfestasi serangga, menghilangkan parasit dalam daging, menurunkan kandungan mikroba, dan membunuh semua mikroba yang ada (radappertisasi). (Mustafa, 1985)

#### **2.4.1 Aspek Fisiko-kimia**

Proses penyinaran bahan pangan dengan menggunakan iradiasi pengion merupakan proses “dingin”. Pada proses pemanasan, energi yang diserap makanan jauh lebih tinggi, daripada energi yang diserap pada proses iradiasi. Sehingga perubahan karakteristik kimia bahan pangan yang diawetkan dengan iradiasi pengion secara kualitatif lebih sedikit dibandingkan dengan yang dipanaskan. (Irawati, 2007)

#### **2.4.2 Aspek Toksikologi**

Dalam proses pengawetan dengan radiasi, uji toksikologi tetap dilakukan, walaupun hasil analisa kimia tidak menunjukkan adanya senyawa dalam bahan



pangan yang dapat membahayakan kesehatan. Uji toksikologi pada bahan pangan yang diiradiasi dengan dosis di atas 10 kGy merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk mendapatkan izin dari Badan Pengawas Obat dan makanan (BPOM) dan Depkes (Permenkes Nomor 826 /Menkes / PER / XII /1987 tentang Makanan Iradiasi) sebelum produk tersebut dapat dikonsumsi oleh masyarakat luas. (Irawati, 2007)

### 2.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH)

Polisiklik Aromatik hidrokarbon adalah senyawa yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna. Menurut Ernest (1987), beberapa produk natural di alam juga mengandung PAH seperti batubara dan minyak bumi. PAH ditemukan juga pada material organik, seperti asap rokok, kayu yang dibakar, gas buang kendaraan bermotor.

Diantara banyak jenis senyawa PAH, hanya 15 jenis yang diketahui bersifat karsinogenik (penyebab kanker), salah satunya adalah benzo(a)pyren. Senyawa ini teridentifikasi sebagai senyawa PAH yang memiliki sifat karsinogenik yang tertinggi, karena dapat membentuk kompleks dengan DNA. Pada Tabel 2 disajikan jenis PAH yang bersifat karsinogenik dan masing-masing nilai faktor potensi relatifnya dalam menyebabkan penyakit kanker dengan benzo(a)pyren sebagai acuan.

Tabel 2.2 Senyawa PAH yang bersifat Karsinogenik dan faktor potensi relatif karsinogenitas

Jenis senyawa	Klasifikasi sifat karsinogenitas		Faktor Potensi Relatif
	USEPA	IARC	
Benzo(a)antrasen	B2	2A	0,1
Benzo(b)flouranthene	B2	2B	0,1
Benzo(j)flouroanthene	B2	2B	NA
Benzo(k)flouroanthene	NA	2B	0,01
Benzo(a)pyren	B2	2A	1

Dibenzo(a,h)acridine	D	3	NA
Dibenzo(a,j)acridine	D	3	NA
Dibenzo(a,h)anthracene	B2	NA	1
Dibenzo(a,h)pyren	D	3	NA
Dibenzo(a,i)pyren	D	3	NA
Dibenzo(a,l)pyren	D	3	NA
Indeno(1,2,3-cd)pyren	B2	2B	0,1
5-Methylchrysene	B2	3	NA
7HDibenzo(c,g)carbazole	D	3	NA

Sumber: [Novelina, 2008]

Keterangan :

B2 dan 2A : Karsinogenik bagi manusia (terbukti secara in vivo)

2B : Dapat bersifat karsinogenik bagi manusia (non genotoksik karsinogen atau mekanismenya belum jelas)

D dan 3 : Belum diklasifikasi

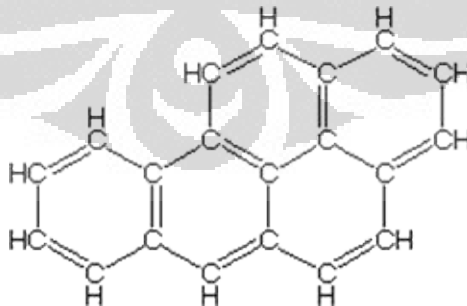
NA : Data tidak tersedia

USEPA : *US Enviromental Protection Agency*

IARC : *International Agency for Research on Cancer*

### 2.5.1 Benzo(a)pyren

Struktur:



Gambar 2.2 Struktur Benzo(a)pyren [[www.ilpi.com/msds/ref/aromatic.html](http://www.ilpi.com/msds/ref/aromatic.html), 2010]

Benzo(a)pyren adalah polisiklik aromatik hidrokarbon yang memiliki lima cincin aromatik yang merupakan mutagenik dan sangat karsinogen. Senyawa ini memiliki

bentuk kristal seperti jarum (yellowish needles) yang berwarna kuning dengan berat molekul 252.30. Mempunyai data-data fisika seperti titik leleh 79.9-180.3°C, titik didih 496°C, tekanan uap (Pa pada 20°C)  $5 \times 10^{-6}$ . Benzo(a)pyren biasa digunakan sebagai penanda adanya karsinogenesis, oleh karena itu benzo(a)pyren termasuk kontaminan yang berbahaya, dan bersifat karsinogenik. Pada tahun 1930 diidentifikasi berpotensi menyebabkan kanker, tetapi tidak menyebabkan kanker secara langsung memerlukan aktivasi oleh metabolisme.

Didalam tubuh, Benzo(a)pyren juga dapat berinteraksi dengan hemoglobin (Hb), yang merupakan protein pengangkut oksigen pada sel darah merah. Karena itu keberadaan benzo(a)pyren dalam tubuh dapat dideteksi melalui darah atau urin. Namun hasil deteksi ini tidak dapat menggambarkan atau memprediksi sampai sejauh mana tingkat konsumsi atau kontaminasi benzo(a)pyren pada seorang individu. (Novelina, 2008)

## 2.5.2 Benzo(a) Anthracene

Struktur:



Gambar2.3 Struktur Benzo(a)Anthracene [[www.restek.com/aoi\\_env\\_A019.asp](http://www.restek.com/aoi_env_A019.asp), 2010]

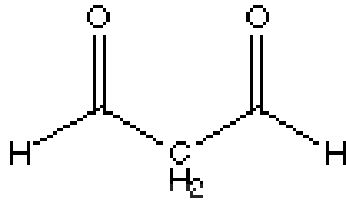
### 2.5.2.1 Sifat Fisika dan Kimia

Benzo(a)Anthracene merupakan padatan kristal berwarna kuning berflourensi berwarna biru, dengan berat molekul 228.29. Benzo(a)Anthracene mempunyai titik leleh 158-159°C, titik didih 400°C, pada suhu 435°C menyublim, dengan kerapatan 1.274 g/cm<sup>3</sup>. Kelarutan dalam air sebesar 0.010 mg/L, larut sedikit dalam asam asetat dan etanol panas, larut dalam aseton dan dietil eter, sangat larut dalam benzen. Beberapa penelitian melaporkan bahwa benzo(a)anthracene bersifat karsinogenik terhadap beberapa hewan percobaan. (Novelina, 2008)



## 2.6 Malondialdehid (MDA)

Struktur:

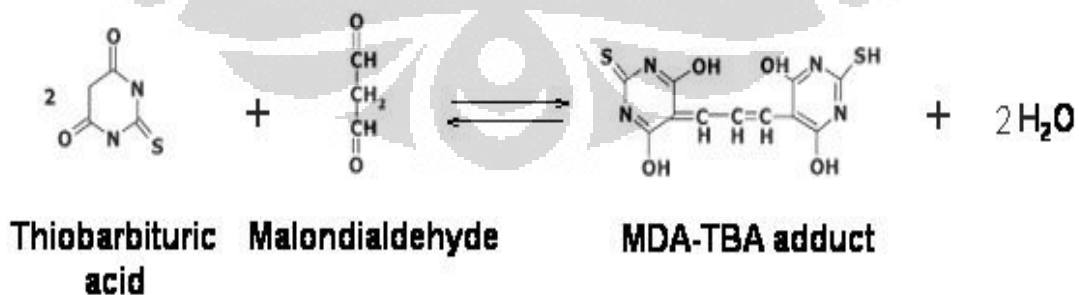


Gambar 2.4 Struktur MDA [Pertiwi, 2009]

Malondialdehid terdiri dari tiga karbon aldehyd yang sangat reaktif, merupakan produk samping dari peroksidasi *polyunsaturated fatty acid*. Malondialdehid atau MDA adalah indikator kualitas dari suatu produk. Di dalam bahan biologi, malondialdehid terdapat dalam bentuk bebas dan sebagai kompleks dengan unsur pokok lainnya di dalam jaringan.

Menurut Jettawatana (2005) analisis malondialdehid merupakan analisis radikal bebas secara tidak langsung. Analisis radikal bebas secara langsung sangat sulit untuk dilakukan, karena radikal bebas bersifat tidak stabil.

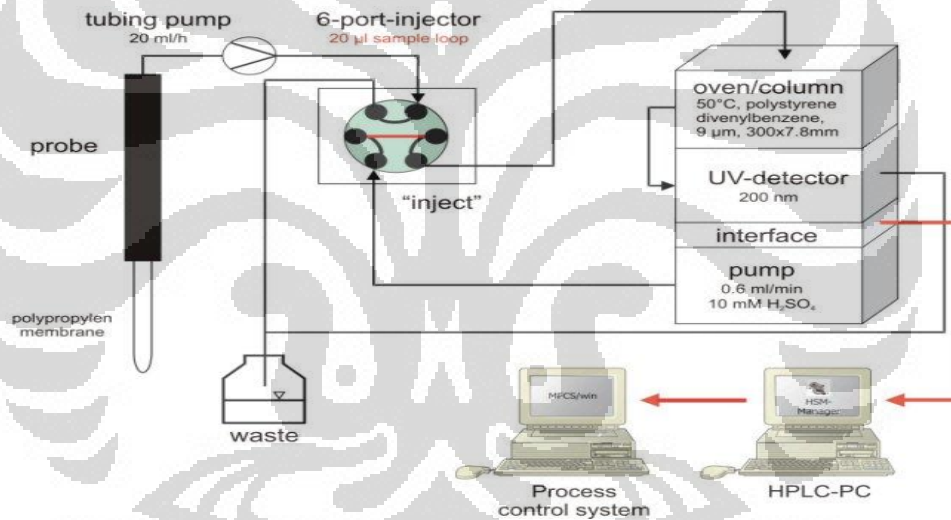
Metode yang umum digunakan untuk pengukuran MDA adalah berdasarkan reaksi dengan *Thio Barbituric Acid* (TBA), MDA yang terbentuk sebagai hasil peroksidasi lipid dan bereaksi dengan TBA dengan suhu tinggi dan suasana asam. Reaksi yang dihasilkan adalah kompleks MDA-TBA berwarna merah muda, dan dapat diukur dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 532 nm.



Gambar 2.5 Reaksi MDA-TBA [Jettawatana, 2005]

## 2.7 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Kromatografi cair kinerja tinggi atau disebut HPLC merupakan pengembangan dari kromatografi kolom, biasa digunakan pada biokimia dan analisa kimia untuk pemisahan, identifikasi, dan untuk mengetahui kadar suatu senyawa. Prinsip HPLC pada dasarnya adalah pemisahan analit berdasarkan kepolarannya. Alat ini terdiri dari kolom sebagai fasa diam dan larutan tertentu sebagai fasa gerak. Perbedaan antara HPLC dengan jenis kromatografi lain adalah pada HPLC untuk mendorong fasa gerak digunakan tekanan tinggi, sehingga campuran analit akan terpisah berdasarkan kepolaran dan kecepatannya mencapai detektor (waktu retensi) akan berbeda, hal ini teramati melalui spektrum yang puncaknya terpisah.



Gambar 2.6 Skema alat HPLC [[www.rzbd.haw-hamburg.de/~fsbpa/english/03Atline\\_Monitoring.htm](http://www.rzbd.haw-hamburg.de/~fsbpa/english/03Atline_Monitoring.htm), 2010]

### 2.7.1 Fasa Normal HPLC

Kolom dari HPLC dengan diameter internal 4,6 mm dan panjang 150-250 mm di isi oleh partikel silika dengan pelarut non polar seperti heksana. Senyawa polar dalam campuran melalui kolom akan melekat lebih lama pada silika gel yang bersifat polar sehingga senyawa yang non polar akan lebih dulu keluar. (Johnson & Stevenson, 1991)



### 2.7.2 Fasa Terbalik HPLC

Pada fasa terbalik, keadaannya memiliki kesamaan dengan fasa normal HPLC, namun pada fasa terbalik silika dimodifikasi menjadi non polar melalui perlekatan rantai-rantai hidrokarbon panjang pada permukaannya secara sederhana baik berupa atom karbon rantai 8 atau atom karbon rantai 18. Sebagai contoh, pelarut polar yang digunakan berupa campuran air dan alkohol seperti metanol.

Terdapat interaksi yang kuat antara pelarut polar dan molekul polar dalam campuran yang melalui kolom. Interaksi yang terjadi tidak akan sekuat interaksi antara rantai-rantai hidrokarbon yang berlekatan dengan silika gel (fase diam) dan molekul polar dalam larutan. Oleh karena itu, molekul-molekul polar dalam campuran akan bergerak bersama dengan pelarut. Senyawa-senyawa non polar dalam campuran akan membentuk interaksi dengan gugus hidrokarbon karena adanya dispersi gaya Van der Waals.

