



SKRIPSI FISIKA

**ANALISIS TANGGAPAN DOSIMETER FILM BADGE MELALUI
PENYINARAN PESAWAT IRRADIATOR (Cs-137)**

ABDULLAH
H 211 03 017



HASANUDDIN	
29-11-07	
Fak. MIPA	
L des.	
H	
21	
No. Kias	

PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2007

**ANALISIS TANGGAPAN DOSIMETER FILM BADGE MELALUI
PENYINARAN PESAWAT IRRADIATOR (Cs-137)**

**Skripsi Ini Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan
Memenuhi Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana**

**ABDULLAH
H 211 03 017**

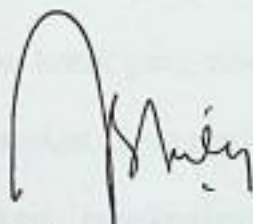
**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2007**

**ANALISIS TANGGAPAN DOSIMETER FILM BADGE MELALUI
PENYINARAN PESAWAT IRRADIATOR (Cs-137)**

ABDULLAH
H 211 03 017

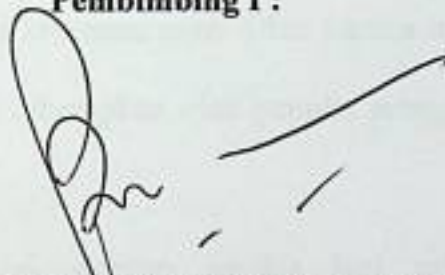
Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama:



Sri Dewi Astuty Ilyas, S.Si, M.Si
NIP. 132 233 841

Pembimbing I :



Drs. Bualkar Abdullah, M.Eng, Sc
NIP. 130 675 572

Pada 28 November 2007

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala Puji bagi Allah SWT yang telah mengajarkan kepada manusia apa-apa yang belum diketahuinya dan memberikan hidayah dan rahmat-Nya antara lain berupa kekuatan lahir dan batin sehingga penulis dapat merampungkan penulisan skripsi ini dengan segala keterbatasan dan kekurangan. Shalawat dan salam dihaturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing manusia dari alam kegelapan menuju ke alam yang terang dan kebahagiaan di dunia dan akhirat.

Sadar sebagai makhluk ciptaan-Nya yang hadir dengan segala keterbatasan, maka sudah sewajarnya bila skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat diharapkan oleh penulis sebagai suatu masukan untuk penyempurnaan skripsi ini.

Atas terselesainya penyusunan skripsi ini, dengan setulus hati saya mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Ibu Sri Dewi Astuti Ilyas, S.Si, M.Si** selaku Pembimbing Utama dan **Bapak Drs. Bualkar Abdullah, M.Eng, Sc** selaku Pembimbing I yang telah memberikan perhatian, bimbingan, arahan serta limpahan ilmu yang tidak pernah ternilai selama penyusunan skripsi ini. Dan tak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan menghaturkan penghargaan kepada :

1. Ibu **Dr. Sri Suryani, DEA**, selaku Ketua Jurusan Fisika dan Penasehat Akademik yang senantiasa memberikan dorongan moril kepada penulis terutama dalam proses menjalani perkuliahan.
2. Bapak **Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc**, selaku Sekretaris Jurusan Fisika atas segala bantuan dan ilmu yang diberikan selama menjalani proses perkuliahan.
3. Bapak dan Ibu penguji: **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc, Dra. Bidayatul Armynah, MT, Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc**, yang telah banyak memberikan koreksi, masukan dan saran dalam merampungkan penulisan skripsi ini.
4. Bapak **Ir. H. Muhammad Ruslan, MM** selaku Kepala Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Makassar (BPFK) atas izin yang diberikan kepada penulis dalam melakukan penelitian beserta staf : **P' Arfah, Ibu Tuty, K' Illo, K' Mul, K' Akbar, K' Ical dkk** atas bantuan dan kerja samanya.
5. Bapak/Ibu dosen pengajar Jurusan Fisika F. MIPA UNHAS, atas ilmu yang diberikan kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan.
6. Seluruh staf dan karyawan/karyawati jurusan Fisika : **P' Ajie, K' Latif, P' Pet, Salma** dan F. MIPA UNHAS : **Ibu Maryam, Ibu Taty, Ibu Berlian, Ibu Tia** atas segala bantuannya dalam semua pengurusan administrasi.
7. Teman-teman Jurusan Fisika'03 : **Mardin (Einsten '03)** jangan putus asa coy, **@lexa "Smangat kerja T.A"**, **MiLd, Firman, Here, Fitto, Rani, S.Si, Anty, S.Si, Yuly, S.Si, Risna, S.Si, Nany, Irma,Uny, Isni, Marwah, Dian, Indah, Nunes, Gufy, Sappa, Cunny, Tarman, Asrul, Sahrul, Mia, Thyna, Risma, AcieLd, Maul, Bunga, Ita, Ci2, Wi2, Yuke, Riska, Wanty, Fina, Usti, Norma, Sri,**

Marli, Ipul, Andika, Ali, Ahmad, Oi', Icing, Ivan', Moses, Tiku, Simson, Yulius, Ramlis. yang telah banyak memberikan "SPECTRUM" dalam hidup penulis serta Thankz atas persaudaraan selama ini.

8. Antara Crew : **Bapakx Hayu, Bapaknya Reza, P' Arif, Ira** (baik Bangat), **Asri, Wahab** (selesaikan kuliahnya) serta **K' Adri** Thankz atas smuanya.
9. Saudara seperjuanganku **Yasir, SKM, Yayan, ST, Simun, Sofyan** (wujudkan semua "*Cerita Masa Depan*" kita), **Ati, SKM, Mila, Ros, Iwan, Anna N3C, Na2, Mirna, Anna Bonding**, dan **Adi2Q : Salam, Opang, Hary, Roy, Jamal** (rajin2 kuliah Frend) serta **Penghuni Pdk. Al-Kaidah dan teman2ku** yang tidak bisa kusebutkan satu2, Thanks atas Persahabatanya selama ini.

Akhirnya, kupersembahkan segalanya untuk senyum bangga dan bahagia kepada kedua orang tuaku, Ayahanda **La Ntarawe** yang selalu mengajariku disiplin dan tanggung jawab, Ibunda **Wa Ode Nurdia** yang selalu mendekapku dalam kasih sayang dan cinta yang tulus, sungguh.... tidak ada kata yang mampu mengungkapkan betapa sangat berharganya mereka bagiku, serta kakak2ku **Taslim, Badarun Sek, Nurhani Sek, Amiluddin Sek, Usman & AtiN** (Sukses S'lalu) dan Adikku **iLLa** (Jangan "Bandel"), si Putri Bungsu **Abe'** (Jangan Manja) serta Smua Ponakan2ku.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat menjadi sumbangan pikiran terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, November 2007

Penyusun

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis tanggapan dosimeter *film badge* dengan menggunakan sumber radiasi Cs-137. Penelitian ini merupakan penentuan dosis serap berdasarkan densitas yang diterima oleh *film badge*. Penyinaran radiasi dilakukan dengan berbagai variasi seperti perubahan sudut tanggap film badge, perubahan jarak penyinaran dan perubahan dosis sumber radiasi. Kerapatan optis (densitas) *film badge* sangat bergantung pada besar kecilnya sudut datang penyinaran, jarak penyinaran, dan tingkat dosis sumber. Dosis serap *film badge* sangat bergantung pula pada besar kecilnya kerapatan optis (densitas) *film badge*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis serap yang tinggi jika sudut tanggap film badge tegak lurus dengan arah penyinaran, jarak yang dekat dengan sumber radiasi dan dosis sumber yang tinggi.

Kata kunci : Radiasi, *Film Badge*, Densitas, Dosis.



ABSTRAC

The research performed about reaction analysis of film badge dosemeter has been carried out Cs-137 radiation source. This research to certain absorption dose based on the site which had acceptance by film badge. Radiation have done with various of variation like the change reaction angle of film badge, the change radiation distance and the dose change of radiation source. The density of film badge very depend of value of radiation come angle, radiation distance, and layer of source dose. The absorb dose of film badge also very depend of values of film badge density. Result, the high absorb dose if reaction angle of film badge had perpendicular with radiation direct, the low distance with radiation source and the high source dose.

Key words : radiation, film badge, density, dose

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRAC	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I . PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Ruang Lingkup	2
I.3. Tujuan Penelitian	3
BAB II . TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. Tinjauan Umum Radiasi	4
II.2. Karakteristik Radiasi Pengion	4
II.2.1. Radiasi Alpha (α)	4

II.2.2. Radiasi Betha (β)	5
II.2.3. Sinar Gamma (γ) dan Sinar (χ)	6
II.2.3.1. Proses Terjadinya Sinar-X	6
II.2.3.2. Interaksi Sinar Gamma (γ) dan Sinar (χ) dengan Materi	8
II.3. Kerma Udara	13
II.4. Nilai Batas Dosis	14
II.5. Proteksi Radiasi Eksternal	15
II.6. Film Badge	18
BAB III . METODOLOGI PENELITIAN	21
III.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
III. 2. Alat dan Bahan Penelitian	21
III.3. Metode Pengambilan Data	22
III.3.1. Pengukuran Kerma Udara	22
III.3.2. Penyinaran Film Badge	23
III.4. Bagan Alur Penelitian	25
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
IV.1. Tanggapan <i>Film Badg</i>	26
IV.2. Analisis Dosis Serap Film Badge.....	28

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	33
V.1. Kesimpulan	33
V.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	



DAFTAR SIMBOL

α	Alpha	e^+	Positron
β	Betha	E_0	Energi mula-mula foton sinar-x
γ	Gamma	m_0	Massa diam elektron/positron
He_2^4	Inti Helium	D	Dosis akumulasi yang diterima
c	Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)	\dot{D}	Laju dosis serap dalam medan radiasi
μ	Koefisien absorpsi	t	Waktu berada dalam medan radiasi
E_k	Energi kinetik	r	Jarak dari sumber radiasi
E_k^-	Energi kinetik electron	x	Tebal perisai radiasi
E_k^+	Energi kinetik positron	I_0	Intensitas radiasi sebelum melewati perisai radiasi
$h\nu$	Energi foton datang	I	Intensitas radiasi setelah melewati perisai radiasi
$h\nu'$	Energi foton hambur	Pb	Plumbum
ϕ	Energi ikat elektron	Du	Dural
λ'	Panjang gelombang foton hambur	$P.300$	Plastik 300
λ	Panjang gelombang foton datang		
θ	Sudut hambur foton		
e^-	Elektron		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Proses terbentuknya sinar-X karakteristik..... 7
Gambar 2.2	Diagram proses interaksi efek fotolistrik..... 9
Gambar 2.3	Diagram proses Interaksi hamburan Compton..... 11
Gambar 2.4	Diagram proses interaksi produksi pasangan..... 12
Gambar 2.5	Proses pengurangan intensitas radiasi elektromagnetik oleh perisai radiasi..... 17
Gambar 3.1	Susunan alat Untuk kemiringan (θ) = 0° , -10° , -20° , -30° 23
Gambar 3.2	Susunan alat Untuk kemiringan (θ) = 0° , 10° , 20° , 30° 24
Gambar 4.1	Grafik tanggap film badge untuk dosis sumber 1 mSv..... 28
Gambar 4.2	Grafik tanggap film badge untuk dosis sumber 5 mSv..... 31

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1.	Dosis Serap Film Badge Untuk Dosis Sumber 1 mSv.....	26
Tabel 4.2.	Dosis Serap Film Badge Untuk Dosis Sumber 5 mSv.....	27



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A: Data Pengukuran Kerma Udara
- Lampiran B: Kurva Kalibrasi Hubungan Densitas Terhadap Dosis
- Lampiran C: Data Pengukuran Densitas dan Dosis
- Lampiran D: Pengolahan Data untuk Menentukan Net Densitas Optik dan Dosis Serap
- Lampiran E: Larutan Pencucian Film Badge
- Lampiran F: Dosis Radiasi Pada Medium Pada (r,θ)
- Lampiran G: Foto Alat dan Bahan Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan zat-zat radioaktif merupakan bagian dari teknologi nuklir yang relatif cepat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat. Hal ini disebabkan zat-zat radioaktif mempunyai sifat-sifat yang spesifik, yang tidak dimiliki oleh unsur-unsur lain. Dalam bidang kedokteran misalnya, aplikasi zat-zat radioaktif seperti sinar-X digunakan dalam radiografi untuk mengetahui bagian dalam dari organ tubuh seperti tulang, paru-paru dan jantung. Tubuh manusia yang pada prinsipnya dapat dibedakan baik secara anatomi maupun fisiologi, pada mulanya merupakan objek yang tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata.

