

**PENGARUH PEMBERIAN BUAH MANGGIS, BUAH SIRSAK
DAN KUNYIT TERHADAP KANDUNGAN RADIKAL BEBAS
PADA DAGING SAPI YANG DIRADIASI DENGAN SINAR
GAMMA**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**FIFIT FAJRIAN FAUZIAH
0810933019-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMBERIAN BUAH MANGGIS, BUAH SIRSAK
DAN KUNYIT TERHADAP KANDUNGAN RADIKAL BEBAS
PADA DAGING SAPI YANG DIRADIASI DENGAN SINAR
GAMMA**

Oleh :
FIFIT FAJRIAN FAUZIAH
0810933019-93

Setelah dipertahankan di depan MajelisPenguji
Pada tanggal:
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar sarjana sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Unggul P. Juswono, M. Sc
NIP.196501111990021002

Sri Herwiningsih, M.App.Sc
NIP. 198310192006042002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Drs. Adi Susilo, M.Si.,PhD.
NIP. 19631227.1991031.002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : FIFIT FAJRAN FAUZIAH

NIM : 0810933019-93

Jurusan : FISIKA

Penulis Tugas Akhir Berjudul :

**PENGARUH PEMBERIAN BUAH MANGGIS, BUAH SIRSAK
DAN KUNYIT TERHADAP KANDUNGAN RADIKAL
BEBAS PADA DAGING SAPI YANG DIRADIASI
DENGAN SINAR GAMMA**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka tugas akhir ini semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila kemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, januari 2013

Yang menyatakan,

FIFIT FAJRAN FAUZIAH

0810933019-93

PENGARUH PEMBERIAN BUAH MANGGIS, BUAH SIRSAK DAN KUNYIT TERHADAP KANDUNGAN RADIKAL BEBAS PADA DAGING SAPI YANG DISINARI DENGAN RADIASI GAMMA

ABSTRAK

Daging yang disinari radiasi gamma diketahui akan mengalami ionisasi sehingga jaringan pada daging mengalami kerusakan akibat timbulnya radikal bebas. Salah satu kerusakan yang dapat terjadi adalah kerusakan pada molekul protein, lipid, karbohidrat dan lemak. Oleh sebab itu, diperlukan suatu penelitian pengaruh pemberian buah manggis, buah sirsak dan kunyit (sebagai antioksidan) dalam mempertahankan jaringan daging sapi.

Pada penelitian ini, digunakan sampel berupa daging tanpa antioksidan dan daging dengan ditambahkan antioksidan kemudian diradiasi menggunakan unsur radioaktif Cs-137 dan Co-60. Kedua jenis sampel tersebut kemudian diuji dengan menggunakan ESR Leybold-Heracus untuk menganalisa kandungan radikal bebas.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan buah manggis, buah sirsak dan kunyit berpengaruh terhadap pertahanan nilai kandungan radikal bebas daging sapi. Karena antioksidan pada buah manggis memiliki kandungan xanthone, buah sirsak memiliki kandungan vitamin C dan kunyit memiliki kandungan kurkuminoid. Keadaan ini menunjukkan bahwa buah manggis, buah sirsak dan kunyit merupakan suatu antioksidan yang cukup baik dalam menangkal radikal bebas.

Kata kunci : daging sapi, radiasi, radikal bebas, antioksidan, buah manggis, buah sirsak dan kunyit.

GIVING EFFECT OF MANGOSTEEN FRUIT, SOURSOP FRUIT TURMERIC AND CONTENT OF FREE RADICALS IN BEEF FILLET IRRADIATED WITH GAMMA RADIATION

ABSTRACT

The meat that is irradiated by gamma radiation is known to be ionized, so that the tissue in meat is damaged by the emergence of free radicals. One of the damaging that may occur is damaging of protein molecules, lipids, carbohydrates and fats. Therefore, a study of the effects of mangosteen fruit, soursop fruit and turmeric (an antioxidant) in maintaining network beef is to be alone.

In this study, the sample which was lean meat added by antioxidant, were irradiated using radioactive elements Cs-137 and Co-60. Both types of that samples by ESR Leybold-Heraeus to analyze the content of free radicals.

The result shows that the addition of the mangosteen fruit, soursop fruit and turmeric effect on the defense of the free radical content of beef. Because antioxidant in the mangosteen fruit contains of xanthone, soursop fruit contains of vitamin C and saffron contains of curcuminoid. This conditions shows that the mangosteen fruit, soursop fruit and turmeric is an antioxidant which is good enough in warding off free radicals.

Keywords: beef, radiation, free radicals, antioxidants, mangosteen, soursop fruit and saffron.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Buah Manggis, Buah Sirsak dan Kunyit Terhadap Kandungan Radikal Bebas Pada Daging Sapi Yang Diradiasi Dengan sinar Gamma“ dengan sebaik-baiknya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan program pendidikan Sarjana pada Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu tercinta atas doa dan dukungannya yang tak pernah putus.
2. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Drs. Unggul P. Juswono, M. Sc, selaku dosen pembimbing I atas arahan, saran, bimbingan serta waktu yang telah diberikan kepada penulis.
4. Ibu Sri Herwiningsih, S.Si, M.App.Sc selaku dosen pembimbing II atas arahan, saran, bimbingan serta waktu yang telah diberikan kepada penulis.
5. Kakak iza, adik iqbal dan adik lubna atas dukungan dan doanya.
6. Mas wimar yang selalu mendukung dan membimbing selama penulis menempuh pendidikan hingga selesainya tugas akhir ini.
7. Bapak dan ibu dosen staf pengajar, laboran, dan karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
8. Segenap dosen Fakultas MIPA khususnya Jurusan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya.
9. Pak Syahri, Pak Rahman, Pak Roby, Pak Agus, Pak Yadi, pakWahyudi, Pak Susilo, Pak Purdan seluruh karyawan Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA yang sangat membantu dalam berbagai urusan administrasi.

10. Sahabat saya Desi, Riga, Fitri, Ririn, Fika, Nia, Arin, Hana, Sinta, Yori yang selalu bersama dalam berjuang mulai semester awal.
11. Teman-teman Jurusan Fisika Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2008, terima kasih atas kebersamaan dan kekompakan selama ini, semoga terus terjalin.
12. Teman-temandika, ella, yayuk, zaskia, fara, ainidan yang tidaktersebutnamanya selalu memberikan semangat dan dukungan.
13. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis juga mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini banyak melakukan kesalahan yang tidak disengaja. Oleh karena itu, kritik dan saran demi penyempurnaan Tugas Akhir ini sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin

Malang, januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Daging Sapi.....	5
2.2 Antioksidan.....	6
2.3 Buah Manggis.....	8
2.3.1 Manfaat Buah Manggis.....	9
2.3.2 Kandungan Gizi Buah Manggis.....	11
2.4 Buah Sirsak.....	11
2.4.1 Kandungan Gizi Buah Sirsak.....	12
2.4.1 Manfaat Buah Sirsak.....	14
2.5 Kunyit.....	14
2.6 Radikal Bebas.....	17
2.6.1 Bahaya Radikal Bebas.....	18
2.6.2 Sifat Radikal Bebas.....	19
2.7 Radiasi.....	20
2.7.1 Dosis Radiasi.....	22
2.8 Interaksi Radiasi Sinar Gamma Dengan Materi.....	25
2.9 Elektron Spin Resonance (ESR).....	29

2.9.1 Metode DPPH	33
2.9.2 Spin Elektron	34
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	37
3.3 Metode Penelitian.....	37
3.3.1 Persiapan Alat	39
3.3.2 Persiapan Bahan.....	40
3.3.3 Penyinaran Radiasi Gamma terhadap Daging Sapi	40
3.3.4 Sampel yang Diamati	40
3.3.5 Penyinaran Radiasi Sinar Gamma.....	41
3.3.6 Uji ESR Leybold-Heracus	41
3.3.7 Analisa Data.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kalibrasi Alat	43
4.2 Penentuan Jenis Radikal Bebas dan Frekuensi Resonansi pada daging.....	44
4.3 Analisis Radikal Bebas Pada Daging yang Disinari Radiasi Gamma Tanpa Antioksidan.....	45
4.4 Analisis Radikal Bebas Pada Daging yang Disinari Radiasi Gamma dan dicampur dengan Antioksidan	48
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Daging Sapi 5
Gambar 2.2	Buah Manggis..... 8
Gambar 2.3	Buah Sirsak..... 12
Gambar 2.4	Kunyit..... 15
Gambar 2.5	Struktur kimia komponen utama rimpang kunyit..... 15
Gambar 2.6	Mekanisme Inisiasi..... 17
Gambar 2.7	Mekanisme Propagasi..... 18
Gambar 2.8	Daya tembus Alpha, Beta, Gamma dan Neutron..... 21
Gambar 2.9	Mekanisme terjadinya efek fotolistrik..... 26
Gambar 2.10	Mekanisme terjadinya hamburan compton..... 26
Gambar 2.11	Proses terjadinya produksi pasangan..... 28
Gambar 2.12	Proses terjadinya pemisahan pasangan..... 29
Gambar 2.13	Perbedaan level energi medan magnet 33
Gambar 2.14	Reaksi DPPH dengan antioksidan 34
Gambar 2.15	Elektron yang bergerak..... 35
Gambar 3.1	Diagram Alir kerja penelitian 38
Gambar 3.2	Rangkaian Alat ESR Leybold-Heracus 39
Gambar 4.1	Resonansi DPPH 44
Gambar 4.2	Resonansi pada daging mentah..... 44
Gambar 4.3	Resonansi daging yang diradiasi sinar gamma selama 30 menit..... 47
Gambar 4.4	Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi..... 49
Gambar 4.5	Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO ₄ - daging sapi akibat radiasi 49
Gambar 4.6	Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas O ₂ daging sapi akibat radiasi 50

Gambar 4.7	Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO ₄ - daging sapi akibat radiasi.....	50
Gambar 4.8	Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi.....	51
Gambar 4.9	Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas karbon daging sapi akibat radiasi	51
Gambar 4.10	Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas O ₂ ⁻ daging sapi akibat radiasi	52
Gambar 4.11	Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas karbon daging sapi akibat radiasi	52
Gambar 4.12	Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO ₄ -daging sapi akibat radiasi	53
Gambar 4.13	Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas O ₂ ⁻ daging sapi akibat radiasi	53
Gambar 4.14	Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi	54
Gambar 4.15	Struktur kimia xanthone	62
Gambar 4.16	Kerangka dasar senyawa flavonoid.....	62
Gambar 4.17	Struktur senyawa vitamin C.....	63
Gambar 4.18	Struktur Kurkumin	64
Gambar 4.19	Reaksi radikal bebas dengan kurkumin dan perpindahan elektron bebasnya	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan Kimia dalam Rimpang Kunyit.....	18
Tabel 2.2 Faktor pembobot radiasi	24
Tabel 2.3 Faktor sensitivitas jaringan	25
Tabel 2.4 Nilai faktor g	32
Tabel 4.1 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas peroksi.....	55
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas SO_4^-	55
Tabel 4.3 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas O_2^-	56
Tabel 4.4 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas O_2^-	56
Tabel 4.5 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas SO_4^-	57
Tabel 4.6 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas peroksi.....	57
Tabel 4.7 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas karbon	58
Tabel 4.8 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas karbon	58
Tabel 4.9 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas peroksi.....	59
Tabel 4.10 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas SO_4^-	59

Tabel 4.11 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas O_2^-

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.1	Gambar resonansi dari kalibrator DPPH..... 71
Lampiran 1.2	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma tanpa Antioksidan 71
Lampiran 1.3	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis..... 72
Lampiran 1.3.1	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 1 gram..... 72
Lampiran 1.3.2	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 1,5 gram..... 72
Lampiran 1.3.3	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 2 gram..... 72
Lampiran 1.3.4	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 2,5 gram..... 73
Lampiran 1.3.5	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 3 gr..... 73
Lampiran 1.3.6	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 3,5 gr..... 73
Lampiran 1.3.7	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 4 gram..... 74
Lampiran 1.4	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak..... 74
Lampiran 1.4.1	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 1 gram..... 74

Lampiran 1.4.2	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 1,5 gram	74
Lampiran 1.4.3	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 2 gram	75
Lampiran 1.4.4	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 2,5 gram	75
Lampiran 1.4.5	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 3 gram	75
Lampiran 1.4.6	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 3,5 gram	76
Lampiran 1.4.7	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 4 gram	76
Lampiran 1.5	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit	76
Lampiran 1.5.1	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 1 gram	76
Lampiran 1.5.2	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 1,5 gram	77
Lampiran 1.5.3	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 2 gram	77
Lampiran 1.5.4	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 2,5 gram	77
Lampiran 1.5.5	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 3 gram	78
Lampiran 1.5.6	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 3,5 gram	78

Lampiran 1.5.7	Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 4 gram.....	78
Lampiran 2	Nilai faktor g pada literatur (Miller, 2001)....	79
Lampiran 3.1	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada kalibrator DPPH.....	80
Lampiran 3.2	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma tanpa antioksidan.....	80
Lampiran 3.2.1	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 10 menit tanpa antioksidan.....	80
Lampiran 3.2.2	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 15 menit tanpa antioksidan.....	80
Lampiran 3.2.3	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 20 menit tanpa antioksidan.....	81
Lampiran 3.2.4	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 25 menit tanpa antioksidan.....	81
Lampiran 3.2.5	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 30 menit tanpa antioksidan.....	81
Lampiran 3.3	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis.....	82
Lampiran 3.3.1	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 1gram.....	82
Lampiran 3.3.2	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 1,5gram.....	83
Lampiran 3.3.3	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 2gram.....	85

Lampiran 3.3.4	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 2,5gram	86
Lampiran 3.3.5	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 3gram	87
Lampiran 3.3.6	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 3,5gram	89
Lampiran 3.3.7	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 4gram	90
Lampiran 3.4	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak	92
Lampiran 3.4.1	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 1gram	92
Lampiran 3.4.2	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 1,5gram	93
Lampiran 3.4.3	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 2gram	95
Lampiran 3.4.4	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 2,5gram	96
Lampiran 3.4.5	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 3gram	98
Lampiran 3.4.6	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 3,5gram	99
Lampiran 3.4.7	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 4gram	100

Lampiran 3.5	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit.....	102
Lampiran 3.5.1	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 1gram	102
Lampiran 3.5.2	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 1,5gram	103
Lampiran 3.5.3	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 2gram	105
Lampiran 3.5.4	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 2,5gram	106
Lampiran 3.5.5	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 3gram	108
Lampiran 3.5.6	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 3,5gram	109
Lampiran 3.5.7	Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 4gram	111
Lampiran 4	Perhitungan Dosis Radiasi	113
Lampiran 4.1	Hasil Perhitungan CO-60	113
Lampiran 4.2	Hasil perhitungan Cs-137.....	115
Lampiran 5	Gambar Penelitian.....	117
Lampiran 5.1	Perangkat ESR.....	117
Lampiran 5.2	Alat pengendali ESR	117
Lampiran 5.3	Alat dasar ESR	117
Lampiran 5.4	Kumparan Helmholtz	118
Lampiran 5.5	Multimeter	118
Lampiran 5.6	Osiloskop digital	119
Lampiran 5.7	Kumparan resonansi	119
Lampiran 5.8	Bahan radioaktif ^{137}Cs dan ^{60}Co	119
Lampiran 5.9	Proses penyinaran radiasi gamma pada daging sapi.....	120

Lampiran 5.10	Sampel daging sapi mentah.....	120
Lampiran 5.11	Sampel daging sapi yang diberi buah manggis	120
Lampiran 5.12	Sampel daging sapi yang diberi kunyit	121
Lampiran 5.13	Sampel daging sapi yang diberi buah sirsak .	121

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daging sapi merupakan bahan makanan yang paling banyak penggemarnya di seluruh dunia. Hal ini dikarenakan rasanya yang enak dan khas, serta memiliki kandungan gizi yang terbilang kaya yaitu salah satu sumber esensial dari protein hewani dan lemak. Agar mendapatkan manfaat dalam tubuh, maka perlu diperhatikan pengolahan daging yang tepat dan penyimpanan yang benar. Selain itu, disarankan agar mengonsumsi daging tidak lebih dari 70 gram setiap hari.

Berkembangnya teknologi saat ini mempermudah manusia dalam melakukan pengolahan bahan makanan. Hal ini dikarenakan kehidupan manusia yang semakin hari semakin sibuk sehingga tidak mempunyai banyak waktu untuk melakukan pengolahan bahan makanan yang segar dan lebih memilih bahan makanan cepat saji (instan) yang telah diolah pabrik atau telah diawetkan.

Radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya (foton) dari sumber radiasi. Dalam kehidupan sehari-hari, terdapat beberapa sumber radiasi yakni matahari, televisi, lampu penerangan, alat pemanas makanan (*microwave oven*), komputer dan lain-lain.

Salah satu jenis pengawetan pada bahan makanan misalnya dengan menggunakan teknik iradiasi. Iradiasi adalah suatu pancaran energi yang berpindah melalui partikel-partikel yang bergerak dalam ruang atau melalui gerak gelombang cahaya. 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. Proses transformasi spontan ini disebut peluruhan, sedangkan proses pelepasan partikel atau sinar tertentu disebut iradiasi.

Radiasi elektromagnetik yaitu jenis iradiasi yang dapat digunakan untuk pengawetan bahan pangan. Radiasi elektromagnetik adalah radiasi yang menghasilkan foton berenergi tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya ionisasi dan eksitasi pada materi yang

dilaluinya. Jenis radiasi ini dinamakan radiasi pengion karena dapat menyebabkan proses ionisasi (terbentuknya ion positif dan ion negatif) apabila berinteraksi dengan materi. Yang termasuk radiasi pengion adalah partikel alpha (α), beta (β), sinar gamma (γ), sinar X dan partikel neutron. Namun dua jenis radiasi pengion yang umum digunakan untuk pengawetan bahan makanan yaitu sinar gamma yang dipancarkan oleh radionuklida ^{60}Co dan ^{137}Cs dan berkas elektron yang terdiri dari partikel-partikel bermuatan listrik. Kedua jenis radiasi pengion ini memiliki pengaruh yang sama terhadap makanan.

Radikal bebas adalah atom atau molekul yang tidak stabil dan sangat reaktif karena mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya. Untuk mencapai kestabilan atom atau molekul, radikal bebas akan bereaksi dengan molekul disekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron. Radikal bebas dapat dihasilkan dari hasil metabolisme tubuh dan faktor eksternal seperti asap rokok, hasil penyinaran UV, zat pemicu radikal dalam makanan dan polutan lain. Oleh karena itu, tubuh memerlukan suatu substansi penting yaitu antioksidan yang mampu menangkap radikal bebas tersebut sehingga tidak dapat menginduksi suatu penyakit.

Antioksidan merupakan zat gizi pada makanan yang berfungsi untuk mencegah pembentukan radikal bebas baru, menangkap radikal bebas yang terbentuk, menetralkan sekaligus mencegah reaksi berantai maupun ataupun memperbaiki kerusakan sel dan jaringan sel yang rusak akibat radikal bebas. Antioksidan juga mampu mempertahankan daya tahan tubuh oleh serangan radikal bebas, bakteri dan virus. Antioksidan dibagi menjadi 2 yaitu antioksidan endogen yang ada didalam tubuh, dan antioksidan eksogen yang didapat dari luar tubuh. Bahan makanan yang mengandung gizi dan berfungsi sebagai antioksidan yang dikonsumsi secara bercukupan seperti sayuran hijau, buah-buahan, biji-bijian, kacang-kacangan, tanaman obat dan hasil laut. Pada bahan makanan tersebut mengandung vitamin A, B, C, E, *Zink (Zn)*, *selenium*, *flavonoid*, dan lain-lain (Salam, 2007).

Antioksidan umumnya terdapat pada tumbuh-tumbuhan berupa buah-buahan dan rempah-rempah. Pada penelitian ini antioksidan yang digunakan adalah buah manggis dan buah sirsak. Sedangkan

rempah-rempah yang digunakan adalah kunyit. Pemilihan buah manggis sebagai antioksidan dikarenakan buah manggis merupakan komoditas buah yang berkhasiat untuk kesehatan dan kecantikan karena memiliki antioksidan untuk menangkap radikal bebas dan mencegah kerusakan sel sehingga proses degenerasi sel terhambat. Pemilihan kunyit sebagai rempah-rempah yang memiliki kandungan antioksidan yang tertinggi (Salam, 2007).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh buah manggis, buah sirsak dan kunyit terhadap kandungan radikal bebas pada daging sapi yang diradiasi sinar gamma.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu pengambilan data berupa kandungan radikal bebas setelah diradiasi sinar gamma untuk setiap variasi lama penyinaran serta variasi dari konsentrasi kunyit dan buah manggis yang diberikan pada daging sapi, dimana ruang lingkup yang dikaji dalam penelitian ini yaitu fungsi kunyit, buah sirsak dan buah manggis sebagai antioksidan yang menangkal radikal bebas. Alat yang dipakai adalah *Electron Spin Resonance* (ESR) dengan tipe Leybold Heracus.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kunyit, buah sirsak dan buah manggis terhadap kandungan radikal bebas pada daging sapi yang diradiasi sinar gamma.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi masyarakat untuk mengetahui kandungan radikal bebas pada daging sapi yang telah diradiasi sinar gamma dan pemberian kunyit, buah sirsak dan buah manggis yang dapat digunakan untuk membantu dalam mengurangi radikal bebas pada daging sapi yang disinari radiasi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daging Sapi

Daging sapi merupakan bahan makanan yang paling banyak penggemarnya di seluruh dunia. Selain karena rasanya yang enak dan khas, diketahui kandungan gizi daging sapi terbilang kaya yakni merupakan salah satu sumber esensial dari protein hewani dan lemak (Anonymous¹, 2012).



Gambar 2.1 Daging Sapi

Agar mendapatkan manfaat dalam tubuh maka pengolahan daging yang tepat dan penyimpanan yang benar. Daging sapi secara fisik dapat dikelompokkan menjadi daging segar yang dilayukan atau tanpa pelayuan, daging yang dilayukan kemudian didinginkan (daging dingin), daging yang dilayukan, didinginkan, kemudian dibekukan (daging beku) serta daging masak, daging asap, dan daging olahan. Ciri-ciri daging sapi yang baik dan sehat adalah : terdapat cap rumah potong hewan (RPH) yang menunjukkan bahwa daging sapi berasal dari sapi yang sehat, layak potong, disembelih dengan cara yang benar, daging berwarna alamiah yaitu merah sedikit kekuningan, berbau khas daging sapi, terlihat kenyal dan padat, daging berserat halus dan sedikit berlemak, dan lemak berwarna kekuningan (Anonymous¹, 2012).

Selain itu, disarankan agar mengonsumsi daging tidak lebih dari 70 gram setiap hari. Berikut adalah gizi yang terkandung dalam daging sapi:

1. Protein berfungsi untuk membentuk jaringan tubuh serta menjaga ketebalan tubuh.
2. Selenium berfungsi untuk membentuk zat antioksidan serta meningkatkan imunitas anak.

3. Vitamin B Kompleks berfungsi untuk membantu kerja sistem saraf otak sehingga mampu membantu konsentrasi dan meningkatkan daya ingat.
4. Zat besi ini memiliki nutrisi yang penting bagi otak. Apabila kekurangan zat besi bisa menyebabkan anemia sehingga tubuh menjadi lesu. Manfaat zat besi adalah untuk meningkatkan metabolisme energi dalam tubuh, mempengaruhi kemampuan belajar pada anak, serta menjaga kekebalan tubuh.
5. Asam lemak Omega 3 yaitu kandungan untuk membantu fungsi jantung, sistem saraf pusat dan hati. Dalam 150 gram daging sapi, terkandung sekitar 30 gram asam lemak Omega 3.
6. Vitamin D berfungsi untuk membantu metabolisme kalsium serta mineralisasi tulang. Pada anak-anak, vitamin D sangat dibutuhkan untuk membantu perkembangan tulang. Kekurangan vitamin ini akan mengakibatkan tulang keropos atau yang disebut osteoporosis¹(Anonymous¹, 2012).