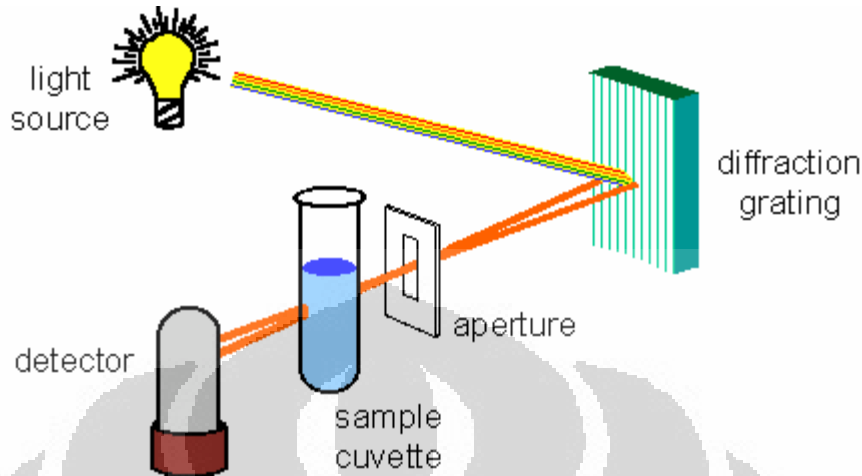
Senyawa-senyawa ini juga akan kurang larut dalam pelarut karena membutuhkan pemutusan ikatan hidrogen sebagaimana halnya senyawa-senyawa tersebut berada dalam molekul-molekul air atau metanol misalnya. Oleh karena itu, senyawa tersebut akan menghabiskan waktu dalam larutan dan akan bergerak lambat dalam kolom. Hal ini berarti bahwa molekul-molekul polar akan bergerak lebih cepat melalui kolom. (Johnson & Stevenson, 1991)

### 2.8 Spektrofotometer *Ultra Violet-Visible (UV-Vis)*

Spektrofotometer *UV-Visible* adalah alat yang digunakan untuk analisa kuantitatif dan kualitatif spesies kimia dengan pengukuran absorbansi atau transmittansi dalam spektroskopi, biasa digunakan untuk penetapan kadar atau kandungan suatu bahan. Spektrofotometer ultraviolet terdiri atas :

- Sumber radiasi : lampu deuterium, lampu wolfram
- Monokromator
- Tempat sampel disebut juga kuvet
- Detektor

- Rekorder



Gambar 2.7 Skema Alat spektrofotometer UV-Vis ([www.files.chem.vt.edu/chem-ed/sp...eam.html](http://www.files.chem.vt.edu/chem-ed/sp...eam.html), 2001)

Prinsip kerjaspektrofotometer *UV-Visible* adalah menggunakan berkas sinar yang berasal dari sumber radiasi diteruskan menuju monokromator, kemudian cahaya dari monokromator diarahkan terpisah melalui blanko dan sampel dengan sebuah cermin berotasi. Kedua cahaya lalu bergantian berubah arah karena pemantulan dari cermin yang berotasi secara kontinyu. Detektor kemudian menerima cahaya dari blanko dan sampel secara bergantian secara berulang-ulang, sehingga sinyal listrik dari detektor diproses, diubah ke digital dan dibandingkan antara sampel dan blanko.

Spektrofotometri mempunyai kelebihan diantaranya dapat menganalisa dengan konsentrasi larutan yang kecil, sederhana, dan panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih terseleksi. Selain mempunyai kelebihan Spektrofotometer UV-Visible juga mempunyai kekurangan diantaranya adalah absorbansi dipengaruhi oleh suhu, pH larutan, adanya zat pengganggu, serta kebersihan kuvet. Selain itu hanya dapat dipakai pada UV dengan panjang gelombang  $>185$  nm.

## 2.9 *Electron Spin Resonance (ESR)*

*Electron Spin Resonance* atau yang disebut juga Resonansi Spin Elektron adalah salah satu cabang dari spektroskopi absorpsi yang menggunakan radiasi

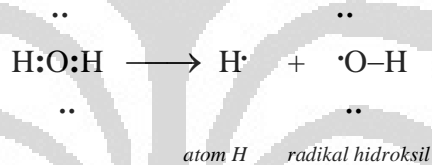


frekuensi gelombang mikro. Spektrofotometer ESR hanya dapat menganalisa sistem yang mempunyai elektron yang tidak berpasangan seperti radikal bebas.

Sejalan dengan perkembangan teknologi, ESR tidak hanya untuk mengamati materi yang mempunyai elektron tidak berpasangan secara alami saja, melainkan juga digunakan untuk mengamati materi yang mempunyai elektron tidak berpasangan akibat di radiasi dengan gelombang elektromagnetik seperti sinar UV, sinar X, dan sinar gamma. (Hudiyono PWS, 1986)

## 2.10 Radikal Bebas

Radikal bebas (*Free Radicals*) adalah atom yang memiliki elektron tidak berpasangan. Bila terdapat sumber energi yang cukup besar, misalnya radiasi maka molekul-molekul seperti contohnya air dapat mengalami pembelahan homolitik

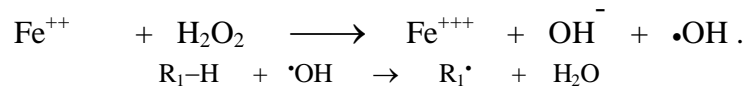


Elektron yang tidak berpasangan cenderung untuk membentuk pasangan, sehingga akan menarik elektron lain dan terbentuk radikal baru :

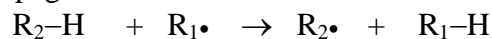


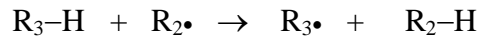
Karena sifat radikal yang reaktif, apabila bertemu dengan molekul lain, maka akan membentuk radikal baru. Sehingga akan terjadi reaksi rantai yang baru akan berhenti apabila radikal bebas tersebut dapat diredam (*quenched*). Seluruh reaksi radikal bebas dapat dijabarkan menjadi tiga tahap yaitu :

### 1. Tahap Inisiasi

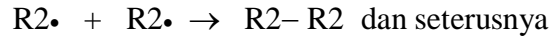
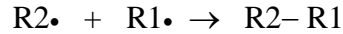


### 2. Tahap propagasi :





3. Tahap terminasi :



Daya perusak radikal bebas jauh lebih besar dibandingkan dengan oksidan biasa. Karena reaktivitasnya yang tinggi, radikal bebas tidak stabil dan berumur pendek sehingga sulit dideteksi kecuali dengan metode khusus seperti menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR). (Suryohudoyo, 2000)

### 2.11 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Menurut Supranto (1989) dasar perhitungan ANOVA pertama kali di temukan oleh R.A Fisher pada awal tahun 1920 yang berfungsi untuk menguji hipotesis mengenai suatu parameter dari beberapa populasi (lebih dari 2). Anova terbagi menjadi dua yaitu:

1. Anova satu arah (*One Way ANOVA*)

ANOVA satu arah digunakan untuk melihat apakah ada pengaruh suatu faktor yang merupakan variabel kategorik terhadap variabel respon yang merupakan variabel numerik.

2. ANOVA dua arah (*Two way ANOVA*)

Anova dua arah digunakan untuk meneliti apakah ada pengaruh dua faktor yang merupakan variabel kategorik dan interaksinya terhadap suatu variabel respon yang berupa variabel numerik. Interaksi adalah perubahan pola pada suatu faktor (misal faktor A) berkaitan dengan setiap level dari faktor yang lain (misal faktor B)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan bahan

##### 3.1.1 Alat

- |                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Timbangan Analitis | 7. HPLC Shimadzu           |
| 2. Peralatan Gelas    | 8. Spektrofotometer UV-Vis |
| 3. Labu Ukur 10 ml    | 9. HPLC                    |
| 4. Kolom SPE          | 10. <i>Hot plate</i>       |
| 5. Alat Vakum         | 12. Kertas Saring          |
| 6. Sentrifuse         | 13. <i>Blender</i>         |

##### 3.1.2 Bahan

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1. Ikan Bandeng Asap         | 8. TBA                         |
| 2. Heksana                   | 9. BHT                         |
| 3. HCl 0.025 M               | 10. TCA                        |
| 4. Diklorometana:Heksana 30% | 11. Standar Benzo(a)pyren      |
| 5. Asetonitril:Air 30%       | 12. Standar Benzo(a)Anthracene |
| 6. Gas Nitrogen              | 13. PBS                        |
| 7. Aquades                   | 14. TEP                        |

#### 3.2 Prosedur Kerja

##### 3.2.1 Preparasi Bandeng Asap

##### 3.2.1.1 Iradiasi Bandeng Asap

Sampel bandeng asap diperoleh dari Perusahaan Industri Rumah Tangga (PIRT) bandeng olahan di Jawa Timur. Bandeng asap, sebelum diiradiasi dibekukan di dalam *freezer*. Setelah bandeng asap beku, disusun dalam box *Styrofoam* yang diisi dengan *dry ice*. Ikan bandeng diiradiasi dengan iradiator IRKA BATAN, sumber iradiasi Cobalt-60 dan dengan dosis 7,5 kGy dan 15 kGy, pada laju dosis 3,69 kGy/jam.



Gambar 3.1 Bandeng Asap Iradiasi dan Kontrol

### 3.2.2 Analisis MDA (Malondialdehid)

Larutan Standar yang digunakan untuk analisis MDA adalah 1,1,3,3 *Tetra Etoksi Propana* (TEP). Diambil 0,5  $\mu\text{L}$  di larutkan dengan *Phosphate Buffer Saline* (PBS) dalam labu ukur 10 mL, sehingga konsentrasinya menjadi 5  $\mu\text{M}$ . Selanjutnya dibuat deret standar seperti di bawah ini:

Tabel 3.1 Deret Standar uji MDA

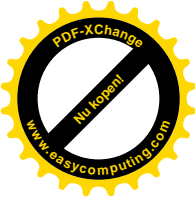
Konsentrasi Standar (pmol/ml)	0	25	50	75	100	125	150
TEP ( $\mu\text{L}$ )	0	20	40	60	80	100	120
PBS ( $\mu\text{L}$ )	4000	3980	3960	3940	3920	3900	3880

Setelah itu ditambahkan reagen MDA-TBA sebanyak 4 mL, dan dipanaskan dengan penangas air pada suhu 80-100°C selama 15 menit. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 532 nm.

#### 3.2.2.1 Pembuatan Reagen

Untuk analisa kadar malodialdehid (MDA) diperlukan reagen MDA-TBA. Dilarutkan TCA (Merck) sebanyak 15 g, TBA (Sigma Aldrich) sebanyak 0,38 g, dan BHT (Merck) sebanyak 0,5 g dalam HCl (Merck) dengan konsentrasi 0,025 M sebanyak 100 mL.





### 3.2.2.2 Analisis Kadar MDA

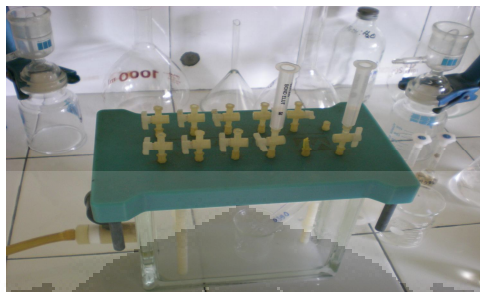
Sampel yang akan diteliti dipisahkan menjadi 3 bagian yaitu tulang, daging, dan kulit dari masing-masing sampel ikan bandeng tanpa iradiasi, dosis 7,5 kGy, dan dosis 15 kGy. Setelah semua terpisah, setiap bagian dari masing-masing dosis dihaluskan dengan *blender*, kemudian ditimbang sebanyak 10 g untuk tulang, kulit dan daging, dan dilarutkan dengan aquades sebanyak 10 mL. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse, disentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 35000 rpm. Larutan disaring dengan kertas saring (*whatman*) supernatan dipisahkan, endapan dibuang. Larutan jernih hasil penyaringan diambil sebanyak 2 mL. Ditambahkan reagen TBA-MDA sebanyak 2 mL, hingga total larutannya 4 mL dan dipanaskan dengan *waterbath* pada suhu 80-100°C selama 15 menit. Endapan yang terbentuk selama pemanasan dipisahkan kembali menggunakan sentrifuse selama 15 menit, lalu didekantasi. Setelah larutan terpisah dari endapannya, maka larutan kompleks MDA-TBA siap untuk dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 532 nm.

### 3.2.3 Analisis Kadar PAH

Sampel bandeng asap yang akan digunakan pada analisis ini adalah bagian daging dan kulit saja. Masing-masing sampel dihaluskan dengan *blender*, lalu ditimbang sebanyak 0,3 g, ditera dengan heksana didalam labu ukur 10 mL. Selanjutnya disiapkan *Solid Phase Extraction* (SPE) dalam manifold, dikondisikan dengan memipet heksana 2 mL kedalam SPE, kemudian dipisahkan dari cairannya.