Aplikasi teknik nuklir atau zat-zat radioaktif tersebut, disamping memberikan manfaat yang sangat besar dapat pula memberikan ancaman bahaya radiasi yang perlu diwaspadai. Setiap pekerja radiasi selalu mempunyai resiko terpapar radiasi pengion selama menjalankan tugasnya. Efek merugikan itu dapat muncul apabila tubuh manusia mendapatkan paparan radiasi dengan dosis yang berlebihan ⁽¹⁾.

Dalam setiap pemanfaatan radiasi pengion harus diusahakan agar penerimaan dosis radiasi oleh pekerja radiasi selalu serendah mungkin sehingga tidak melampaui nilai

batas dosis yang telah ditetapkan. Salah satu cara untuk mendeteksi jumlah dosis paparan radiasi pengion terhadap tubuh manusia adalah dengan melakukan pemantauan dosis perorangan menggunakan dosimeter tunggal. Dosimeter tersebut dimaksudkan untuk merekam penerimaan dosis radiasi.

Pemantauan dosis dengan dosimeter perorangan hanya memberikan informasi yang sangat terbatas tentang penerimaan dosis oleh pekerja radiasi, karena ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketepatan hasil evaluasi penerimaan dosis dari dosimeter perorangan, antara lain pengaruh sudut datang radiasi terhadap tanggapan dosimeter perorangan, pengaruh jarak antara sumber radiasi dengan dosimeter perorangan serta pengaruh tingkatan dosis yang terpancar dari sumber radiasi⁽²⁾. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tanggapan dosimeter *film badge* terhadap variabel-variabel tersebut di atas.

1.2 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini, cakupan permasalahan dibatasi pada analisis tanggapan dosimeter *film badge* setelah disinari dengan sumber radiasi Cs-137 berdasarkan perubahan sudut datang radiasi terhadap dosimeter *film badge*, jarak sumber radiasi dengan dosimeter *film badge*, dan tingkatan dosis yang terpancar dari sumber radiasi. Metode analisis yang dilakukan adalah mencari hubungan antara variabel-variabel tersebut terhadap dosis yang diserap oleh *film badge* setelah penyinaran.

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengukur densitas *film badge* untuk variasi sudut datang penyinaran, variasi jarak sumber dan tingkatan dosis sumber Cs-137.
2. Menentukan dosis serapan radiasi berdasarkan densitas *film badge* untuk variasi sudut datang penyinaran, variasi jarak sumber dan tingkatan dosis sumber terhadap *film badge*.
3. Menganalisis pengaruh perubahan sudut penyinaran, jarak penyinaran, tingkat dosis penyinaran terhadap nilai dosis serap pada *film badge*.

1948

INDONESIA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Radiasi

Radiasi merupakan salah satu cara perambatan energi dari suatu sumber energi ke lingkungan tanpa membutuhkan medium atau bahan penghantar. Sesuai dengan tingkat energi yang dipancarkan radiasi dapat dibedakan menjadi radiasi pengion dan radiasi bukan pengion. Radiasi bukan pengion memancarkan radiasi dengan tingkat energi relatif rendah sehingga tidak mampu mengionisasi medium yang dilaluinya. Radiasi jenis ini biasanya merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih kecil dari 1×10^{-9} meter, misalnya: gelombang radio, gelombang mikrowave dan cahaya tampak.

Sebaliknya radiasi pengion, memancarkan radiasi dengan tingkat energi relatif tinggi dan sudah mampu mengionisasi medium yang dilaluinya. Radiasi jenis ini dapat berupa gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih besar dari 1×10^{-9} meter, ataupun partikel yang berasal dari transformasi inti atom, misalnya: sinar-X, sinar gamma (γ), partikel alpha (α) dan partikel betha (β).⁽¹⁾

2.2. Karakteristik Radiasi Pengion

2.2.1. Radiasi Alpha (α)

Partikel Alpha (α) merupakan partikel yang dipancarkan oleh inti atom yang berbentuk inti Helium (He_2^4) yang memiliki energi berkisar 1 MeV hingga 10 MeV. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan di dalam medan magnet dan medan listrik diketahui bahwa kecepatan gerak partikel α berkisar antara 0,054 c hingga 0,07 c, ($c=3 \times 10^8$ m/s). Karena massanya cukup besar, yaitu 4 sma, maka jangkauan partikel α sangat pendek⁽³⁾. Partikel α mempunyai daya tembus terlemah dibanding dengan sinar β dan sinar γ , mempunyai jangkau (*range*) beberapa cm di udara, dan sekitar 10^{-2} mm dalam logam tipis.⁽⁴⁾

2.2.2. Radiasi Beta (β)

Radiasi Beta (β) terdiri atas elektron dan positron. Keduanya termasuk dalam kelompok partikel ringan bermuatan. Massa diam dari kedua partikel tersebut sama, demikian juga muatan listriknya. Kecepatan gerak partikel β di udara berkisar antara 0,32 c hingga 0,7 c, ($c = 3 \times 10^8$ m/s)⁽¹⁾. Energi partikel Beta (β) berkisar antara 0.018 MeV hingga 6.1 MeV. Oleh karena partikel Beta (β) hanya mempunyai satu muatan listrik maka partikel Beta (β) agak sulit diserap oleh bahan sehingga daya tembusnya menjadi lebih besar. Partikel Beta (β) dapat dengan mudah dibelokkan oleh elektron atau atom karena memiliki massa yang ringan. Untuk radiasi eksternal radiasi Beta (β) dapat ditahan dengan selembaran aluminium⁽³⁾. Sinar β mempunyai daya tembus yang kuat dan dapat dibelokkan oleh medan magnet.⁽⁴⁾

2.2.3. Sinar Gamma (γ) dan Sinar (X)

Sinar X dan sinar γ merupakan radiasi elektromagnetik yang membawa energi dalam bentuk paket-paket yang disebut foton. Beda antara kedua radiasi ini ialah pada sumbernya. Sinar X berasal dari elektron orbital yang mengisi kulit bagian dalam yang kosong, sedangkan sinar γ berasal dari inti atom. Energi foton sinar γ dapat mencapai harga beberapa MeV, sedangkan energi foton sinar X tak jauh melebihi 100 KeV, yaitu yang berasal dari kekosongan dalam kulit K. Sinar γ mempunyai daya tembus yang sangat kuat dan tidak dapat dibelokkan oleh medan magnet.⁽⁴⁾

2.2.3.1. Proses Terjadinya Sinar-X

Berdasarkan proses kejadiannya, sinar-X dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu :

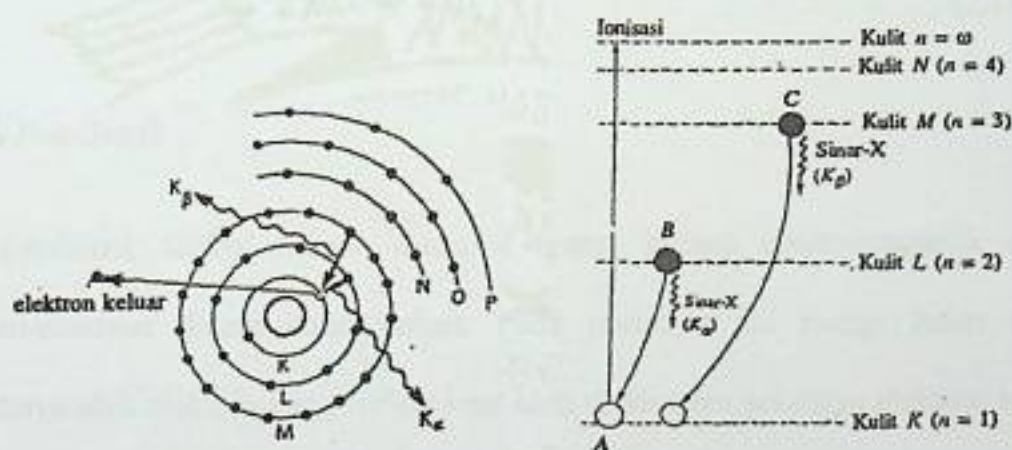
1). *Sinar-X Bremsstrahlung*

Bremsstrahlung, yaitu istilah dalam bahasa Jerman yang berarti radiasi pengereman (*braking radiation*). Elektron sebagai partikel bermuatan listrik yang bergerak dengan kecepatan tinggi, apabila melintas dekat ke inti suatu atom, maka gaya tarik elektrostatik inti atom yang kuat akan menyebabkan elektron membelok dengan tajam. Peristiwa itu menyebabkan elektron kehilangan energinya dengan memancarkan radiasi elektromagnetik yang dikenal sebagai *sinar-X bremsstrahlung*.

(5)

2). Sinar-X Karakteristik

Sinar-X karakteristik terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X karakteristik terjadi karena elektron atom yang berada pada kulit K terionisasi. Kekosongan kulit K ini segera diisi oleh elektron dari kulit di atasnya. Jika kekosongan pada kulit K diisi oleh elektron dari kulit L, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik K_α . Jika kekosongan itu diisi oleh elektron dari kulit M, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik K_β . Proses terbentuknya sinar-X karakteristik ditunjukkan pada gambar 2.2.⁽¹⁾



Gambar 2.1
Proses terbentuknya sinar-X karakteristik
(Sumber : Dasar-dasar Proteksi Radiasi Akhadi, 2000, hlm 36)

2.2.3.2. Interaksi Sinar Gamma (γ) dan Sinar-X dengan Materi

Ada tiga proses utama yang dapat terjadi apabila radiasi elektromagnetik melewati suatu bahan penyerap, yaitu efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan. Ketiga proses tersebut melepaskan elektron yang selanjutnya dapat mengionisasi atom-atom lain dalam bahan. Karena penyerapan intensitas elektromagnetik melalui tiga proses utama, maka nilai μ juga ditentukan oleh peluang terjadinya ketiga proses tersebut, yaitu μ_n untuk efek fotolistrik, μ_c untuk hamburan Compton dan μ_{pp} untuk produksi pasangan. Koefisien absorpsi total (μ_t) merupakan jumlah dari ketiga koefisien absorpsi tersebut, yaitu ⁽¹⁾:

$$\mu = \mu_n + \mu_c + \mu_{pp} \quad (2.1)$$

1. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik timbul karena interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan elektron-elektron dalam atom bahan. Pada peristiwa ini energi foton diserap seluruhnya oleh elektron yang terikat kuat oleh suatu atom sehingga elektron tersebut terlepas dari ikatan inti atom.⁽¹⁾

Apabila foton menembus bahan, maka cacahan dari foton akan berkurang karena sebagian energi terserap oleh bahan untuk mengeluarkan elektron dan sisanya dibawa sebagai energi kinetik elektron E_k . Seluruh energi foton dipakai dalam proses

tersebut. Hubungan antara energi kinetik (E_k) dan energi foton datang ($h\nu$) serta energi ikat elektron (ϕ) dapat ditulis seperti di bawah ini ⁽¹⁾:

$$E_k = h\nu - \phi \quad (2.2)$$

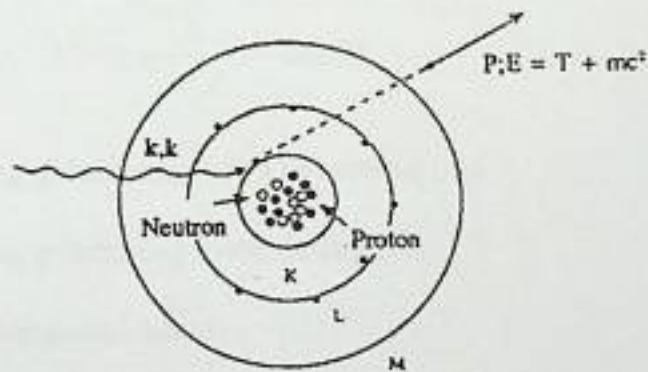
dengan E_k = energi kinetik elektron

$h\nu$ = energi foton datang

ϕ = energi ikat elektron

Efek fotolistrik terutama terjadi pada foton berenergi rendah, yaitu berkisar antara 0,01 MeV hingga 0,05 MeV, dan dominan pada energi foton dibawah 0,1 MeV.