2.2 Antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi. Zat ini secara nyata mampu memperlambat atau menghambat oksidasi zat yang mudah teroksidasi meskipun dalam konsentrasi rendah. Antioksidan didefinisikan sebagai senyawa-senyawa yang melindungi sel dari efek berbahaya radikal bebas oksigen reaktif jika berkaitan dengan penyakit.

Didalam tubuh terdapat senyawa yang disebut antioksidan yaitu senyawa yang dapat menetralkan radikal bebas, seperti: enzim SOD (Superoksida 2 Dismutase), glutathione, dan katalase. Antioksidan juga dapat diperoleh dari asupan makanan yang banyak mengandung vitamin C, vitamin E dan betakaroten serta senyawa fenolik. Bahan pangan yang dapat menjadi sumber antioksidan alami, seperti rempah-rempah, coklat, biji-bijian, buah-buahan, sayur-sayuran seperti buah tomat, pepaya, jeruk dan sebagainya (Maulida dan Zulkarnaen, 2010).

Kondisi oksidasi dapat menyebabkan kerusakan protein dan DNA, kanker, penuaan, dan penyakit lainnya. Komponen kimia yang berperan sebagai antioksidan adalah senyawa golongan fenolik dan polifenolik. Senyawa-senyawa golongan tersebut banyak terdapat

dialam, terutama pada tumbuh-tumbuhan, dan memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas. Antioksidan yang banyak ditemukan pada bahan pangan, antara lain vitamin E, vitamin C, dan karotenoid (Quezada M, 2004).

Berdasarkan asalnya, antioksidan terdiri atas antioksidan yang berasal dari dalam tubuh (endogen) dan dari luar tubuh (eksogen). Adakalanya sistem antioksidan endogen tidak cukup mampu mengatasi stres oksidatif yang berlebihan. Stres oksidatif merupakan keadaan saat mekanisme antioksidan tidak cukup untuk memecah spesi oksigen reaktif. Oleh karena itu, diperlukan antioksidan dari luar (eksogen) untuk mengatasinya (Maulida dan zulkarnaen, 2010).

Berdasarkan mekanisme kerjanya antioksidan dibedakan menjadi beberapa yaitu :

1. Antioksidan primer adalah antioksidan yang dapat bereaksi dengan radikal bebas atau mengubahnya menjadi produk yang stabil. Antioksidan primer berperan untuk mencegah pembentukan radikal bebas baru dengan memutus reaksi berantai dan mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil. Contoh antioksidan primer ialah enzim superoksida dimustase (SOD), katalase, dan glutathion dimustase.
2. Antioksidan sekunder atau antioksidan preventif adalah antioksidan yang dapat mengurangi laju awal reaksi rantai. Antioksidan sekunder berfungsi menangkap senyawa radikal serta mencegah terjadinya reaksi berantai. Contoh antioksidan sekunder diantaranya yaitu vitamin E, Vitamin C, dan β -karoten.
3. Antioksidan tersier berfungsi untuk memperbaiki kerusakan sel dan jaringan yang disebabkan oleh radikal bebas. Contoh antioksidan tersier yaitu enzim yang memperbaiki DNA pada inti sel adalah metionin sulfoksida reduktase.
4. Antioksidan selular adalah antioksidan yang berinteraksi langsung dengan oksidan, radikal bebas, atau oksigen tunggal untuk mencegah pembentukan jenis oksigen reaktif, mengubah jenis oksigen reaktif menjadi kurang toksik dan mencegah kemampuan oksigen reaktif (Walokum BA, 2007).

Antioksidan mempunyai sistem pertahanan sel terhadap radikal bebas. Terdapat beberapa kriteria antioksidan yang aktif yaitu:

1. Antioksidan harus mempunyai daya tarik-menarik yang lebih besar terhadap radikal bebas dibandingkan terhadap jaringan.

Sehingga sebelum merusak sel antioksidan akan menyingkirkan radikal bebas terlebih dahulu.

2. Antioksidan harus bersifat nontoksik, tidak hanya bersifat antioksidan ketika masuk tabung percobaan. Bukan berarti suatu zat akan bekerja dengan baik di dalam tubuh.
3. Antioksidan harus mampu mencapai lokasi yang membutuhkan perlindungan (Perricone, 2002).

Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan atom hidrogen ke radikal hidroksil sehingga terbentuk air. Antioksidan yang berperan sebagai pengawet makanan adalah BHT (*Butylted Hidroxy Toluene*), BHA (*Butylated droxyanisole*= hidroksi anisol yang telah berbutil), *propyl galate,tocopherol* (Vitamin E). Antioksidan alami yang berupa senyawa adalah *cysthein, glutathion* dan *D-Penicillamin* serta isi darah yang berupa molekul transferin yang mengandung zat besi dan seruloplasmin protein. Ada juga antioksidan yang berupa enzim. Enzim merupakan suatu katalis protein yang aktif dan dapat mempercepat reaksi kimia. Salah satu enzim antioksidan adalah *dismutase superoksida* (SOD). Enzim ini sangat diperlukan karena berfungsi mengubah radikal bebas superoksida yang berbahaya menjadi hidrogen peroksida yang lebih aman (Yungson, 2003).

2.3 Buah Manggis

Manggis (*Garnicia mangostana*), merupakan tanaman buah berupa pohon yang berasal dari hutan tropis di kawasan Asia Tenggara, yaitu hutan belantara Malaysia atau Indonesia. Buah manggis memiliki banyak sekali manfaat karena kaya akan kandungan antioksidan pada kulit dan buahnya.



Gambar 2.2 Buah Manggis

Pada umumnya masyarakat memanfaatkan tanaman manggis karena buahnya yang menyegarkan dan mengandung gula sakarosa, dekstrosa, dan levulosa. Komposisi bagian buah yang dimakan per

100 gram meliputi 79,2 gram air, 0,5 gram protein, 19,8 gram karbohidrat, 0,3 gram serat, 11 mg kalsium, 17 mg fosfor, 0,9 mg besi, 14 IU vitamin A, 66 mg vitamin C, vitamin B (tiamin) 0,09 mg, vitamin B2 (riboflavin) 0,06 mg, dan vitamin B5 (niasin) 0,1 mg (Anonymous³, 2012).

Kulit buah manggis memiliki beberapa khasiat yaitu antikanker, antioksidan, mengatasi jantung koroner, HIV, dan sebagainya. Ekstrak manggis bersifat antiproliferasi untuk menghambat pertumbuhan sel kanker. Kandungan zat xanthone yang terdapat padanya mampu merawat beberapa jenis penyakit kanker seperti kanker hati, pencernaan, paru-paru dan sebagainya. Xanthone dalam manggis juga ampuh mengatasi penyakit tuberkulosis (TBC), asma, leukimia, antiinflamasi, dan anti-diare (Anonymous², 2012).

2.3.1 Manfaat Buah Manggis

Buah manggis dikonsumsi dalam keadaan segar, karena olahan awetannya kurang digemari oleh masyarakat. Beberapa manfaat buah manggis yaitu :

1. Mencegah penyakit yang mematikan.

Buah manggis memiliki kandungan zat xanthones yang bermanfaat untuk mengatasi penyakit-penyakit yang mematikan seperti kanker, diabetes, jantung, arthritis, alzheimer, dan lainnya. Zat xanthones yang dihasilkan manggis dapat menghindarkan berbagai penyakit yang disebabkan peradangan, seperti arthritis dan alzheimer (merupakan salah satu penyakit disfungsi otak). Selain itu xanthone juga bermanfaat mencegah pertumbuhan sel kanker dan tumor.

2. Melawan radikal bebas.

Buah manggis mengandung catechins yang terbukti lebih efektif dan lebih berdaya guna dibandingkan vitamin C atau vitamin E dalam melawan radikal bebas yang ada di dalam tubuh kita.

3. Mengurangi tekanan darah tinggi.

Hypertensi atau tekanan darah tinggi juga terjadi karena adanya gangguan pada pembuluh darah, dan resiko terhadap penyakit jantung dan stroke. Buah manggis bisa mengatasi hal tersebut, terutama untuk menormalkan berat badan.

4. Mencegah penyakit jantung
Penyakit jantung dan arteriosclerosis terjadi karena pembuluh darah di sekitar jantung kehilangan elastisitasnya.
5. Memelihara pencernaan
Semakin berumur manusia, maka secara alamiah semakin berkurang zat asam di dalam perut. Kondisi ini meningkatkan bakteri di dalam perut sehingga menimbulkan penyakit diare, kemampuan usus menyerap makanan semakin berkurang, dan kelebihan gas.
6. Menjaga saluran kencing
Secara alamiah sesuai dengan bertambahnya usia, kemampuan otot-otot pinggul pada wanita akan menurun. Demikian juga dengan pria yang akan mengalami pembesaran prostat sesuai dengan bertambahnya usia. Zat xanthones yang ada pada buah manggis termasuk zat yang mengaktifkan antibakteri.
7. Mengatasi gangguan pernapasan
Salah satu keajaiban zat pembunuh bakteri xanthones yang terdapat pada buah manggis adalah mengatasi gangguan pernapasan.
8. Menyembuhkan asma
Asma tergolong penyakit mematikan akibat kerusakan sistem pernapasan. Buah manggis menjadi obat alternatif yang ideal untuk menyembuhkannya karena memiliki kemampuan melawan infeksi dan mengandung zat-zat yang mengurangi alergi.
9. Memelihara kemampuan mental
Gangguan atau kerusakan otak yang sekarang banyak dialami manusia adalah demensia, Alzheimer, Parkinson, stroke dan lain-lain yang merusak sistem syaraf pusat. Untuk mencegah hal ini, disarankan mengkonsumsi buah manggis yang banyak mengandung zat antioksidan. Zat ini juga mencegah *mentaldegeneration* (penurunan kemampuan mental).
10. Meningkatkan energi
Buah manggis berkhasiat memulihkan stamina. Beberapa orang yang memakan buah manggis secara teratur mengaku mendapatkan energi tambahan saat melakukan kerja keras.

11. Mencegah gangguan penglihatan

Katarak dan glukoma adalah gangguan penglihatan akibat radiasi yang menghilangkan protein pada lensa mata. Gangguan ini bisa diatasi dengan menghindari sinar matahari langsung (menggunakan kaca mata) dan mengkonsumsi manggis yang mengandung antioksidan (Anonymous², 2012).

2.3.2 Kandungan Gizi Buah Manggis

Buah manggis yang menyegarkan memiliki beberapa kandungan penting, yaitu :

1. Xanthone

Xanthone mempunyai aktivitas antiinflamasi dan antioksidan. Penelitian tentang xanthone telah dimulai sejak tahun 1970 dan hingga saat ini telah ditemukan lebih dari 40 jenis xanthone, di antaranya adalah alpha-mangostin dan gamma-mangostin yang dipercaya memiliki kemampuan mencegah berbagai penyakit. Kedua jenis xanthone tersebut dapat membantu menghentikan inflamasi (radang) dengan cara menghambat produksi enzim COX-2 yang menyebabkan inflamasi (Anonymous², 2012).

2. Stilbenes

Kandungan stilbenes pada buah manggis juga sangat bermanfaat sebagai antifungi dan antioksidan yang kuat. Stilbenes berperan sebagai benteng pertahanan tanaman manggis terhadap serangan fungi (jamur) dan kemampuan antifunginya tetap terjaga walau setelah dikonsumsi.

3. Quinone

Merupakan antibakteri dalam manggis, yang mempunyai struktur mirip tetrasiklin (antibiotic) dan merupakan inhibitor radikal bebas yang sangat kuat (Anonymous², 2012).

2.4 Buah Sirsak

Sirsak (*Anona muricata Linn*) merupakan kerabat dekat srikaya (*Anona squamosa Linn*). Tanaman sirsak berasal dari daerah tropis Amerika, yaitu sekitar Peru, Meksiko, dan Argentina. Kata sirsak berasal dari bahasa Belanda, yaitu zuurzak. Kata zuur berarti asam dan zak berarti kantong. Maka diartikan sebagai kantong yang rasanya asam. Di Malaysia, sirsak disebut durian Belanda (Dutch durian). Di Indonesia, tanaman sirsak disebut juga sebagai nangka

belanda atau nangka seberang. Tanaman tersebut dapat beradaptasi dan tumbuh baik di semua wilayah. Namun, tanaman sirsak belum diusahakan secara besar-besaran, umumnya ditanam secara terbatas di halaman atau pekarangan rumah (Anonymous³, 2012).



Gambar 2.3 Buah Sirsak

Buah sirsak merupakan buah yang kaya akan senyawa fitokimia. Senyawa fitokimia berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi tubuh dari pengaruh radikal bebas, meningkatkan pertahanan tubuh (sistem imun) serta memperlambat proses penuaan. Salah satu zat fitokimia dalam buah sirsak yang berfungsi sebagai antioksidan adalah vitamin C. Dengan kandungan cukup besar yaitu 20 mg/100 g, sirsak merupakan komoditi buah sumber vitamin C cukup penting.

Keunggulan sirsak terletak pada kadar sodium (natrium) yang rendah yaitu 14 mg/100 g tetapi tinggi potassium (kalium) yaitu 278 mg/100 g. Perbandingan kalium dan natrium yang tinggi sangat menguntungkan dalam pencegahan penyakit hipertensi. Selain komponen gizi, buah sirsak juga sangat kaya akan komponen non gizi. Salah satu diantaranya adalah mengandung banyak serat pangan yaitu mencapai 3,3 g/100 g daging buah sirsak (Anonymous³, 2012).

2.4.1 Kandungan Gizi Buah Sirsak

Sirsak mengandung beberapa senyawa yang diperlukan tubuh kita. Berikut adalah beberapa kandungan gizi pada buah sirsak :

1. Karbohidrat

Kandungan karbohidrat dalam buah sirsak paling banyak jika dibandingkan senyawa lain. Senyawa ini memenuhi 68 % dari keseluruhan bagian padat daging buah.

2. Lemak
Buah sirsak mengandung sedikit lemak karena kadar lemak dalam buah ini berkisar 0,3 g dari tiap 100 g.
3. Natrium dan Kalium
Sirsak mengandung natrium rendah yaitu 14 mg/100 g dan mempunyai kalium tinggi yaitu 278mg/100 g. Perbandingan kalium lebih tinggi daripada jumlah natrium dapat mencegah hipertensi dan melindungi tubuh dari atherosklerosis.
4. Vitamin C
Kandungan vitamin C dalam daging buah sirsak mencapai 20 mg/100 g. Jadi, mengonsumsi buah sirsak minimal 300 gram per hari telah memenuhi kebutuhan vitamin C dalam tubuh orang dewasa. Selain itu, vitamin C berfungsi sebagai antioksidan.
5. Vitamin B1
Kadar vitamin B1 pada daging buah sirsak mencapai 0,07 mg/100g. Vitamin B1 dikenal dengan nama Thiamin.
6. Vitamin B2
Vitamin B2 dikenal pula dengan nama riboflavin. Zat vitamin ini memiliki sifat larut dalam air dan tahan panas di dalam larutan asam. Kandungan riboflavin sekitar 0,04 mg/100g berat buah sirsak.
7. Serat
Sirsak merupakan buah yang mengandung banyak serat. Konsumsi 100 g buah ini dapat memenuhi 13 persen kebutuhan serat pangan per hari.
8. Niasin
Sirsak memberikan asupan zat niasin bagi tubuh. Kandungannya mencapai 0,07 mg/100 gram. Niasin berfungsi untuk membantu proses pertumbuhan dan memperbanyak sel, membantu perombakan karbohidrat dan mencegah penyakit pelagra.
9. Fosfor (*p*) dan Kalsium (*Ca*)
Kandungan fosfor mencapai 27 mg dari 100 g berat buah sirsak. Fosfor memiliki fungsi penting bagi tubuh adalah membentuk fosfatidat yaitu bagian penting dari plasma, membantu pembelahan inti sel dan memindahkan sifat-sifat turunan dan membantu proses pengerutan otot. Selain fosfor, sirsak juga mengandung kalsium. Jumlah kalsium (*Ca*) yang terkandung dalam buah sirsak mencapai 14 mg/100 g. Di dalam

tubuh, kalsium memiliki fungsising berkaitan dengan fosfor. Fungsi kalsium adalahmembentuk tulang dan gigi, membantu proses penggumpalan darah dan mempengaruhi penerimaan rangsang pada otot syaraf (Anonymous³, 2012).

2.4.2 Manfaat Buah Sirsak

Manfaat buah sirsak dapat digunakan untuk terapi pengobatan, antara lain batu empedu, sembelit, asam urat serta meningkatkan nafsu makan.Selain itu ada pula manfaat sirsak adalah :

1. Sebagai anti tumor atau kanker. Selain buah sirsak, juga bisa menggunakan daun sirsak sebagai anti kanker. Daun sirsak mengandung senyawa aktif untuk memompa piglycoprotein yang bersifat sebagai kemoterapi.
2. Sebagai anti jamur atau bakteri. Kandungan senyawa fitokimia dalam buah sirsak dipercaya dapat menghambat pertumbuhanjamur atau bakteri didalam tubuh.
3. Mencegah hipertensi. Kadar kalium yang tinggi pada buah sirsak mampu bersifat *diuretic* untuk menurunkan tekanan darah.
4. Memperlambat proses penuaan dan meningkatkan daya tahan tubuh. Kandungan vitamin C yang tinggi dalam buah sirsak ini berfungsi sebagaia antioksidan yang dapat memperlambat proses penuaan dan meningkatkan kekebalan tubuh(Anonymous³, 2012).

2.5 Kunyit

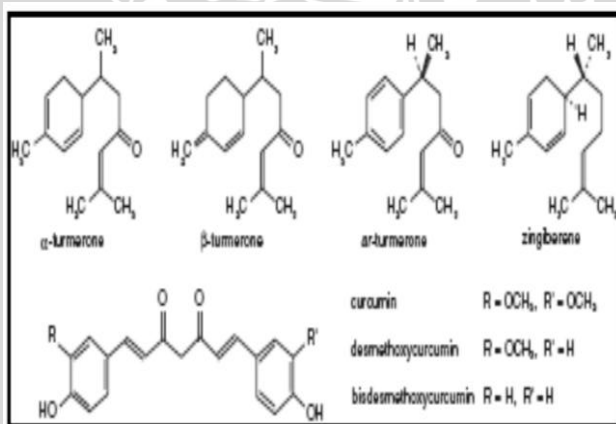
Kunyit (*Curcuma sp*) adalah genus dari famili Zingiberaceae. *Curcuma longa* adalah jenis kunyit yang paling lazim didapati dan sering digunakan untuk pengobatan, kecantikan dan ramuan dalam makanan. Penggunaan kunyit dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Asia sangat luas. Dalam bidang masakan, kunyit digunakan untuk menambah rasa sedap dan warna. Begitu juga dalam industri kosmetik dan pengobatan, kunyit seringkali menjadi bagian dari ramuan utama.



Gambar 2.4 Kunyit

Kunyit merupakan tanaman obat berupa semak yang bersifat tahunan (perennial) yang tersebar di seluruh daerah tropis. Tanaman kunyit tumbuh subur dan liar di sekitar hutan atau bekas kebun, kunyit mengandung senyawa yang berkhasiat obat, disebut kurkuminoid terdiri dari kurkumin, demetoksi kurkumin, dan bisdesmetoksi kurkumin (Astuti, 2009).

Minyak atsiri atau Volatil oil pada kunyit terdiri dari : *α-phellandrene* 1%, *sabinene* 0,6%, *cineol* 1%, *borneol* 0,5%, *zingiberene* 25%, dan *sesquiterpenes* 53%. *Monosesquiterpenes* dan *sesquiterpenes* meliputi *zingiberen*., *curcumene*, *α*- dan *β*- *turmerone* (Hernani, 2005).



Gambar 2.5 Struktur kimia komponen utama rimpang kunyit (Hernani, 2005).

Kurkumin adalah antioksidan berwarna kuning pekat yang diisolasi dari kunyit. Kurkumin (sejenis senyawa polifenol) dan minyak atsiri. Kurkumin merupakan senyawa aktif pada kunyit, yang terdapat dalam dua bentuk tautomer, yakni bentuk keto pada fase padat dan bentuk enol pada fase larutan. Kurkumin pada kunyit memiliki fungsi yang sangat penting dalam mengobati berbagai jenis penyakit karena senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai anti tumor promoter, antioksidan, anti mikroba, anti radang dan anti virus. Selain itu kurkumin pada kunyit juga berperan dalam meningkatkan sistem imunitas tubuh.

Kunyit sangat bermanfaat sebagai anti koagulan, menurunkan tekanan darah, obat cacing, abat asma, penambah darah, obat sakit perut, diare, usus buntu, rematik, anti inflamasi, anti oksidan, anti mikroba, pencegah kanker, anti tumor dan menurunkan kadar lemak darah dan kolestrol serta pembersih darah (Astuti,2009).

Tabel 2.1 menyajikan informasi mengenai kandungan kimia dalam kunyit yang menunjukkan nilai per 100gram.

Tabel 2.1 Kandungan Kimia dalam Rimpang Kunyit per 100 gram.

No	Nama Komponen	Komposisi
1	Air	11,4 g
2	Kalori	1480 kal
3	Karbohidrat	64,9 g
4	Protein	7,8 g
5	Lemak	9,9 g
6	Serat	6,7 g
7	Abu	6,0 g
8	Kalsium	0,182 g
9	Fosfor	0,268 g
10	Besi	41 g
11	Vitamin A	-
12	Vitamin B	5 mg
13	Vitamin C	26 mg
14	Minyak Asiri	3%
15	Kurkumin	3%

(Hernani, 2005).

2.6 Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan atom atau molekul yang sifatnya sangat tidak stabil (mempunyai satu elektron atau lebih yang tanpa pasangan). Untuk memperoleh pasangan elektron senyawa ini sangat reaktif dan merusak jaringan. Senyawa radikal bebas timbul akibat berbagai proses kimia kompleks dalam tubuh, berupa hasil sampingan dari proses oksidasi atau pembakaran sel yang berlangsung pada waktu bernafas, metabolisme sel, olahraga yang berlebihan, peradangan atau ketika tubuh terpapar polusi lingkungan seperti asap kendaraan bermotor, asap rokok, bahan pencemar, dan radiasi matahari atau radiasi kosmis. Oleh karena itu, tubuh memerlukan suatu substansi penting yaitu antioksidan yang mampu menangkap radikal bebas tersebut sehingga tidak dapat menginduksi suatu penyakit (Maulida dan Zulkarnaen, 2010). Radikal bebas terjadi melalui beberapa tahap seperti *inisiasi*, *propagasi* dan *terminasi*.

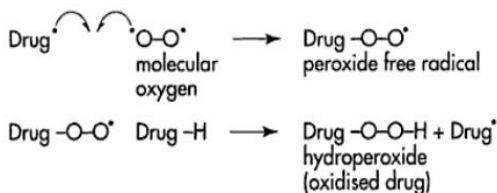
1. *Inisiasi* merupakan tahap ketika terjadi pembelahan fisis (*homolitik*) ikatan kovalen pada molekul yang menghasilkan radikal bebas. Pada tahap ini energi diperoleh dari energi yang berasal dari cahaya, baik cahaya tampak ataupun cahaya ultraviolet yang mengenai sampel. Panjang gelombang pada cahaya ini cukup kuat untuk memecah pasangan elektron pada suatu ikatan kovalen yang dapat menghasilkan dua radikal (Cairns, 2003).