Kemudian dipipet 1 mL larutan sampel yang telah dilarutkan dengan heksana, kemudian dilewatkan dalam SPE, larutan dibuang. Setelah itu dipipet 3 mL larutan campuran diklorometana dalam heksana, dengan perbandingan 30% diklorometana dalam heksana. Dimasukkan dalam SPE, larutan ditampung dalam tabung reaksi, kemudian dikeringkan dengan menggunakan gas N<sub>2</sub>. Setelah itu dilarutkan dengan menggunakan campuran air asetonitril dengan perbandingan 3:1 sebanyak 500 µL. Larutan siap di injeksikan ke dalam HPLC. (Novelina, 2008). Instrumen yang

digunakan adalah HPLC Shimadzu tipe LC 20 AD, dengan detektor fluorescence, kolom yang digunakan adalah C18-PAH dari waters dengan flowrate 1.5 ml/menit.



Gambar 3.2 Alat SPE dan Manifold

### 3.2.3.1 Pembuatan Deret Standar Benzo(a)pyren dan Benzo(a)Anthracene

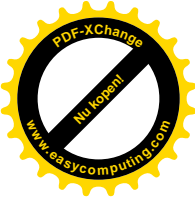
Masing-masing standar Benzo(a)pyren (Sigma Aldrich) ditimbang 0,0012 g dan standar Benzo(a)Anthracene (Sigma Aldrich) sebanyak 0,0012 g. Lalu dilarutkan dengan heksana dalam labu 10 mL (larutan stok standar 1). Kemudian dibuat larutan standar berikutnya dengan memipet 1 mL larutan stok benzo(a)pyren dan benzo(a)antrasen ke dalam labu 10 mL (larutan campuran), kemudian ditera dengan menggunakan heksana (larutan stok standar 2). Selanjutnya dibuat deret standar untuk larutan campuran dengan konsentrasi 0,6 ppb; 1,8 ppb; 3,00 ppb; 4,2 ppb; dan 5,4 ppb. Grafik standar Benzo(a)pyren dan benzo(a)anthracene dapat dilihat pada lampiran 12.

### 3.2.4 Analisis Radikal Bebas dengan ESR

Daging bandeng asap dipisahkan menjadi 5 bagian, yaitu tulang sirip dan tulang ekor, tulang kepala, tulang dalam, kulit dan daging. Sampel bandeng asap yang sudah dipisahkan, dikeringkan menggunakan *freeze dried*. Kemudian dihaluskan dengan *blender* hingga menjadi serbuk. Ditimbang sebanyak 0,3 g, dan dimasukkan ke dalam kuvet ESR. Waktu pengukuran sebagai perlakuan pengamatan masa simpan adalah dengan selang waktu 0, 4, dan 16 minggu. Adapun kondisi yang digunakan pada pengukuran spektrum dengan spektrofotometer ESR yaitu:

*Field Modulation Width : 1x1 mT; Receiver gain: 2,5 x 100; Sweep Width; 2,5 x 10 ± mT; Center Field: 335.6mT; Sweep time: 4*

*sec/360mm; Phase: 0° C; Frekuensi: 9,435Ghz; Power: 1mW; Time constant: 0,03 sec.*



## BAB 4

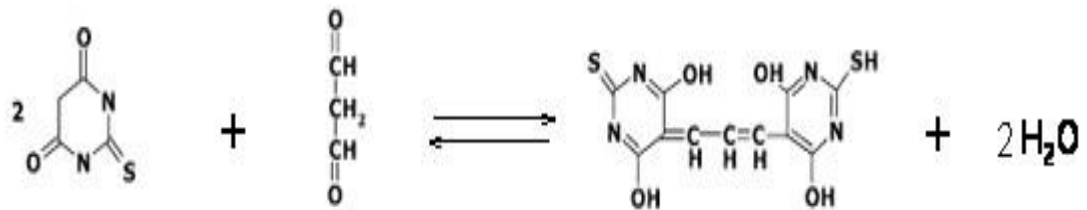
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Malondialdehid (MDA)

Malondialdehid merupakan produk hasil peroksidasi lipid dan sebagai indeks ketengikan oksidatif dalam makanan. Ikan bandeng asap sebagai sampel uji dipisahkan ke dalam 3 bagian yaitu tulang, kulit dan daging. Untuk mengetahui konsentrasi MDA dalam sampel maka itu dibuat deret standar dengan menggunakan larutan *1,1,3,3 Tetra Etoksi Propana* (TEP), deret standar dibuat dengan 7 konsentrasi berbeda yaitu 0 pmol/mL; 25 pmol/mL; 50 pmol/mL; 75 pmol/mL; 100 pmol/mL; 125 pmol/mL; dan 150 pmol/mL, sehingga dihasilkan kurva standar linear .

Dari kurva standar linear didapat persamaan garis lurus  $y=0,005x + 0,006$  dan nilai  $R^2 = 0,9933$ . Kurva standar larutan TEP dan MDA diperlukan untuk mengetahui secara pasti konsentrasi MDA pada sampel

Pada pengukuran sampel daging bandeng asap dilakukan tiga kali ulangan sedangkan pada sampel kulit dan tulang hanya dilakukan satu kali pengukuran sebagai pembanding. Buffer phosphate ini di gunakan untuk menjaga kestabilan pH pada larutan standar. Analisis MDA menggunakan larutan MDA-TBA (Malondialdehid-*Thio Barbituric Acid*) yang terdiri dari HCl 0,025 M yang fungsi memberikan suasana asam, *Tri Chloro Asetat* (TCA) 15% yang berfungsi untuk mengendapkan protein yang terdapat pada sampel ikan bandeng asap, *Butilat Hidroksi Toluene* (BHT) 0,5% sebagai antioksidan. Seluruh sampel yang telah ditambahkan dengan larutan TBA kemudian dipanaskan pada suhu 80-100°C dengan tujuan untuk menghidrolisis peroksida lipid sehingga dapat membebaskan malondialdehid yang terikat pada sampel. Pasca pemanasan sampel disentrifuse untuk memisahkan endapan dari supernatan, kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 532 nm. Prinsip pengukuran ini didasarkan pada reaksi MDA dengan TBA yang akan menghasilkan kompleks berwarna merah muda dalam suasana asam dengan reaksi sebagai berikut:



**Thiobarbituric acid**

**Malondialdehyde**

**MDA-TBA adduct**

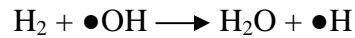


**Merah muda**

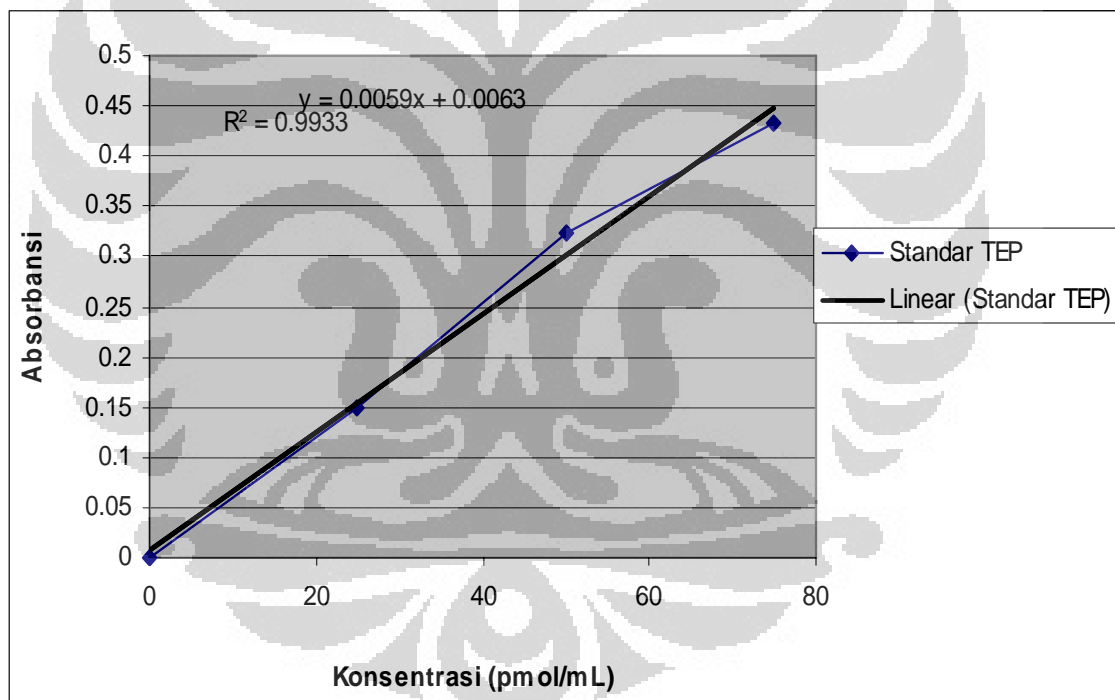
Pada sampel ikan bandeng asap, warna sampel dengan larutan standar tidak sama berwarna merah muda, tetapi berwarna jingga. Hal ini mungkin disebabkan oleh proses oksidasi lemak fase lanjut (terminasi) menghasilkan senyawa-senyawa aldehid seperti 2-enal dan 2-dienal, namun uji TBA ini juga bisa bereaksi dengan senyawa aldehid yang lain, termasuk senyawa fenol pada produk yang diasap. (Raharjo, 2006)

Berdasarkan pengujian dengan ANOVA dengan rentang kepercayaan 95% dan tingkat signifikansi( $\alpha$ ) = 0,05, didapat hasil bahwa  $\acute{\alpha} = 0,00 < \alpha = 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak, lama simpan dan dosis radiasi berpengaruh terhadap konsentrasi MDA pada daging ikan bandeng kontrol dan radiasi. Sedangkan pada kulit didapat hasil  $\acute{\alpha} = 0,725 > \alpha = 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima karena tidak ada pengaruh lama simpan dan dosis radiasi terhadap konsentrasi MDA. Begitu juga pada tulang bandeng asap didapat hasil  $\acute{\alpha} = 0,416 > \alpha = 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima karena tidak ada pengaruh lama simpan dan dosis radiasi terhadap konsentrasi MDA pada tulang bandeng asap. Tabel pengujian Anova disajikan pada lampiran 4, 5, dan 6. Pada produk pangan ikan, terutama ikan bandeng, memiliki kadar air, protein serta lemak yang cukup tinggi. Perlakuan iradiasi pada produk pangan dapat menyebabkan beberapa perubahan pada matriks pangan. Pada umumnya dengan semakin meningkatnya dosis iradiasi, maka perubahan yang terkandung di dalam matriks pangan merupakan hasil dari oksidasi lipid (Diehl, 1990)

Menurut Diehl (1990) radiasi menyebabkan pembentukan MDA, karena adanya molekul air di dalam bahan. Saat terjadinya proses ionisasi maka terbentuklah reaktif spesies dari air, pada umumnya adalah hidrogen peroksida dan radikal hidroksi.



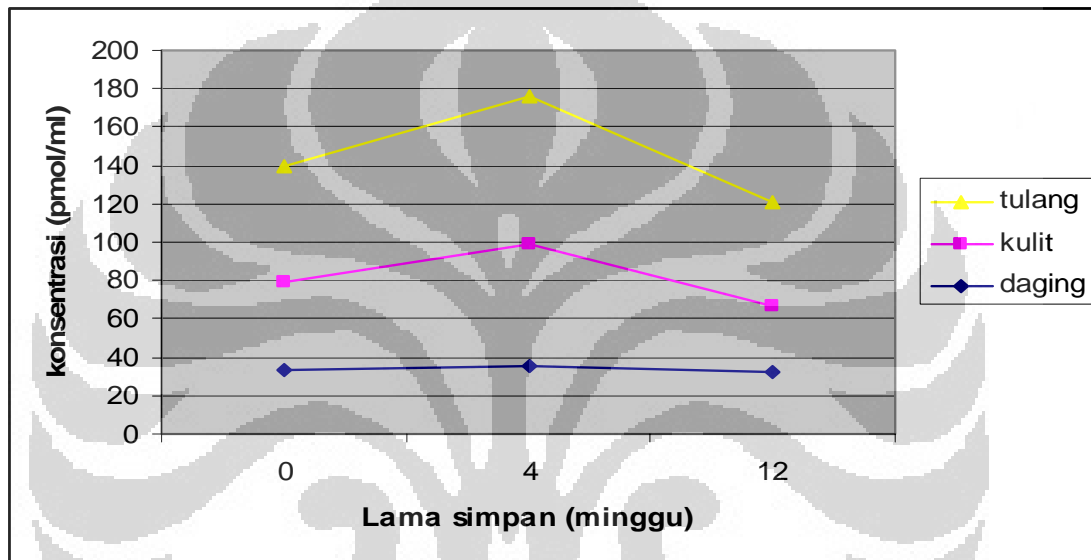
Untuk mengurangi efek iradiasi, maka sampel bandeng asap diiradiasi dalam keadaan beku. Karena suhu dibawah 0°C memberikan efek perlindungan yang kuat terhadap sampel yang di iradiasi. Kadar konsentrasi kematian pada tikus sebesar  $6,32 \times 10^8$  pmol/mL, sementara penelitian mengenai dosis letal pada manusia belum pernah dilakukan (Rachmavika Putri, 2009)



Gambar 4.1 Grafik Leastsquare Standar TEP



Gambar 4.2 Sampel dan standar TEP di panaskan pada suhu 80-100°C



Gambar 4.3 Grafik Hubungan lama simpan dengan kadar MDA

#### 4.2 Analisis *Electronic Spin Resonance* (ESR)

Menurut Suryohudoyo (2000) radikal bebas adalah atom atau molekul (kumpulan atom) yang memiliki elektron yang tak berpasangan (*unpaired electron*). Radikal bebas memiliki dua sifat, yaitu:

1. Reaktivitas tinggi, karena kecenderungan menarik elektron
2. Dapat mengubah suatu molekul menjadi suatu radikal

*Electron Spin Resonance* (ESR) adalah suatu metode spektroskopik yang mampu mendeteksi elektron yang tidak berpasangan. Dengan cara ini dapat mendeteksi keberadaan radikal bebas. Alat ini tidak mampu mendeteksi molekul yang tidak memiliki elektron yang berpasangan, sehingga merupakan metode yang spesifik.