Secara skematik efek fotolistrik dapat digambarkan sebagai berikut ⁽¹⁾ :



Gambar 2.2

Diagram proses interaksi efek fotolistrik

(Sumber : Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Akhadi, 2000, hlm 60)

2. Efek Compton

Hamburan Compton terjadi apabila foton dengan energi $h\nu$ berinteraksi dengan elektron bebas atau elektron yang tidak terikat secara kuat oleh inti. Elektron itu dilepaskan dari ikatan inti atom dan bergerak dengan energi kinetik tertentu disertai foton lain dengan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan foton datang. Foton lain itu disebut foton hamburan dengan energi $h\nu'$ dan terhambur dengan sudut θ terhadap arah foton datang.⁽⁶⁾

Dalam hamburan Compton, energi foton datang yang diserap atom diubah menjadi energi kinetik elektron dan foton hamburan yang berenergi lebih rendah. Perubahan panjang gelombang foton dari λ foton primer menjadi λ' foton hamburan adalah ⁽⁶⁾:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad (2.3)$$

dengan λ' = panjang gelombang foton terhambur (m)

λ = panjang gelombang foton datang (m)

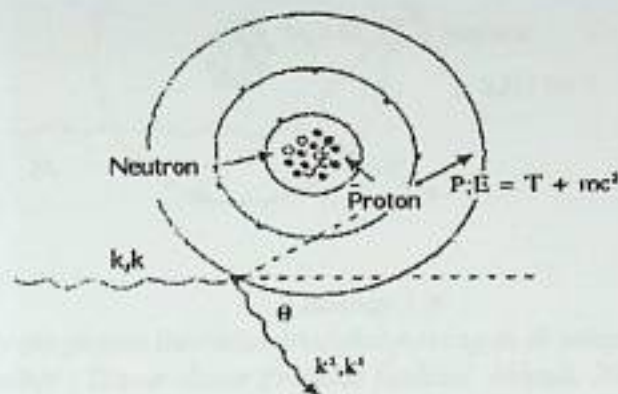
θ = sudut hamburan foton

Besaran $\frac{h}{m_e c}$ dikenal sebagai panjang gelombang Compton (λ_c) dari elektron yang

memiliki nilai 0,002426 nm, sehingga persamaan (2.3) menjadi ⁽⁶⁾:

$$\lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos \theta) \quad (2.4)$$

Hamburan Compton penting untuk radiasi elektromagnetik dengan energi antara 200 keV hingga 5 MeV dalam sebagian besar unsur-unsur ringan ⁽¹⁾. Secara skematik efek Compton dapat digambarkan sebagai berikut:



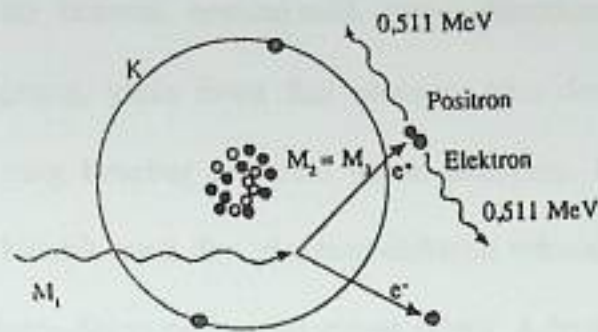
Gambar 2.3
 Diagram proses Interaksi hamburan Compton
 (Sumber : Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Akhadi, 2000, hlm 62)

3. Produksi Pasangan

Produksi pasangan terjadi karena interaksi antara foton dengan medan listrik dalam inti atom berat. Apabila suatu foton sinar-X yang berenergi tinggi melalui medan listrik di sekitar inti atom, maka foton tersebut akan lenyap dan akan muncul pasangan elektron (e^-) dan positron (e^+). Massa elektron dan positron masing-masing setara dengan energi sebesar 0,511 MeV. Hal ini dapat dihitung melalui rumus kesetaraan massa dan energi Einstein ⁽⁷⁾:

$$E = mc^2 \quad (2.5)$$

Secara skematik produksi pasangan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4
 Diagram proses interaksi produksi pasangan di sekitar medan inti
 (Sumber : Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Akhadi, 2000, hlm. 63)

Produksi pasangan dapat terjadi bila foton sinar-X yang berinteraksi lebih besar dari 1,022 MeV. Apabila energi mula-mula adalah E_0 , maka kelebihan energi sebesar $(E_0 - 1,022)$ MeV akan dibagikan di antara elektron dan positron dalam bentuk energi kinetik, dengan memenuhi persamaan ⁽⁷⁾:

$$E_0 = 2m_0c^2 + E_k^- + E_k^+ \quad (2.6)$$

dengan E_0 = energi mula-mula foton sinar-X

m_0 = massa diam elektron/positron

c = $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

E_k^- = energi kinetik elektron

E_k^+ = energi kinetik positron

2.3. Kerma Udara

Kerma merupakan besaran nonstokastik yang dikaitkan dengan medan radiasi pengion tak langsung, yaitu foton dan neutron, atau dengan setiap jenis sumber radiasi pengion yang tersebar di dalam bahan penyerap. Kerma udara menyatakan besarnya energi kinetik awal dari elektron-elektron sekunder yang dibebaskan pada suatu titik oleh foton-foton per satuan massa udara. Adapun langkah-langkah dalam pengukuran Kerma Udara meliputi:

1. Pengukuran Radiasi Background
2. Pengecakan Kesalahan Pewaktu (Timer) Pesawat, dengan menggunakan persamaan ⁽⁸⁾:

$$\text{Kesalahan Pewaktu} = \frac{t \sum R_2 - tR_2}{4.R_1 - \sum R_2} \quad (2.7)$$

dengan: t = waktu penyinaran (60 s)

R_1 = Bacaan untuk waktu penyinaran 60 s

R_2 = Bacaan untuk waktu penyinaran 15 s

3. Pengukuran laju kerma udara

Pengukuran laju kerma udara untuk sumber Cs-137 diukur pada jarak yang telah ditentukan dan dilakukan di udara menggunakan detektor kamar ionisasi yang dihubungkan dengan elektrometer. Detektor diletakan tegak lurus sumbu utama berkas sinar radiasi.

4. Perhitungan laju kerma udara pesawat Irradiator, dengan menggunakan persamaan ⁽⁸⁾:

$$\text{Laju Kerma Udara} = \frac{M}{t} \times Nk \quad (2.8)$$

dengan: M = Bacaan pengukuran kerma udara

t = waktu penyinaran (60 s)

Nk = Nilai koreksi (52,5 $\mu\text{Gy/nC}$)

5. Perhitungan $H_{p(10)}$, dengan menggunakan persamaan ⁽⁸⁾:

$$H_{p(10)} = KU \times fk \quad (2.9)$$

dengan: KU = Laju kerma udara

fk = Faktor koreksi (1,21)

Dari hasil pengukuran laju kerma udara tersebut, maka selanjutnya digunakan untuk menentukan waktu penyinaran, dengan menggunakan persamaan ⁽⁸⁾:

$$t = \frac{\text{Dosis}}{H_{p(10)}} \quad (2.10)$$

2.4. Nilai Batas Dosis

Nilai batas dosis yang boleh diterima oleh tubuh bagi pekerja radiasi dan telah direkomendasikan oleh instansi yang berwenang dalam bidang tenaga atom di Indonesia, yaitu tercantum dalam Surat Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) nomor: PN 03/160/DJ/89 tentang *Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi* yaitu: ⁽¹⁾

1. Nilai batas rata-rata tertinggi tahunan (NBRTT) = 50 mSv
2. Nilai batas rata-rata tertinggi kwartalan (NBRTK) = 12,5 mSv
3. Nilai batas rata-rata tertinggi mingguan (NBRTM) = 1 mSv
4. Nilai batas tertinggi tahunan (NBTT) = 100 mSv
5. Nilai batas tertinggi kwartalan (NBTK) = 30 mSv
6. Nilai batas tertinggi mingguan (NBTM) = 3 mSv

2.5. Proteksi Radiasi Eksternal

Proteksi radiasi adalah upaya yang dilakukan untuk menciptakan kondisi agar dosis radiasi pengion yang mengenai tubuh manusia dan lingkungan hidup tidak melampaui batas yang ditentukan. Radiasi eksternal adalah radiasi yang berasal dari radionuklida atau peralatan pembangkit radiasi yang berada di luar tubuh. Proteksi terhadap sumber eksternal dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa teknik berikut:

1. Membatasi Pemakaian Sumber Radiasi

Dalam kegiatan yang berhubungan dengan sumber radioaktif, harus dipilih sumber radioaktif dengan aktivitas serendah mungkin sesuai dengan maksud penggunaannya. Hal ini akan mengurangi penerimaan dosis radiasi dan laju dosis di sekitar tempat para pekerja radiasi.⁽¹⁰⁾

2. Pengaturan Waktu

Seorang pekerja radiasi yang berada di dalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya sebanding dengan lamanya pekerja tersebut berada di dalam medan radiasi. Dosis radiasi yang diterima oleh pekerja selama berada di dalam medan radiasi dapat dirumuskan sebagai berikut ⁽¹⁾:

$$D = \dot{D} \cdot t \quad (2.11)$$

dengan: D = Dosis akumulasi yang diterima pekerja (Gy)

\dot{D} = Laju dosis serap dalam medan radiasi (Gy/s)

t = Lamanya seseorang berada di dalam medan radiasi (s)

3. Pengaturan Jarak

Seorang pekerja radiasi yang berada di dalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya berbanding terbalik dengan besar jarak pekerja radiasi dari sumber medan radiasi. Dosis radiasi yang diterima oleh pekerja selama berada di dalam medan radiasi sejauh r meter dapat dirumuskan sebagai berikut ⁽¹⁾:

$$\dot{D}_1 r_1^2 = \dot{D}_2 r_2^2 \quad (2.12)$$

dengan: \dot{D}_1 = Laju dosis pada jarak r_1 dari sumber

\dot{D}_2 = Laju dosis pada jarak r_2 dari sumber

4. Penggunaan Perisai Radiasi

Sebagai upaya untuk mengurangi resiko dari radiasi pengion, perlu adanya perisai radiasi yang mampu menyerap radiasi sehingga dapat memperkecil intensitas radiasi yang lolos dan mengurangi penerimaan radiasi oleh tubuh manusia. Interaksi antara radiasi (sinar-X dan sinar γ) dengan materi menyebabkan pengurangan intensitas radiasi. Proses intensitas radiasi ini mengikuti fungsi eksponensial yang secara matematis dituliskan sebagai berikut ⁽¹⁾:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.13)$$

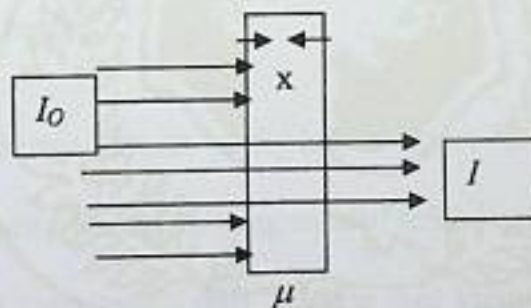
dengan: I = Intensitas radiasi setelah melalui perisai radiasi

I_0 = Intensitas radiasi sebelum melalui perisai radiasi

x = tebal perisai (cm)

μ = koefisien serapan linier bahan perisai (cm^{-1})

dan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.5

*Proses pengurangan intensitas radiasi elektromagnetik oleh perisai radiasi
(Sumber : Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Drs Mukhlis Akhadi, 2000, hlm 69)*

Laju dosis radiasi elektromagnetik berbanding lurus dengan intensitas radiasinya, sehingga dalam pembahasan mengenai perisai radiasi elektromagnetik berlaku persamaan baru yaitu: ⁽¹⁾

$$\dot{D} = \dot{D}_0 e^{-\mu x} \quad (2.14)$$

dengan: \dot{D} = laju dosis radiasi elektromagnetik setelah melalui perisai

\dot{D}_0 = laju dosis radiasi elektromagnetik sebelum melalui perisai

2.6. Film Badge

Sistem pengukuran radiasi, baik untuk mengukur intensitas, energi, maupun dosis selalu terdiri atas dua bagian utama yaitu detektor dan peralatan penunjang. Detektor merupakan bahan yang peka terhadap radiasi, jadi bila dikenai radiasi akan menghasilkan tanggapan tertentu yang lebih mudah diamati. Sedangkan peralatan penunjang, biasanya merupakan peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengubah tanggapan detektor tersebut menjadi informasi yang dapat diamati oleh panca indera manusia. Salah satu jenis detektor atau dosimeter yang sering digunakan oleh pekerja radiasi adalah *film badge*.⁽¹¹⁾

Dosimeter *film badge* dibuat dari bahan dasar berupa *selulosa asetat* yang permukaannya dilapisi oleh bahan yang sensitif terhadap radiasi. Lapisan sensitif radiasi ini disebut *emulsi* yang terdiri dari *gelatine* dan komponen-komponen foto sensitif (peka cahaya) berupa kristal-kristal *perak bromida* (AgBr) yang tersebar merata dalam *gelatine*.