Gambar 2.6 Mekanisme Inisiasi (Cairns, 2003)

2. *Propagasi* merupakan tahapan reaksi kimia utama. Dimana radikal bebas akan bereaksi bersama-sama membentuk lebih banyak lagi spesies yang bereaksi. Ketika oksidasi, tahap propagasi akan melibatkan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Hidroperoksida akan melakukan dekomposisi lanjut dan membentuk aldehid dan keton dengan berat molekul yang kecil. Senyawa jenis karbonil ini akan mudah terdeteksi dengan penciuman karena baunya yang khas dan tidak enak. Senyawa karbonil tidak hanya terbentuk dengan dekomposisi melainkan dengan autoksidasi lemak, minyak, bahan makanan

dan pengolahan karet serta proses pengerasan cat (Cairns, 2003).



Gambar 2.7 Mekanisme Propagasi (Cairns, 2003)

3. *Terminasi* merupakan tahapan ketika radikal bebas bergabung membentuk ikatan kovalen dan secara aktif akan mengakhiri proses reaksi rantai serta membentuk senyawa yang stabil (Cairns, 2003).

Radikal bebas yang terdapat dalam tubuh berasal dari dalam (endogen) dan luar tubuh (eksogen). 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 otot oksidasi, aktivitas oksidasi (misalnya siklus oksigenase, lipo oksigenase, dehidrogenase, peroksidase), dan sistem transport elektron. Radikal bebas diproduksi didalam sel oleh mitokondria, membran plasma, lisosom, peroksisom, endoplasmic reticulum, dan inti sel. Secara eksogen radikal bebas diperoleh dari bermacam-macam sumber antara lain: polutan, radiasi, ozon, dan pestisida (Cairns, 2003).

2.6.1 Bahaya Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan atom atau gugus atom apa saja yang mengandung satu atau lebih atom yang tidak berpasangan (Astuti, 2009). Secara kimia molekul yang tidak berpasangan menyebabkan radikal bebas yang cenderung bereaksi dengan molekul sel 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, diantaranya kerusakan DNA, membran sel, protein, lipid peroksida, proses penuaan dan autoimun manusia. Sedangkan dalam dunia medis, radikal bebas merupakan

penyebab berbagai keadaan patologis diantaranya liver, jantung koroner, diabetes, katarak, penyakit hati dan beberapa proses penuaan dini (Astuti, 2009).

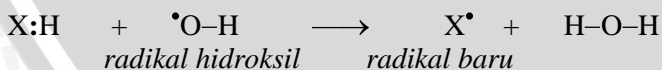
2.6.2 Sifat Radikal Bebas

Radikal bebas bersifat sangat reaktif, dapat menimbulkan perubahan kimiawi dan merusak berbagai komponen sel hidup seperti protein, gugus tiol non protein, lipid, karbohidrat, 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 sitotoksitas (Astuti, 2009).

Perusakan sel oleh radikal bebas reaktif didahului oleh kerusakan membran sel, dengan rangkaian proses sebagai berikut :

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 berefek langsung terhadap kerusakan membran sel, antara lain dengan mengubah fluiditas, *cross-linking*, struktur dan fungsi membran serta menyebabkan kematian sel.

Elektron yang tidak berpasangan cenderung untuk membentuk pasangan, hal ini terjadi penarikan elektron dari senyawa lain sehingga terbentuk radikal baru :



Dari contoh diatas bahwa radikal bebas memiliki dua sifat, yaitu :

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

Sifat radikal bebas yang mirip dengan oksidan terletak pada kecenderungannya untuk menarik elektron. Jadi sama halnya dengan oksidan, radikal bebas adalah penerima elektron. Itulah sebabnya dalam kepustakaan kedokteran, radikal bebas digolongkan dalam oksidan. Namun perlu diingat bahwa radikal bebas adalah oksidan tetapi tidak setiap oksidan adalah radikal bebas (Astuti, 2009).

2.7 Radiasi

Radiasi tidak dapat dilihat, dirasa atau diketahui keberadaannya oleh tubuh dan paparan radiasi yang berlebih dapat menimbulkan efek yang merugikan. Pemanfaatan sumber radiasi dalam berbagai bidang harus dilakukan secara cermat dan mematuhi ketentuan teknik kerja keselamatan radiasi untuk mencegah terjadinya paparan radiasi yang tidak diinginkan. Bila tubuh terpajan radiasi berarti akan terjadi interaksi antara radiasi dengan materi biologik baik secara langsung ataupun tidak langsung. Secara langsung bila penyerapan energi langsung terjadi pada molekul terutama yang mempunyai arti penting seperti DNA dan menimbulkan kerusakan. Secara tidak langsung bila terlebih dahulu terjadi interaksi radiasi dengan molekul air menghasilkan radikal bebas yang kemudian akan mengenai molekul seperti DNA. Sekitar 80% dari tubuh manusia terdiri dari air, maka sebagian besar interaksi radiasi dalam tubuh terjadi secara tidak langsung (Walden, 1989).

Secara garis besar, radiasi digolongkan kedalam radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi pengion adalah jenis radiasi yang dapat menyebabkan proses ionisasi (terbentuknya ion positif dan ion negatif) apabila berinteraksi dengan materi. Yang termasuk dalam jenis radiasi pengion adalah partikel alpha, beta, sinar gamma, sinar X dan neutron. Setiap jenis radiasi memiliki karakteristik khusus. Yang termasuk radiasi pengion adalah partikel alpha (α), beta (β), sinar gamma (γ), sinar X dan partikel neutron.



Gambar 2.8 Daya tembus Alpha, Beta, Gamma dan Neutron (Batan, 2008).

Proses interaksi radiasi di dalam tubuh manusia yaitu bila radiasi pengion melalui tubuh manusia maka akan terjadi interaksi dengan senyawa air di dalam tubuh, sel, kromosom maupun DNA yaitu :

1. Interaksi dengan Molekul Air (Radiolisis Air)

Penyerapan energi radiasi oleh molekul air dalam proses radiolisis air akan menghasilkan radikal bebas (H^* dan OH^*). Radikal bebas adalah suatu atom atau molekul yang bebas, tidak bermuatan dan mempunyai sebuah elektron yang tidak berpasangan pada orbit terluarnya. Keadaan ini menyebabkan radikal bebas menjadi tidak stabil, sangat reaktif dan toksik. Sesama radikal bebas yang terbentuk dapat saling bereaksi menghasilkan molekul hidrogen peroksida yang toksik. Perlu diingat bahwa sekitar 80% dari tubuh manusia terdiri dari air.

2. Interaksi dengan DNA

Interaksi radiasi dengan DNA dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur molekul dan putusannya ikatan hidrogen antar basa. Kerusakan yang lebih parah adalah putusannya salah satu untai DNA, disebut *single strand break*, atau putusannya kedua untai DNA, disebut *double strand breaks*. Secara alamiah sel mempunyai kemampuan untuk melakukan proses perbaikan terhadap kerusakan yang timbul dengan menggunakan beberapa jenis enzim yang spesifik (Cervený, 1989).

3. Interaksi dengan Kromosom

Radiasi dapat menyebabkan perubahan baik pada jumlah maupun struktur kromosom yang disebut dengan aberasi kromosom. Perubahan jumlah kromosom, misalnya menjadi 47 buah pada sel somatik yang memungkinkan timbulnya kelainan genetik. Kerusakan struktur kromosom berupa patahnya lengan kromosom terjadi secara acak dengan peluang yang semakin besar dengan meningkatnya dosis radiasi.

4. Interaksi dengan Sel

Kerusakan yang terjadi pada DNA dan kromosom sel sangat bergantung pada proses perbaikan yang berlangsung. Bila proses perbaikan berlangsung dengan baik dan tepat atau sempurna, dan juga tingkat kerusakan yang dialami sel tidak terlalu parah, maka sel bisa kembali normal seperti keadaannya semula. Bila proses perbaikan berlangsung tetapi tidak tepat maka sel tetap dapat hidup tetapi mengalami perubahan. Bila tingkat kerusakan yang dialami sel sangat parah atau bila proses perbaikan tidak berlangsung dengan baik, maka sel akan mati. Tingkat kerusakan yang dialami sel akibat radiasi sangat bervariasi bergantung kepada tingkat sensitivitas sel terhadap radiasi. Sel yang paling sensitif adalah sel kulit, sedangkan sel yang tidak mudah rusak akibat pengaruh radiasi adalah sel otak (Cervený, 1989).

2.7.1 Dosis Radiasi

Suatu dosis yang diterima oleh suatu jaringan akan tergantung pada jumlah intensitas foton yang diserap, lamanya jaringan tersebut teradiasi, dan seberapa jauh jarak sumber radiasi terhadap jaringan.

1. Dosis Serap (D)

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

$$D = \text{energi/massa atau } D = de/dm \quad (2-1)$$

Dimana D adalah dosis serapan dengan satuan J/kg atau Gy, de adalah energi yang diserap oleh medium bermassa dm . Satuan

dari $d\epsilon$ adalah Joule (J) dan dm adalah kg. Sedangkan proses pelemahan radiasi sinar X dalam suatu jaringan bersifat eksponensial mengikuti persamaan 2-2.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2-2)$$

Dengan : I = Intensitas radiasi setelah melalui jaringan.

I_0 = Intensitas radiasi sebelum melalui jaringan.

μ = koefisien serapan linier jaringan.

x = tebal jaringan.

(Akhadi, 2000)

2. Dosis Ekuivalen (H)

Dosis ekuivalen adalah dosis serap yang mempertimbangkan factor kualitas dari radiasi. Semakin besar radiasi (semakin merusak), maka semakin tinggi faktor kualitasnya. Dosis ekivalen dapat ditulis sebagai berikut :

$$H_T = W_R \cdot D \quad (2-3)$$

Dimana H_T adalah dosis ekivalen 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 tabel 2.2

Tabel 2.2 Faktor pembobot radiasi (W_R) untuk beberapa sumber radiasi

Jenis Radiasi	Faktor Pembobot Radiasi (W_R)
Sinar Gamma dan Sinar X	1
Elektron berenergi rendah	2
Proton	5
Neutron dengan energi 10-100 keV	10
Neutron dengan energi > 100 keV	20

(Akhadi, 2000).

3. Dosis Efektif

Dosis efektif adalah dosis serap yang mempertimbangkan kualitas radiasi dan sensitivitas yang berbeda-beda. Sel yang harus dilindungi adalah sel reproduksi (Gonad). Sehingga dosis Efektif ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E = W_T \cdot H_T = W_T \cdot W_R \cdot D \quad (2-4)$$

Dimana W_T adalah faktor sensitivitas atau faktor bobot jaringan. Besarnya faktor pembobot masing-masing jaringan ditunjukkan tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor sensitivitas jaringan (W_T) untuk beberapa organ tubuh manusia.

Jaringan	Faktor Sensitivitas Jaringan (W_T)
Gonad	0,02
Colon	0,12
Lung (Paru-paru)	0,12
Tulang Belakang	0,12
Skin (kulit)	0,05
Lens (lensa mata)	0,1
Sum-sum tulang	0,12
Lambung	0,12
Bladder	0,05
Payudara	0,05
Hati	0,05
Oesophagus	0,05
Thyroid	0,05
Permukaan tulang	0,01
Organ sisa	0,05

(Akhadi, 2000).

2.8 Interaksi Radiasi Sinar Gamma Dengan Materi

Terdapat tiga proses utama apabila sinar gamma melewati suatu bahan yaitu efek fotolistrik, hamburan Compton dan produksi pasangan. Ketiga proses tersebut melepaskan elektron yang selanjutnya dapat mengionisasi atom-atom lain dalam bahan. Peluang terjadinya interaksi antara radiasi gamma dengan bahan ditentukan oleh koefisien absorpsi linier (μ). Karena penyerapan intensitas gelombang elektromagnetik melalui tiga proses utama, maka nilai μ juga ditentukan oleh peluang terjadinya ketiga proses tersebut, yaitu μ_f untuk foto listrik, μ_c untuk hamburan Compton dan μ_{pp} untuk produksi pasangan. Koefisien absorpsi total (μ_t) dari ketiga koefisien tersebut proses tersebut adalah :

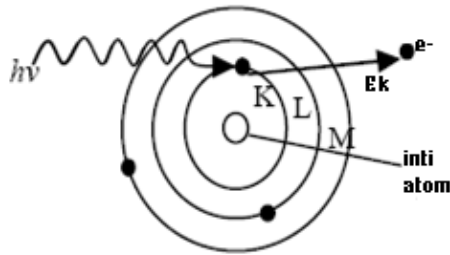
$$\mu_t = \mu_f + \mu_c + \mu_{pp} \quad (2-5)$$

1. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom yaitu elektron pada kulit bagian dalam suatu atom, biasanya kulit K atau L. Foton akan menumbuk elektron tersebut dan karena elektron itu terikat kuat maka elektron akan menyerap seluruh tenaga foton. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom dengan tenaga gerak sebesar selisih tenaga foton dan tenaga ikat elektron yaitu :

$$Ek = h\nu - E_b \quad (2-6)$$

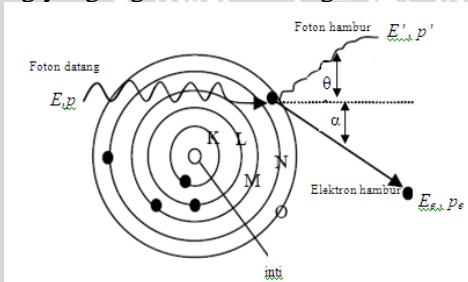
Dengan E adalah energi foton (eV), E_k adalah energi kinetik elektron (eV), E_b adalah energi ikat elektron (eV), h adalah konstanta Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s) dan ν adalah frekuensi gelombang elektromagnetik yang diserap atau yang dipancarkan elektron (Hz). Efek fotolistrik secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.9 Mekanisme terjadinya efek fotolistrik (Knoll, 2000).

2. Hamburan Compton

Hamburan Compton terjadi antara foton dan sebuah elektron bebas yang terdapat pada kulit terluar sebuah atom. Apabila foton menumbuk elektron tersebut maka berdasarkan hukum kekekalan momentum tidak mungkin elektron akan dapat menyerap seluruh energi foton seperti pada efek fotolistrik. Foton akan menyerahkan sebagian energinya kepada elektron dan kemudian terhambur sebesar sudut terhadap arah gerak foton datang yang digambarkan sebagai berikut .



Gambar 2.10 Mekanisme terjadinya hamburan compton (Knoll, 2000).

Pada keadaan awal, foton memiliki energi E yang diberikan oleh

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \tag{2-7}$$

Dan momentumnya adalah :

$$p = \frac{E}{c} \tag{2-8}$$

Elektron, pada keadaan diam, memiliki energi diam $m_e c^2$. Setelah hamburan foton memiliki energi E' dan momentum p' dan bergerak pada arah yang membuat sudut θ terhadap arah foton datang. Elektron memiliki energi total E_e dan momentum p_e dan bergerak pada arah yang membuat sudut α terhadap foton datang. Dalam interaksi ini berlaku persyaratan kekekalan energi dan momentum, yakni :

$$E_{awal} = E_{akhir}$$

$$E + m_e c^2 = E' + E_e \quad (2-8a)$$

$$(p_x)_{awal} = (p_x)_{akhir}$$

$$p = p_e \cos \alpha + p' \cos \theta \quad (2-8b)$$

$$(p_y)_{awal} = (p_y)_{akhir}$$

$$0 = p_e \sin \alpha - p' \sin \theta \quad (2-8c)$$

Ketiga persamaan diatas untuk mengukur energi dan arah foton hambur, maka E_e dan α dieliminasi. Sudut α dihilangkan dengan menggabungkan persamaan-persamaan momentum :

$$p_e \cos \alpha = p - p' \cos \theta$$

$$p_e \sin \alpha = p' \sin \theta$$

Selanjutnya kuadratkan dan dijumlahkan, memberikan

$$p_e^2 = p^2 - 2pp' \cos \theta + p'^2 \quad (2-9)$$

Dengan menggunakan hubungan relativistik antara energi dan momentum diperoleh

$$E_e^2 = c^2 p_e^2 + m_e^2 c^4$$

$$(E + m_e c^2 - E')^2 = c^2 (p^2 - 2pp' \cos \theta + p'^2) + m_e^2 c^4 \quad (2-10)$$

Dengan melakukan penjabaran lebih lanjut diperoleh hubungan

$$\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} = \frac{1}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \quad (2-11)$$

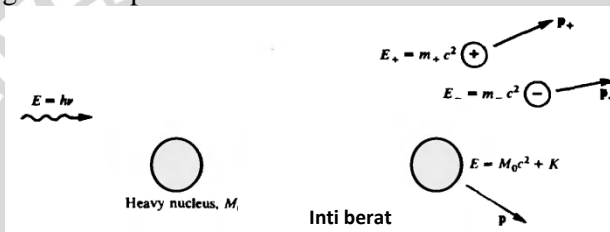
Atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \quad (2-12)$$

Kuantitas $h/m_e c$ biasanya disebut panjang gelombang Compton, nilainya untuk sebuah elektron adalah $0,0234 \text{ \AA}$. Perhatikan bahwa perubahan panjang gelombang ini bergantung hanya pada sudut hamburan θ dan tidak bergantung pada energi foton datang (Gautreau & Savin, 1999).

3. Produksi Pasangan

Produksi pasangan terjadi karena interaksi antara foton dengan medan listrik dalam inti atom berat. Jika interaksi itu terjadi, maka foton akan lenyap dan sebagai gantinya akan timbul sepasang elektron-positron.



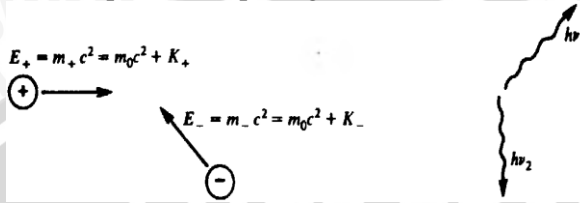
Gambar 2.11 Proses terjadinya produksi pasangan (Knoll, 2000).

Ketika muatan suatu sistem bernilai awal nol, maka dua partikel yang berlawanan muatannya harus diciptakan guna mengkonversi muatan. Untuk menggabungkan sebuah pasangan, foton datang harus memiliki energi yang setidaknya setara dengan energi diam pasangan tersebut, dan setiap kelebihan energi foton akan muncul sebagai energi kinetik partikel.

Produksi pasangan tidak dapat terjadi di ruang hampa. Oleh karenanya terlihat kehadiran nukleus berat pada gambar diatas. Nukleus membawa sejumlah momentum foton datang, tapi karena massanya yang besar, energi kinetik lompatannya, $K \approx p^2/2M_0$, biasanya diabaikan terhadap energi-energi kinetik pasangan elektron-positron. Dengan demikian, kekekalan energi dapat diterapkan dengan mengabaikan nukleus berat, sehingga menghasilkan

$$h\nu = m_+c^2 + m_-c^2 = K_+ + K_- + 2m_0c^2 \quad (2-13)$$

karena positron dan elektron memiliki massa diam yang sama, $m_0 = 9,11 \times 10^{-31}$ kg. Kebalikan proses produksi pasangan juga dapat terjadi yang dinamakan pemisahan pasangan.



Gambar 2.12 Proses terjadinya pemisahan pasangan (Beiser, 1990).

Peristiwa pemisahan pasangan terjadi bila positron berdekatan dengan elektron dan keduanya saling mendekati di bawah pengaruh gaya tarik menarik dari muatan yang berlawanan. Kedua partikel tersebut musnah pada saat yang sama dan massa yang musnah tersebut menjadi energi dan foton sinar gamma yang tercipta. Sedikitnya dua foton harus dihasilkan untuk memenuhi kekekalan energi dan momentum. Adapun persamaan yang dapat diperoleh sebagai berikut :

$$E_{awal} = E_{akhir} \quad \text{atau} \quad 2m_0c^2 + K_+ + K_- = hv_1 + hv_2 \quad (2-14)$$

$$\mathbf{p}_{awal} = \mathbf{p}_{akhir} \quad \text{atau} \quad m_+ \mathbf{v}_+ + m_- \mathbf{v}_- = \frac{h}{2\pi} \mathbf{k}_1 + \frac{h}{2\pi} \mathbf{k}_2 \quad (2-15)$$

dengan \mathbf{k} adalah vektor perambatan foton, $|\mathbf{k}| = 2\pi/\lambda$. Berlawanan dengan produksi pasangan, ternyata pemisahan pasangan dapat dilakukan di ruang hampa dan prinsip-prinsip energi dan momentum dapat diterapkan (Gautreau & Savin, 1999).

2.9 Elektron 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. 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:

$$\mu = g\beta s \quad (2-16)$$

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

β = 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. Lingkungan atom yang dapat berpengaruh terhadap sistem dapat diamati dengan menganalisa hasil g yang diperoleh (Anonymous⁴, 2009). Pada skala eksperimen menggunakan frekuensi 13MHz – 130MHz 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 menghilangkan ketakhomogenan magnet serta diharapkan agar inti magnet terjadi medan yang sama. Selanjutnya akan menghasilkan spektrum yang berupa nilai faktor g yang diperoleh dari besarnya frekuensi dan arus akibat resonansi magnetik yang berbentuk simetris pada layar osiloskop (Atkins, 1999).

Hasil spektrum dari ESR berupa nilai faktor g akibat adanya radikal atau kompleks. Dimana faktor g dipengaruhi oleh orientasi molekul dengan medan magnet dan berpengaruh pada 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 (Macomber, 1988).

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 dituliskan berikut (Atkins, 1999).

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2-17)$$

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

μ_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:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^2 \frac{n}{r} I \quad (2-18)$$

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

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

r = jari-jari kumparan Helmholtz ($r = 6,8 \text{ cm}$)

I = arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

(Miller, 2001).

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	Hydroxyl	2,00047
2	Helium	2,002
3	Methanol	2,00205
4	Methyl	2,00255
5	Free Radikal	2,00232
6	Peroxy	2,0155
7	Alkoxy	2,00197
8	Alkyl	2,00206
9	DPPH	2,0036
10	Carbondioksida	2,0007

Untuk hubungan antara momen magnetik dengan medan magnet didapatkan persamaan:

$$E = -\mu B_0 \quad (2-19)$$

Dengan: $\mu = -\frac{e}{2m} L$ (2-20)

Jika diamati pada arah sumbu Z, diperoleh:

$$E = \frac{e}{2m} B_0 L_z \quad (2-21)$$

dan

$$L_z = \hbar m_l$$

sehingga:

$$E = \frac{e\hbar}{2m} B_0 m_l \quad (2-22)$$

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

$$E = -\mu_j B_0 \quad (2-23)$$

Dimana Komponen J_z pada momentum sudut total J didefinisikan

$$J_z = \hbar m_j, \text{ dan } \mu_j = -g_j \frac{\mu_b}{\hbar} J, \text{ sehingga:}$$

$$E = -g_j \mu_b B_0 m_j \quad (2-24)$$

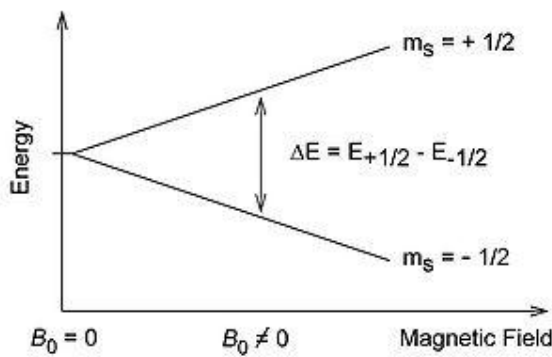
Oleh karena itu perubahan pada dua tingkat energi ditunjukkan sebagai berikut:

$$\Delta E = \pm \mu_b B_0 \quad (2-25)$$

(Miller, 2001).