Menurut Diehl (1990) ESR dapat mendeteksi keberadaan elektron tidak berpasangan bahkan dalam konsentrasi paling rendah (sekitar  $10^{-8}$  M). ESR merupakan metode kualitatif, karena tidak dapat menentukan konsentrasi dari radikal bebas yang terdapat pada materi, tetapi bentuk dari sinyal ESR hanya untuk melihat keberadaan radikal bebas pada materi. Sampel yang akan diuji, dibagi menjadi 5 bagian yaitu tulang sirip dan tulang ekor, tulang dalam, tulang kepala, kulit, dan daging. Sampel dikeringkan dengan cara *freeze dried*, lalu dihaluskan sehingga menjadi bentuk serbuk.

Karena memiliki dua sifat di atas, maka tujuan dari iradiasi dalam penelitian ini adalah untuk pengawetan ikan bandeng asap agar dapat di simpan disuhu ruang dan tanpa lemari pendingin. Pada umumnya jumlah radikal bebas pada bahan pangan yang diiradiasi relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan pangan non iradiasi. Kestabilan radikal bebas tergantung pada suhu penyimpanan, semakin rendah suhunya maka radikal bebas akan semakin stabil. Menurut Irawati (2008) Radikal bebas akan terbentuk secara acak, namun aktivitasnya sangat lemah pada suhu rendah sehingga tidak mampu bereaksi. Hal ini kemungkinan terjadi pada bandeng asap yang diiradiasi pada dosis 7,5 kGy dan 15 kGy. Menurut Nilatany, et al (2010) kadar air bandeng asap 50,05 % - 54,50 %. Sehingga menurut Diehl (1990) penurunan radikal bebas sangat tergantung pada keberadaan air, ketika materi tetap dalam keadaan kering sinyal ESR dapat diamati hingga 12 hari setelah iradiasi pada dosis 1 kGy, ini menandakan bahwa difusi radikal bebas dan interaksi dengan materi dapat berlangsung bersamaan dengan molekul pada materi. Berdasarkan uji anova, untuk dosis radiasi terhadap jumlah radikal bebas  $\hat{\alpha} = 0,180 > \alpha = 0,05$  Ho diterima. Sedangkan untuk lama simpan terhadap jumlah radikal bebas didapat  $\hat{\alpha} = 0,001 < \alpha = 0,05$ , Sehingga Ho ditolak. Untuk dosis radiasi dan lama simpan terhadap jumlah radikal bebas didapat  $\hat{\alpha} = 0,082 < \alpha = 0,05$  Ho diterima. Dengan tingkat kepercayaan 95 % kita percaya bahwa Ho tidak ada pengaruhnya antar dosis radiasi dan lama simpan terhadap keberadaan radikal bebas. Tabel pengujian ANOVA dapat dilihat pada lampiran 11

Dari hasil analisa didapat sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data hasil analisa ESR

waktu penyimpanan 0 minggu

Sampel	Bagian	Radikal bebas pada dosis		
		0KGy(cm/g)	7.5KGy(cm/g)	15KGy(cm/g)
Bandeng asap	Daging	89,47	74,07	22,85
	Kulit	186,35	184,2	42,85
	Tulang kepala	152,45	147,28	60,00
	Tulang sirip+ekor	120,10	264,39	111,42
	Tulang Dalam	62,34	107,61	100,00

waktu penyimpanan 4 minggu

Sampel	Bagian	Radikal bebas pada dosis		
		0KGy(cm/g)	7.5KGy(cm/g)	15KGy(cm/g)
Bandeng asap	Daging	31,25	0*	25,71
	Kulit	75,75	121,21	48,71
	Tulang kepala	40,62	43,33	50,00
	Tulang sirip+ekor	53,12	55,88	118,18
	Tulang Dalam	24,24	22,58	40,625

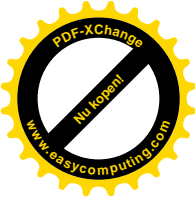
Waktu penyimpanan 16 minggu

Sampel	Bagian	Radikal bebas pada dosis		
		0KGy(cm/g)	7.5KGy(cm/g)	15KGy(cm/g)
Bandeng asap	Daging	165,79	79,41	16,12
	Kulit	144,74	291,18	56,66
	Tulang kepala	321,05	352,94	38,23
	Tulang sirip+ekor	152,63	285,29	68,75
	Tulang Dalam	118,42	217,65	33,33

\* = Tidak Terdeteksi

### 4.3 Analisis Kadar PAH





Poli Aromatik Hidrokarbon adalah senyawa yang terdapat di alam. Merupakan kelompok senyawa yang memiliki berat molekul besar, berbentuk datar, dan memiliki struktur yang didominasi oleh cincin aromatik, khususnya bersifat karsinogenik. PAH bersifat hidrofob (tidak suka akan air) dan tidak memiliki gugus metil atau gugus metil lainnya untuk di ubah menjadi senyawa yang lebih polar. Akibatnya senyawa PAH sangat sulit diekskresi dari dalam tubuh dan biasanya terakumulasi pada jaringan ginjal, hati, maupun adiposa atau lemak tubuh. Sifat karsinogenitas PAH hingga saat ini baru terbukti secara ilmiah pada hewan-hewan percobaan (Mahardini, 1998)

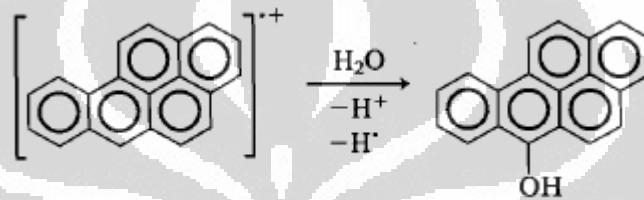
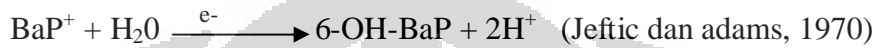
Untuk mengetahui kadar benzo(a)pyren dan benzo(a)anthracene, maka perlu di buat deret standar dengan standar senyawa tunggal benzo(a)pyrene dan benzo(a)anthracene, lalu dibuat deret standar Benzo(a)pyren dan benzo(a)Anthracene. Deret standar benzo(a)pyren dan benzo(a)anthracene dapat dilihat pada lampiran 12

Pada preparasi sampel bandeng asap digunakan *Solid Phase Extraction* (SPE). SPE berfungsi sebagai proses *clean up* sampel atau memisahkan sampel dari zat pengotor. PAH yang terikat di silika dalam SPE diambil dengan larutan diklorometan:hexan 1:3. Setelah itu dipekatan konsentrasinya hingga kering dengan gas  $N_2$ .

Hasil analisis Anova dua arah pada bagian daging bandeng asap untuk kadar benzo(a)pyren didapat  $\alpha = 0,009 > \alpha = 0,005$  sehingga  $H_0$  diterima karena tidak ada pengaruh dosis radiasi dan lama simpan terhadap konsentrasi benzo(a)pyren pada daging bandeng asap. Pada kulit bandeng asap pengujian dengan ANOVA dua arah di dapat  $\alpha = 0,109 > \alpha = 0,005$  sehingga  $H_0$  diterima karena tidak ada pengaruh dosis radiasi dan lama simpan terhadap konsentrasi benzo(a)pyren pada kulit bandeng asap

Sedangkan pada uji anova untuk kadar benzo(a)anthracene pada daging didapat  $\alpha = 0,094 > \alpha = 0,005$  sehingga  $H_0$  diterima karena dosis radiasi dan lama simpan tidak mempengaruhi konsentrasi benzo(a)anthracene. Pada kulit didapat  $\alpha = 0,258 > \alpha = 0,005$  sehingga  $H_0$  diterima karena dosis radiasi dan lama simpan tidak mempengaruhi kadar benzo(a)anthracene. Tabel pengujian anova dapat dilihat pada lampiran 7, 8, 9 dan 10.

Hasil pengujian yang dilakukan di Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor kadar benzo(a)pyren dan benzo(a)anthracene pada dosis 7,5 kGy dan 15 kGy setelah waktu penyimpanan 3 bulan menjadi 0 ppb. Menurut Cataldo dan Keheyan (2005) degradasi PAH disebabkan materi yang diiradiasi dengan sinar gamma akan mengalami radiolisis pada suhu kamar, melalui mekanisme radikal bebas setelah diiradiasi dengan dosis 100 kGy dan kemungkinan reaksi yang terjadi seperti di bawah ini:



Menurut Jeftic dan Adams (1970) benzo(a)pyren akan bereaksi dengan cepat apabila terdapat air pada materi membentuk 6-OH-BaP (Sullivan, 1985). Hal ini mungkin dapat terjadi pada keberadaan PAH disampel bandeng asap, sehingga kadar PAH pada sampel bandeng asap menjadi 0 ppb. Menurut Mahardini (1998) hingga saat ini belum ada informasi ilmiah tentang batasan tingkat kontaminasi senyawa PAH seperti benzo(a)pyren dan benzo(a)Anthracene. Anjuran batas kandungan PAHs oleh *The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* membatasi 0,2 milligrams PAHs per kubik meter udara (0,2 mg/m<sup>3</sup>). *OSHA Permissible Exposure Limit (PEL)* 5 mg/m<sup>3</sup> PAHs untuk mineral oil. Sedangkan *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* menganjurkan jumlah PAH maksimal 0,1 mg/m<sup>3</sup> udara untuk daerah tempat kerja dengan waktu kerja 10 jam/hari dan 40 jam/minggu. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)* merekomendasikan nilai *Minimal Risk Level (MRL)* benzo(a)pyrene pada manusia sebesar 0,01 ppm/kg BB/hari. Sedangkan beberapa Negara telah membatasi jumlah benzo(a) pyrene minimal sebesar 1 ppb untuk bahan pangan yang dipanggang dan diasap. (Mahardini, 1998)



Tabel 4.2 Hasil Pengujian PAH waktu simpan 0 minggu

Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)A		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)
Bandeng asap	Daging	0,084	0,21	0,192
		0,158	0,244	0,195
	Kulit	0,269	0*	0,131
		0,515	0,130	0,145

Tabel 4.3 Hasil Pengujian PAH waktu simpan 4 minggu

Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)P		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)
Bandeng Asap	Daging	0.248	0.718	0.62
		0.487	0.757	0.583
	Kulit	0.743	0*	0.415
		0.165	0.42	0.364
Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)P		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)
Bandeng asap	Daging	0,027	0,041	0,03
		0,027	0,046	0,380
	Kulit	0,906	0,039	0,823
		0,213	0,048	2.,002

Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)A		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)

Bandeng asap	Daging	0*	0*	0*
		0*	0*	0*
	Kulit	0,912	0*	0,310
		0,253	0*	0,339

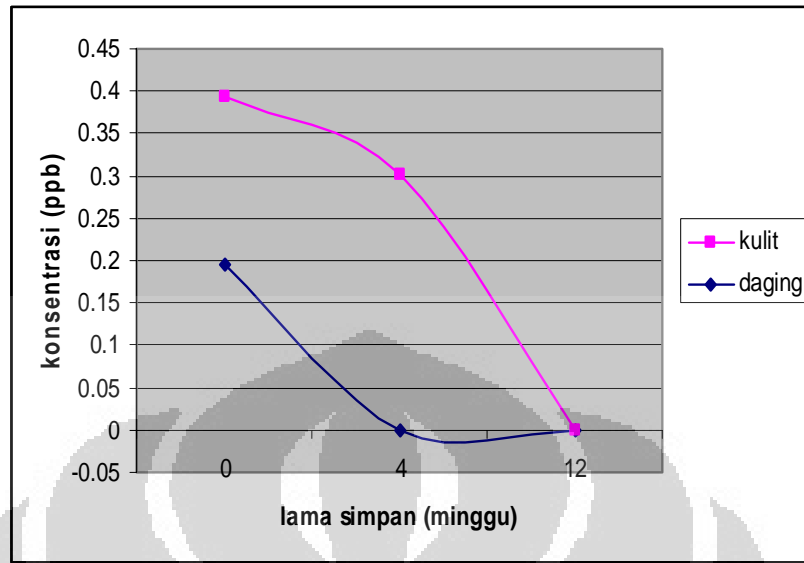
Tabel 4.4 Hasil Pengujian PAH waktu simpan 12 minggu

Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)P		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)
Bandeng asap	Daging	0*	0*	0*
		0*	0*	0*
	Kulit	0*	0*	0*
		0*	0*	0*