Dalam pemakaiannya, potongan dosimeter *film* yang dibungkus kertas hitam kedap cahaya dimasukkan ke dalam *holder* (wadah film) khusus yang di dalamnya terdapat berbagai jenis filter, sehingga dapat dipakai untuk pemantauan berbagai jenis radiasi seperti radiasi- β , radiasi- γ , sinar- χ dan neutron ⁽¹⁾.

Energi radiasi pengion yang mengenai film akan menyebabkan beberapa butiran AgBr terionisasi ($\text{Ag}^+ \text{Br}^-$). Semakin besar dosis radiasi yang terserap maka semakin banyak butiran AgBr yang terionisasi. Dalam proses pencucian dengan larutan pengembang (*developer*) selama lima menit, butiran-butiran Ag^+ yang terionisasi akan berubah menjadi logam perak yang berwarna hitam. Proses pencucian kedua dengan larutan *fixer* selama sepuluh menit akan melarutkan molekul-molekul AgBr sisa, sedangkan yang telah menjadi logam perak akan terikat kuat sebagai bayangan hitam laten. ⁽¹¹⁾

Sebagai tambahan dimisalkan bahwa, radiasi primer yang datang membentuk elektron sekunder dengan fluen Φ (e/cm^2) yang melintasi film tegaklurus, selain itu diandaikan setiap satu elektron yang mengenai butir emulsi membentuk citra laten yang dapat dikembangkan. Sehingga diperoleh persamaan ⁽¹⁰⁾:

$$D_{op} = 0,4343 a^2 N\Phi \quad (2.15)$$

dengan: D_{op} : Densitas Optik

a^2 : Luas rata-rata penampang satu butir perak yang terkembangkan
(cm^2/butir)

N : Jumlah butiran AgBr per satuan luas (cm^2)

Φ : fluen (e/cm^2)

Dari persamaan diatas kerapatan optik sebanding dengan fluen yang mengenai butir emulsi dan dengan sendirinya juga sebanding dengan dosis yang mengenai emulsi.⁽¹⁰⁾

Dalam pemakaiannya, dosimeter film tidak merekam secara langsung dosis radiasi yang diterima. Efek yang tampak pada film adalah timbulnya kehitaman setelah proses pengembangan dan pematapan. Oleh karena itu, dosimeter film harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi ini dimaksudkan untuk mendapat hubungan antara dosis radiasi dengan kerapatan optis film. Untuk perhitungan dosis yang diterima untuk pemakai dosimeter *film badge*, diukur kerapatan optisnya pada berbagai posisi filter dengan *densitometer*. Hasil bacaan tersebut dapat ditransfer menjadi data dosis radiasi semu menggunakan kurva kalibrasi⁽¹⁾ dan menghitung dosis serap/total dengan menggunakan persamaan sebagai berikut⁽¹²⁾:

$$\text{Dosis total} = \text{Dosis}(\text{Sn} + \text{Pb}) + \frac{\text{Dosis Dural}}{50} + \frac{\text{Dosis P.300} - \text{Dosis Dural}}{10} \quad (2.16)$$

Dalam proses pengolahan *film badge*, ada yang disebut dengan Film Kontrol, yang digunakan sebagai pengurang dari *film badge* yang disinari radiasi, dimaksudkan agar hasil yang diperoleh dari *film badge* tersebut benar-benar merupakan nilai dosis radiasi akibat dari kegiatan penyinaran radiasi. Film Kontrol ini diletakan dalam ruangan yang jauh/tidak ada sumber radiasi.⁽¹²⁾

STATE OF TEXAS

THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY ARCHIVES



UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY ARCHIVES
4800 BRUNNEN DRIVE
AUSTIN, TEXAS 78759
TEL. (512) 475-1234

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Makassar pada tanggal 8 – 31 Juli 2007.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Pesawat Irradiator tipe IBT 103 buatan BATAN Indonesia sebagai sumber radiasi Cs-137.
2. Kamera dan CC TV yang digunakan untuk melihat keadaan dalam ruangan Irradiator pada saat melakukan penyinaran.
3. Detektor Bilik Pengion dengan volume 600 cc, No. Seri 2575 C/565, Elektrometer merek NE dengan Model/No. Seri FARMER 2670/374 yang digunakan dalam pengukuran Laju Kerma Udara.
4. Fantom dengan volume 14400 cm³ yang digunakan sebagai pengganti jaringan tubuh manusia.
5. Densitometer yang digunakan dalam pengukuran Densitas Film Badge.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. *Film Badge* tipe 2 yang digunakan untuk menyerap radiasi pada saat melakukan penyinaran.

2. Holder yang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan *film badge*.
3. Meteran yang digunakan untuk mengukur jarak antara Sumber Radiasi dengan *film badge*.
4. Solatip yang digunakan untuk merekatkan Holder ke Fantom.
5. Balok dengan Kemiringan 30° , 20° , 10° yang digunakan sebagai penyangga Fantom pada saat melakukan penyinaran.
6. Larutan Fixer dan Larutan Developer yang digunakan dalam pencucian *film badge*.
7. Aquades yang digunakan untuk membilas *film badge* yang telah dicuci.
8. Rak-Rak yang digunakan sebagai tempat untuk menyusun *film badge* untuk pencucian dan pengeringan.

3.3. Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini metode pengambilan data terdiri dari dua tahap penyinaran yaitu penyinaran untuk mengukur Kerma Udara dan penyinaran untuk mengukur Densitas *film badge*.

3.3.1. Pengukuran Kerma Udara

Dalam pengukuran Kerma Udara ini meliputi:

1. Pengukuran Radiasi Background
2. Pengecakan Kesalahan Pewaktu (Timer) Pesawat, dengan menggunakan persamaan 2.7
3. Pengukuran kerma udara

4. Perhitungan laju kerma udara pesawat Irradiator, dengan menggunakan persamaan 2.8
5. Perhitungan $H_{p(10)}$, dengan menggunakan persamaan 2.9
6. Perhitungan waktu penyinaran, dengan menggunakan persamaan 2.10

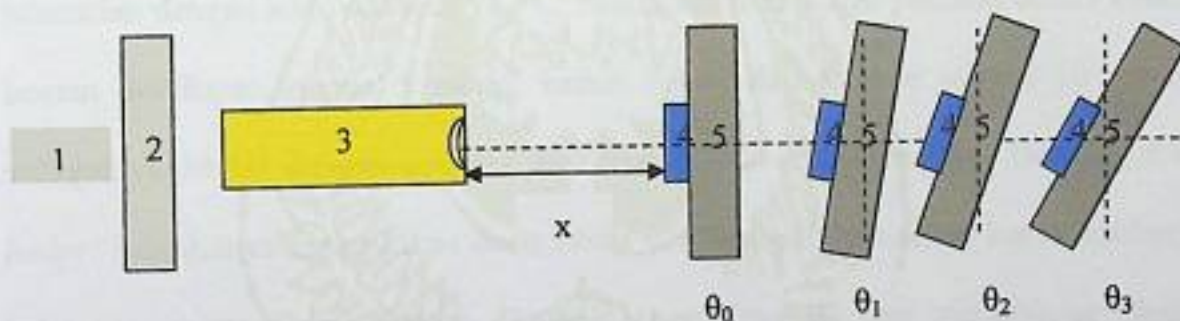
Dalam pengukuran Kerma Udara ini jarak antara Detektor dengan Pesawat Irradiator adalah bervariasi, mulai dari jarak 190 cm, 200 cm dan 210 cm.

3.3.2. Penyinaran Film Badge

Penyinaran *film badge* dilakukan dengan berbagai variasi antara lain: variasi dosis sumber yaitu 1 mSv dan 5 mSv, variasi jarak antara Pesawat Irradiator dengan *film badge* yaitu mulai dari jarak 190 cm, 200 cm dan 210 cm, dan variasi sudut tanggap *film badge* yaitu dengan kemiringan -30° , -20° , -10° , 0° , 10° , 20° , 30° .

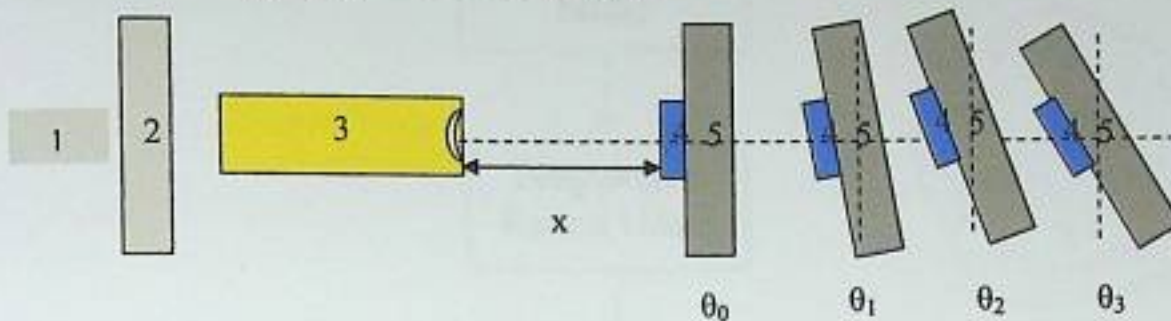
Susunan alat yang dilakukan dalam penyinaran dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut:

1. Untuk kemiringan (θ) = 0° , 10° , 20° , 30°



Gambar 3.1
Posisi film badge pada saat penyinaran dengan dimiringkan ke belakang

2. Untuk kemiringan (θ) = 0° , -10° , -20° , -30°



Gambar 3.2
Posisi film badge pada saat penyinaran dengan dimiringkan ke depan

Keterangan; 1 : Meja Kontrol

2 : Dinding yang dilapisi timbal

3 : Sumber Radiasi Cs-137

4 : Holder yang berisikan film badge

5 : Fantom

x : Jarak antara sumber radiasi dengan Film Badge

θ_0 : Posisi awal (0°)