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 external dengan kekuatan B_0 , maka momen magnetik elektron akan menyejajarkan diri secara paralel ($m_s = -1/2$) atau antiparalel ($m_s = +1/2$) 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 $\Delta E = g_e \mu_B B_0$, dimana g merupakan g-faktor dari elektron dan μ_B merupakan ketetapan bohr

magneton. Persamaan ini menunjukkan bahwa perbedaan level energi proporsional terhadap kekuatan medan magnetik, seperti terlihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.13 Perbedaan level energi medan magnet (Miller, 2001)

Sebuah elektron yang tidak berpasangan dapat berpindah diantara dua level energi dengan menyerap atau memancarkan radiasi elektromagnetik dengan energi sebesar $E = h\nu$ dimana kondisi resonansi terpenuhi, $E = \Delta E$. Melakukan substitusi pada $E = h\nu$ dan $\Delta E = g_e \mu_B B_0$ akan menghasilkan persamaan dasar untuk ESR spektroskopi: $h\nu = g_e \mu_B B_0$.

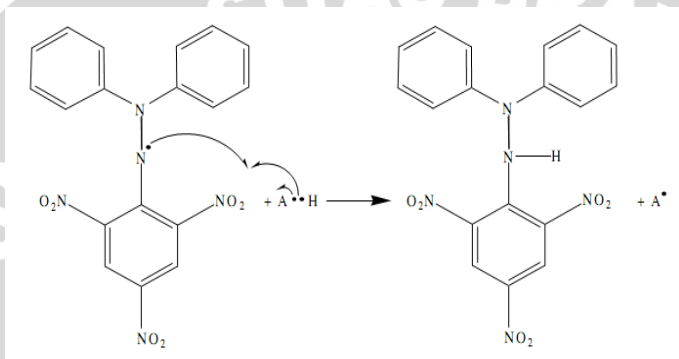
Secara eksperimen, persamaan ini dapat diterapkan pada kombinasi frekuensi dan nilai medan magnet yang besar, tetapi pengukuran ESR pada umumnya dilakukan dengan gelombang mikro pada daerah 9.000 - 10000 MHz (Miller, 2001).

2.9.1 Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)

Pengujian radikal merupakan metode utama dalam aktivitas antioksidan pada makanan. Beberapa metode telah dikembangkan sebagai aktivitas antioksidan yang diukur dengan penangkapan radikal sintetik pada pelarut organik polar seperti metanol pada suhu kamar. Pengukuran tersebut salah satunya menggunakan DPPH (Pokorni, 2001). DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) merupakan jenis radikal bebas berwarna ungu yang stabil. Namun akan berubah warna menjadi kuning (*difenilpikrilhidrazine*) setelah direduksi oleh radikal.

Menurut Huang et al (2005) metode DPPH digunakan untuk mengukur elektron tunggal, diantaranya aktivitas transfer hidrogen, yang sekaligus sebagai pengukur aktivitas penghambatan radikal bebas. Untuk menguji DPPH, penangkapan radikal bersamaan dengan monitoring penurunan absorbansi akibat dari reduksi radikal (Pokorni, 2001).

Berikut merupakan senyawa yang bereaksi sebagai radikal dan mereduksi radikal DPPH berdasarkan reaksi :



Gambar 2.14 Reaksi DPPH dengan antioksidan (Astuti, 2009)

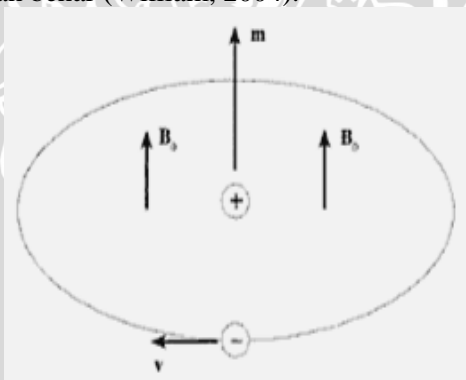
Penambahan senyawa yang bereaksi sebagai antiradikal akan menurunkan konsentrasi DPPH tersebut. Penurunan konsentrasi DPPH akan mengakibatkan penurunan absorbansinya. Berbeda dengan absorbansi bebas kontrol yang tidak diberi senyawa uji yang diduga mempunyai aktivitas antiradikal (Astuti, 2009).

2.9.2 Spin Elektron

Suatu berkas medan magnet yang melewati medan magnet, maka berkas elektron akan terpecah menjadi dua bagian. Sehingga menghasilkan dua keadaan internal elektron. Dapat diasumsikan kedua keadaan tersebut berkaitan dengan perputaran (rotasi atau *spin*) elektron terhadap sumbu pada saat bergerak mengelilingi inti atom. Dimana kedua keadaan tersebut dalam kondisi naik (*up*) dan turun (*down*). Berdasarkan matematikawan (seperti Elie Cartan) menyebutkan keadaan *up* dan *down* merupakan simetri pada ruang internal yang disebut juga dengan ruang *spinor* (Anonymous⁴, 2009).

Spin elektron menghasilkan momen magnetik yang ada pada sistem atomik. Fenomena ini terjadi dengan mengasumsikan elektron berputar pada porosnya serta membangkitkan momen dipol magnet. Pada atom yang mempunyai banyak elektron dengan spin elektron-elektron yang terdapat pada kulit yang tidak terisi penuh akan berkontribusi momen magnet total pada atom (William, 2004).

Medan magnet dari peredaran elektron-elektron pada orbitnya dan medan magnet yang diperoleh dari spin-spin elektron akan memberikan medan resultan internal sebesar nol. Medan magnet yang tidak dipengaruhi oleh gaya luar, maka atom memiliki momen magnetik permanen, dimana μ_0 sebesar nol seperti pada bahan *diamagnetic*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa medan magnet eksternal tidak menyebabkan torsi pada atom-atom serta tidak terjadi perubahan arah medan dari dipol-dipol magnet yang mengakibatkan medan magnet internal pada bahan bernilai sama dengan medan eksternal. Pada ralat bernilai satu berbanding seratus seribu merupakan benar (William, 2004).



Gambar 2.15 Elektron yang bergerak (William, 2004)

Pada Gambar (2.15) diatas menunjukkan elektron yang bergerak dari orbitnya yang mempunyai momen magnetik μ_0 yang searah dengan medan eksternal B_0 (William, 2004).

Bilangan kuantum spin menjelaskan tentang efek zeeman anomali. Anomali merupakan terpecahnya garis spektrum sehingga lebih banyak garis yang diperkirakan. Apabila efek zeeman merupakan akibat dari medan magnet eksternal, maka efek zeeman anomali diakibatkan rotasi elektron pada porosnya. Sedangkan rotasi atau spin elektron menghasilkan momentum sudut intrinsik elektron (William, 2004).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

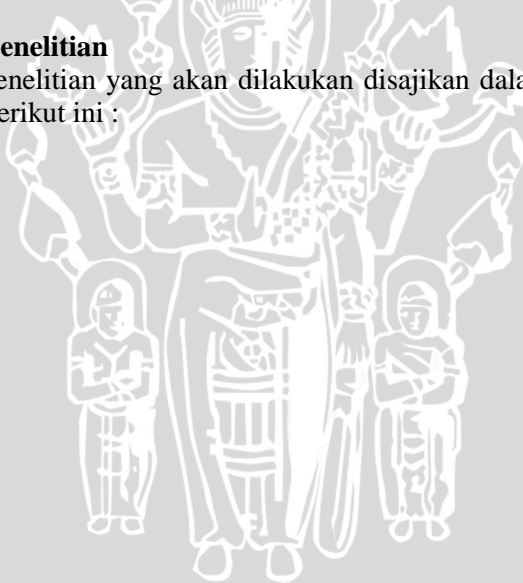
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai idengan Mei 2012 bertempat di laboratorium Fisika Lanjutan FMIPA Brawijaya Malang.

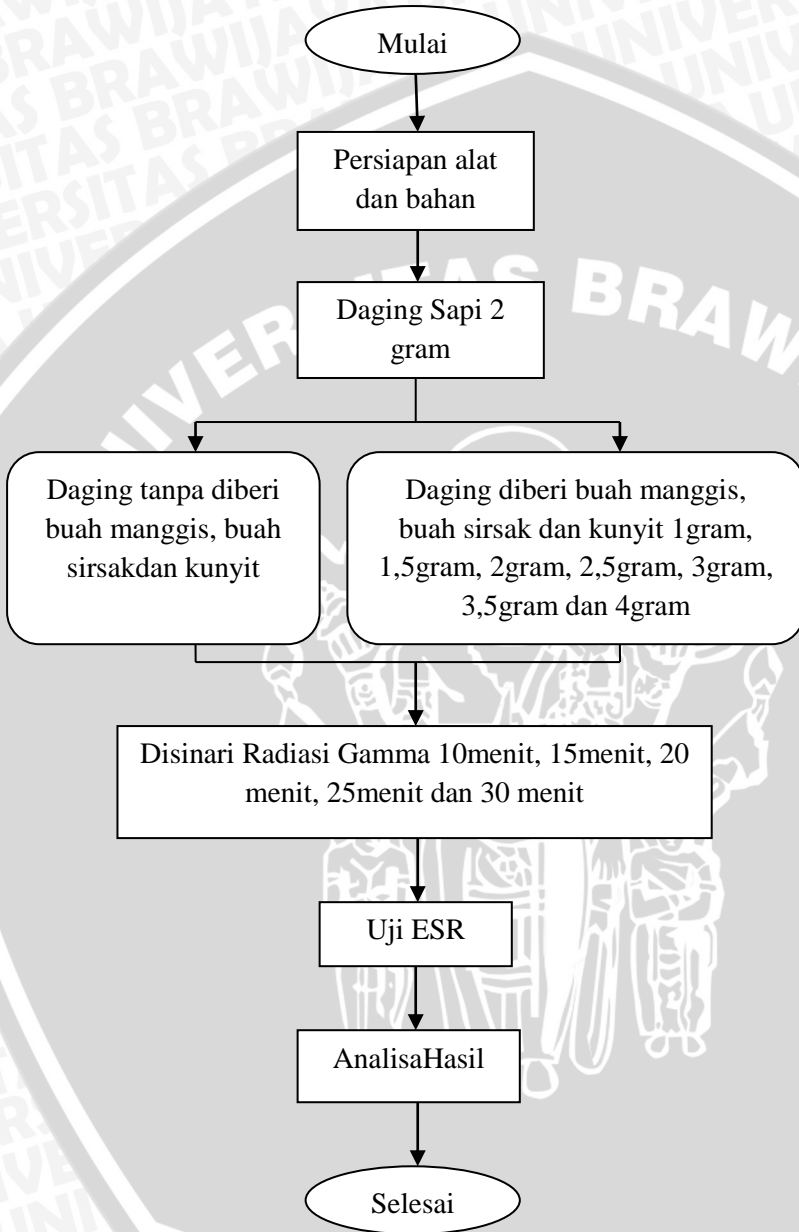
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian digunakan beberapa peralatan diantaranya pisau, satu set ESR Leybold-Heracus, empat sumber radiasi sinar Gamma yakni tiga sumber radiasi ^{137}Cs dan satu sumber radiasi ^{60}Co , serta pipet kecil. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah daging sapi, sirsak, manggis, kunyit dan DPPH.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan disajikan dalam bentuk diagram alir berikut ini :



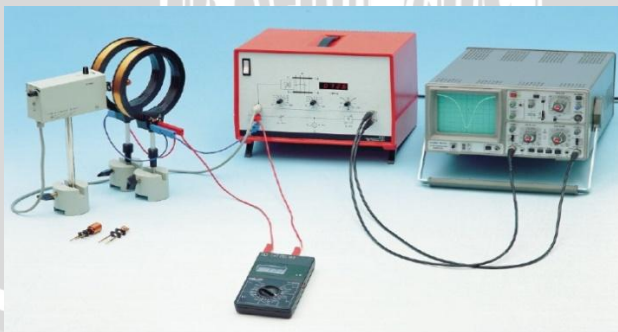


Gambar 3.1 Diagram Alir kerja penelitian

3.3.1 PersiapanAlat

Penanganan awal penelitian ini dengan persiapan alat yang digunakan diantaranya pipet kecil yang digunakan sebagai tempat sampel yang akan diteliti. Sedangkan untuk mengukur radikal bebas menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR). ESR dalam skala eksperimen yang dikeluarkan oleh leybold digunakan pada frekuensi antara 13 MHz-130 MHz dengan arus maksimal 3A yang akan dialirkan pada setiap kumparan sehingga menghasilkan medan magnet. Hasilnya pada penelitian berupa spektrum ESR yang merupakan nilai faktor g yang diperoleh dari perhitungan frekuensi (f) dan arus (I) ketika terja diresonansi magnetic berbentuk simetris yang dilihat dari layar osiloskop.

Alat ESR dirangkai sesuai dengan gambar 3.2 yaitu sepasang kumparan. Helmholtz dengan cara dipasang secara parallel pada jarak 6.8 cm yang sesuai dengan jari-jari dari kumparan tersebut. Kumparan Hemholtz ini kemudian dihubungkan pada masukan positif multimeter kemudian detector pada alat dasar ESR dihubungkan dengan alat pengendali ESR. Osiloskop pada rangkaian ini berfungsi sebagai penampilan kurva resonansi. Osiloskop dihubungkan pada alat pengendali ESR dengan urutan chanel 1 dihubungkan dengan sumbu x dan chanel 2 dihubungkan pada sumbu y. Tampilan kurva pada osiloskop ini yaitu tampilan kurva dengan pola lisajous. Gambar yang stabil dapat diperoleh ketika alat dasar ESR dipasang ground. Setelah alat dirangkai dengan sempurna selanjutnya dilakukan pengkalibrasian alat dengan menggunakan Diphenyl Pieryl Hidrazil (DPPH).



Gambar 3.2RangkaianAlat ESR Leybold-Heracus

3.3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang dipersiapkan pada penelitian ini berupa daging sapi sebagai sampel yang diamati. Daging sapi dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran, kemudian dipotong kecil-kecil dengan bentuk dan massanya sama 2 gram. Kunyit, buah sirsak dan buah manggis dihaluskan, kemudian sebagian daging tersebut dicampur dengan kunyit, sirsak dan manggis yang dihaluskan dengan variasi yang berbeda-beda yaitu 1gram, 1.5gram, 2gram, 2.5gram, 3gram, 3.5gram dan 4gram serta sebagian daging sapi tidak dicampur kunyit, buah sirsak dan buah manggis.

3.3.3 Penyinaran Radiasi Sinar Gamma terhadap Daging Sapi

Penanganan selanjutnya daging sapi baik yang tidak dicampur maupun yang telah dicampur kunyit, buah sirsak dan buah manggis diradiasi sinar gamma dengan variasi lamanya dosis radiasi yang berbeda yaitu 10menit, 15menit, 20menit, 25menit dan 30 menit. Kemudian diukur kandungan radikal bebas.

3.3.4 Sampel yang Diamati

Pada penelitian ini menggunakan daging sapi sebagai sampel. Daging sapi yang baik dapat dilihat dari warna daging merah tua yang masih menunjukkan dalam kondisi segar. Sampel daging akan mendapatkan beberapa perlakuan untuk mendapatkan hasil perbandingan data kandungan radikal bebas yang terkandung didalamnya. Daging yang digunakan sebagai sampel sebanyak 2gram setiap sampelnya. Pertama daging yang tidak mendapat perlakuan apapun akan diukur kandungan radikal bebasnya dengan *Electron Spin Resonance* (ESR) Leybold-Heracus. Selanjutnya sampel akan di masukkan ke dalam pipet dan disinari radiasi gamma selama 10menit, 15menit, 20menit, 25 menit dan 30 menit. Kemudian sampel diukur kandungan radikal bebasnya dengan *Electron Spin Resonance* (ESR) Leybold-Heracus.

Untuk mendapatkan perbandingan yang lain, sampel yang telah disinari radiasi gamma akan diberi bahan uji antioksidan seperti kunyit, buah sirsak dan buah manggis. Sampel pada daging akan diberi sari kandungan antioksidan kunyit, buah sirsak dan buah manggis sebanyak 1gram, 1.5gram, 2gram, 2.5gram, 3gram,

3.5gram dan 4gram dengan cara direndam atau dilumuri selama lima menit agar kandungan antioksidannya meresap didalam sampel. Selanjutnya sampel akan disinari radiasi gamma selama 10menit, 15menit, 20menit, 25menit dan 30 menit. Setelah itu sampel diukur kandungan radikal bebasnya dengan *Electron Spin Resonance* (ESR) Leybold-Heracus. Prinsip pengambilan data akan didapatkan nilai kandungan radikal bebas yang variasi mulai dari waktu penyinaran dan banyaknya kandungan antioksidan pada kunyit, buah sirsak dan buah manggis dari yang terkecil hingga terbesar.

3.3.5 PenyinaranRadiasiSinar Gamma

Radiasi sinar gamma digunakan untuk penyinaran pada sampel bahan uji baik yang diberi campuran antioksidan kunyit, buah manggis dan buah sirsak maupun tidak diberi antioksidan. Penyinaran radiasi pada sampel memakai empat sumber radiasi sinar Gamma yakni tiga sumber radiasi ^{137}Cs dan satu sumber radiasi ^{60}Co . Penanganan selanjutnya sampel baik yang tidak dicampur maupun yang telah dicampur kunyit, buah sirsak dan buah manggis diradiasi sinar gamma dengan variasi lamanyadosis yang berbeda yaitu 10 menit,15 menit,20menit,25 menit dan 30 menit. Kemudian sampel diukur kandungan radikal bebas dengan *Electron Spin Resonance* (ESR) Leybold-Heracus.

3.3.6 Uji ESR Leybold-Heracus

Sebelum mengamati kandungan radikal bebas pada daging sapi yang akan diamati, diperlukan untuk mengkalibrasi 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 pada 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. Disamping kalibrasi alat juga dilakukan

perhitungan nilai faktor g , dimana nilai faktor g didapat dari variabel frekuensi dan arus yang dihasilkan.

3.3.7 Analisa Data

Data penelitian ini yang didapatkan berupa sinyal impuls resonansi yang ditunjukkan pada osiloskop dari alat ESR Leybold-Heracus. Dimana data tersebut berupa frekuensi (f) dan arus (I) yang selanjutnya dilakukan perhitungan sehingga didapatkan nilai medan magnet dan nilai faktor g . Nilai faktor g yang merupakan perbandingan antara konstanta plank terhadap magnetron medan manet. Nilai g diperoleh ketika terjadi resonansi magnetik, dimana sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar hf dan sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin. Selanjutnya berdasarkan hasil uji ESR Leybold-Heracus dengan DPPH didapatkan perhitungan prosentase penangkapan radikal. Dari hasil tersebut akan digolongkan pada nilai kandungan radikal bebas yang terkandung pada sampel dan variasi penyinaran radiasi sinar gamma dengan banyaknya antioksidan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kalibrasi Alat

ESR dengan tipe Leybold Heracus sebagai alat utama untuk penelitiandigunakan sebagai pendeteksi radikal bebas berdasarkan gambar resonansi yang ditentukan dan juga nilai frekuensi serta arusnya. ESR dapat mendeteksi radikal bebas karena ESR mampu mendeteksi atom yang tidak memiliki elektron berpasangan yang tergantung pada nilai faktor-g yang diperoleh dari nilai arus dan frekuensi ketika ada resonansi magnetik yang menunjukkan gambar simetris pada osiloskop.

Nilai arus dan frekuensi pada osiloskop sangat mempengaruhi hasil gambar yang simetris pada penelitian, maka pengaturan alat ESR Leybold Heracus harus teliti, misalnya untuk memposisikan kumparan yang seharusnya pada posisi yang sejajar. Akibat tidak sejajarnya kumparan menyebabkan nilai medan magnet yang tidak seragam dan akan mempengaruhi nilai arus (I) guna memperbesar medan magnet eksternal.

Sebelum menggunakan ESR diperlukan kalibrasi alat dengan menggunakan kalibrator DPPH(Diphenyl-picrylhydrazyl). Tujuan kalibrasi alat dengan DPPH untuk menentukan keakuratan alat dalam penentuan radikal bebas dari suatu bahan. Pada saat menguji DPPH rangkaian alat harus tersusun dengan benar, karena hal ini sangat mempengaruhi hasil tampilan gambar yang ditunjukkan pada osiloskop. Apabila rangkaian alat tidak benar, maka pada osiloskop tidak akan muncul gambar resonansi. Rangkaian alat disusun secara rangkaian seri, dimana rangkaian seri arus akan langsung masuk pada rangkaian sehingga akan menghasilkan resonansi. Kemudian untuk kalibrasi DPPH, kalibrator DPPH dimasukkan kedalam tabung pipet dan diletakkan antara kedua kumparan pada ESR. Pada osiloskop dihasilkan gambar yang berbentuk cekungan simetris yang menunjukkan adanya radikal bebas. Semakin lancip kurva yang berbentuk seperti huruf v pada gambar osiloskop menunjukkan semakin besar konsentrasi radikal bebas yang terdapat pada sampel bahan.



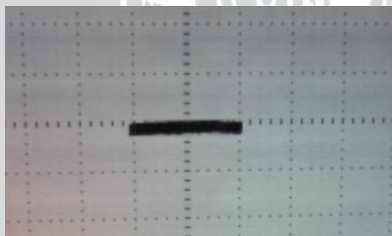
Gambar 4.1 Resonansi DPPH

DPPH merupakan salah satu jenis radikal bebas dengan nilai faktor g sebesar 2,00303 sampai dengan 2,00389. Nilai tersebut mendekati nilai faktor g pada literatur yaitu sebesar 2,0036.

4.2 Penentuan Jenis Radikal Bebas dan Frekuensi Resonansi pada Daging Merah

Daging sapi sebagai sampel penelitian dan ada beberapa bentuk perlakuan daging yaitu daging tanpa ada perlakuan apapun serta daging yang disinari radiasi gamma dengan perbandingan perlakuan yaitu daging ada yang diberi atau tidak diberi dengan buah manggis, buah sirsak dan kunyit sebagai antioksidan yang menangkal radikal bebas.

Data hasil pengukuran daging mentah yang telah diukur dengan ESR menunjukkan tidak adanya kandungan radikal bebas yang ditunjukkan pada osiloskop dengan gambar yang berbentuk garis linier. Pengujian dilakukan dengan tiga jenis kumparan berbeda dan menunjukkan hasil gambar yang sama seperti gambar 4.2.



Gambar 4.2 Resonansi pada daging mentah

Gambar (4.2) menunjukkan bahwa sampel daging mentah tidak ditemukan adanya radikal bebas. Hasil penelitian berbeda dengan daging yang diradiasi sinar gamma, dimana pada gambar osiloskop terdapat bentuk kesimetrian impuls resonansi yang menunjukkan adanya radikal bebas.

4.3 Analisis Radikal Bebas Pada Daging yang Disinari Radiasi Gamma Tanpa Antioksidan

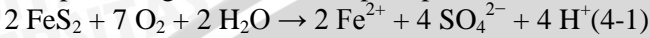
Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data mengenai pengaruh radiasi sinar gamma terhadap kandungan radikal bebas pada daging sapi. Data tersebut dapat dilihat pada tabel (4.1) dan gambar resonansi daging pada lampiran 1.