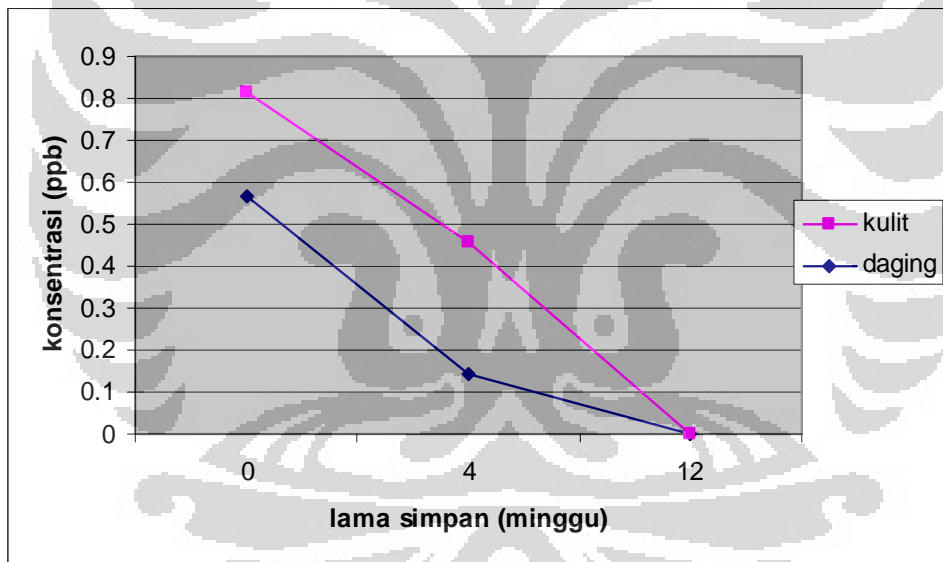
Sampel	Bagian	Konsentrasi B(a)A		
		0KGy(ppb)	7.5KGy(ppb)	15KGy(ppb)
Bandeng asap	Daging	0*	0*	0*
		0*	0*	0*
	Kulit	0*	0*	0*
		0*	0*	0*

\*= Tidak terdeteksi

### 1. Benzo(a)Anthracene



## 2. Benzo(a)Pyren



Gambar 4.4 Grafik Hubungan lama simpan dan konsentrasi Benzo(a)pyren dan Benzo(a)anthracene



## BAB 5

### Kesimpulan Dan Saran

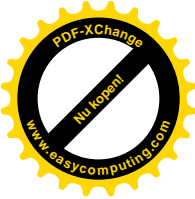
#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa bandeng asap dalam kemasan laminasi *Nylon* atau Poli Etilen (PE) yang diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy dan 15 kGy pada suhu  $-79^{\circ}\text{C}$  adalah :

1. Kandungan malondialdehid pada bandeng asap kemasan yang diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy dan 15 kGy masih di bawah standar batas malondialdehida pada tikus yaitu  $6,32 \times 10^8$  pmol/mL
2. Radiasi dengan dosis 7,5 kGy dan 15 kGy dapat menurunkan kandungan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) pada sampel bandeng asap.

#### 5.2 Saran

Penelitian yang sudah dilakukan hanya sebatas untuk melihat pengaruh iradiasi pengion terhadap penurunan kadar MDA, PAH, dan Radikal bebas, untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai senyawa radiolitik yang terkandung di dalam produk iradiasi, studi toksisitas, penelitian mengenai pengaruhnya terhadap jaminan keamanan bagi konsumen dan sejauh mana pengaruh iradiasi pengion terhadap komposisi senyawa yang terkandung dalam bahan pangan (ikan).



## Daftar Pustaka

- Cataldo, F ; & Keheyan, Y. (2005). Gamma Radiolysis of PolyAromatic Hydrocarbons (PAHs) in Solution. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 267, 3, 679-683
- Diehl, J.F.(1990). Safety of Irradiated Foods. New York. Marcel Dekker, Inc.
- Hodgson, Ernest.(1987). A TextBook of Modern Toxicology. New York. Elsevier Science Publishing
- Hudiyono PWS, Sumi.(1986). Electron Spin Resonance(ESR). Skripsi. Jakarta. Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam. UI
- IAEA.(1999). Facts About Food Irradiation. Austria. International atomic energy Agency
- Irawati, Zubaidah.(2007). Pengembangan Teknologi Nuklir Untuk Meningkatkan Keamanan dan Daya Simpan Bahan Pangan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 3, 2, 41-56
- Irawati, Zubaidah. (2008). Aplikasi Radiasi pengion pada Bumbu Instan. <http://www.foodreview.biz/preview.php?view.&id=55818>
- Jettawatana, Suwimol.(2005). Malondialdehyde a Lipid Oxidation Product. Iowa. Departement Irradiation Oncology. The University Of Iowa
- Johnson, L Edward ; & Stevenson. (1991). Dasar Kromatografi Cair. (Kosasih Padmawinata, Penerjemah). Bandung. Penerbit ITB
- Mahardini, Titin., et al.(1998). Parameter Poly Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Dalam Standarisasi Produk Pangan. Bogor. Balai Besar Industri Agro.
- Margono, Tri., et al.(2000). Buku Panduan Teknologi Pangan, Pusat Informasi Wanita Dalam Pembangunan PDII-LIPI. [http:// www.ristek.go.id/](http://www.ristek.go.id/)
- Mustafa, Dina.(1985). Pengaruh Iradiasi dan Pengemasan Bebas Oksigen Pada Daya Awet Ikan Teri Kering. Skripsi. Jakarta. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UI
- Nilatany, A., et al.(2010). Karakteristik Sifat Fisiko Kimia Ikan Bandeng Presto dan Asap Iradiasi. Jakarta. Pusat Aplikasi dan Radiasi dan Isotop (PATIR)

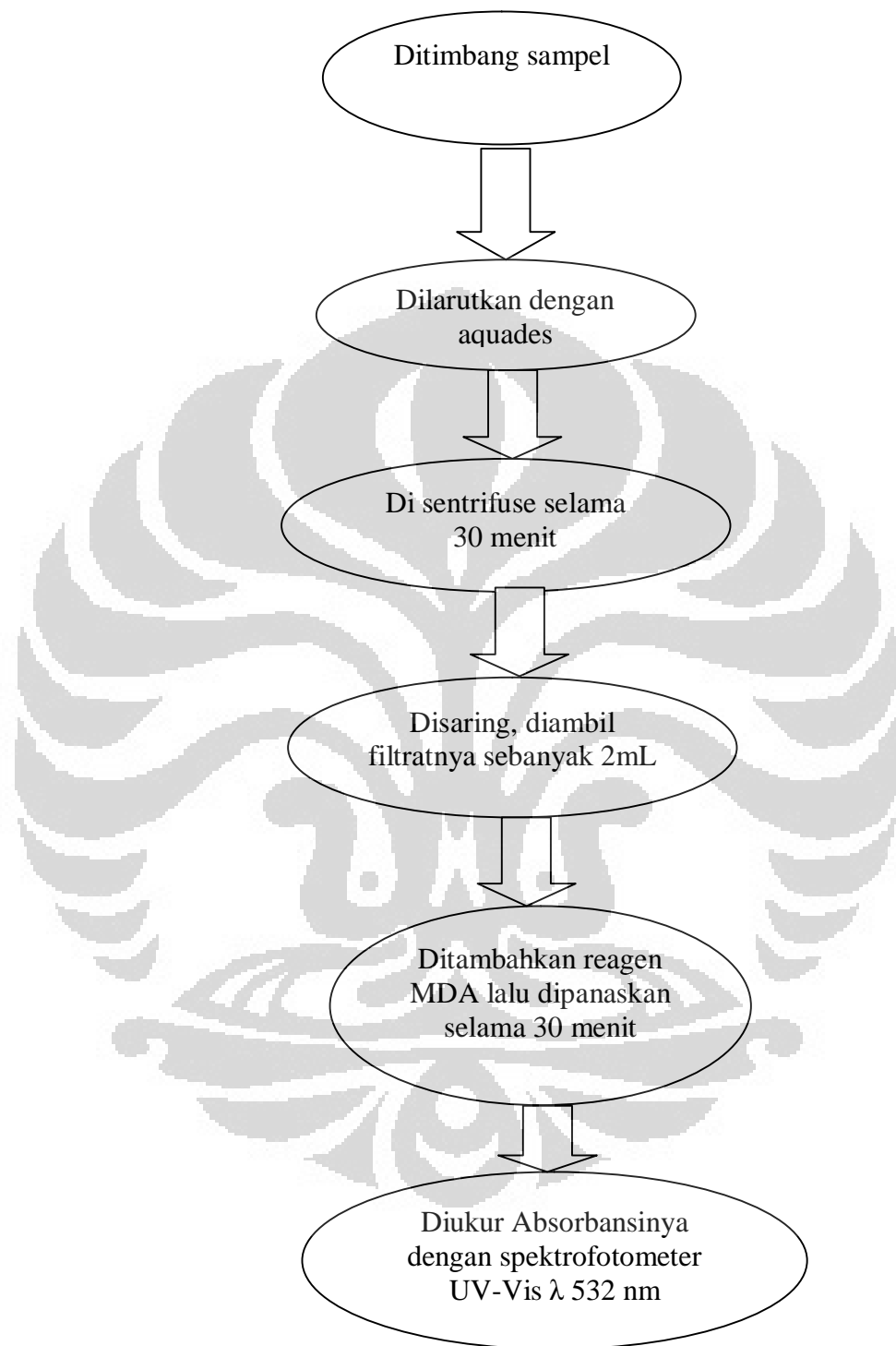


- Novelina, Yusmaria .(2008). Identifikasi Senyawa PAH Benzo(a)Pyren dan Benzo(a)Antracene dalam Asap Cair Hasil Pirolisis Bambu. Tesis. Depok. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UI
- Pertiwi, Kamalita.(2009). Pengaruh Ekstrak Rendang Iradiasi Dosis Tinggi Terhadap Kapasitas Antioksidan, Proliferasi Limfosit dan Hemolisis Eritrosit pada Manusia. Skripsi. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB
- Rachmavika Putri, Kallista.(2009). Proliferasi Limfosit dan Kadar Malonaldehida pada Produk Pepes Ikan Iradiasi. Skripsi. Bogor. Fakultas Pertanian. IPB
- Raharjo, Sri.(2006). Kerusakan Oksidatif Pada Makanan. Yogyakarta. Gajah mada University Press
- Sullivan D, Paul. (1985). Free Radicals of Benzo(a)pyrene and Derivatives. *Journal Environmental Health Persepective*. 64, 283-295
- Supranto, J. (1989). Statistik, Teori dan Aplikasi. Jakarta. Penerbit Erlangga
- Suryohudoyo, Purnomo. (2000). Oksidan, Antioksidan, dan Radikal bebas. Surabaya. Fakultas Kedokteran. UNAIR
- Skema Alat HPLC  
[http:// www.rzbd.haw-hamburg.de/~fsbpa/english/03Atline\\_Monitoring.html](http://www.rzbd.haw-hamburg.de/~fsbpa/english/03Atline_Monitoring.html). 22 Juni 2010. Pukul 19.30 WIB
- Skema Alat Spektrofotometer UV-VIS  
<http://www.files.chem.vt.edu/chem-ed/sp...eam.html>. 6 Maret 2010. Pukul 20.35
- Struktur Benzo(a)Pyren  
[http:// www.ilpi.com/msds/ref/aromatic.html](http://www.ilpi.com/msds/ref/aromatic.html). 25 Februari 2010. Pukul 11.45
- Struktur Benzo(a)Anthracene  
[http://www.restek.com/aoi\\_env\\_A019.asp](http://www.restek.com/aoi_env_A019.asp). 4 Juni, 2010. Pukul 19.00

Lampiran 1.