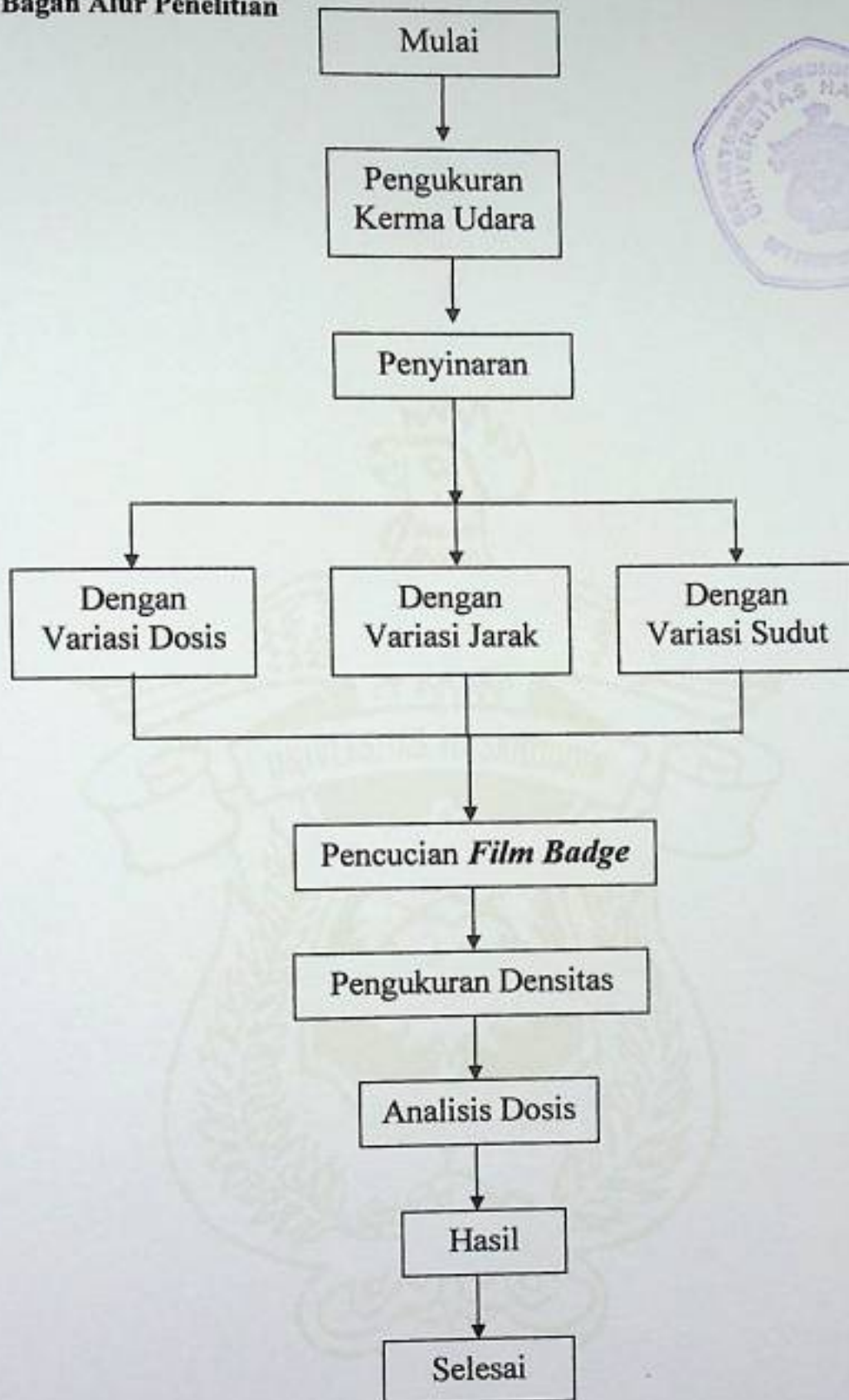
θ_1 : Posisi dimiringkan ke depan (-10°) dan ke belakang ($+10^\circ$)

θ_2 : Posisi dimiringkan ke depan (-20°) dan ke belakang ($+20^\circ$)

θ_3 : Posisi dimiringkan ke depan (-30°) dan ke belakang ($+30^\circ$)

Setelah dilakukan penyinaran, film badge tersebut diproses di kamar gelap untuk pencucian dengan suhu ruangan 18°C . Pencucian film badge pertama dicuci dalam larutan developer selama 5 menit, kedua dicuci dalam fixer selama 10 menit, selanjutnya dibilas dengan aquades dan dikeringkan serta mengukur Densitas film badge. Selanjutnya menentukan dosis semu film badge berdasarkan kurva kalibrasi hubungan antara Dosis dengan Densitas (Lampiran B) dan menghitung Dosis serap/Total Film Badge dengan menggunakan persamaan 2.16

3.4. Bagan Alur Penelitian





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tanggapan *Film Badge*

Data hasil pengukuran dalam penelitian ini berupa dosis yang diserap oleh *film badge* dalam bentuk derajat kehitaman film (Densitas) setelah dilakukan penyinaran dengan sumber radiasi Cs-137. Proses penyinaran dilakukan dengan berbagai variasi yaitu variasi sudut penerimaan *film badge* (-30° , -20° , -10° , 0° , 10° , 20° , 30°), variasi jarak penyinaran mulai dari 190 cm, 200 cm, 210 cm dan variasi terhadap Dosis (1 mSv dan 5 mSv), dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1. Dosis Serap *Film Badge* Untuk dosis sumber 1 mSv

NO	SUDUT TANGGAP FILM BADGE	DOSIS SERAP (mSv)		
		JARAK 190 cm	JARAK 200 cm	JARAK 210 cm
1	-30°	1.13	0.75	0.60
2	-20°	1.14	0.75	0.60
3	-10°	1.19	0.76	0.65
4	0°	1.20	0.82	0.70
5	10°	1.19	0.82	0.65
6	20°	1.14	0.76	0.60
7	30°	1.13	0.76	0.59

Tabel 4.2. Dosis Serap *Film Badge* Untuk dosis sumber 5 mSv

NO	SUDUT TANGGAP FILM BADGE	DOSIS SERAP (mSv)		
		JARAK 190 cm	JARAK 200 cm	JARAK 210 cm
1	-30°	4.15	3.71	3.48
2	-20°	4.16	3.72	3.48
3	-10°	4.33	4.16	3.58
4	0°	4.62	4.24	3.78
5	10°	4.39	4.17	3.57
6	20°	4.25	3.72	3.48
7	30°	4.06	3.71	3.41

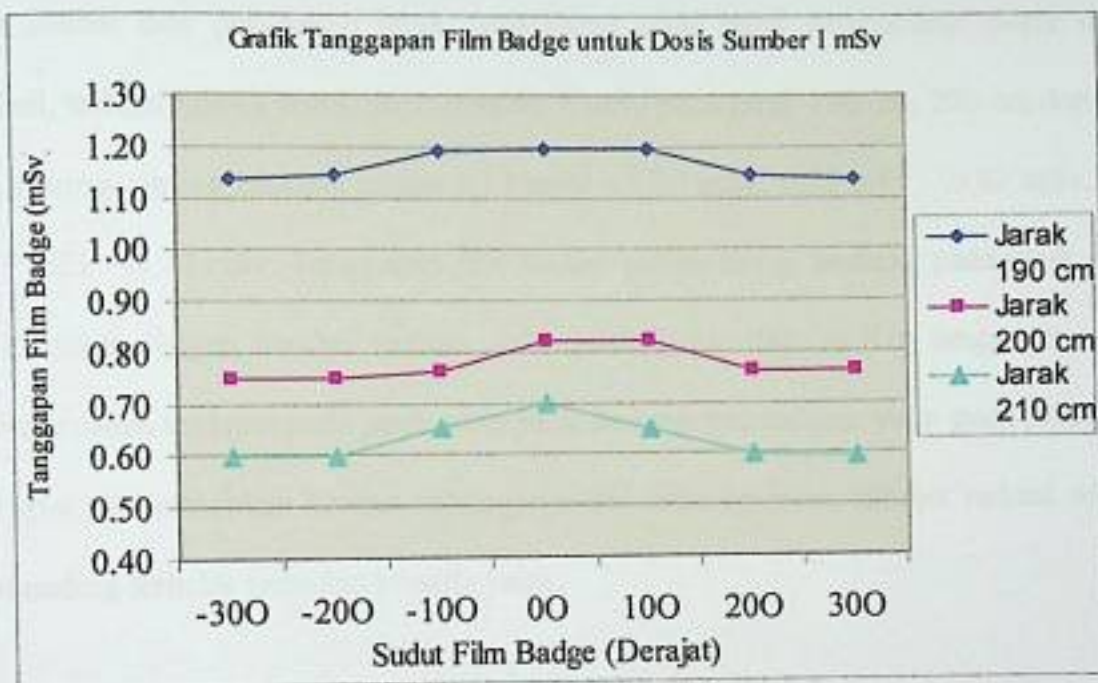
Tanggapan *film badge* atau Dosis Serap diperoleh dengan mengambil rata-rata pengukuran Densitas *Film Badge* dikurangi dengan Densitas Film Kontrol dan hasilnya ditransfer menjadi dosis semu dengan menggunakan Kurva Kalibrasi hubungan antara Densitas terhadap Dosis yang ada pada lampiran B. Nilai Dosis Semu dan Dosis Serap ini selengkapnya pada lampiran C beserta contoh perhitungannya pada lampiran D.

Berdasarkan nilai-nilai pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 terlihat bahwa semakin besar perubahan sudut penyinaran atau semakin miring bidang penyinaran terhadap garis acuan (bidang penyinaran yang tegak lurus terhadap datangnya sinar) maka semakin kecil dosis yang diserap oleh *film badge*, demikian pula terhadap jarak penyinaran, semakin jauh jarak sumber radiasi dengan *film badge*, maka semakin kecil dosis yang terserap pada *film badge*. Sedangkan terhadap tingkat dosis sumber, semakin

besarnilai dosis sumber, semakin besar pula jumlah dosis yang terserap pada *film badge*.

4.2. Analisis Dosis Serap *Film Badge*

4.2.1. Analisis Dosis Tanggapan *Film Badge* untuk Dosis Sumber 1 mSv



Gambar 4.1

Grafik hubungan antara perubahan sudut tanggap film badge terhadap Dosis serap

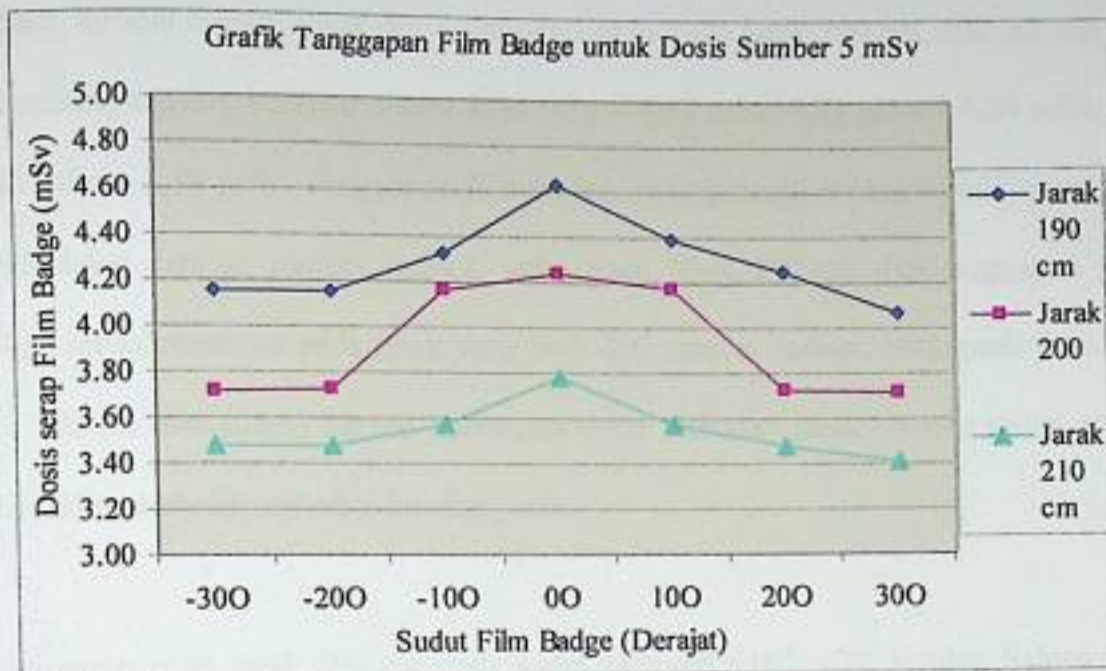
Dari hasil analisis grafik di atas terlihat bahwa dosis serap tertinggi dari hasil penyinaran, jika dibandingkan dengan sudut tanggap yang lain, berada pada saat *film badge* tegak lurus terhadap arah penyinaran (0°), hal ini disebabkan karena pada saat permukaan *film badge* tegak lurus terhadap arah penyinaran maka sebagian besar radiasi yang keluar akan terserap merata pada permukaan *film badge*, sedangkan jika

permukaan *film badge* dimiringkan atau tidak tegak lurus terhadap arah datangnya sumber radiasi, maka serapannya tidak akan merata pada permukaan film karena ada bagian-bagian film yang terlebih dahulu menyerap radiasi sehingga dosis serapan radiasi akan berkurang.