Dari data tersebut, yang terlebih dahulu diamati adalah bertambahnya jenis radikal bebas dan gambar resonansi pada daging. Hal ini untuk mengetahui bahwa suatu penyinaran radiasi gamma dengan variasi lamanya penyinaran yakni lamanya 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Lamanya penyinaran tersebut apabila dikonversikan ke dalam besarnya dosis radiasi akan didapatkan nilai dan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4. Berikut nilai dosis radiasi setiap lamanya penyinaran radiasi adalah :

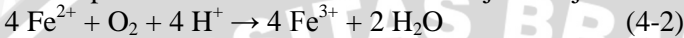
- Penyinaran 10 menit = $5,22 \times 10^{-3}$ Gy
- Penyinaran 15 menit = $15,6 \times 10^{-3}$ Gy
- Penyinaran 20 menit = $20,8 \times 10^{-3}$ Gy
- Penyinaran 25 menit = $32,6 \times 10^{-3}$ Gy
- Penyinaran 30 menit = 47×10^{-3} Gy

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari sampel daging sapi yang disinari radiasi gamma tanpa antioksidan buah manggis, buah sirsak, dan kunyit didapatkan nilai faktor-g dengan variasi lamanya penyinaran mulai 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit bahwa tetap terdapat radikal bebas yang memiliki lebih dari satu jenis radikal bebas setiap penyinaran radiasi, diantaranya yaitu radikal anion sulfat (SO_4^-), karbon, peroksida, hidroksil, dan anion superoksida (O_2^-). Penentuan jenis radikal bebas tersebut ditinjau dari nilai faktor-g pada literatur.

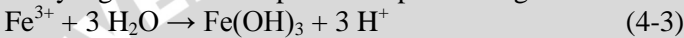
Radikal anion sulfat (SO_4^-) terbentuk karena dosis radiasi yang tinggi sehingga terjadi proses pemecahan protein oleh enzim-enzim dalam daging yang menghasilkan amoniak dan asam sulfat. Oksidasi zat besi dengan sulfida (FeS_2) pada oksigen molekuler dapat menghasilkan endapan sebagai hidroksida seperti pada reaksi berikut:



Fe^{2+} dapat kemudian dioksidasi lebih lanjut menjadi Fe^{3+} :



Fe^{3+} yang dihasilkan dapat diendapkan sebagai hidroksida:



Sebagian kecil radikal sulfat yang terbentuk juga dapat bereaksi dengan air yang menghasilkan radikal hidroksil seperti pada reaksi berikut:



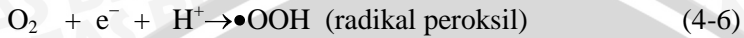
Radikal hidroksil dan karbonterbentuk karena terjadinya pemutusan ikatan C-OH gugus asam karboksilat pada asam amino. Pemutusan ikatan yaitu pemisahan homolitik. Radikal bebas netral secara listrik, sehingga tak ada tarikan elektrostatis antara radikal seperti halnya pada ion. Tetapi karena adanya elektron tak berpasangan, radikal bebas memiliki energi yang tinggi, sehingga tidak stabil dan sangat reaktif. Berikut reaksi pembelahan homolitik :



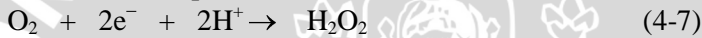
atom H radikal hidroksil

Pemisahan homolitik dapat terjadi jika adanya suatu energi. Penentuan energi yang diperlukan untuk disosiasi suatu ikatan, yaitu menentukan kereaktifan suatu ikatan dalam membentuk radikalnya. Untuk memecah ikatan yang lebih stabil memerlukan masukan energi yang lebih besar.

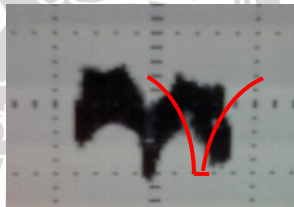
Radikal peroksil timbul karena akibat dari kondisi lingkungan dan zat yang terkandung dalam daging itu sendiri. Berikut reaksi radikal peroksil dengan oksigen :



Selanjutnya radikal anion superoksida (O_2^-), pada dasarnya pembentukan radikal anion superoksida (O_2^-) sama dengan proses pembentukan radikal hidropersida (H_2O_2). Pembentukan radikal anion superoksida (O_2^-) terjadi karena pembentukan radikal bebas berupa rangsangan dosis radiasi yang tinggi sehingga kebocoran elektron ketika elektron meloncat secara langsung ke oksigen dan tidak bergerak normal pada serangkaian yang dikendalikan reaksi dari rantai transpor elektron.



Lamanya penyinaran radiasi gamma (dosis radiasi) juga berpengaruh terhadap gambar resonansi pada daging sapi. Adanya radikal bebas ditunjukkan dengan kesimetrisan impuls resonansi pada gambar osiloskop sebagai berikut :



Gambar 4.3 Resonansi daging yang diradiasi sinar gamma selama 30 menit.

Data gambar (lampiran 1) dari osiloskop menunjukkan bahwa semakin lama penyinaran radiasi gamma semakin panjang pula cekungan yang bentuknya mirip seperti huruf v yang ditunjukkan oleh garis merah pada gambar (4.3). Semakin lama dosis radiasi yang diberikan maka semakin cekung atau panjang pada gambar resonansi, hal ini dipengaruhi oleh radiasi sinar gamma yang

berkaitan dengan besarnya dosis yang diberikan dan menunjukkan jumlah electron ganjil yang ada didalam sampel.

4.4 Analisis Radikal Bebas Pada Daging yang Disinari Radiasi Gamma dan dicampur dengan antioksidan

Radikal bebas merupakan atom atau molekul yang sifatnya sangat tidak stabil (mempunyai satu elektron atau lebih yang tanpa pasangan).Radikal bebas cenderung akan bereaksi dengan atom H pada ikatan peptida, hal ini dikarenakan atom H yang paling mudah bersenyawa dengan radikal bebas dibandingkan dengan atom-atom yang lain.Suatu cara untuk menghilangkan elektron berpasangan ini yaitu menggabungkan dua radikal bebas menjadi dua buah molekul senyawa. Apabila dihasilkan OH^* dan H^* maka akan terjadi reaksi sebagai berikut:

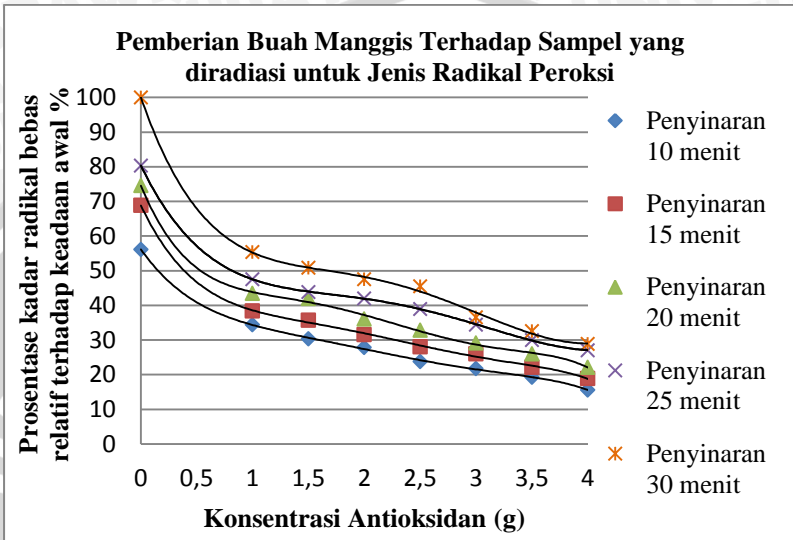


Suatu sampel yang disinari radiasi mengandung H_2O_2^* (hidrogen peroksida). H_2O_2^* yang terbentuk dari dua radikal bebas OH^* adalah oksidator kuat yang sangat reaktif.

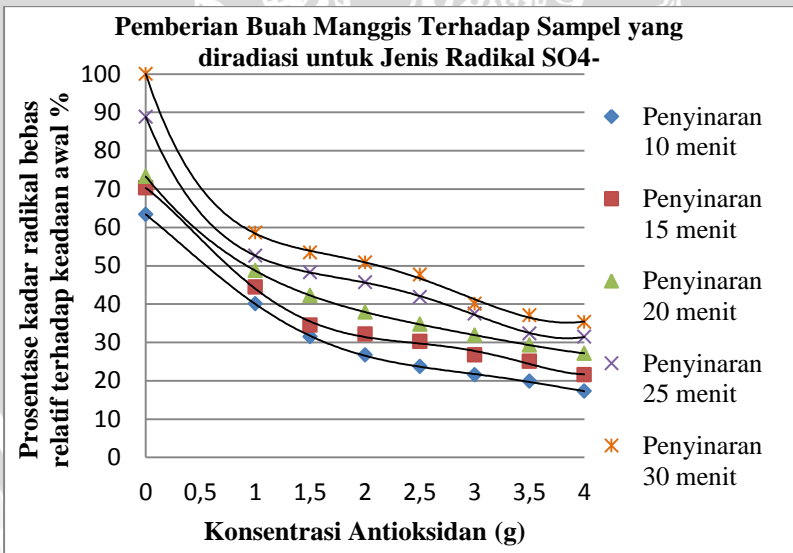
Pada daging yang diberi buah manggis, buah sirsak dan kunyit saat diradiasi, digunakan variasi sebanyak 1 gram, 1,5 gram, 2 gram, 2,5 gram, 3 gram, 3,5 gram dan 4 gram. Hal ini untuk mengetahui pengaruh banyaknya buah manggis, buah sirsak dan kunyit dalam mempertahankan kandungan radikal bebas daging sapi yang diradiasi.

Suatu jaringan biologis diketahui memiliki sebaran konsentrasi kandungan radikal bebas yang berbeda-beda dari setiap penyinaran radiasi. Namun, dari keseluruhan hasil penelitian dimana dilakukan tiga kali perulangan pengambilan data dan didapatkan hasil bahwa kandungan radikal bebas mengalami penurunan seiring dengan lamanya penyinaran radiasi. Keseluruhan hasil tersebut kemudian

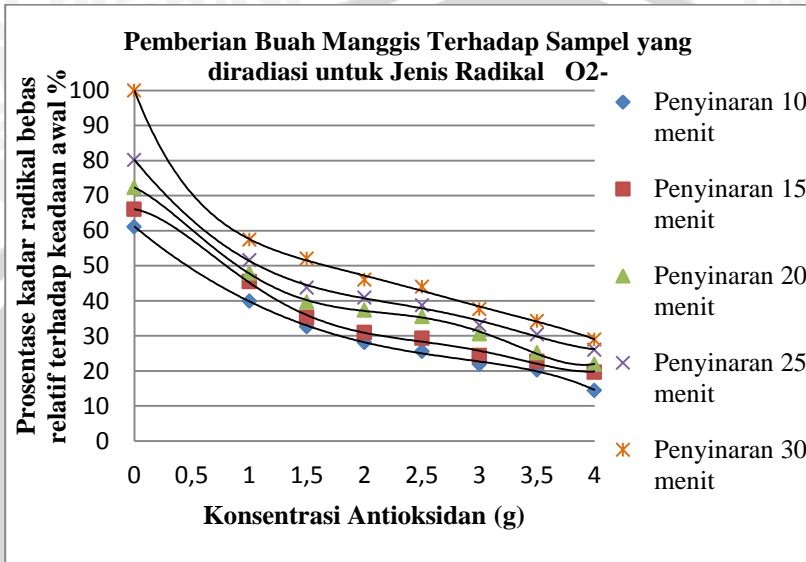
dirata-rata dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar sebagai berikut :



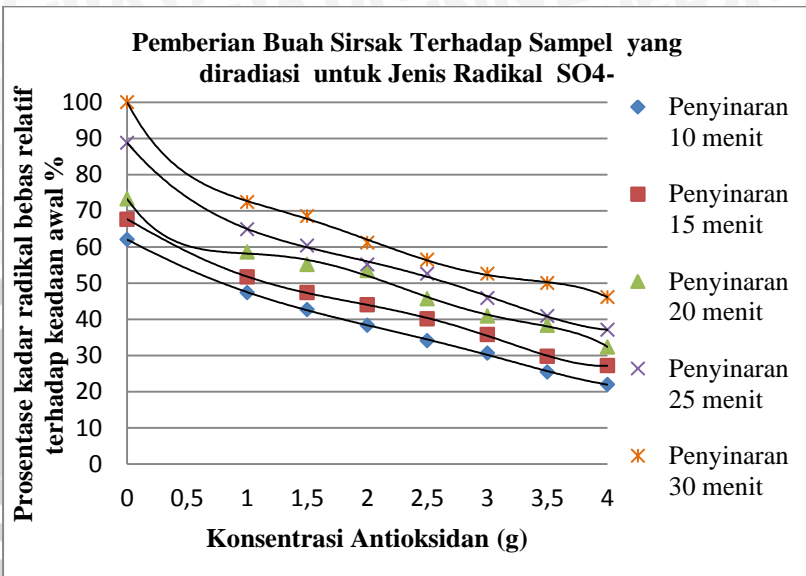
Gambar 4.4 Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi.



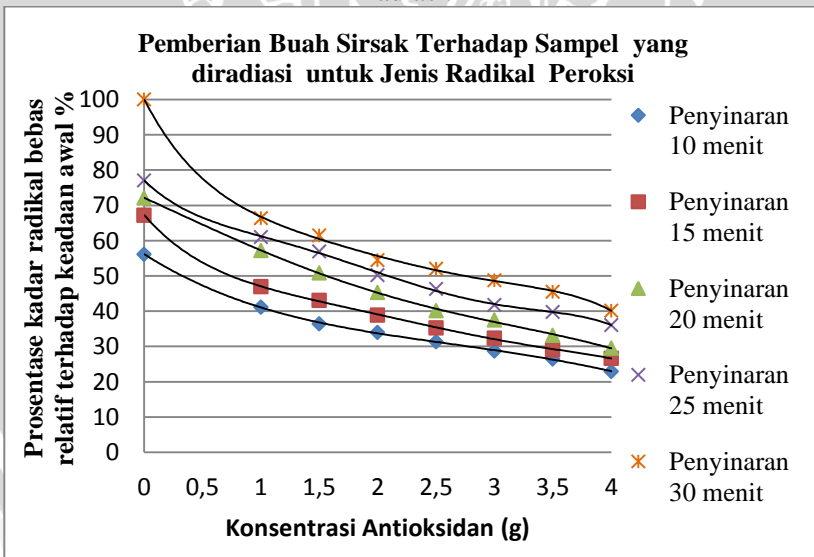
Gambar 4.5 Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO_4^- daging sapi akibat radiasi.



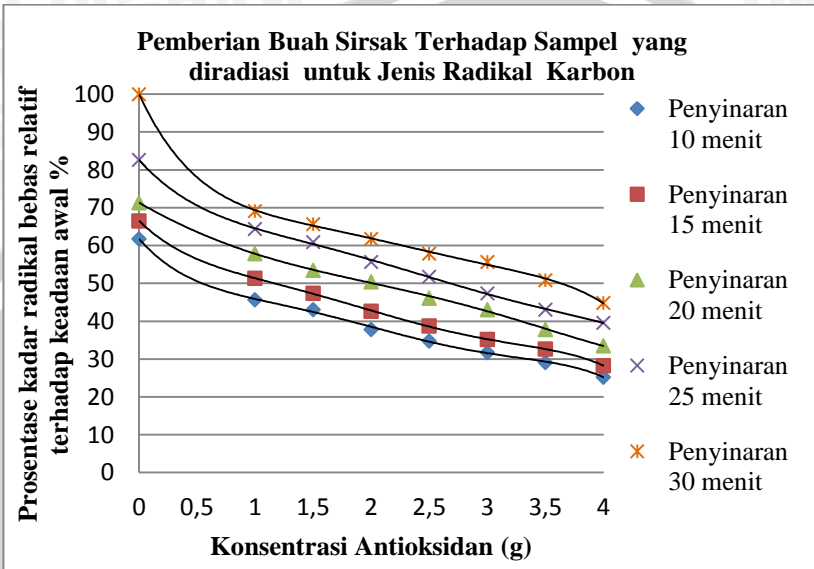
Gambar 4.6 Grafik hubungan pemberian buah manggis dalam menurunkan kandungan radikal bebas O_2^- daging sapi akibat radiasi.



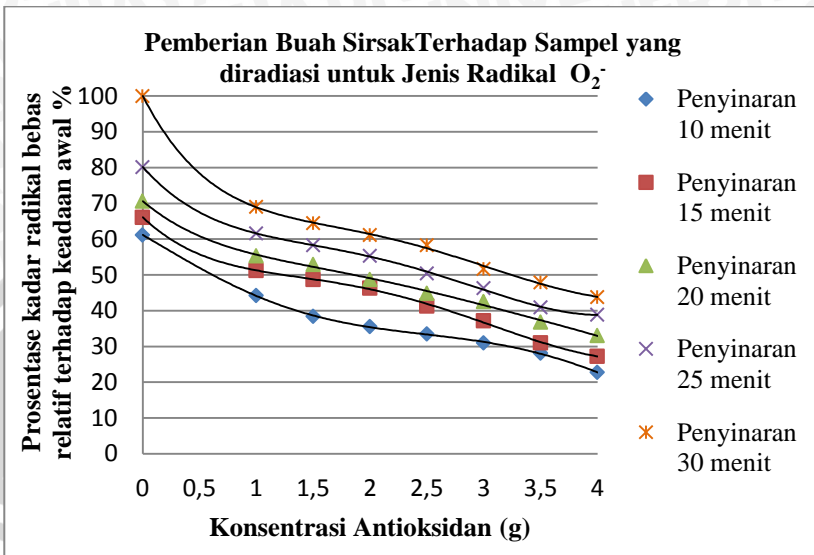
Gambar 4.7 Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO₄⁻ daging sapi akibat radiasi.



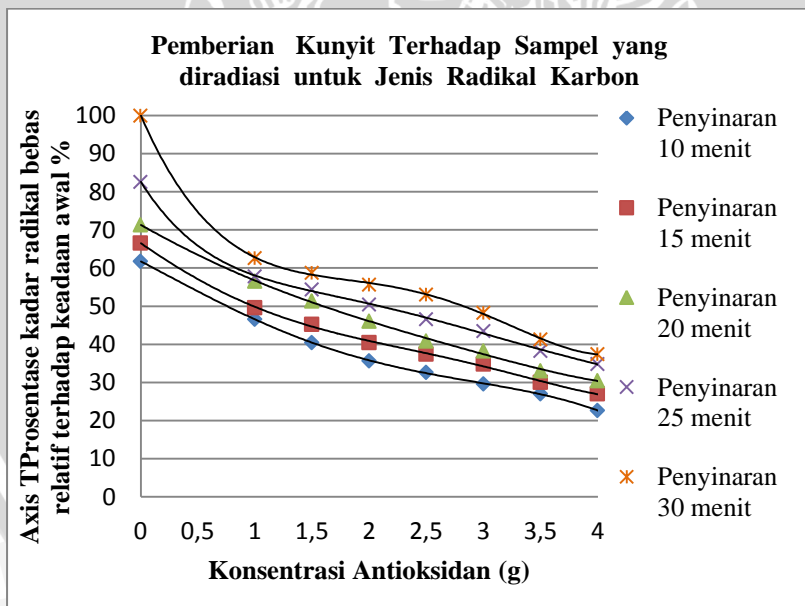
Gambar 4.8 Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi.



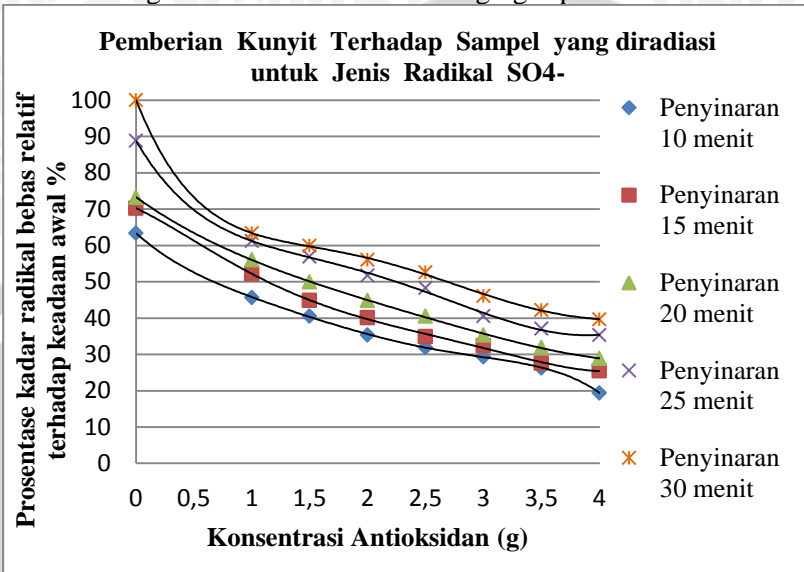
Gambar 4.9 Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas karbon daging sapi akibat radiasi.



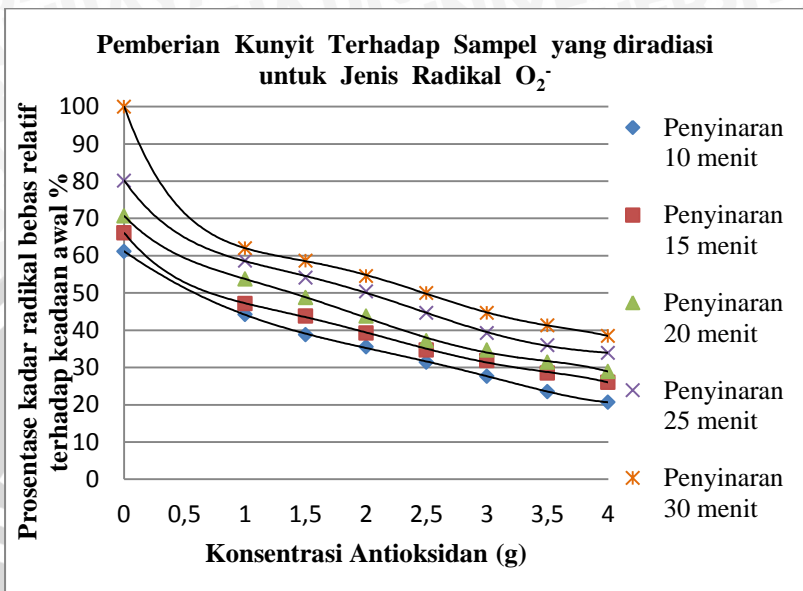
Gambar 4.10 Grafik hubungan pemberian buah sirsak dalam menurunkan kandungan radikal bebas O_2^- daging sapi akibat radiasi.



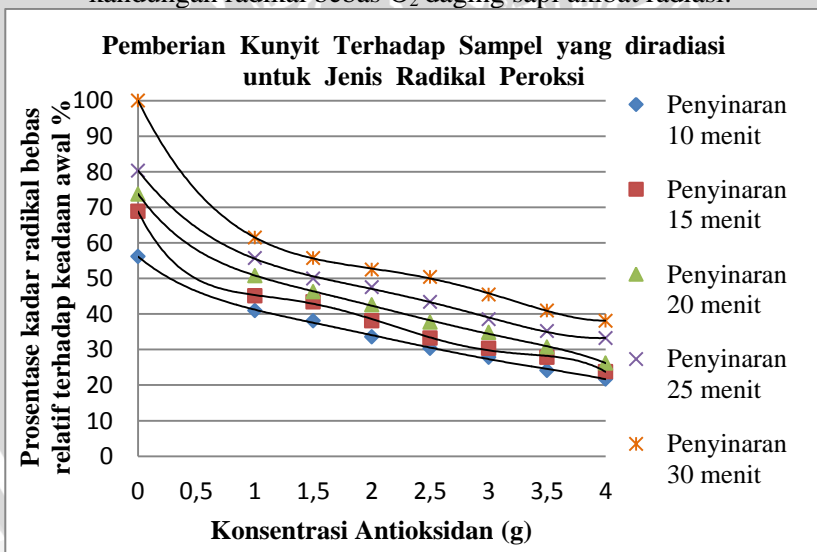
Gambar 4.11 Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas karbon daging sapi akibat radiasi.