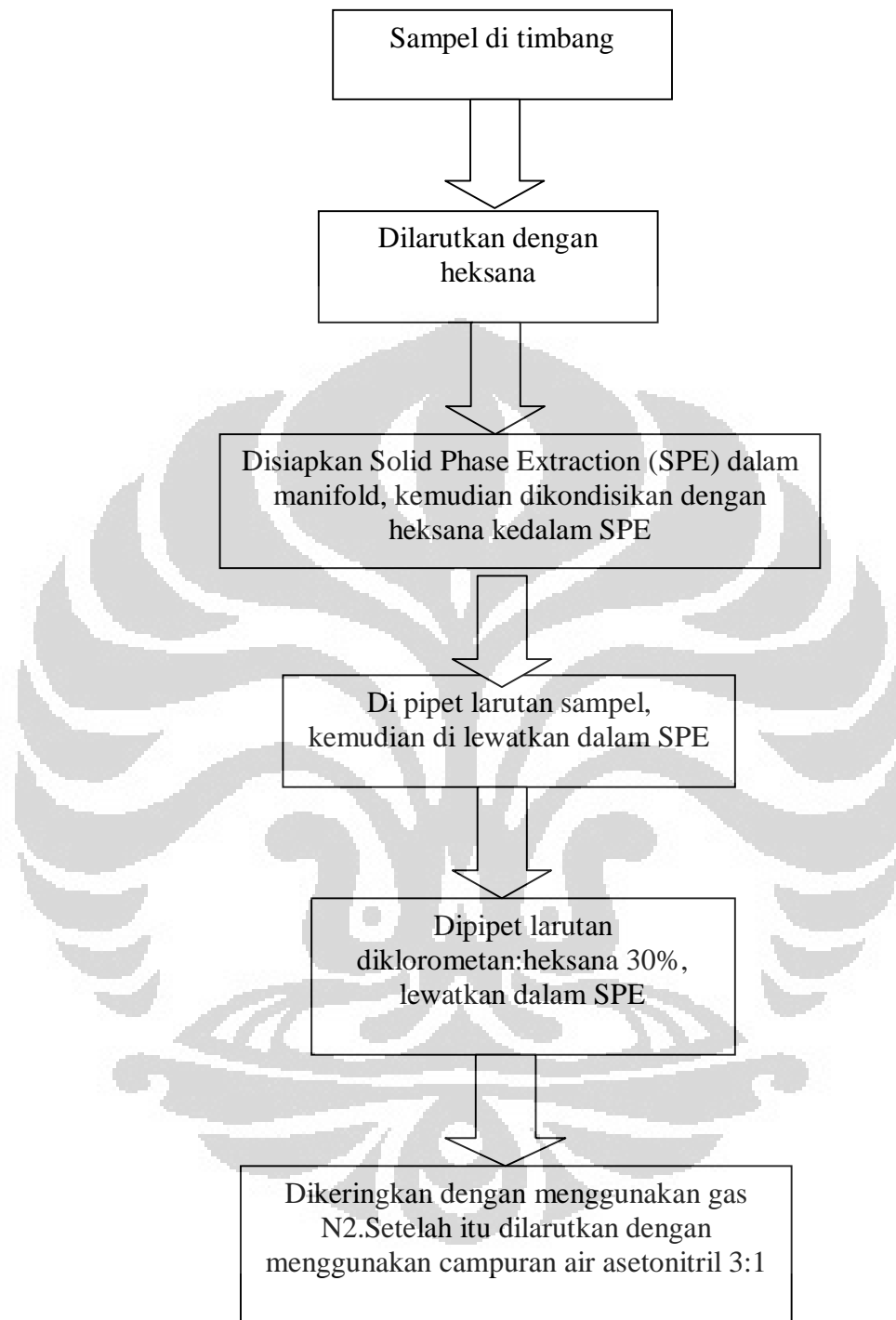
Diagram Alir Analisis MDA





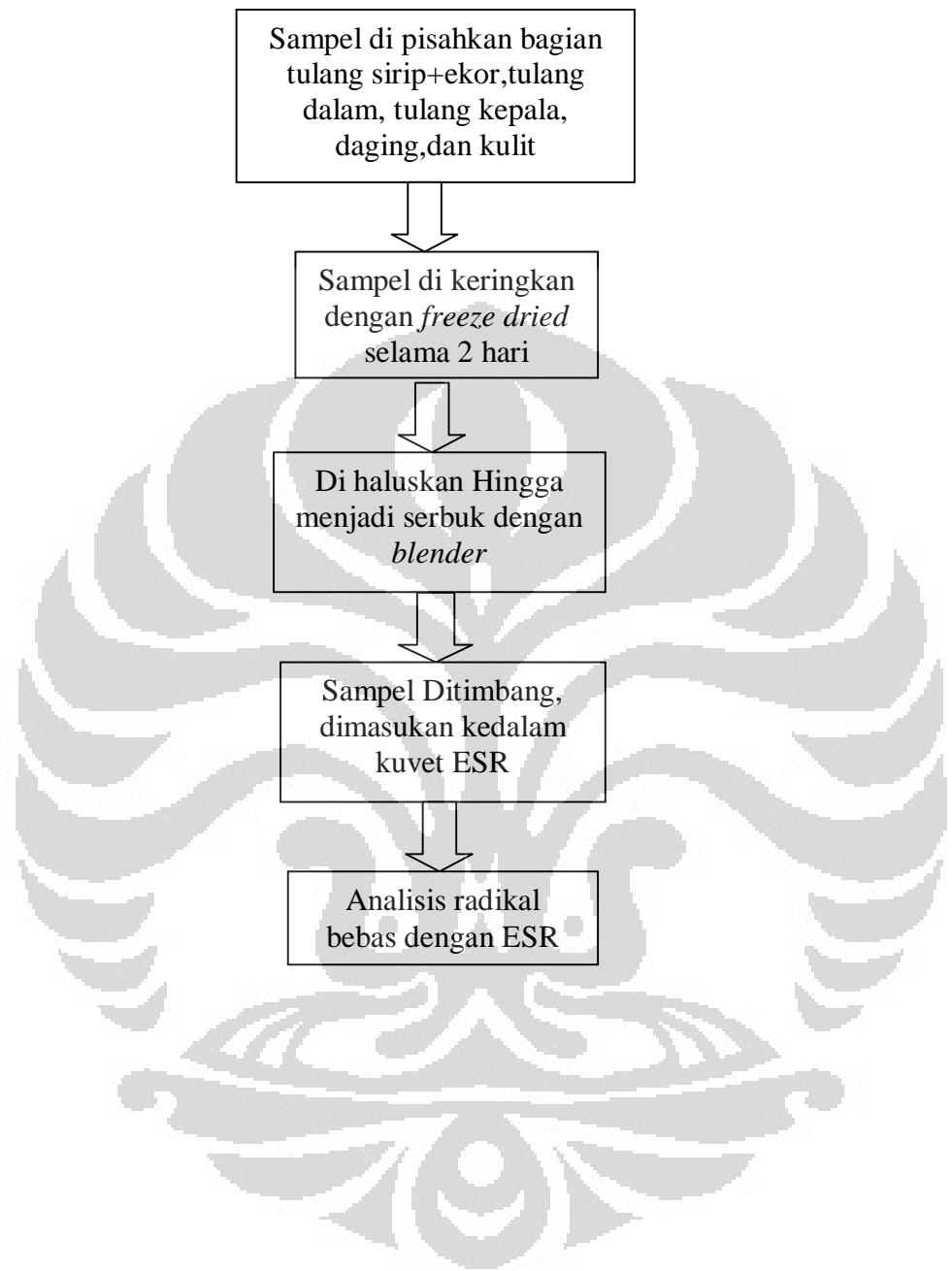
Lampiran 2.

### Diagram Alir Analisis PAH



Lampiran 3.

Diagram Alir Pengukuran Radikal Bebas dengan ESR



Lampiran 4.

Tabel Uji Anova untuk MDA daging



**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradiasi	1	0 KGy	9
	2	7.5 KGy	9
	3	15 KGy	9
lamasimpanan	1	0bulan	9
	2	1bulan	9
	3	3bulan	9

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model <sup>a</sup>	5230.327 <sup>a</sup>	8	653.791	1.015E4	.000
Intercept	58738.883	1	58738.883	9.123E5	.000
dosisradiasi	1034.788	2	517.394	8.036E3	.000
lamasimpanan	3433.566	2	1716.783	2.667E4	.000
dosisradiasi * lamasimpanan	761.973	4	190.493	2.959E3	.000
Error	1.159	18	.064		
Total	63970.369	27			
Corrected Total	5231.486	26			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Lampiran 5.

Tabel uji Anova MDA pada kulit

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradiasi	1	0 kgy	6
	2	7.5 kgy	6
	3	15 kgy	6
lamasimpan	1	0 bulan	6
	2	1 bulan	6
	3	3 bulan	6

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5306.266 <sup>a</sup>	8	663.283	2.792	.074
Intercept	42221.177	1	42221.177	177.719	.000
dosisradiasi	880.390	2	440.195	1.853	.212
lamasimpan	3933.217	2	1966.608	8.278	.009
dosisradiasi * lamasimpan	492.659	4	123.165	.518	.725
Error	2138.153	9	237.573		
Total	49665.596	18			
Corrected Total	7444.419	17			

a. R Squared = .713 (Adjusted R Squared = .457)

Lampiran 6.

Tabel uji ANOVA MDA pada Tulang



**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradiasi	1	0KGy	6
	2	7.5KGy	6
	3	15KGy	5
lamasimpan	1	0bulan	6
	2	1bulan	6
	3	3bulan	5

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2391.126 <sup>a</sup>	8	298.891	4.605	.022
Intercept	20798.735	1	20798.735	320.430	.000
dosisradiasi	890.419	2	445.210	6.859	.018
lamasimpan	1565.402	2	782.701	12.058	.004
dosisradiasi * lamasimpan	411.170	4	102.792	1.584	.268
Error	519.270	8	64.909		
Total	22550.021	17			
Corrected Total	2910.395	16			

a. R Squared = .822 (Adjusted R Squared = .643)

Lampiran 7.

Tabel uji ANOVA Benzo(a)Pyren pada daging

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradias	1	0KGy	6
	2	7.5KGy	6
	3	15KGy	6
lamasimpan	1	0bulan	6
	2	1bulan	6
	3	3bulan	6

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.135 <sup>a</sup>	8	.017	11.623	.001
Intercept	.055	1	.055	38.195	.000
Dosisradias	.008	2	.004	2.766	.116
Lamasimpan	.111	2	.055	38.195	.000
dosisradias * lamasimpan	.016	4	.004	2.766	.094
Error	.013	9	.001		
Total	.203	18			
Corrected Total	.148	17			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .833)

Lampiran 8.

Tabel uji ANOVA Benzo(a)Pyren pada kulit

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradiasi	1	0KGy	6
	2	7.5KGy	6
	3	15KGy	6
lamasimpan	1	0bulan	6
	2	1bulan	6
	3	3bulan	6

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.502 <sup>a</sup>	8	.438	3.860	.030
Intercept	2.093	1	2.093	18.457	.002
dosisradiasi	.976	2	.488	4.303	.049
lamasimpan	1.355	2	.678	5.974	.022
dosisradiasi * lamasimpan	1.171	4	.293	2.582	.109
Error	1.021	9	.113		
Total	6.616	18			
Corrected Total	4.523	17			

a. R Squared = .774 (Adjusted R Squared = .574)

Lampiran 9.

Tabel uji ANOVA Benzo(a)Anthracene pada daging



**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradias	1	0KGy	6
	2	7.5KGy	6
	3	15KGy	6
lamasimpan	1	0bulan	6
	2	1bulan	6
	3	3bulan	6

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.135 <sup>a</sup>	8	.017	11.623	.001
Intercept	.055	1	.055	38.195	.000
dosisradias	.008	2	.004	2.766	.116
lamasimpan	.111	2	.055	38.195	.000
dosisradias * lamasimpan	.016	4	.004	2.766	.094
Error	.013	9	.001		
Total	.203	18			
Corrected Total	.148	17			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .833)

Lampiran 10.

Tabel uji ANOVA Benzo(a)Anthracene pada kulit

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
dosisradias	1	0KGy	6
	2	7.5KGy	6
	3	15KGy	6
lamasimpan	1	0bulan	6
	2	1bulan	6
	3	3bulan	6

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: konsentrasi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.742 <sup>a</sup>	8	.093	3.255	.049
Intercept	.501	1	.501	17.600	.002
dosisradias	.277	2	.139	4.865	.037
lamasimpan	.283	2	.142	4.970	.035
dosisradias * lamasimpan	.181	4	.045	1.592	.258
Error	.256	9	.028		
Total	1.499	18			
Corrected Total	.998	17			

a. R Squared = .743 (Adjusted R Squared = .515)

Lampiran 11

Tabel Uji Anova Radikal Bebas



### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
dosisradiasi	1	0KGy	10
	2	7.5KGy	10
	3	15KGy	10
lamasimpan	1	0bulan	15
	2	1bulan	15

### Tests of Between-Subjects Effects

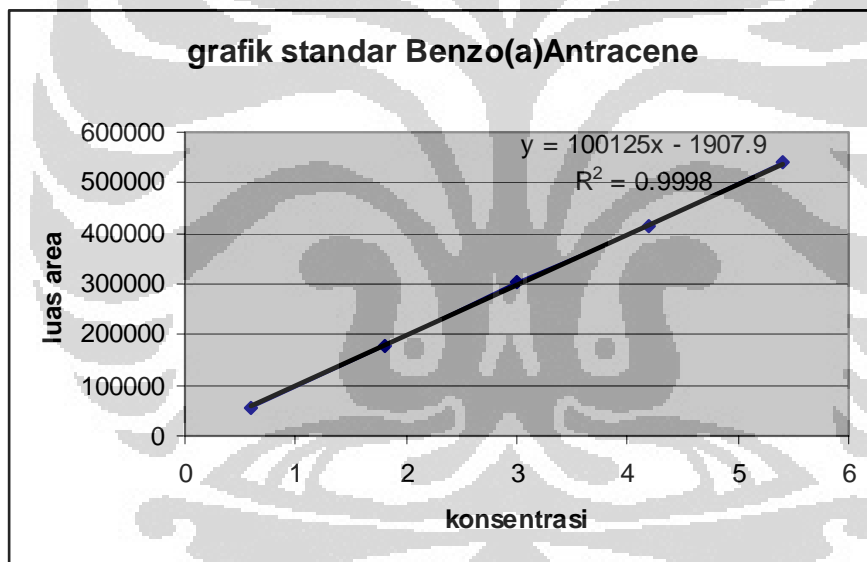
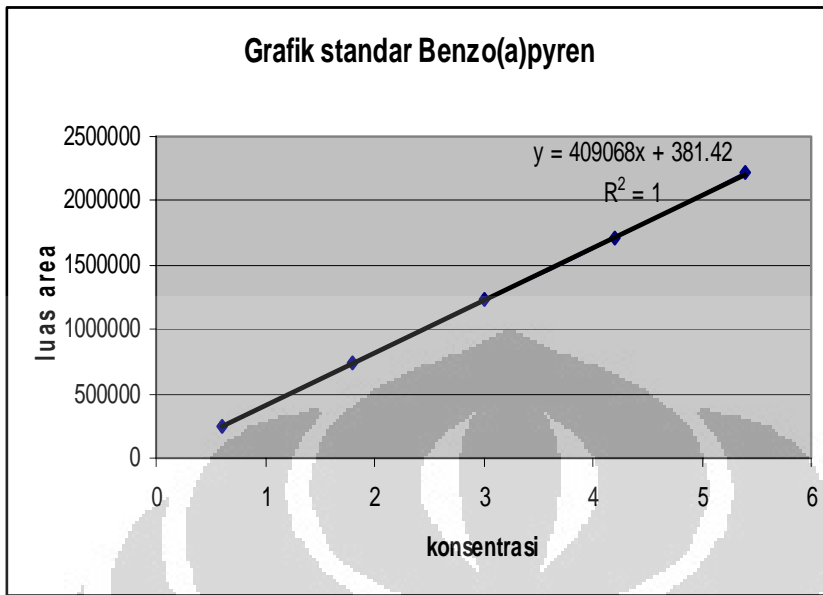
Dependent Variable:radikalbebas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51767.292 <sup>a</sup>	5	10353.458	4.764	.004
Intercept	204449.109	1	204449.109	94.082	.000
dosisradiasi	8023.691	2	4011.846	1.846	.180
lamasimpan	31633.898	1	31633.898	14.557	.001
dosisradiasi * lamasimpan	12109.703	2	6054.851	2.786	.082
Error	52154.416	24	2173.101		
Total	308370.817	30			
Corrected Total	103921.708	29			

a. R Squared = .498 (Adjusted R Squared = .394)