Jika dilihat dari perubahan jarak penyinaran pada hasil pengukuran dosis serap radiasi, terlihat bahwa untuk dosis sumber 1 mSv pada jarak 190 cm, 200 cm dan 210 cm masing-masing berkisar antara 1,13 mSv – 1,20 mSv, 0,75 mSv – 0,82 mSv, dan 0,59 mSv – 0,70 mSv. Tanggapan *film badge* paling tinggi terdapat pada jarak yang lebih dekat dengan sumber radiasi, yaitu pada jarak 190 cm dan tanggapan yang paling rendah terdapat pada jarak yang jauh dari sumber radiasi, yaitu pada jarak 210 cm. Hal ini disebabkan karena hubungan dosis terhadap jarak sumber radiasi adalah berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak.

Penyinaran pada jarak 200 cm terdapat dosis serap yang sama untuk sudut tanggap yang berbeda, yaitu pada sudut 0° dan sudut 10° adalah sebesar 0,82 mSv, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor eksternal yang dapat mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran antara lain kualitas *film badge* yang digunakan (terjadi kerusakan pada *film badge*), ketidaktepatan dalam menentukan titik penyinaran dan pada proses pencucian.

4.2.2. Analisis Dosis Tanggapan *Film Badge* Untuk Dosis Sumber 5 mSv



Gambar 4.2

Grafik hubungan antara perubahan sudut tanggap film badge terhadap Dosis serap

Dari hasil analisis grafik di atas terlihat bahwa dosis serap tertinggi dari hasil penyinaran, jika dibandingkan dengan sudut tanggap yang lain, berada pada saat *film badge* tegak lurus terhadap arah penyinaran (0°), hal ini disebabkan karena pada saat permukaan *film badge* tegak lurus terhadap arah penyinaran maka sebagian besar radiasi yang keluar akan terserap merata pada permukaan *film badge*, sedangkan jika permukaan *film badge* dimiringkan atau tidak tegak lurus terhadap arah datangnya sumber radiasi, maka serapannya tidak akan merata pada permukaan film karena ada bagian-bagian film yang terlebih dahulu menyerap radiasi sehingga dosis serapan radiasi akan berkurang.

Jika dilihat dari perubahan jarak penyinaran pada hasil pengukuran dosis serap radiasi, terlihat bahwa untuk dosis sumber 5 mSv pada jarak 190 cm, 200 cm dan 210 cm masing-masing berkisar antara 4,06 mSv – 4,62 mSv, 3,71 mSv – 4,24 mSv, dan 3,41 mSv – 3,78 mSv. Tanggapan *film badge* paling tinggi terdapat pada jarak yang lebih dekat dengan sumber radiasi, yaitu pada jarak 190 cm dan tanggapan yang paling rendah terdapat pada jarak yang jauh dari sumber radiasi, yaitu pada jarak 210 cm. Hal ini disebabkan karena hubungan dosis terhadap jarak sumber radiasi adalah berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak.

Penyinaran pada jarak 200 cm pada sudut tanggap $\pm 10^0$, $\pm 20^0$ terlihat bahwa pada perubahan jarak yang sama yaitu 10 cm, diperoleh tanggapan dosis serap yang tidak seimbang pada perubahan jarak yang sama, hal ini disebabkan karena ketidaktepatan dalam menentukan titik penyinaran. Pada perubahan sudut tanggap *film badge* yang sama pada masing-masing jarak penyinaran pada umumnya memiliki dosis serap yang sama, tetapi masih terdapat sedikit perbedaan untuk sudut tanggap yang sama, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor eksternal yang dapat mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran antara lain kualitas *film badge* yang digunakan (terjadi kerusakan pada *film badge*), ketidaktepatan dalam menentukan titik penyinaran dan pada proses pencucian.

Dari kedua sumber dosis radisi yang digunakan dalam penelitian ini yakni dosis sumber 1 mSv dan 5 mSv terlihat bahwa, perubahan dosis serap *film badge* yang baik yaitu terdapat pada dosis sumber 5 mSv. Hal ini disebabkan karena tingkat sensitifitas dari dosimeter *film badge* berkisar antara dosis 0,1 mSv sampai 5.000 mSv, dimana semakin tinggi dosis yang digunakan maka semakin tinggi pula kerapatan optis (densitas) pada film badge yang disinari, sehingga perubahan dosis serap pada film badge semakin jelas baik itu pada perubahan sudut tanggapnya maupun pada perubahan jarak penyinaran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa;

1. Kerapatan optis (densitas) *film badge* sangat bergantung pada besar kecilnya sudut datang penyinaran, jarak penyinaran, dan tingkat dosis sumber, dimana pada jarak penyinaran 190 cm, 200 cm dan 210 cm, untuk sumber 1 mSv densitas maksimum (sudut tanggap 0^0) masing-masing sebesar 0,24 Do, 0,17 Do, dan 0,13 Do, densitas minimum (sudut tanggap $\pm 30^0$) masing-masing sebesar 0,20 Do, 0,13 Do dan 0,10 Do. Untuk dosis sumber 5 mSv densitas maksimum (sudut tanggap 0^0) masing-masing sebesar 0,83 Do, 0,81 Do dan 0,73 Do, densitas minimum (sudut tanggap $\pm 30^0$) masing-masing sebesar 0,64 Do, 0,59 Do, dan 0,55 Do.
2. Dosis serap *film badge* sangat bergantung pula pada besar kecilnya kerapatan optis (densitas) *film badge*, dimana pada jarak penyinaran 190 cm, 200 cm dan 210 cm, untuk sumber 1 mSv dosis serap maksimum (sudut tanggap 0^0) masing-masing sebesar 1,20 mSv, 0,82 mSv dan 0,70 mSv, dosis serap minimum (sudut tanggap $\pm 30^0$) masing-masing sebesar 1,13 mSv, 0,75 mSv, dan 0,59 mSv. Untuk dosis sumber 5 mSv dosis serap maksimum (sudut tanggap 0^0) masing-masing sebesar 4,62 mSv, 4,22 mSv dan 3,78 mSv, dosis serap minimum (sudut tanggap $\pm 30^0$) masing-masing sebesar 4,06 mSv, 3,63 mSv, dan 3,41 mSv.

3. Hasil analisis data dan grafik, dosis serap *film badge* yang tinggi terdapat pada sudut tanggap 0^0 , jarak 190 cm dan dosis sumber 5 mSv, dan tanggapan yang kurang baik pada *film badge* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kualitas *film badge* yang digunakan (terjadi kerusakan pada *film badge*), ketidaktepatan dalam menentukan titik penyinaran dan proses pencucian *film badge*.

5.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan Dosimeter digital yang langsung mencatat nilai dosis radiasi seperti *Thermoluminisensi Dosimeter* (TLD) agar dapat diperoleh nilai dosis serap radiasi yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akhadi, M., (2000), "*Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*", PT. Rieke Cipta, Jakarta.
2. Anonim, "*Kondisi Tidak Ideal Dalam Pemakaian Dosimeter Perorangan Di Lapangan*" <http://www.batan.go.id/ptkmr/Alara/138.pdf>, Diakses 8 mei 2007.
3. Suryani Sri, (2005), "*Materi Kuliah Fisika Kesehatan*", Dosen Fisika Unhas, Makassar
4. Sutrisno., (1989), "*Fisika Dasar: Fisika Modern*", ITB. Bandung
5. Anonim "*Sinar-XBrehmsstrahlung*" <http://www.tempo.co.id/medika/arsip/072002/sek-2.htm>, Diakses 10 mei 2007
6. Beiser, A., (1986), "*Konsep Fisika Modern*", Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta
7. Wiyatmo, W., (2002), "*Fisika Modern*", Pustaka Belajar, Yogyakarta
8. Anonim, (2007), "*Lembar Kerja Pengukuran Kerma Udara*", BPFK, Makassar
9. Bruce T, (1997), "*Brachytherapy Treatment Planning*", Futura, New York
10. Wiryosimin, S, (1995), "*Mengenal Asas Proteksi Radiasi*", ITB, Bandung
11. Abdullah Bualkar, (2004), "*Materi Kuliah Fisika Inti*", Dosen Fisika Unhas, Makassar
12. Anonim, (2003), "*Dasar Proteksi Radiasi*", Pusdiklat BATAN, Jakarta



LAMPIRAN

DATA PENGUKURAN KERMA UDARA

IDENTITAS PIKAWAT

- 1. Nama Peserta
- 2. No. AC - Pns
- 3. Tempat, Tanggal
- 4. Satuan/Instansi
- 5. Tanggal Pengukuran

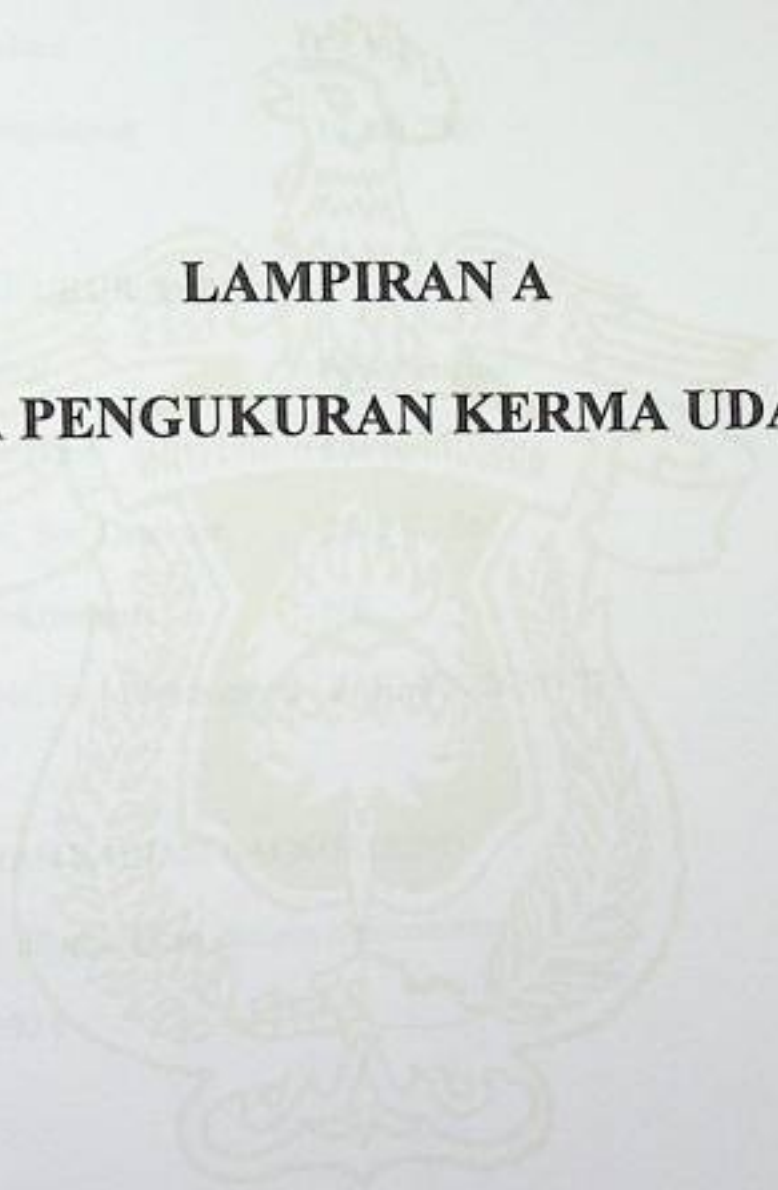
LAMPIRAN A

DATA PENGUKURAN KERMA UDARA

- 1. Nama
- 2. Jenis
- 3. Waktu

LOKASI PENGUKURAN

- 1. Lokasi
- 2. Waktu



DATA PENGUKURAN LAJU KERMA UDARA

I. IDENTITAS PESAWAT

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a. Nama Pesawat | : IRRADIATOR |
| b. Model / Tye | : IBT 103 |
| c. Buatan / Pabrik | : Indonesia / BATAN |
| d. Sumber Radiasi | : Cs-137 |
| e. Tanggal Pengukuran | : 10 Juli 2007 |