Gambar 4.12 Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas SO₄- daging sapi akibat radiasi.



Gambar 4.13 Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas O_2^- daging sapi akibat radiasi.



Gambar 4.14 Grafik hubungan pemberian kunyit dalam menurunkan kandungan radikal bebas peroksi daging sapi akibat radiasi.

Grafik pada gambar (4.4), gambar (4.5), gambar (4.6), gambar (4.7), gambar (4.8), gambar (4.9), gambar (4.10), gambar (4.11), gambar (4.12), gambar (4.13), dan gambar (4.14) merupakan grafik hubungan pengaruh pemberian antioksidan buah manggis, buah sirsak dan kunyit dapat diketahui semakin lamanya penyinaran radiasi maka semakin besar pula nilai kandungan radikal bebas. Serta dapat diketahui pula bahwa semakin banyak antioksidan yang ditambahkan pada daging sapi saat diradiasi, maka semakin menurun nilai prosentase kandungan radikal bebas.

Grafik di atas menggunakan tren polinomial dengan pendekatan orde 5. Hal ini dikarenakan hanya dengan tren polinomial keseluruhan titik-titik pada setiap keadaan dapat diplotting. Penggunaan orde 5 pada tren tersebut dikarenakan pada orde 5 nilai R^2 yang menunjukkan nilai keakuratan data telah didapatkan hasil yang maksimal. Nilai R^2 beserta dengan persamaan garis pada grafik ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas peroksi

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.187x^5 + 3.775x^4 - 24.80x^3 + 69.69x^2 - 93.27x + 100.0$	0.998
Daging disinari 25 menit	$y = -0.106x^5 + 2.345x^4 - 16.25x^3 + 47.55x^2 - 66.38x + 80.33$	1
Daging disinari 20 menit	$y = -0.788x^5 + 9.122x^4 - 39.36x^3 + 78.11x^2 - 77.82x + 74.56$	0.998
Daging disinari 15 menit	$y = -0.490x^5 + 5.914x^4 - 27.17x^3 + 59.29x^2 - 67.80x + 68.83$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = 0.352x^5 + 4.042x^4 - 17.74x^3 + 37.65x^2 - 45.41x + 56.15$	0.999

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas SO_4^-

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.188x^5 + 3.646x^4 - 23.19x^3 + 63.96x^2 - 85.84x + 100.0$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.025x^5 + 1.699x^4 - 14.63x^3 + 46.97x^2 - 70.17x + 88.79$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = 0.021x^5 + 0.017x^4 - 2.141x^3 + 12.88x^2 - 35.35x + 73.27$	1
Daging disinari 15 menit	$y = 0.488x^5 - 5.161x^4 + 17.95x^3 - 18.22x^2 - 21.33x + 70.28$	0.998
Daging disinari 10 menit	$y = 0.171x^5 - 2.014x^4 + 7.587x^3 - 6.283x^2 - 22.83x + 63.36$	0.999

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah manggis pada kandungan radikal bebas O_2^-

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.388x^5 + 5.058x^4 - 25.71x^3 + 63.57x^2 - 84.93x + 99.99$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = 0.225x^5 - 1.928x^4 + 3.610x^3 + 8.370x^2 - 39.12x + 80.18$	0.998
Daging disinari 20 menit	$y = 0.793x^5 - 7.886x^4 + 25.94x^3 - 27.54x^2 - 15.90x + 72.32$	0.999
Daging disinari 15 menit	$y = 0.594x^5 - 6.461x^4 + 24.30x^3 - 33.25x^2 - 6.168x + 66.13$	0.997
Daging disinari 10 menit	$y = -0.049x^5 + 0.274x^4 - 0.991x^3 + 6.651x^2 - 27.25x + 61.16$	0.999

Tabel 4.4 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas O_2^-

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.152x^5 + 2.637x^4 - 16.17x^3 + 44.16x^2 - 61.57x + 100.0$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.047x^5 + 1.300x^4 - 9.105x^3 + 24.96x^2 - 35.68x + 80.16$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = -0.096x^5 + 1.351x^4 - 7.236x^3 + 17.89x^2 - 26.90x + 70.64$	0.997
Daging disinari 15 menit	$y = -0.063x^5 + 1.364x^4 - 8.873x^3 + 22.8x^2 - 30.07x + 66.11$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = 0.114x^5 - 1.367x^4 + 4.723x^3 - 2.163x^2 - 18.34x + 61.16$	0.999

Tabel 4.5 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas SO_4

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.737x^5 + 8.140x^4 - 33.03x^3 + 61.48x^2 - 63.14x + 99.98$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = 0.078x^5 - 0.102x^4 - 3.907x^3 + 18.67x^2 - 38.54x + 88.78$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = -0.798x^5 + 8.821x^4 - 35.23x^3 + 60.42x^2 - 48.33x + 73.30$	0.996
Daging disinari 15 menit	$y = 0.273x^5 - 2.33x^4 + 5.680x^3 - 0.806x^2 - 18.69x + 67.66$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = 0.091x^5 - 0.771x^4 + 1.581x^3 + 1.984x^2 - 17.44x + 62.06$	0.999

menit		
-------	--	--

Tabel 4.6 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas peroksi

Kedaaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.432x^5 + 4.857x^4 - 21.36x^3 + 47.64x^2 - 63.94x + 99.98$	0.998
Daging disinari 25 menit	$y = -0.437x^5 + 4.621x^4 - 17.51x^3 + 29.52x^2 - 32.00x + 77.04$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = -0.004x^5 - 0.121x^4 + 0.995x^3 - 0.651x^2 - 15.10x + 72.12$	0.999
Daging disinari 15 menit	$y = -0.196x^5 + 2.464x^4 - 11.75x^3 + 27.07x^2 - 37.76x + 67.20$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = 0.001x^5 + 0.053x^4 - 1.224x^3 + 7.165x^2 - 21.08x + 56.15$	0.999

Tabel 4.7 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian buah sirsak pada kandungan radikal bebas karbon

Kedaaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.479x^5 + 5.585x^4 - 25.33x^3 + 55.70x^2 - 66.14x + 99.98$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.199x^5 + 2.508x^4 - 11.79x^3 + 25.67x^2 - 34.25x + 82.59$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = 0.063x^5 - 0.486x^4 + 0.411x^3 + 4.094x^2 - 17.56x + 71.30$	0.999
Daging disinari 15 menit	$y = -0.347x^5 + 3.695x^4 - 14.43x^3 + 25.95x^2 - 30.03x + 66.51$	0.999
Daging	$y = -0.415x^5 + 4.502x^4 - 17.97x^3$	0.998

disinari 10 menit	$+ 32.88x^2 - 34.84x + 61.72$	
-------------------	-------------------------------	--

Tabel 4.8 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas karbon

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = 0.082x^5 + 0.461x^4 - 10.15x^3 + 41.24x^2 - 68.83x + 99.98$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.164x^5 + 2.385x^4 - 13.14x^3 + 33.80x^2 - 47.46x + 82.59$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = 0.039x^5 - 0.326x^4 + 0.635x^3 + 1.768x^2 - 16.72x + 71.29$	0.998
Daging disinari 15 menit	$y = 0.101x^5 - 0.902x^4 + 1.958x^3 + 2.81x^2 - 20.67x + 66.50$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = 0.011x^5 - 0.371x^4 + 1.971x^3 - 1.255x^2 - 15.57x + 61.74$	0.999

Tabel 4.9 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas peroksi

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = 0.044x^5 - 0.015x^4 - 2.930x^3 + 14.28x^2 - 27.03x + 40.66$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = 0.035x^5 - 0.107x^4 - 1.082x^3 + 6.138x^2 - 13.75x + 31.33$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = -0.128x^5 + 1.501x^4 - 6.743x^3 + 14.57x^2 - 18.53x + 29.99$	0.998
Daging disinari 15 menit	$y = -0.373x^5 + 4.136x^4 - 16.75x^3 + 30.31x^2 - 26.89x + 27.99$	0.999

Daging disinari 10 menit	$y = -0.065x^5 + 0.794x^4 - 3.617x^3 + 7.854x^2 - 11.03x + 22.82$	0.998
--------------------------	---	-------

Tabel 4.10 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas SO_4^-

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.140x^5 + 2.033x^4 - 10.79x^3 + 26.00x^2 - 31.25x + 38.66$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.058x^5 + 1.042x^4 - 6.149x^3 + 15.65x^2 - 21.15x + 34.33$	0.998
Daging disinari 20 menit	$y = 0.004x^5 + 0.037x^4 - 0.615x^3 + 2.724x^2 - 8.835x + 28.33$	0.999
Daging disinari 15 menit	$y = 0.090x^5 - 0.936x^4 + 3.285x^3 - 3.575x^2 - 5.858x + 27.16$	0.999
Daging disinari 10 menit	$y = -0.119x^5 + 1.132x^4 - 4.035x^3 + 7.401x^2 - 11.18x + 24.49$	0.999

Tabel 4.11 Data hasil perhitungan garis dan nilai R^2 dari grafik pemberian kunyit pada kandungan radikal bebas O_2^-

Keadaan	Persamaan Garis (y)	R^2
Daging disinari 30 menit	$y = -0.261x^5 + 3.289x^4 - 15.45x^3 + 33.46x^2 - 36.35x + 40.33$	0.999
Daging disinari 25 menit	$y = -0.124x^5 + 1.619x^4 - 7.618x^3 + 16.04x^2 - 18.64x + 32.33$	0.999
Daging disinari 20 menit	$y = -0.163x^5 + 1.776x^4 - 6.949x^3 + 12.17x^2 - 13.66x + 28.49$	0.998
Daging disinari 15 menit	$y = -0.147x^5 + 1.715x^4 - 7.356x^3 + 14.49x^2 - 16.31x + 26.66$	0.999

Daging disinari 10 menit	$y = 0.043x^5 - 0.334x^4 + 0.463x^3 + 1.933x^2 - 8.970x + 24.66$	0.999
--------------------------	--	-------

Tabel diatas menunjukkan bahwa semakin rendah penyinaran lamanya radiasi dan banyak antioksidan buah manggis, buah sirsak dan kunyit yang ditambahkan pada daging sapi menunjukkan semakin menurun nilai kandungan radikal bebasnya.

Senyawa radikal bebas dapat ditangkal oleh suatu senyawa yang disebut antioksidan. Antioksidan merupakan senyawa penting dalam menjaga kesehatan tubuh karena berfungsi sebagai penangkal radikal bebas yang banyak terbentuk dalam tubuh. Antioksidan mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi. Antioksidan dibagi menjadi antioksidan alami dan antioksidan buatan. Pada penelitian ini menggunakan antioksidan alami yaitu buah manggis, buah sirsak, dan kunyit.

Dari penelitian ini didapatkan data mengenai pengaruh radiasi sinar gamma terhadap kandungan radikal bebas pada daging sapi yang diberi antioksidan. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran 2 dan gambar resonansi daging pada lampiran 1.

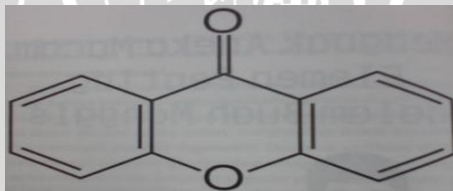
Dari data tersebut penentuan jenis radikal bebas yang diberi antioksidan terdapat perlakuan yang sama untuk setiap antioksidan yaitu sampel bahan dilumuri satu jenis antioksidan yang bervariasi sebanyak 1gram, 1,5gram, 2gram, 2,5gram, 3gram, 3,5gram, dan 4gram selama lima menit kemudian disinari radiasi gamma dengan variasi lamanya seperti pada perlakuan yang sebelumnya yaitu daging yang diradiasi tanpa antioksidan. Hal ini dikarenakan untuk membandingkan kandungan radikal bebas pada sampel daging yang disinari radiasi gamma tanpa antioksidan dengan sampel daging yang diberi antioksidan. Jenis antioksidan yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis buah-buahan dan rempah-rempah dengan kadar antioksidan tertinggi.

Dari penelitian ini didapatkan data pada lampiran 2 menunjukkan bahwa pengaruh radiasi sinar gamma terhadap kandungan radikal bebas pada daging sapi yang diberi antioksidan buah manggis, buah sirsak, dan kunyit didapatkan nilai faktor-g dengan variasi lamanya penyinaran mulai 10 menit, 15menit, 20menit, 25 menit, 30 menit dan variasi pemberian antioksidan sebanyak 1gram, 1,5gram, 2gram,

2,5gram, 3gram, 3,5gram, dan 4gram bahwa sampel masih terdapat jenis radikal bebas yang memiliki lebih dari satu jenis radikal bebas diantaranya radikal anion sulfat (SO_4^-), karbon, peroksida, dan anion superoksida (O_2^-).

Namun data sampel yang diberi antioksidan buah manggis didapatkan hasil penelitian pada masing-masing perlakuan bahwa dapat menangkal radikal bebas karbon dan hidroksil. Hal ini membuktikan bahwa buah manggis merupakan antioksidan yang lebih kuat jika dibandingkan dengan buah sirsak dan kunyit. Data sampel yang diberi buah manggis hanya didapatkan jenis radikal bebas anion sulfat (SO_4^-), peroksida, dan anion superoksida (O_2^-). Dari hasil penelitian keseluruhan dimana dilakukan tiga kali perulangan pengambilan data, didapatkan hasil gambar resonansi pada osiloskop mengalami kenaikan seiring dengan lamanya penyinaran radiasi.

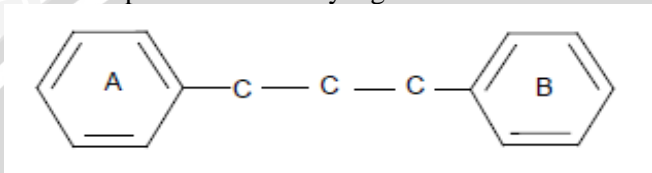
Buah manggis mengandung senyawa xanthone adalah bioflavonoid yang bersifat antioksidan, antibakteri, antialergi, antitumor, antihistamin, dan antiinflamasi. Xanthone merupakan senyawa keton siklik polifenol dengan rumus molekul $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{O}_2$. Struktur dasar xanthone terdiri dari tiga benzena dengan satu benzena ditengahnya yang merupakan keton, berikut gambar struktur kimia xanthone :



Gambar 4.15 Struktur kimia xanthone

Pada xanthone yang paling banyak memiliki efek farmakoogis yaitu alfamangostin, betamangostin, dan garcinon-E. Pemeran utama penumpas sel kanker ialah alfamangostin dan garcinon-E. Keduanya menghambat proliferasi sel kanker dengan mengaktifasi enzim kaspase 3 dan 9, yang memicu apoptosis atau program bunuh diri sel kanker. Alfamangostin juga mengaktifkan sistem kekebalan tubuh dengan merangsang sel pembunuh alami yang bertugas membunuh sel kanker dan virus.

Xanthone sebagai antioksidan yaitu memiliki kaya akan elektron dan gugus hidroksida yang efektif mengikat radikal bebas penyebab rusaknya sel tubuh serta memiliki sistem aromatis. Buah manggis juga mengandung senyawa flavonoid (lihat gambar 4.15) yaitu komponen fenolik yang bertindak sebagai penampung yang baik terhadap radikal hidroksid dan superoksida, dengan melindungi lipid membran terhadap reaksi oksidasi yang merusak.



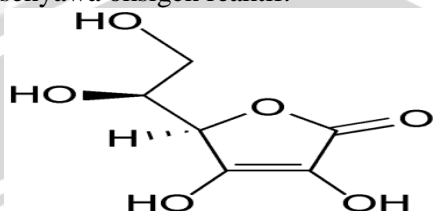
Gambar 4.16 Kerangka dasar senyawa flavonoid (sastrohamidjojo, 1996)

Data yang diberi antioksidan buah sirsak dan kunyit didapatkan hasil penelitian pada masing-masing perlakuan bahwa dapat menangkal radikal bebas hidroksil. Hal ini membuktikan bahwa buah sirsak dan kunyit merupakan antioksidan yang lebih lemah jika dibandingkan dengan buah manggis. Data sampel yang diberi buah sirsak dan kunyit didapatkan jenis radikal bebas anion sulfat (SO_4^-), peroksida, karbon, dan anion superoksida (O_2^-).

Grafik diatas baik gambar buah sirsak dan kunyit menunjukkan adanya pengaruh penurunan kandungan radikal bebas daging sapi akibat penyinaran radiasi, grafik ini juga sama seperti gambar pada buah manggis yang dijelaskan sebelumnya. Namun perbandingan sampel yang diberi antioksidan kunyit nilai luas lebih menurun dibandingkan diberi antioksidan buah sirsak, hal ini terbukti bahwa kandungan antioksidan kunyit memiliki kurkumin yang bisa lebih menangkal atau mengurangi jenis radikal bebas dan gambar luas resonansi pada osiloskop.

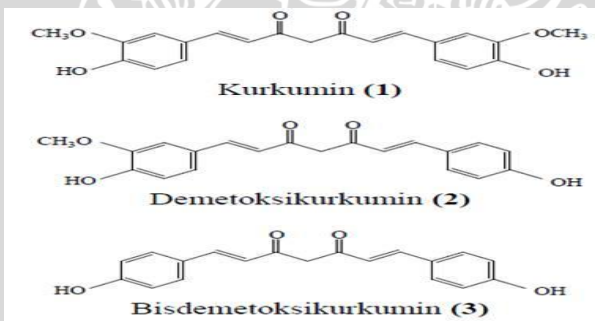
Buah sirsak mengandung antioksidan beberapa senyawa fitokimia berupa flavonoid dan kaya akan vitamin C sebanyak 67.5% daging buah sirsak. Struktur senyawa flavonoid dapat dilihat pada perlakuan sampel yang diberi buah manggis. Buah sirsak mengandung vitamin C (lihat gambar 4.18) yaitu antioksidan dengan aktivitas yang tinggi dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin C ini berperan sebagai donor elektron yang memindahkan satu elektron ke dalam reaksi

biokimia intraselular dan ekstraselular. Vitamin C juga mampu menghilangkan senyawa oksigen reaktif di dalam sel netrofil, monosit, protein lensa dan retina. Dan di luar sel, vitamin C dapat menghilangkan senyawa oksigen reaktif.



Gambar 4.17 Struktur senyawa vitamin C (Belleville, 1996)

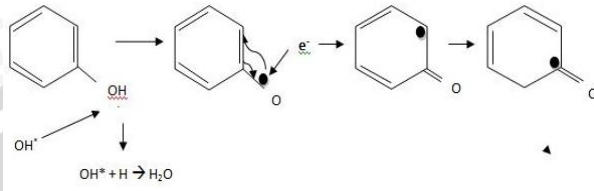
Kunyit mengandung zat-zat antioksidan yaitu kurkuminoid dan minyak atsiri. Kurkuminoid merupakan senyawa aktif yang terdapat dalam dua bentuk tautomer, yakni bentuk keto pada fase padat dan bentuk enol pada fase larutan. Kurkuminoid dalam kunyit adalah kurkumin (75%), demethoxykurkumin (15-20%) dan bisdemethoxykurkumin ($\pm 3\%$). Berikut gambar struktur kurkuminoid pada kunyit :



Gambar 4.18 Struktur Kurkumin (Hernani, 2005)

Kurkumin sebagai antioksidan pada kunyit ini terdapat kandungan polifenol dan saponin. Saponin yaitu zat antioksidan yang dapat menghambat pertumbuhan kanker. Dan polifenol yaitu zat antioksidan kuat sebagai pelindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas dengan cara mengikat radikal bebas sehingga mencegah proses inflamasi dan peradangan pada sel tubuh. Mekanisme antioksidan pada kurkuminoid memiliki gugus fenol memiliki kemampuan elektron yang tidak berpasangan tersebut akan

terus berpindah dan menjadikan radikal bebas tersebut menjadi stabil dan efek resonansi ini yang menyebabkan kestabilan radikal fenol yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4.19 Reaksi radikal bebas dengan kurkumin dan perpindahan elektron bebasnya (Suratmo, 2012)

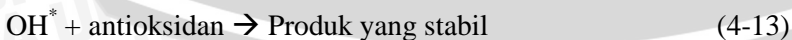
Antioksidan adalah zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi. Zat antioksidan secara nyata mampu memperlambat atau menghambat oksidasi mudah teroksidasi meskipun dalam konsentrasi rendah. Sehingga suatu radikal bebas cenderung akan bereaksi dengan antioksidan dibandingkan dengan molekul yang lain. Berikut perbedaan reaksi antara materi tanpa antioksidan dan dicampur dengan antioksidan yaitu :

❖ Reaksi tanpa adanya antioksidan yaitu :



Radikal bebas yang lain tersebut akan memulai reaksi yang sama dengan molekul yang ada disekitarnya.

❖ Reaksi yang diberi antioksidan yaitu :



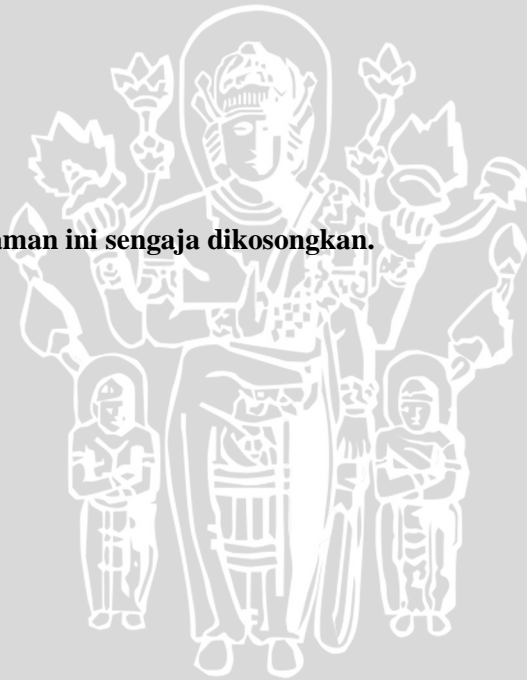
Suatu antioksidan yang bersifat reduktor kuat atau mudah teroksidasi menyebabkan radikal bebas cenderung terlebih dahulu akan bereaksi dengan antioksidan dibandingkan dengan molekul yang lain. Keadaan ini yang menyebabkan ketika suatu daging yang ditambahkan buah manggis, buah sirsak, dan kunyit saat diradiasi maka kandungan radikal bebasnya akan semakin berkurang daripada daging sapi yang tidak ditambahkan antioksidan saat diradiasi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

ESR Leybold Heracus merupakan alat untuk mendeteksi radikal bebas pada daging yang disinari radiasi gamma dengan resonansi. Semakin besar dosis yang diberikan, maka akan semakin meningkat nilai prosentase kandungan radikal bebasnya. Iradiasi gamma pada daging sapi yang dicampur dengan antioksidan buah manggis, buah sirsak, dan kunyit berpengaruh terhadap nilai penurunan kandungan radikal bebas. Radikal bebas tidak bisa dimusnahkan seratus persen oleh antioksidan tetapi antioksidan mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi.