## Lampiran 12

### Grafik Standar Benzo(a)pyren dan Benzo(a) Antrcene



Lampiran 13

Hasil Pengujian MDA

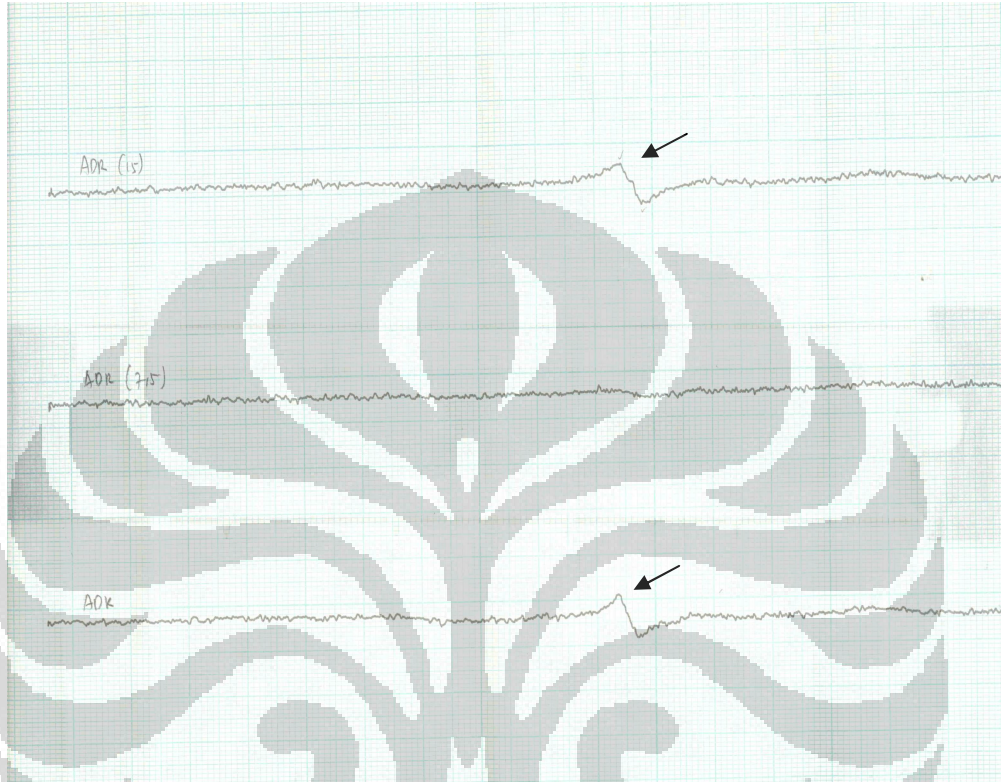
MDA(Kulit Bandeng)	Dosis		
	0Kgy	7.5KGy	15KGy
0 minggu	32.502 (pmol/ml)	35.608 (pmol/ml)	36.643 (pmol/ml)
1 minggu	55.842 (pmol/ml)	56.003 (pmol/ml)	78.993 (pmol/ml)
12 minggu	57.014 (pmol/ml)	81.59 (pmol/ml)	93.546 (pmol/ml)

MDA (Daging bandeng)	Dosis		
	0 kGy	7.5 Kgy	15 Kgy
0 minggu	31.051 (pmol/ml)	33.023 (pmol/ml)	34.563 (pmol/ml)
1 minggu	29.79 (pmol/ml)	46.857 (pmol/ml)	62.992 (pmol/ml)
12 minggu	55.353 (pmol/ml)	62.165 (pmol/ml)	63.985 (pmol/ml)

MDA(Tulang Bandeng)	Dosis		
	0 kGy	7.5 Kgy	15 Kgy
0 minggu	30.639 (pmol/ml)	32.399 (pmol/ml)	32.709 (pmol/ml)
1 minggu	21.115 (pmol/ml)	38.318 (pmol/ml)	44.909 (pmol/ml)
12 minggu	46.386 (pmol/ml)	49.043 (pmol/ml)	67.143 (pmol/ml)

## Lampiran 14

Spektrum ESR untuk daging bandeng asap radiasi dosis 15 kGy dan 7,5 kGy, dan kontrol. Masa simpan 4 minggu



Keterangan :

ADR (15) = Asap Daging Radiasi 15 kGy

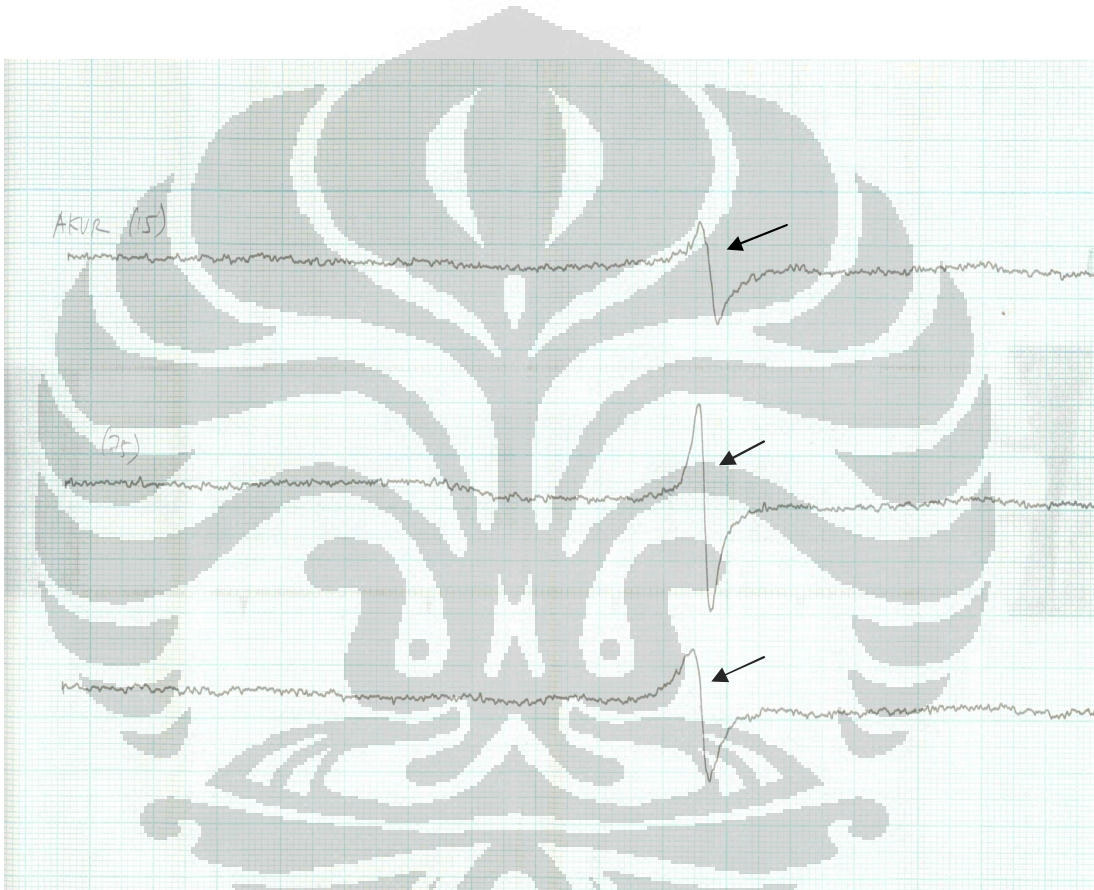
ADR (7,5) = Asap Daging Radiasi 7,5 kGy

ADK = Asap Daging Kontrol

→ = Radikal Bebas

### Lampiran 15

Spektrum ESR untuk kulit bandeng asap radiasi dosis 15 kGy dan 7,5 kGy, dan kontrol. Masa simpan 4 minggu



Keterangan :

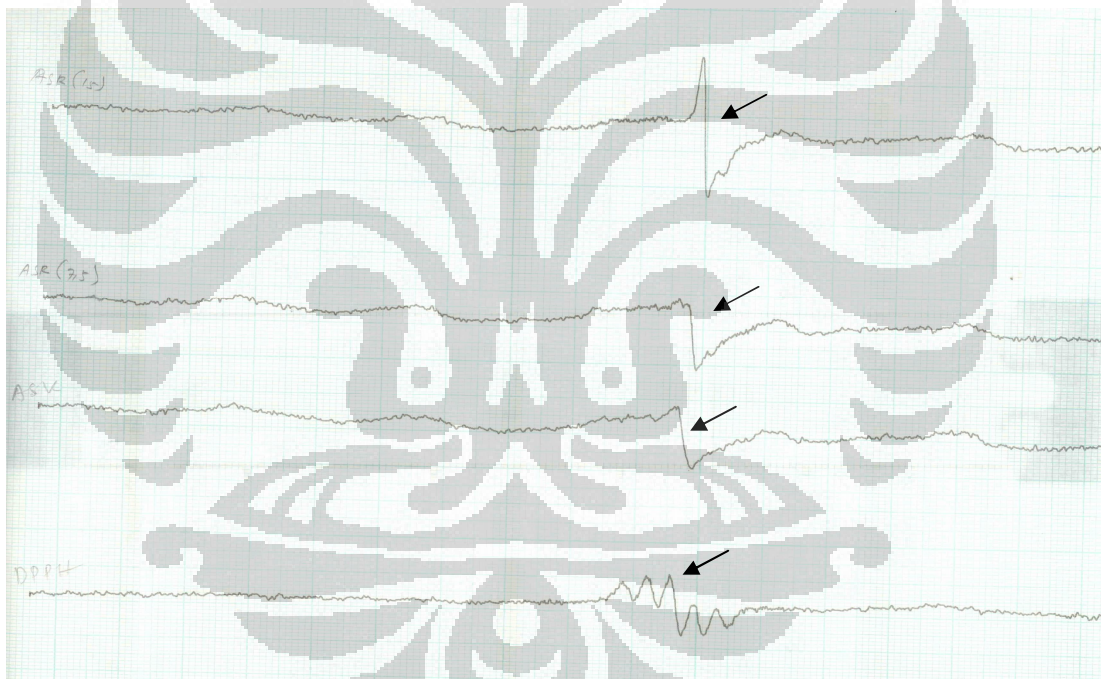
AKUR (15) = Asap Kulit Radiasi 15 kGy

AKUR (7,5) = Asap Kulit Radiasi 7.5 kGy

→ = Radikal bebas

Lampiran 16

Spektrum ESR untuk tulang sirip dan tulang ekor asap radiasi dosis 15 kGy, 7,5 kGy, dan kontrol. Masa simpan 4 minggu



Keterangan :

ASR (15)

= Asap Sirip dan Ekor Radiasi 15 kGy

ASR (7,5)