II. DATA ALAT UKUR RADIASI

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| a. Jenis Detektor | : Bilik Pengion |
| b. Volume Detektor | : 600 cc |
| c. Model / No. Seri Detektor | : 2575 C / 565 |
| d. Merek Elektrometer | : NE |
| e. Model / No. Seri Elektrometer | : FARMER 2670 / 374 |

1. PENGUKURAN RADIASI BACKGROUND

- Detektor dihubungkan dengan elektrometer
- Waktu 300 s

NO	WAKTU (s)	BACAAN (pC)		
		190 cm	200 cm	210 cm
1	300	0.0000	0.0000	0.0000
2	300	0.0000	0.0000	0.0000
3	300	0.0000	0.0000	0.0000
4	300	0.0000	0.0000	0.0000
5	300	0.0000	0.0000	0.0000

2. PENGECEKAN KESALAHAN PEWAKTU (TIMER) PESAWAT

- Detektor dihubungkan dengan Elektrometer
- Gunakan pewaktu (timer) Pesawat

$$P = 1011 \text{ m bar} \quad T = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 60 \text{ s}$$

$$T_2 = 15 \text{ s}$$

Bacaan x Kpt (R1)			Bacaan x Kpt (R2)					Kesalahan Pewaktu (s)
I	II	Σ	I	II	III	IV	Σ	
2,7368 nC	2,7414 nC	5,4782 nC	534,47 pC	525,80 pC	536,45 pC	526,45 pC	2,12317 nC	4
2,4689 nC	2,4638 nC	4,9327 nC	468,04 pC	481,16 pC	472,28 pC	478,62 pC	1,9001 nC	4
2,2623 nC	2,2592 nC	4,5215 nC	435,10 pC	434,24 pC	434,46 pC	437,99 pC	1,74179 nC	4

$$\text{Kesalahan Pewaktu } (\alpha) = \frac{60 \cdot \sum R_2 - 60 \cdot R_1}{4 \cdot R_1 - \sum R_2}$$

3. PENGUKURAN LAJU KERMA UDARA

- Detektor disinari di udara
- Waktu (pesawat) : 60 s
- P = 1011 mbar T = 22 °C

NO	SSD (cm)	Bacaan x Kpt			Bacaan Rerata (M) nC	Ket.
		I	II	III		
1	190	2,7242	2,7294	2,7288	2,72913	Tanpa Abs.
2	200	2,471	2,461	2,4749	2,4689	Tanpa Abs.
3	210	2,2617	2,2633	2,2579	2,26097	Tanpa Abs.

4. PERHITUNGAN LAJU KERMA UDARA PESAWAT.

- SSD = 190 cm di udara
- Waktu (t) : 60 s (Pesawat)
- P = 1011 mbar T = 22 °C
- Nk = 52,5 µGy/nC

NO	SSD (cm)	Bacaan Rerata (M) nC	Laju Kerma Udara (mGy/Jam)	Ket.
1	190	2,72913	8,59677	Tanpa Abs.
2	200	2,4689	7,77703	Tanpa Abs.
3	210	2,26097	7,12205	Tanpa Abs.

$$\text{Laju Kerma Udara} = \frac{M}{t} \times Nk$$

5. PERHITUNGAN $H_{p(10)}$

$$F_k = 1,21$$

NO	SSD (cm)	Laju Kerma Udara (mGy/Jam)	$H_p(10)$	Ket.
1	190	8,59677	10,40209	Tanpa Abs.
2	200	7,77703	9,4102	Tanpa Abs.
3	210	7,12205	8,61768	Tanpa Abs.

$$H_{p(10)} = KU \times f_k$$

LAMPIRAN

TABEL II PERHITUNGAN ANTARA DENSITAS

6. PERHITUNGAN WAKTU PENYINARAN

NO	SSD (cm)	Waktu (t) menit		Ket.
		Dosis 1 mSv	Dosis 5 mSv	
1	190	5,46	29,04	Tanpa Abs.
2	200	6,22	31,52	Tanpa Abs.
3	210	8,25	42,07	Tanpa Abs.

$$t = \frac{Dosis}{H_{p(10)}}$$

No	Densitas	Dosis	...
1	0,1	0,1	...
2	0,2	0,2	...
3	0,3	0,3	...
4	0,4	0,4	...
5	0,5	0,5	...
6	0,6	0,6	...
7	0,7	0,7	...
8	0,8	0,8	...
9	0,9	0,9	...
10	1,0	1,0	...
11	1,1	1,1	...
12	1,2	1,2	...
13	1,3	1,3	...
14	1,4	1,4	...
15	1,5	1,5	...
16	1,6	1,6	...
17	1,7	1,7	...
18	1,8	1,8	...
19	1,9	1,9	...
20	2,0	2,0	...
21	2,1	2,1	...
22	2,2	2,2	...
23	2,3	2,3	...
24	2,4	2,4	...
25	2,5	2,5	...
26	2,6	2,6	...
27	2,7	2,7	...
28	2,8	2,8	...
29	2,9	2,9	...
30	3,0	3,0	...

LAMPIRAN B

**TABEL HUBUNGAN ANTARA DENSITAS
DENGAN DOSIS**

**TABEL HUBUNGAN DENTITAS - DOSIS KURVA KALIBRASI
PERIODE JUNI S/D SEPTEMBER 2007**

Dentitas	Dosis	Dentitas	Dosis	Dentitas	Dosis	Dentitas	Dosis	Dentitas	Dosis	Dentitas	Dosis
01	0.15	0.37	2.1	0.73	4.62	1.09	7.72	1.45	11.38	1.81	15.62
02	0.19	0.38	2.16	0.74	4.7	1.1	7.81	1.46	11.49	1.82	15.75
03	0.24	0.39	2.22	0.75	4.78	1.11	7.91	1.47	11.6	1.83	15.87
04	0.29	0.4	2.29	0.76	4.86	1.12	8	1.48	11.72	1.84	16
05	0.33	0.41	2.35	0.77	4.94	1.13	8.1	1.49	11.83	1.85	16.13
06	0.38	0.42	2.42	0.78	5.02	1.14	8.19	1.5	11.94	1.86	16.26
07	0.43	0.43	2.48	0.79	5.1	1.15	8.29	1.51	12.05	1.87	16.38
08	0.48	0.44	2.54	0.8	5.18	1.16	8.39	1.52	12.16	1.88	16.51
09	0.53	0.45	2.61	0.81	5.26	1.17	8.48	1.53	12.28	1.89	16.64
1	0.58	0.46	2.68	0.82	5.34	1.18	8.58	1.54	12.39	1.9	16.77
1	0.63	0.47	2.74	0.83	5.43	1.19	8.68	1.55	12.5	1.91	16.9
2	0.68	0.48	2.81	0.84	5.51	1.2	8.78	1.56	12.62	1.92	17.03
3	0.73	0.49	2.88	0.85	5.59	1.21	8.88	1.57	12.73	1.93	17.16
4	0.79	0.5	2.94	0.86	5.67	1.22	8.98	1.58	12.85	1.94	17.29
5	0.84	0.51	3.01	0.87	5.76	1.23	9.08	1.59	12.96	1.95	17.42
6	0.89	0.52	3.08	0.88	5.84	1.24	9.18	1.6	13.08	1.96	17.56
7	0.94	0.53	3.15	0.89	5.93	1.25	9.28	1.61	13.2	1.97	17.69
8	1	0.54	3.22	0.9	6.01	1.26	9.38	1.62	13.31	1.98	17.82
9	1.05	0.55	3.29	0.91	6.1	1.27	9.48	1.63	13.43	1.99	17.95
2	1.11	0.56	3.36	0.92	6.18	1.28	9.58	1.64	13.55	2	18.09
1	1.16	0.57	3.43	0.93	6.27	1.29	9.68	1.65	13.67	2.01	18.22
2	1.22	0.58	3.5	0.94	6.36	1.3	9.79	1.66	13.79	2.02	18.36
3	1.27	0.59	3.57	0.95	6.45	1.31	9.89	1.67	13.91	2.03	18.49
4	1.33	0.6	3.65	0.96	6.53	1.32	9.99	1.68	14.03	2.04	18.63
5	1.38	0.61	3.72	0.97	6.62	1.33	10.1	1.69	14.15	2.05	18.76
6	1.44	0.62	3.79	0.98	6.71	1.34	10.2	1.7	14.27	2.06	18.9
7	1.5	0.63	3.86	0.99	6.8	1.35	10.31	1.71	14.39	2.07	19.04
8	1.56	0.64	3.94	1	6.89	1.36	10.41	1.72	14.51	2.08	19.18
9	1.62	0.65	4.01	1.01	6.98	1.37	10.52	1.73	14.63	2.09	19.31
1	1.67	0.66	4.09	1.02	7.07	1.38	10.63	1.74	14.75	2.1	19.45
1	1.73	0.67	4.16	1.03	7.16	1.39	10.73	1.75	14.88	2.11	19.59
2	1.79	0.68	4.24	1.04	7.25	1.4	10.84	1.76	15	2.12	19.73
3	1.85	0.69	4.31	1.05	7.35	1.41	10.95	1.77	15.12	2.13	19.87
4	1.91	0.7	4.39	1.06	7.44	1.42	11.06	1.78	15.25	2.14	20.01
5	1.98	0.71	4.47	1.07	7.53	1.43	11.17	1.79	15.37	2.15	20.15
5	2.04	0.72	4.54	1.08	7.62	1.44	11.27	1.8	15.5	2.16	20.29

LAMPIRAN C

**DATA HASIL PENGUKURAN DENSITAS
DAN DOSIS**

DENSITAS OPTIS (DO)

NO	KODE FILM	DOSIS SUMBER (mSv)	JARAK (cm)	P300						Sn+Pb							
				I		II		III		I		II		III			
				Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2	Rata2		
1	-30 ⁰	1	190	0.57	0.56	0.57	0.57	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.54	0.54	0.55	0.54	
2	-20 ⁰			0.58	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55
3	-10 ⁰			0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.56	0.56
4	0 ⁰			0.59	0.59	0.58	0.58	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.55	0.55	0.56	0.55
5	10 ⁰			0.58	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.55	0.55	0.56	0.55
6	20 ⁰			0.57	0.57	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54
7	30 ⁰			0.57	0.57	0.56	0.56	0.57	0.57	0.56	0.56	0.57	0.57	0.54	0.54	0.55	0.54
8	-30 ⁰	5	190	1.13	1.13	1.12	1.12	1.13	1.06	1.07	1.06	1.06	0.99	0.99	1.00	0.99	
9	-20 ⁰			1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.00	0.99	1.00	1.00
10	-10 ⁰			1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.05	1.09	1.09	1.07	1.06	1.00	1.02	1.03	1.02
11	0 ⁰			1.18	1.18	1.16	1.16	1.17	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.05	1.05	1.06	1.05
12	10 ⁰			1.16	1.17	1.16	1.16	1.16	1.09	1.09	1.08	1.11	1.10	1.02	1.03	1.03	1.03
13	20 ⁰			1.13	1.13	1.14	1.14	1.13	1.04	1.04	1.05	1.06	1.05	0.99	1.01	1.01	1.00
14	30 ⁰			1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.06	1.06	1.07	1.08	1.07	0.98	0.99	0.99	0.99