Pada penelitian ini daging yang diradiasi dan dicampur dengan buah manggis yang mengandung antioksidan senyawa xanthone dapat menangkal radikal karbon dan hidroksil. Keadaan ini menunjukkan bahwa buah manggis merupakan suatu antioksidan yang cukup baik dalam menangkal radikal bebas. Buah sirsak dan kunyit mengandung antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas hidroksil.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah dilakukannya penelitian yang serupa dengan variasi antioksidan yang lebih banyak sehingga diketahui batas maksimum antioksidan yang dapat ditambahkan untuk menangkal radikal bebas.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous¹. *Potret Komoditas Daging Sapi*. 2010. www.bni.co.id/Portals/0/Document/komoditas%20sapi.pdf. Tanggal akses 16 Februari 2012
- Anonymous². 2012. *Kandungan Gizi dalam Manggis*. <http://wikipedia.org/wiki/manggis>. Tanggal akses 17 april 2012
- Anonymous³. 2012. *Sirsak-efektif-mengobati kanker*. <http://wikipedia.org/wiki/sirsak>. diakses tanggal 17 april 2012
- Anonymous⁴. *Spin Elektron*. 2009. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HgE4oeMeQrMJ:aktifisika.wordpress.com>. Tanggal akses 17 Januari 2012
- Akhadi, Muklis. 2000. *Dasar-dasar proteksi radiasi, edisis ke I*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta
- Astuti, Niluh Yuni. 2009. *Uji Aktivitas Penangkap Radikal DPPH Oleh Analog Kurkumin Monoketon dan Heteroalifatik Monoketon*. <http://docs.google.com/viewer>. Skripsi Fakultas Farmasi UNMUH. Surakarta
- Atkins. 1999. *Kimia Fisika*. Erlangga. Jakarta
- Batan, 2008. *Radiasi*. Badan Tenaga Nuklir Nasional. Jakarta.
- Beiser, Arthur. 1986. *Konsep Fisika Modern, Edisis Ketiga*. Mc Graw Hill, Inc.
- Belleville-Nabet, F.1996. sat Gizi Antioksidan Penangkal Senyawa Radikal Pangan dalam Sistem Biologis. Dalam *Prosiding Seminar Senyawa Radikal dan Sistem Pangan:Reaksi BIOMOLEKULAR, Dampak terhadap Kesehatan dan Penangkalan*. CFNS-IPB dan Kedutaan Besar Perancis-Jakarta
- Cairns, Donald. 2003. *Essentials Of Pharmaceutical Chemistry*. Pharmaceutical Press. England
- Cervený, T.J., Macvittie, T.J., Young, R.W. Acute Radiation Syndrome in Humans. Dalam: Walker, R.I., Cervený, T.J. *Medical consequences of nuclear warfare*. Maryland: TMM Publications, 1989; 15-36
- Dewi Maulida dan Naufal Zulkarnaen. 2010. Ekstarki Antioksidan (LIKOPEN) Dari Buah Tomat Dengan Menggunakan Solven

- Campuran, n-Heksana, Aseton, dan Etanol. *Jurnal Teknik Kimia*. P. 5-7
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A. 1975. *Principles of Meat Science*. W.H. Freeman and Company. San Fransisco.
- Gautreau, Ronald & Savin, William. 2006. *Schaum's Outlines Fisika Modern Edisi Kedua*. Erlangga. Jakarta
- Hendrayana, Sumar dkk. 1994. *Kimia Analitik*. Ikip Semarang Press. Semarang
- Knoll, Glenn F. 2000. *Radiation Detection and Measurement 3th edition*. John Wiley and Son. Inc. New York
- Macomber, Roger, S. 1988. *Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. Hartcourt Brace Javanovich. US
- Miller. 2001. ESR Spectra, <http://www.ensta.fr/esr.html>. tanggal akses 17 Januari 2012
- Perricone, Nicholas. 2002. *The Perricone Prescription*. Harper Collins Publishers. New York
- Pokorni, J dkk. 2001. *Antioxidant In Food, Practical Applications*. CRC Press. New York
- Quezada M, Asencio M, Valle JM, Aguilera JM. 2004. *Antioxidant activity of crude extract, alkaloid fraction, and flavonoid fraction from Boldo Peumus boldus Molina) Leaves*. "Food Sci" 69: C371-C376
- Sastrohamidjojo, H. 1985. *Spektroskopi, Edisi kesatu*. Liberty. Yogyakarta.
- Suratmo. 2012. *Reaksi Radikal Bebas dengan Suatu Materi, Kimia FMIPA UB Malang*.
- Walden, T.L., Farzaneh, N.K. Biological Assessment of Radiation Damage. Dalam: Walker, R.I., Cervený, T.J. Medical consequences of nuclear warfare. Maryland: TMM Publications, 1989; 85-99
- Walokum BA, Usen UA, Otunba AA, Olukoya DK. 2007. *Comparative phytochemical evaluation, antimicrobial and antioxidant properties of "Pleurotus ostreatus"*. "African Biotechno" 6:1732-1739.
- William dan John. *Elektromagnetika*. 2004. Erlangga. Jakarta
- Yungson, Robert. 2003. *Antioksidan : Vitamin C & E Bagi Kesehatan*. Arcan. Jakarta.

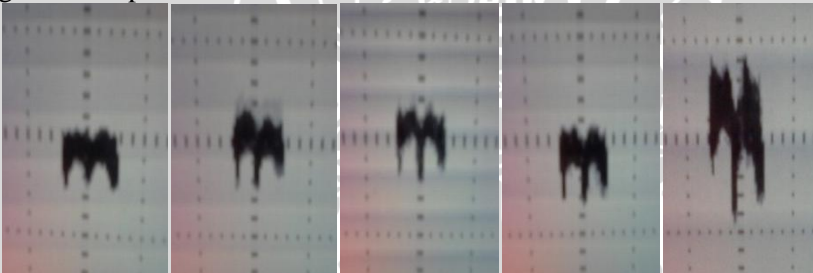
LAMPIRAN 1

Adanya radikal bebas ditunjukkan dengan gambar resonansi yang simetris oleh osiloskop. Gambar resonansi didapatkan dari nilai frekuensi dan arus tertentu. Sebelum melakukan pengujian sampel dilakukan terlebih dahulu dengan pengukuran kalibrator DPPH. Gambar bentuk resonansi yang simetris dari pengukuran DPPH dan sampel ditunjukkan sebagai berikut :

Lampiran 1.1 Gambar resonansi dari kalibrator DPPH.



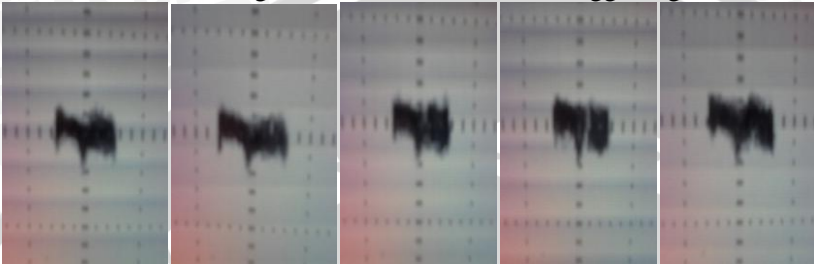
Lampiran 1.2 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma tanpa Antioksidan.



1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

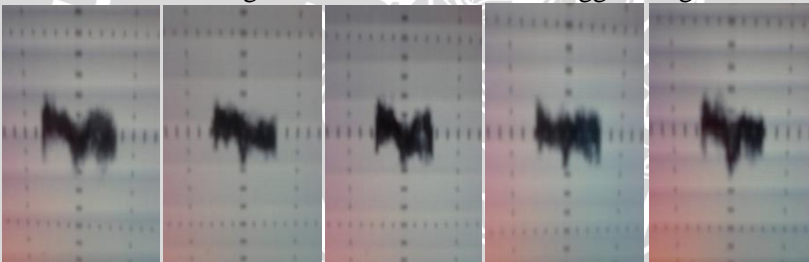
Lampiran 1.3 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis.

Lampiran 1.3.1 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 1 gram.



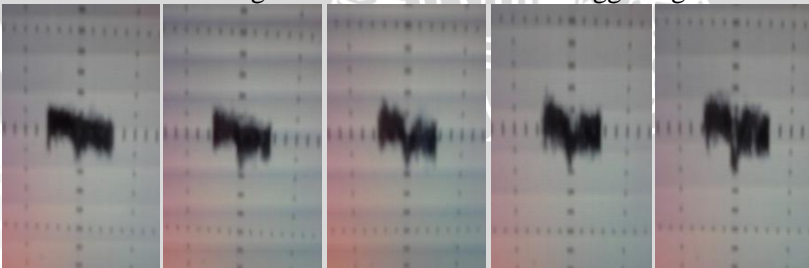
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.3.2 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 1,5 gram.



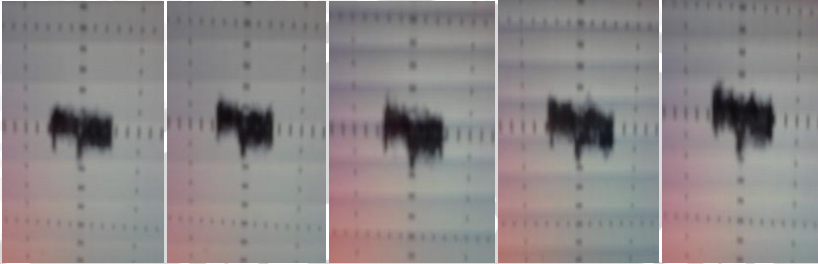
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.3.3 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 2 gram.



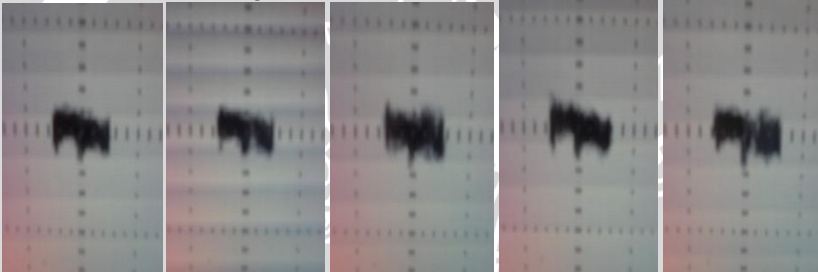
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.3.4 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 2,5 gram.



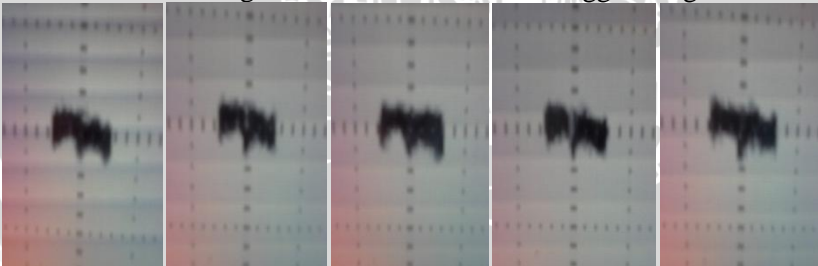
- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.3.5 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 3 gram.



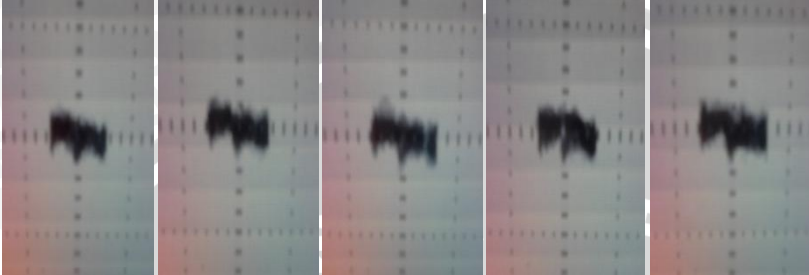
- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.3.6 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 3,5 gram.



- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

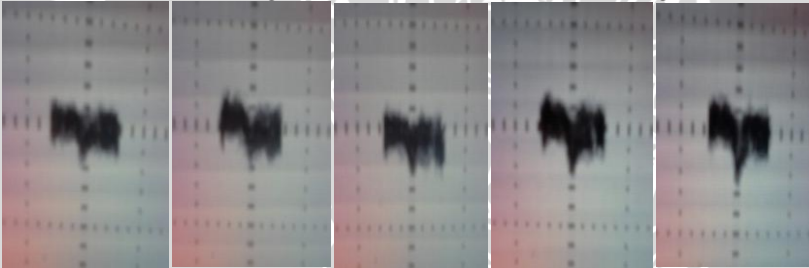
Lampiran 1.3.7 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Manggis 4 gram.



1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

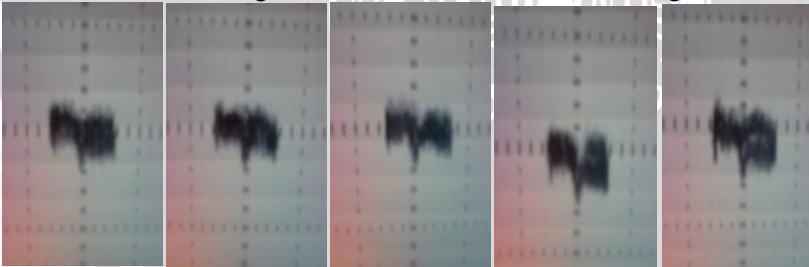
Lampiran 1.4 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak.

Lampiran 1.4.1 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 1 gram.



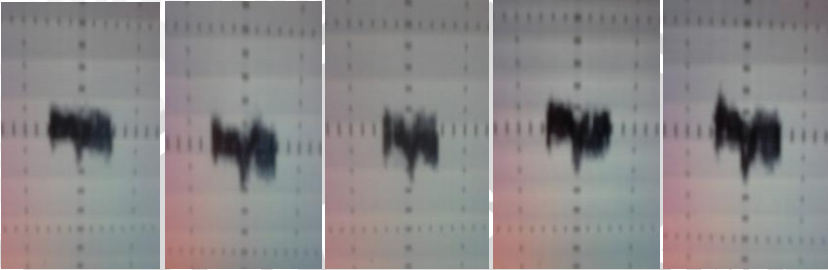
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.4.2 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 1,5 gram.



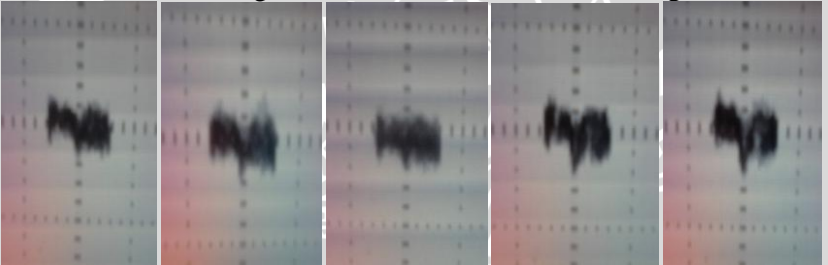
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.4.3 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 2 gram.



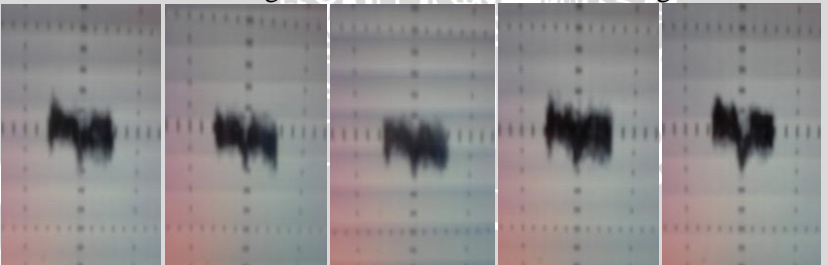
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.4.4 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 2,5 gram.



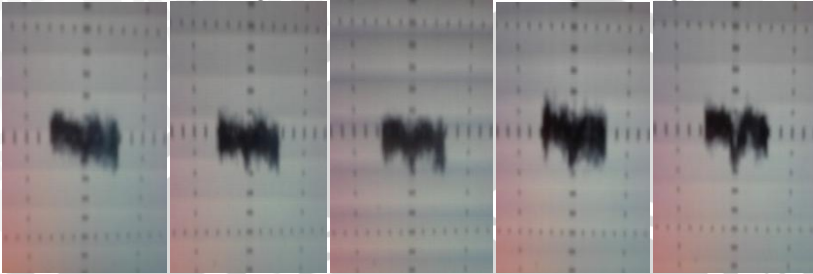
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.4.5 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 3 gram.



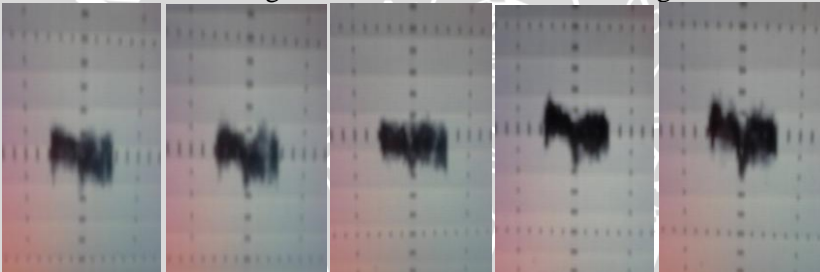
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.4.6 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 3,5 gram.



1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

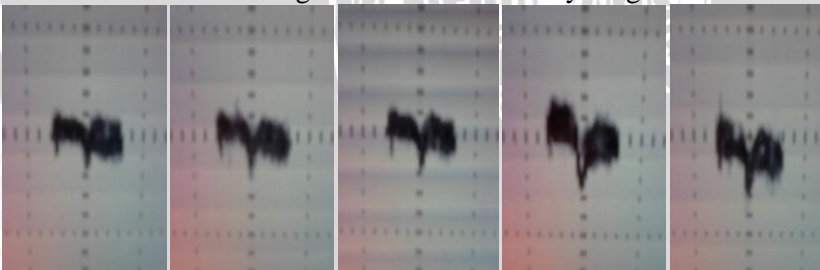
Lampiran 1.4.7 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Buah Sirsak 4 gram.



1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

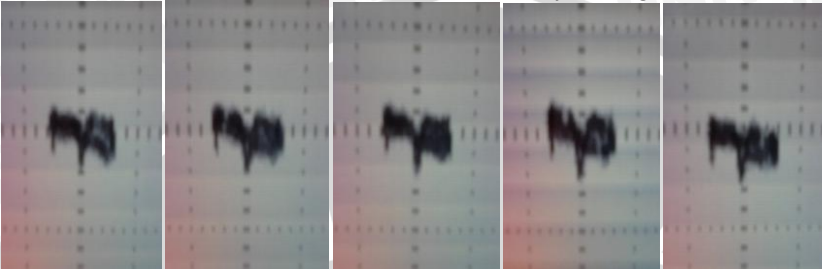
Lampiran 1.5 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit.

Lampiran 1.5.1 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 1 gram.



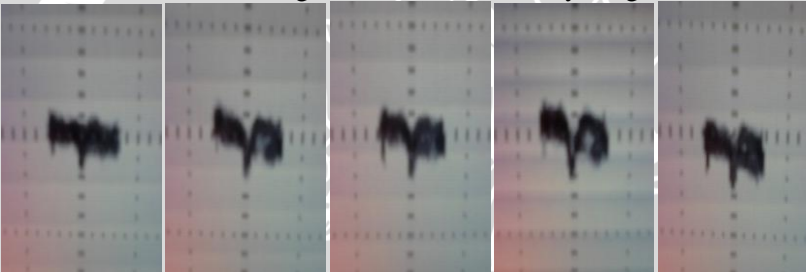
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.2 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 1,5 gram.



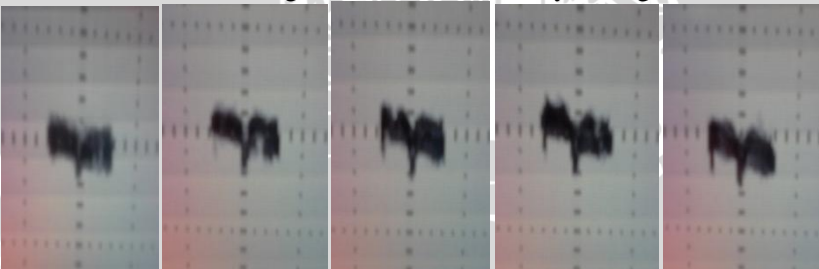
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.3 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 2 gram.



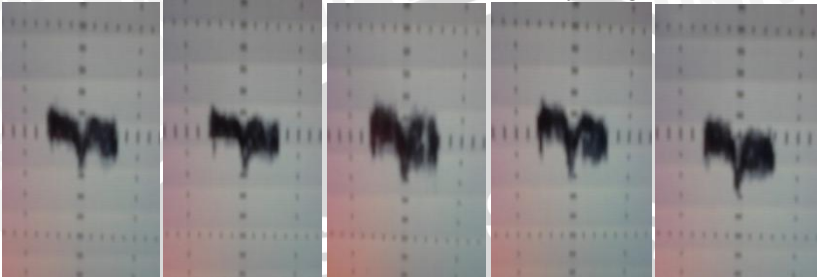
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.4 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 2,5 gram.



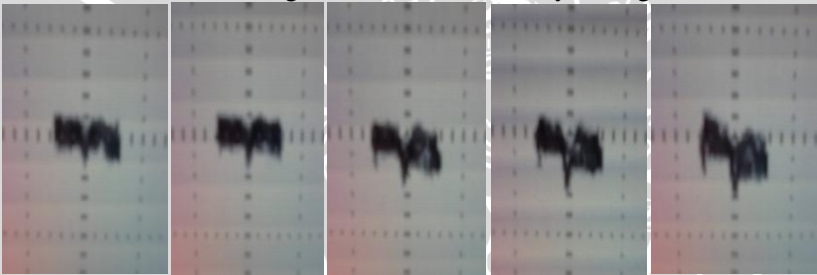
1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.5 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 3 gram.



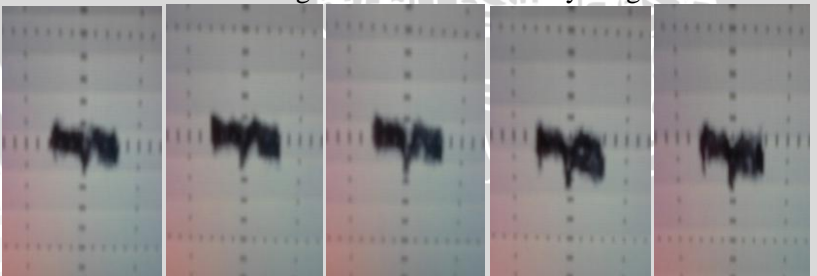
- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.6 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 3,5 gram.



- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

Lampiran 1.5.7 Gambar resonansi dari daging yang diradiasi sinar gamma dan diberi Kunyit 4 gram.



- 1) 10 menit 2) 15 menit 3) 20 menit 4) 25 menit 5) 30 menit

LAMPIRAN 2

Nilai faktor g pada literatur (Miller, 2001).

No	Nama Radikal	Nilai faktor-g
1.	Hydroxyl	2,00047
2.	Helium	2,002
3.	Methanol	2,00205
4.	Methyl	2,00255
5.	Free Radikal	2,00232
6.	Peroxy	2,0155
7.	Alkoxy	2,00197
8.	Alkyl	2,00206
9.	DPPH	2,0036
10.	Carbondioksid	2,0007
11.	SO-3	2,0037
12.	SO-4	1,9976
13.	O ₂	2,0356
14.	Ethyl	2,0044
15.	Carbon	2,005
16.	Hg	4,0-4,5
17.	YBaCuO 23x-7	2,24
18.	CuGeO ₃	2,154
19.	Cu-HA	2,289-2,296

LAMPIRAN 3

Lampiran 3.1 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada kalibrator DPPH

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	43,2	0,364	0,001540191	2,00399464
2	32,4	0,273	0,001155143	2,00389762

Lampiran 3.2 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma tanpa antioksidan.