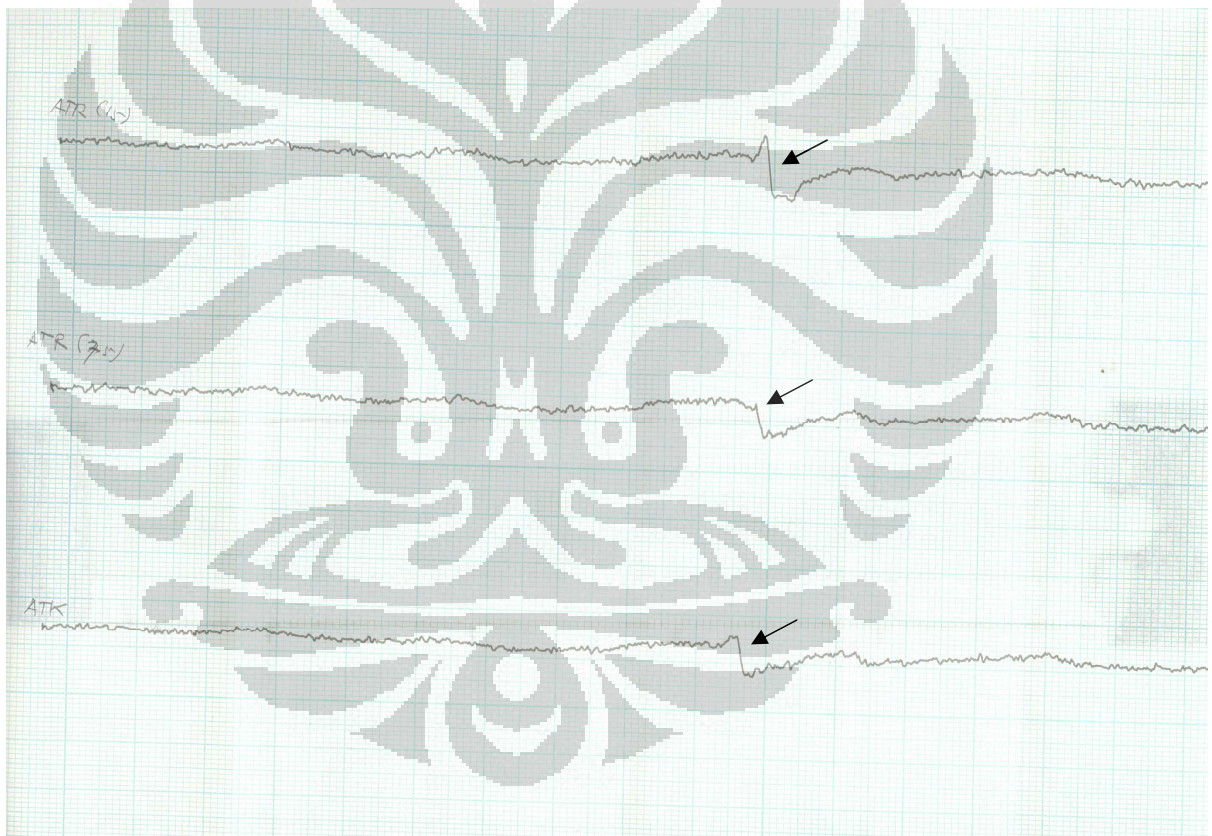
= Asap Sirip dan Ekor Radiasi 7,5 kGy



ASK = Asap Sirip dan Ekor Kontrol  
DPPH (Diphenyl Picryl Hidrazil) = Standar Radikal Bebas  
→ = Radikal Bebas

### Lampiran 17

Spektrum ESR untuk tulang dalam asap radiasi dosis 15 kGy, 7,5 kGy, dan kontrol.  
Masa simpan 4 minggu



### Keterangan :

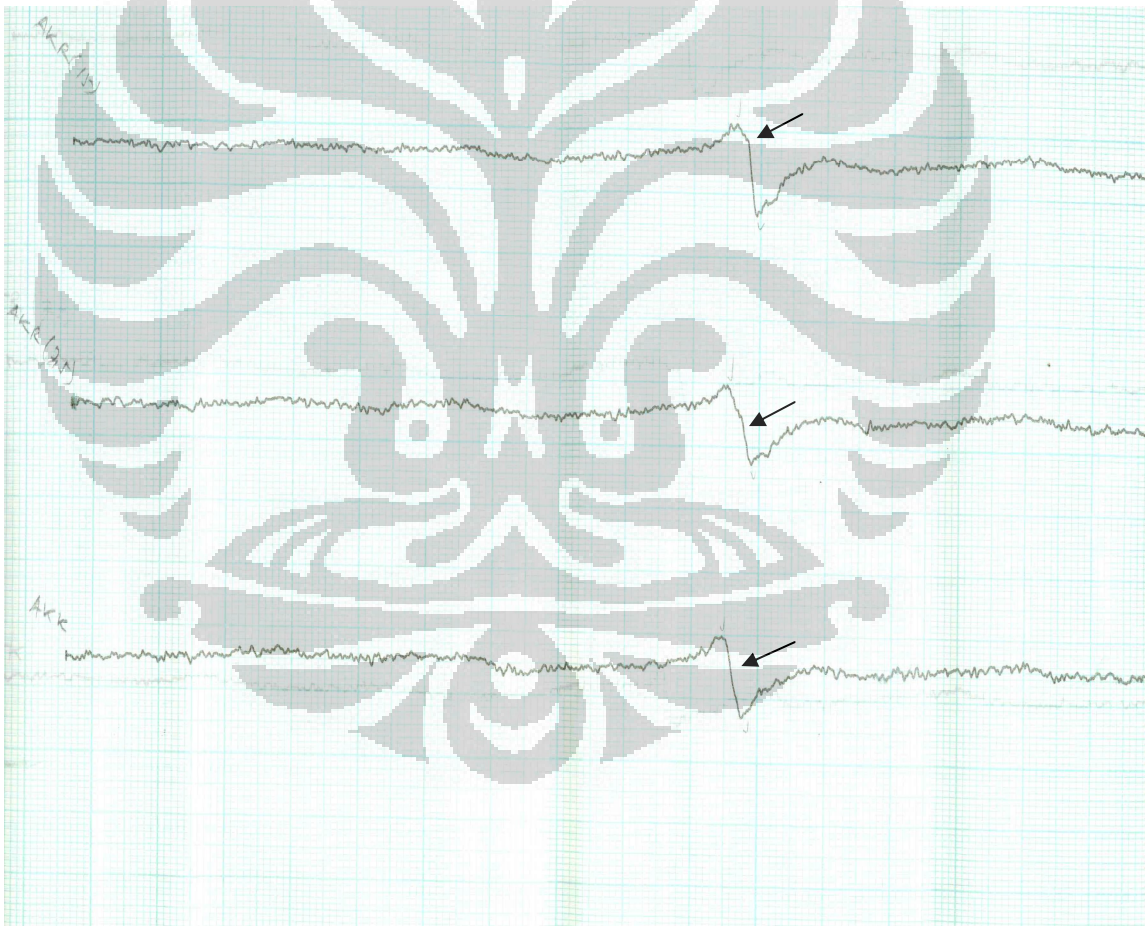
ATR (15) = Asap Tulang Radiasi 15 kGy  
ATR (7,5) = Asap Tulang Radiasi 7,5 kGy  
ATK = Asap Tulang Kontrol

→ = Radikal Bebas

### Lampiran 18

Spektrum ESR untuk tulang kepala asap radiasi dosis 15 kGy, 7,5 kGy, dan kontrol.

Masa simpan 4 minggu



Keterangan :

AKR (15) = Asap Tulang Kepala Radiasi 15 kGy

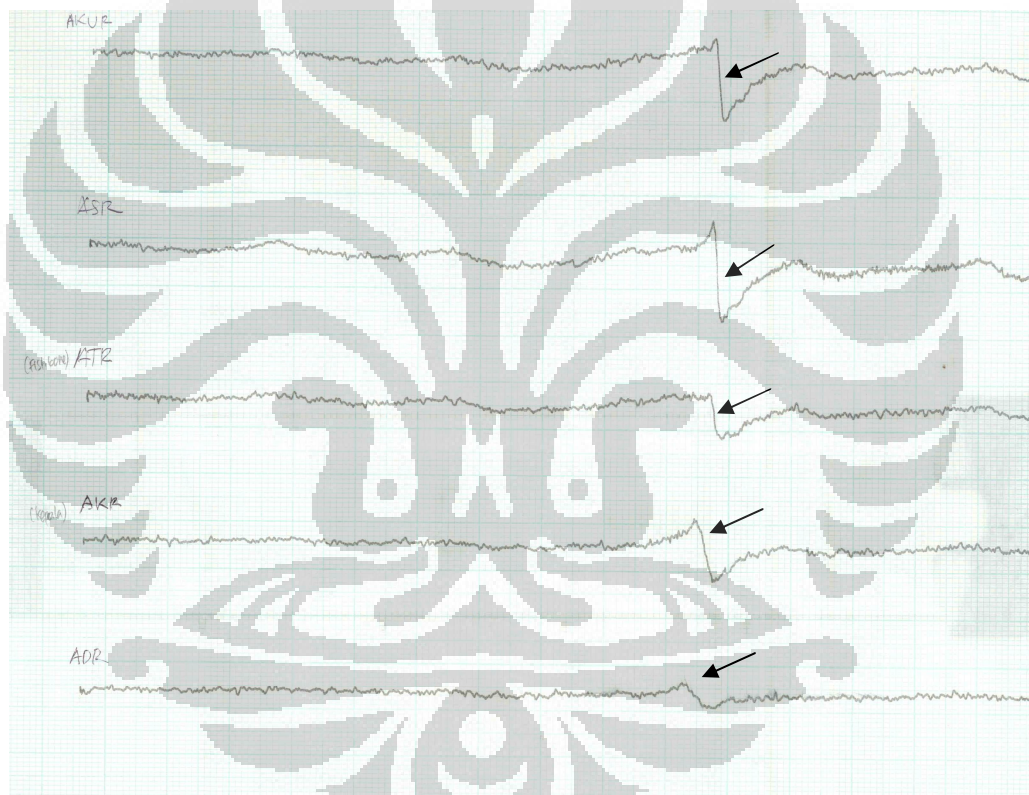
AKR (7,5) = Asap Tulang Kepala Radiasi 7,5 kGy

AKK = Asap Tulang Kepala Kontrol

→ = Radikal Bebas

### Lampiran 19

Spektrum ESR dosis 15 kGy. Masa simpan 12 minggu



#### Keterangan :

AKUR = Asap Kulit Radiasi

ASR = Asap Sirip dan Ekor Radiasi

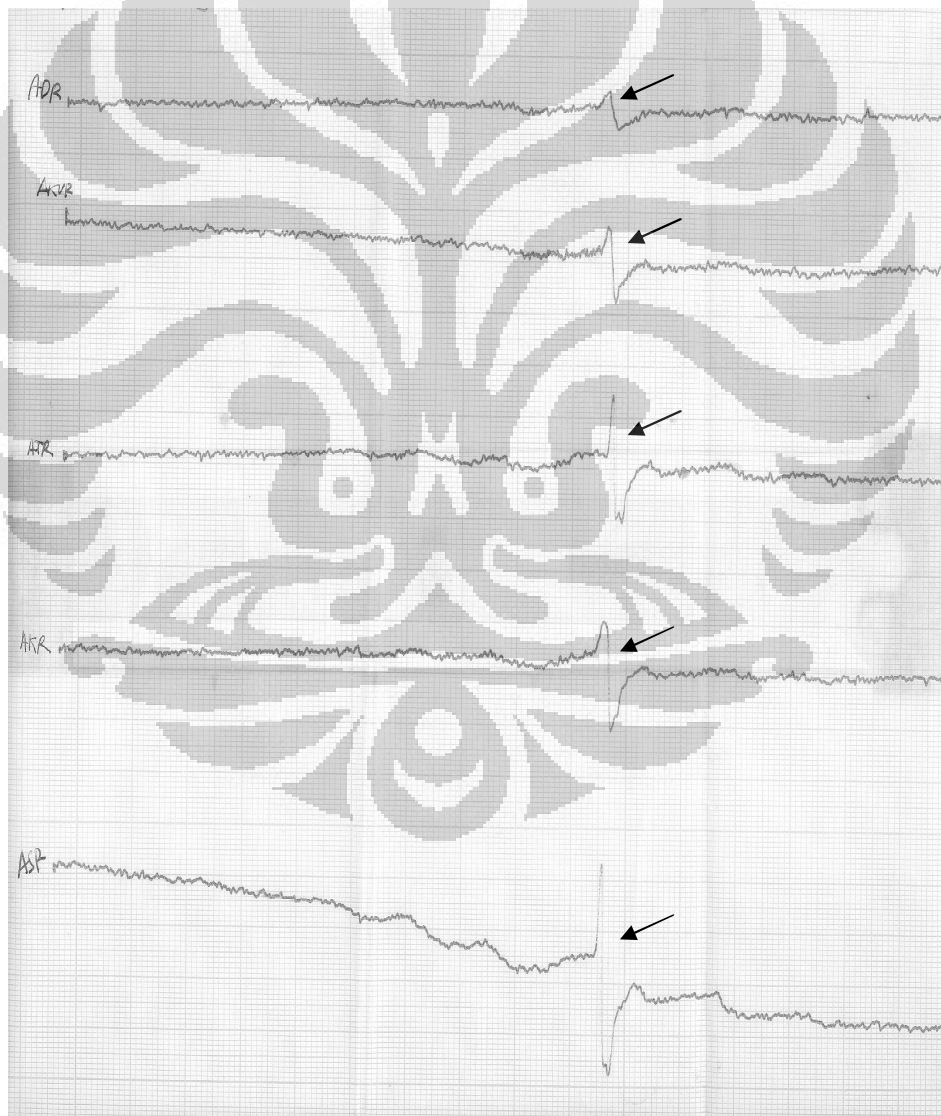
ATR = Asap Tulang Dalam Radiasi

AKR = Asap Tulang Kepala Radiasi

ADR = Asap Daging Radiasi  
→ = Radikal Bebas

Lampiran 20

Spektrum ESR dosis 15 kGy. Masa simpan 0 minggu



- AKUR = Asap Kulit Radiasi
- ASR = Asap Sirip dan Ekor Radiasi
- ATR = Asap Tulang Dalam Radiasi
- AKR = Asap Tulang Kepala Radiasi
- ADR = Asap Daging Radiasi
- = Radikal Bebas