Lampiran 3.2.1 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 10 menit tanpa antioksidan.

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
5	32.3	0.268	0.001133987	2.03498E-06

Lampiran 3.2.2 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 15 menit tanpa antioksidan.

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.9	0.275	0.001163606	2.02002E-06
2	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06
3	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
4	32.3	0.274	0.001159374	1.99042E-06
5	32.1	0.27	0.001142449	2.0074E-06

Lampiran 3.2.3 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 20 menit tanpa antioksidan.

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	32.7	0.276	0.001167837	2.00047E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

Lampiran 3.2.4 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 25 menit tanpa antioksidan.

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.5	0.276	0.001167837	1.98823E-06
3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.7	0.276	0.001167837	2.00047E-06
5	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06

Lampiran 3.2.5 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma selama 30 menit tanpa antioksidan.

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
3	32.7	0.276	0.001167837	2.00047E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

Lampiran 3.3 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis.

Lampiran 3.3.1 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 1gram.

1) 10 menit Buah Manggis 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
3	32.8	0.271	0.00114668	2.04361E-06
4	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
5	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06

2) 15 menit Buah Manggis 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.2	0.27	0.001142449	2.01365E-06
2	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06

3) 20 menit Buah Manggis 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.3	0.268	0.001133987	2.03498E-06
3	32.5	0.268	0.001133987	2.04758E-06
4	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
5	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06

4) 25 menit Buah Manggis 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
3	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
4	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06
5	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06

5) 30 menit Buah Manggis 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.3	0.274	0.001159374	1.99042E-06
3	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
4	32.8	0.271	0.00114668	2.04361E-06
5	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06

Lampiran 3.3.2 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 1,5gram.

1) 10 menit Buah Manggis 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
2	32.9	0.271	0.00114668	2.04984E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

2) 15 menit Buah Manggis 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	33	0.275	0.001163606	2.02616E-06
2	33.3	0.275	0.001163606	2.04458E-06

3	33.2	0.275	0.001163606	2.03844E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06

3) 20 menit Buah Manggis 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	33	0.272	0.001150912	2.04851E-06

4) 25 menit Buah Manggis 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
2	32.1	0.269	0.001138218	2.01486E-06
3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06

5) 30 menit Buah Manggis 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.8	0.274	0.001159374	2.02123E-06
2	33	0.272	0.001150912	2.04851E-06
3	32.9	0.272	0.001150912	2.0423E-06
4	32.3	0.274	0.001159374	1.99042E-06
5	32.2	0.274	0.001159374	1.98426E-06

Lampiran 3.3.3 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 2gram.

1) 10 menit Buah Manggis 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
3	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
4	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

2) 15 menit Buah Manggis 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.4	0.272	0.001150912	2.012670E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06
5	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06

3) 20 menit Buah Manggis 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.2	0.268	0.001133987	2.02868E-06
2	32	0.268	0.001133987	2.01608E-06
3	32.6	0.268	0.001133987	2.05388E-06
4	32.4	0.268	0.001133987	2.04128E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

4) 25 menit Buah Manggis 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06

3	32.5	0.268	0.001133987	2.04758E-06
4	32.3	0.268	0.001133987	2.03498E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

5) 30 menit Buah Manggis 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.7	0.278	0.001176299	1.98607E-06
4	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
5	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06

Lampiran 3.3.4 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 2,5gram.

1) 10 menit Buah Manggis 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.9	0.275	0.001163606	2.02002E-06
2	32.6	0.276	0.001167837	1.99435E-06
3	32.7	0.277	0.001172068	1.99324E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	33	0.272	0.001150912	2.04851E-06

2) 15 menit Buah Manggis 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06
2	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06
3	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
4	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
5	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06

3) 20 menit Buah Manggis 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06
2	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.7	0.27	0.001142449	2.04492E-06
5	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06

4) 25 menit Buah Manggis 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
3	32.6	0.269	0.001138218	2.04625E-06
4	32.3	0.268	0.001133987	2.03498E-06
5	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06

5) 30 menit Buah Manggis 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06

Lampiran 3.3.5 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 3gram.

1) 10 menit Buah Manggis 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06

3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
5	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06

2) 15 menit Buah Manggis 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.274	0.001159374	2.01507E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.8	0.273	0.001155143	2.02863E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

3) 20 menit Buah Manggis 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
5	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06

4) 25 menit Buah Manggis 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

5) 30 menit Buah Manggis 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
3	32.7	0.27	0.001142449	2.04492E-06
4	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
5	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06

Lampiran 3.3.6 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 3,5gram.

1) 10 menit Buah Manggis 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.9	0.271	0.00114668	2.04984E-06
3	33	0.271	0.00114668	2.05607E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

2) 15 menit Buah Manggis 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
2	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
3	32.9	0.271	0.00114668	2.04984E-06
4	33	0.271	0.00114668	2.05607E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

3) 20 menit Buah Manggis 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06
2	32.8	0.274	0.001159374	2.02123E-06

3	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	33.3	0.274	0.001159374	2.05204E-06

4) 25 menit Buah Manggis 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06
2	32.8	0.274	0.001159374	2.02123E-06
3	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
4	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06
5	32.5	0.275	0.001163606	1.99546E-06

5) 30 menit Buah Manggis 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.8	0.273	0.001155143	2.02863E-06
2	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
3	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

Lampiran 3.3.7 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah manggis 4gram.

1) 10 menit Buah Manggis 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
4	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

2) 15 menit Buah Manggis 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
3	32.5	0.268	0.001133987	2.04758E-06
4	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

3) 20 menit Buah Manggis 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
3	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

4) 25 menit Buah Manggis 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.8	0.273	0.001155143	2.02863E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	33	0.272	0.001150912	2.04851E-06
5	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06

5) 30 menit Buah Manggis 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
3	32.6	0.269	0.001138218	2.04625E-06

4	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
5	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06

Lampiran 3.4 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak.

Lampiran 3.4.1 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 1gr.

1) 10 menit Buah Sirsak 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.3	0.269	0.001138218	2.02742E-06
3	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
4	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06
4	32.2	0.274	0.001159374	1.98426E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
---	------	-------	-------------	-------------

4) 25 menit Buah Sirsak 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
2	32.3	0.274	0.001159374	1.99042E-06
3	32.2	0.274	0.001159374	1.98426E-06
4	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
5	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
3	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06

Lampiran 3.4.2 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 1,5gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
4	32.4	0.269	0.001138218	2.04625E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
3	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.9	0.271	0.00114668	2.04984E-06
4	32.8	0.27	0.001142449	2.05117E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

4) 25 menit Buah Sirsak 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
2	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06
3	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
4	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
5	32.5	0.275	0.001163606	1.99546E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
2	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
3	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06

4	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
5	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06

Lampiran 3.4.3 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 2gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 2gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
3	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 2gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06
5	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 2gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.274	0.001159374	2.01507E-06
2	32.9	0.274	0.001159374	2.02739E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	33	0.274	0.001159374	2.03355E-06
5	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06

4) 25 menit Buah Sirsak 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
5	32.8	0.276	0.001167837	2.00658E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
2	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
3	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
4	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
5	32.8	0.273	0.001155143	2.02863E-06

Lampiran 3.4.4 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 2,5gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
3	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
4	33	0.274	0.001159374	2.03355E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06

3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
2	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06
3	32.3	0.274	0.001159374	1.99042E-06
4	33	0.274	0.001159374	2.03355E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

4) 25 menit Buah Sirsak 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
2	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
3	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
4	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.7	0.274	0.001159374	2.01507E-06
4	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
5	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06

Lampiran 3.4.5 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 3gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 3gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 3gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.4	0.272	0.001150912	2.00505E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
5	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 3gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.6	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.8	0.271	0.00114668	2.04361E-06

4) 25 menit Buah Sirsak 3gram

NO	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.2	0.271	0.00114668	2.00622E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06

3	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
4	32.6	0.271	0.00114668	2.03208E-06
5	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
5	32.2	0.271	0.00114668	2.00622E-06

Lampiran 3.4.6 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 3,5gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
2	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.2	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.2	0.27	0.001142449	2.01365E-06
3	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

3) 20 menit Buah Sirsak3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

4) 25 menit Buah Sirsak3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

5) 30 menit Buah Sirsak3,5grm

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
2	32.9	0.272	0.001150912	2.0423E-06
3	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
4	32.8	0.273	0.001155143	2.02863E-06
5	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06

Lampiran 3.4.7 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Buah Sirsak 4gram.

1) 10 menit Buah Sirsak 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06

3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.2	0.271	0.00114668	2.00622E-06

2) 15 menit Buah Sirsak 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

3) 20 menit Buah Sirsak 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06

4) 25 menit Buah Sirsak 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
2	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
3	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06

5) 30 menit Buah Sirsak 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
2	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

Lampiran 3.5 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit.

Lampiran 3.5.1 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 1gram.

1) 10 menit Kunyit 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
2	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06

2) 15 menit Kunyit 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
2	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
3	32.8	0.269	0.001138218	2.0588E-06
4	32.2	0.274	0.001159374	1.98426E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

3) 20 menit Kunyit 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
3	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
4	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

4) 25 menit Kunyit 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.1	0.273	0.001155143	1.98534E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 1gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06
2	32.4	0.276	0.001167837	1.98211E-06
3	32.6	0.276	0.001167837	1.99435E-06
4	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
5	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06

Lampiran 3.5.2 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 1,5gram.

1) 10 menit Kunyit 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06

3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

2) 15 menit Kunyit 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
3	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06

3) 20 menit Kunyit 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06
2	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
3	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
4	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

4) 25 menit Kunyit 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.27	0.001142449	2.01991E-06
2	32.7	0.27	0.001142449	2.04492E-06
3	32.5	0.275	0.001163606	1.99546E-06
4	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 1,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	33	0.273	0.001155143	2.041E-06
2	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06
3	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.4	0.277	0.001172068	1.97496E-06

Lampiran 3.5.3 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 2gram.

1) 10 menit Kunyit 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.274	0.001159374	2.01507E-06
2	32.8	0.274	0.001159374	2.02123E-06
3	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.9	0.273	0.001155143	2.03482E-06

2) 15 menit Kunyit 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
3	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
4	32.6	0.269	0.001138218	2.04625E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

3) 20 menit Kunyit 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
2	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06

3	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
4	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

4) 25 menit Kunyit 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.5	0.275	0.001163606	1.99546E-06
4	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 2gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.277	0.001172068	1.98105E-06
2	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
3	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06
4	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
5	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06

Lampiran 3.5.4 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 2,5gram.

1) 10 menit Kunyit 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.2	0.273	0.001155143	1.99152E-06
2	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06
3	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
4	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

2) 15 menit Kunyit 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.274	0.001159374	2.01507E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
4	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
5	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06

3) 20 menit Kunyit 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
3	32.6	0.274	0.001159374	2.00891E-06
4	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
5	32.5	0.276	0.001167837	1.98823E-06

4) 25 menit Kunyit 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
2	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
3	32.9	0.271	0.00114668	2.04984E-06
4	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 2,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06

Lampiran 3.5.5 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 3gram.

1) 10 menit Kunyit 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06
2	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
3	32.1	0.272	0.001150912	1.99264E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

2) 15 menit Kunyit 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.273	0.001155143	2.01008E-06
2	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.3	0.273	0.001155143	1.99771E-06

3) 20 menit Kunyit 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06
3	32.4	0.277	0.001172068	1.97496E-06
4	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
5	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06

4) 25 menit Kunyit 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.272	0.001150912	2.01747E-06
2	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
3	32.2	0.272	0.001150912	1.99885E-06
4	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 3gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.3	0.275	0.001163606	1.98318E-06
4	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06
5	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06

Lampiran 3.5.6 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 3,5gram.

1) 10 menit Kunyit 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
2	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06
3	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06

2) 15 menit Kunyit 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.277	0.001172068	1.99324E-06
2	32.8	0.271	0.00114668	2.04361E-06

3	32.6	0.27	0.001142449	2.03867E-06
4	32.7	0.272	0.001150912	2.02988E-06
5	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06

3) 20 menit Kunyit 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.5	0.271	0.00114668	2.02491E-06
2	32.7	0.275	0.001163606	2.00774E-06
3	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
4	32.5	0.27	0.001142449	2.03241E-06
5	32.4	0.274	0.001159374	1.99658E-06

4) 25 menit Kunyit 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.2	0.27	0.001142449	2.01365E-06
2	32.4	0.27	0.001142449	2.02616E-06
3	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.7	0.277	0.001172068	1.99324E-06

5) 30 menit Kunyit 3,5gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
2	32.7	0.271	0.00114668	2.03738E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.6	0.272	0.001150912	2.02368E-06
5	32.4	0.272	0.001150912	2.01126E-06

Lampiran 3.5.7 Data hasil pengukuran frekuensi dan arus pada daging yang disinari radiasi gamma dan diberi Kunyit 4gram.

1) 10 menit Kunyit 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.8	0.275	0.001163606	2.01388E-06
2	32.4	0.271	0.00114668	2.01868E-06
3	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.6	0.271	0.00114668	2.03114E-06

2) 15 menit Kunyit 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
2	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06
3	32.5	0.275	0.001163606	1.99546E-06
4	32.8	0.271	0.00114668	2.04361E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

3) 20 menit Kunyit 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
2	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
3	32.5	0.269	0.001138218	2.03997E-06
4	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
5	32.4	0.275	0.001163606	1.98932E-06

4) 25 menit Kunyit 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.3	0.271	0.00114668	2.01245E-06
2	32.3	0.269	0.001138218	2.02742E-06

3	32.4	0.269	0.001138218	2.03369E-06
4	32.5	0.277	0.001172068	1.98105E-06
5	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06

5) 30 menit Kunyit 4gram

N0	f (MHz)	I (A)	B (T)	Faktor g
1	32.6	0.273	0.001155143	2.01626E-06
2	32.8	0.272	0.001150912	2.03609E-06
3	32.3	0.272	0.001150912	2.00505E-06
4	32.7	0.273	0.001155143	2.02245E-06
5	32.7	0.277	0.001172068	1.99324E-06



LAMPIRAN 4

Perhitungan Dosis Radiasi

Besaran dosimetri yang secara langsung dikaitkan dengan akibat yang dapat ditimbulkan yaitu besaran yang dibatasi oleh jumlah energi yang diserap dari radiasi oleh materi atau energi yang diserahkan radiasi.

Laju dosis yang tersebar merata dalam suatu m (kg) materi dinyatakan :

$$D = \frac{qBq \times 1 \text{ tps } Bq \times E \frac{MeV}{t} \times 1,6 \cdot \frac{10^{-13}J}{MeV} \times ts}{mkg \times 1 J/kg/Gy}$$

Dimana :

q = aktivitas bahan radiasi

E = energi sinar gamma (MeV)

m = massa materi (kg)

Untuk mendapatkan nilai aktivitas sekarang (q Bq) digunakan persamaan :

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Lampiran 4.1 Hasil Perhitungan Co-60

Diketahui :

Energi = 1,3 MeV

$t_{1/2}$ = 5,271 tahun

Aktivitas = 74 kBq (Tahun 1993)

Aktivitas sekarang (Tahun 2012)

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 74 \text{ kBq} \times 2,718^{-\frac{0,693}{5,271} \times 19 \text{ Tahun}}$$

$$= 201,132^{-2,498005}$$

$$= 1,761 \times 10^{-6} \text{ kBq} = 1,761 \times 10^{-3} \text{ Bq}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 10 menit

$$= \frac{1,761 \cdot 10^{-3} \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,3 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 600 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1 \text{ J/kg/Gy}}$$

$$= \frac{2,198 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 10^{-3}} = 10,99 \cdot 10^{-11} \text{Gy/s}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 15 menit

$$= \frac{1,761 \cdot 10^{-3} \text{Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,3 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{J/MeV} \times 900 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{kg} \times 1 \text{ J/kg/Gy}}$$

$$= \frac{3,296 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 10^{-3}} = 16,48 \cdot 10^{-11} \text{Gy/s}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 20 menit

$$= \frac{1,761 \cdot 10^{-3} \text{Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,3 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{J/MeV} \times 1200 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{kg} \times 1 \text{ J/kg/Gy}}$$

$$= \frac{4,395 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 10^{-3}} = 21,97 \cdot 10^{-11} \text{Gy/s}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 25 menit

$$= \frac{1,761 \cdot 10^{-3} \text{Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,3 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{J/MeV} \times 1500 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{kg} \times 1 \text{ J/kg/Gy}}$$

$$= \frac{5,494 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 10^{-3}} = 27,47 \cdot 10^{-11} \text{Gy/s}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 30 menit

$$= \frac{1,761 \cdot 10^{-3} \text{Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,3 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{J/MeV} \times 1800 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{kg} \times 1 \text{ J/kg/Gy}}$$

$$= \frac{6,593 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 10^{-3}} = 32,96 \cdot 10^{-11} \text{Gy/s}$$

Lama Penyinaran	Laju Dosis (Gy/s)	Dosis Radiasi (Gy)
0 menit	0	0 Gy
10 menit	$10,99 \cdot 10^{-11}$	$65,94 \cdot 10^{-9}$
15 menit	$16,48 \cdot 10^{-11}$	$148,34 \cdot 10^{-9}$
20 menit	$21,97 \cdot 10^{-11}$	$263,64 \cdot 10^{-9}$
25 menit	$27,47 \cdot 10^{-11}$	$412,07 \cdot 10^{-9}$
30 menit	$32,96 \cdot 10^{-11}$	$593,38 \cdot 10^{-9}$

Lampiran 4.2 Hasil Perhitungan Cs-137

Diketahui :

$$\text{Energi} = 1,176 \text{ MeV}$$

$$t_{1/2} = 30,17 \text{ tahun}$$

$$\text{Aktivitas} = 333 \text{ kBq (Tahun 1993)}$$

Aktivitas sekarang (Tahun 2012)

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 333 \text{ kBq} \times 2,718^{-\frac{0,693}{30,17} \times 19 \text{ tahun}}$$

$$= 905,094^{-0,436}$$

$$= 0,0514 \text{ kBq} = 51,4 \text{ Bq}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 10 menit

$$\begin{aligned} &= \frac{51,4 \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,176 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 600 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1} \\ &= \frac{580,28 \cdot 10^{-11}}{2 \cdot 10^{-3}} = 290,14 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/s} \end{aligned}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 15 menit

$$\begin{aligned} &= \frac{51,4 \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,176 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 900 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1} \\ &= \frac{870,42 \cdot 10^{-11}}{2 \cdot 10^{-3}} = 435,21 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/s} \end{aligned}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 20 menit

$$\begin{aligned} &= \frac{51,4 \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,176 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 1200 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1} \\ &= \frac{1160,57 \cdot 10^{-11}}{2 \cdot 10^{-3}} = 580,28 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/s} \end{aligned}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 25 menit

$$\begin{aligned} &= \frac{51,4 \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,176 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 1500 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1} \\ &= \frac{1450,71 \cdot 10^{-11}}{2 \cdot 10^{-3}} = 725,35 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/s} \end{aligned}$$

➤ Laju dosis pada penyinaran selama 30 menit

$$= \frac{51,4 \text{ Bq} \times 1 \text{ tps/Bq} \times 1,176 \text{ MeV/t} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} \times 1800 \text{ s}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times 1}$$

$$= \frac{1740,85 \cdot 10^{-11}}{2 \cdot 10^{-3}} = 870,42 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/s}$$

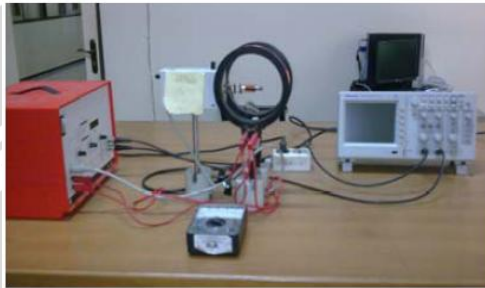
Lama Penyinaran	Laju Dosis (Gy/s)	Dosis Radiasi (Gy)	Dosis 3 buah Cs-137 (Gy)
0 menit	0	0	0
10 menit	$290,14 \cdot 10^{-8}$	$1740,8 \cdot 10^{-6}$	$5222,4 \cdot 10^{-6}$
15 menit	$435,21 \cdot 10^{-8}$	$5222,5 \cdot 10^{-6}$	$15667,5 \cdot 10^{-6}$
20 menit	$580,28 \cdot 10^{-8}$	$6963,3 \cdot 10^{-6}$	$20889,9 \cdot 10^{-6}$
25 menit	$725,35 \cdot 10^{-8}$	$10880,2 \cdot 10^{-6}$	$32640,6 \cdot 10^{-6}$
30 menit	$870,42 \cdot 10^{-8}$	$15667,7 \cdot 10^{-6}$	$47003,1 \cdot 10^{-6}$

Total Dosis yang Digunakan

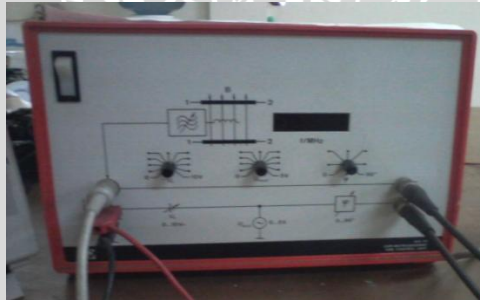
Lamanya Penyinaran	3 buah Cs-137 (Gy)	1 buah Co-60 (Gy)	Total Dosis (Gy)
0 menit	0	0	0
5 menit	$5222,4 \cdot 10^{-6}$	$65,94 \cdot 10^{-9}$	$5,22 \cdot 10^{-3}$
10 menit	$15667,5 \cdot 10^{-6}$	$148,34 \cdot 10^{-9}$	$15,6 \cdot 10^{-3}$
15 menit	$20889,9 \cdot 10^{-6}$	$263,64 \cdot 10^{-9}$	$20,8 \cdot 10^{-3}$
20 menit	$32640,6 \cdot 10^{-6}$	$412,07 \cdot 10^{-9}$	$32,6 \cdot 10^{-3}$
25 menit	$47003,1 \cdot 10^{-6}$	$593,38 \cdot 10^{-9}$	$47 \cdot 10^{-3}$

LAMPIRAN 5 Gambar Penelitian

Dalam mengerjakan penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut :



Lampiran 5.1 Perangkat ESR.



Lampiran 5.2 Alat pengendali ESR.



Lampiran 5.3 Alat dasar ESR



Lampiran 5.4 Kumparan Helmholtz



Lampiran 5.5 Multimeter



Lampiran 5.6 Osiloskop digital



Lampiran 5.7 Kumbaran resonansi



Lampiran 5.8 Bahan radioaktif ^{137}Cs dan ^{60}Co



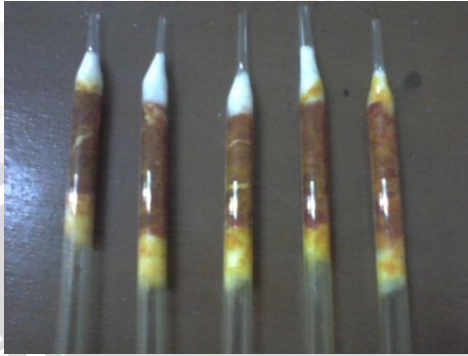
Lampiran 5.9 Proses penyinaran radiasi gamma pada daging sapi



Lampiran 5.10 Sampel daging sapi mentah



Lampiran 5.11 Sampel daging sapi yang diberi buah manggis



Lampiran 5.12 Sampel daging sapi yang diberi kunyit



Lampiran 5.13 Sampel daging sapi yang diberi buah sirsak