NO	KODE FILM	DOSIS SUMBER (mSv)	JARAK (cm)	NET DENSITAS OPTIS (DIOPTRI)						DOSIS LOKAL (mSv)						DOSIS TOTAL (mSv)
				P300		Du		Sn+Pb		P300		Du		Sn+Pb		
1	-30 ⁰	1	190	0.22	0.22	0.22	0.20	0.20	1.22	1.22	1.11	1.13	1.13	1.13	1.13	
2	-20 ⁰			0.23	0.21	0.20	0.20	0.20	1.27	1.16	1.11	1.14	1.14	1.14	1.14	
3	-10 ⁰			0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	1.27	1.22	1.16	1.19	1.19	1.19	1.19	
4	0 ⁰			0.24	0.22	0.21	0.21	0.21	1.33	1.22	1.16	1.20	1.20	1.20	1.20	
5	10 ⁰			0.23	0.21	0.21	0.21	0.21	1.27	1.16	1.16	1.19	1.19	1.19	1.19	
6	20 ⁰			0.23	0.21	0.20	0.20	0.20	1.27	1.16	1.11	1.14	1.14	1.14	1.14	
7	30 ⁰			0.22	0.22	0.22	0.20	0.20	1.22	1.22	1.11	1.13	1.13	1.13	1.13	
8	-30 ⁰	5	190	0.78	0.72	0.72	0.65	0.65	5.02	4.54	4.01	4.15	4.15	4.15	4.15	
9	-20 ⁰			0.79	0.72	0.72	0.65	0.65	5.10	4.54	4.01	4.16	4.16	4.16	4.16	
10	-10 ⁰			0.81	0.71	0.67	0.67	0.67	5.26	4.47	4.16	4.33	4.33	4.33	4.33	
11	0 ⁰			0.83	0.76	0.71	0.71	0.71	5.43	4.86	4.47	4.62	4.62	4.62	4.62	
12	10 ⁰			0.82	0.75	0.68	0.68	0.68	5.34	4.78	4.24	4.38	4.38	4.38	4.38	
13	20 ⁰			0.79	0.70	0.66	0.66	0.66	5.10	4.38	4.08	4.25	4.25	4.25	4.25	
14	30 ⁰			0.76	0.72	0.64	0.64	0.64	4.86	4.54	3.84	4.06	4.06	4.06	4.06	

DENSITAS OPTIS (DO)																
NO	KODE FILM	DOSIS SUMBER (mSv)	JARAK (cm)	P300			Du			Sn+Pb						
				I	II	III	Rata2	I	II	III	Rata2	I	II	III	Rata2	
1	-30°	1	200	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.48	0.47	0.48	0.48	
2	-20°			0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
3	-10°			0.51	0.51	0.50	0.51	0.50	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.49	0.49
4	0°			0.51	0.52	0.52	0.52	0.50	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
5	10°			0.51	0.52	0.52	0.52	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48
6	20°			0.51	0.52	0.51	0.51	0.49	0.49	0.49	0.50	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48
7	30°			0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.48
8	-30°	5	200	1.09	1.08	1.09	1.09	1.01	1.01	1.00	1.01	0.94	0.94	0.93	0.94	
9	-20°			1.10	1.10	1.09	1.10	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	0.94	0.94	0.95	0.94
10	-10°			1.15	1.15	1.16	1.15	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00
11	0°			1.16	1.16	1.15	1.16	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.01	1.02	1.01	1.01
12	10°			1.15	1.15	1.14	1.15	1.06	1.06	1.05	1.05	1.05	1.00	1.01	1.00	1.00
13	20°			1.10	1.10	1.10	1.10	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0.94	0.94	0.94	0.94
14	30°			1.08	1.09	1.09	1.09	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0.93	0.94	0.94	0.94

NO	KODE FILM	DOSIS SUMBER (mSv)	JARAK (cm)	NET DENSITAS OPTIS (D/OPTIS)			DOSIS LOKAL (mSv)			DOSIS TOTAL (mSv)		
				P300	Du	Sn+Pb	P300	Du	Sn+Pb			
3	-30°	1	200	0.15	0.15	0.13	0.84	0.84	0.73	0.75		
4	-20°			0.15	0.15	0.13	0.84	0.84	0.73	0.75		
5	-10°			0.16	0.14	0.13	0.89	0.79	0.73	0.76		
6	0°			0.17	0.15	0.14	0.94	0.84	0.79	0.82		
7	10°			0.17	0.14	0.14	0.94	0.79	0.79	0.82		
8	20°			0.16	0.14	0.13	0.89	0.79	0.73	0.76		
9	30°			0.16	0.14	0.13	0.89	0.79	0.73	0.76		
10	-30°			5	200	0.74	0.66	0.59	4.70	4.09	3.57	3.71
11	-20°					0.75	0.67	0.59	4.78	4.16	3.57	3.72
12	-10°	0.80	0.72			0.65	5.18	4.54	4.01	4.16		
13	0°	0.81	0.73			0.66	5.26	4.62	4.09	4.24		
14	10°	0.80	0.70			0.65	5.18	4.39	4.01	4.17		
15	20°	0.75	0.66			0.59	4.78	4.09	3.57	3.72		
16	30°	0.74	0.65			0.59	4.70	4.01	3.57	3.71		

LAMPIRAN D

PENGOLAHAN DATA UNTUK MENENTUKAN NET DENSITAS OPTIK DAN DOSIS SERAP

Perhitungan Net Densitas Optik dan Dosis Serap

A. Net Densitas Optik

Net densitas Optik = Densitas rata-rata Film yang di sin ari - Densitas Film Kontrol
Misalnya;

- Untuk sumber 1 mSv pada jarak 190 cm dan sudut tanggap 0°

$$\begin{aligned} \text{Net densitas Optik } P_{300} &= 0,586667 - 0,347 \\ &= 0,239667 \text{ Dioptri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net densitas Optik } Du &= 0,563333 - 0,347 \\ &= 0,216333 \text{ Dioptri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net densitas Optik } Sn + Pb &= 0,56 - 0,347 \\ &= 0,213 \text{ Dioptri} \end{aligned}$$

B. Penentuan Dosis Semu

Dosis semu ditentukan dengan melihat kurva kalibrasi hubungan antara densitas dengan dosis yang ada pada lampiran 2

Misalnya;

- Untuk sumber 1 mSv pada jarak 190 cm dan sudut tanggap 0°

Densitas (Dioptri)	Dosis (mSv)
$P_{300} = 0,23$	1,27
$Du = 0,21$	1,16
$Sn+Pb = 0,21$	1,16

C. Dosis Serap

$$Dosis\ total = Dosis\ (Sn + Pb) + \frac{Dosis\ Dural}{50} + \frac{Dosis\ P.300 - Dosis\ Dural}{10}$$

Misalnya;

- Untuk sumber 1 mSv pada jarak 190 cm dan sudut tanggap 0°

$$Dosis\ total = 1,16 + \frac{1,16}{50} + \frac{1,27 - 1,16}{10} = 1,1942\ mSv$$

Perhitungan-perhitungan Net densitas, Dosis semu dan Dosis serap pada Jarak, Sumber Dosis dan Sudut film Badge yang selanjutnya, mengikuti tahapan-tahapan seperti di atas.

LAMPUANE

LAMPUANE
LAMPUANE PRINCIPAL FILM BADGE

Larutan Developer

1. Larutan developer adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengolah gambar pada film negatif.

2. Larutan developer adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengolah gambar pada film positif.

3. Larutan developer adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengolah gambar pada film duplikat.

4. Larutan developer adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengolah gambar pada film master.

5. Larutan developer adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengolah gambar pada film proof.

LAMPIRAN E

LARUTAN PENCUCIAN FILM BADGE



PEMBUATAN LARUTAN PENCUCIAN FILM BADGE

I. Larutan Developer

- 3,8 liter larutan developer ditambahkan aquades hingga mencapai volume 19 liter.
- Larutan tersebut dimikser hingga rata hingga dimasukkan dalam wadah pencucian film badge.
- Diamkan larutan tersebut selama 24 jam sebelum pemakaian.

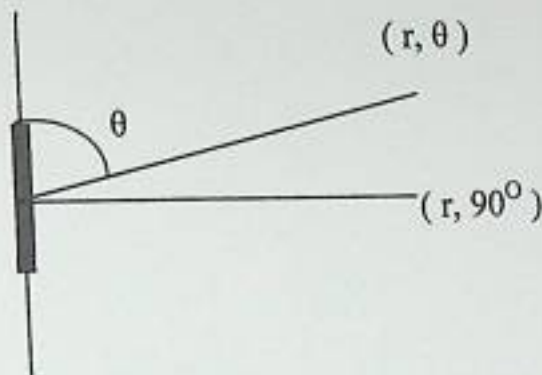
II. Larutan Fixer

- 3,8 liter larutan developer ditambahkan aquades hingga mencapai volume 19 liter.
- Larutan tersebut dimikser hingga rata hingga dimasukkan dalam wadah pencucian film badge.
- Diamkan larutan tersebut selama 24 jam sebelum pemakaian.

LAMPIRAN F

DOSIS RADIASI DALAM MEDIUM PADA (r, θ)

Dosis Radiasi Dalam Medium pada (r, θ)



Model geometrik sumber bentuk garis
(Sumber : *Brachytherapy Treatment Planning*, Bruce T, 1997, hlm. 169)

➤ Fungsi Anisotropi, $F(r, \theta)$

Fungsi Anisotropi merupakan perhitungan absorpsi dan hamburan dalam medium, yang didefinisikan sebagai:

$$F(r, \theta) = \frac{D(r, \theta)G(r, \theta)}{D(r, \theta_0)G(r, \theta_0)}$$

Fungsi ini merupakan fungsi dua dimensi yang memberikan variasi sudut dari dosis radiasi pada setiap jarak sumber.


➤ Faktor Anisotropi ($\phi_{an}(r)$)

Faktor Anisotropi adalah perbandingan dosis radiasi pada jarak r , yang dirata-ratakan dengan sudut dengan dosis radiasi di atas sumbu transversal pada jarak yang sama.⁽⁹⁾

$$\dot{D}(r, \theta) = S_k \Lambda \frac{G(r, \theta)}{G(r_0, \theta_0)} g(r) \phi_{an}(r)$$

dengan

$$\phi_{an}(r) = \int_0^\pi \frac{\dot{D}(r, \theta) \sin \theta d\theta}{2\dot{D}(r, \theta_0)}$$



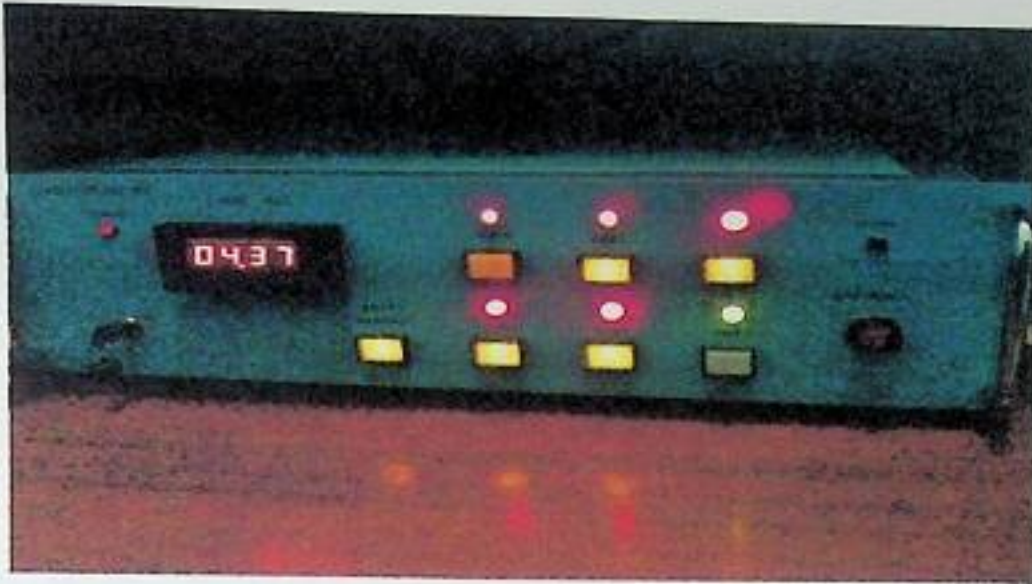
LAMPIRAN G
FOTO PENELITIAN



Gambar 1: Detektor Bilik Pention, MODEL/No.seri 2575 C/565. vol 600 cc



Gambar 2: Elektrometer merek NE, model/No.Seri FARMER 2670/374



Gambar 3: Irradiator IBT 103 (meja control)



Gambar 4: Film Badge Tipe 2 yang belum di sinari



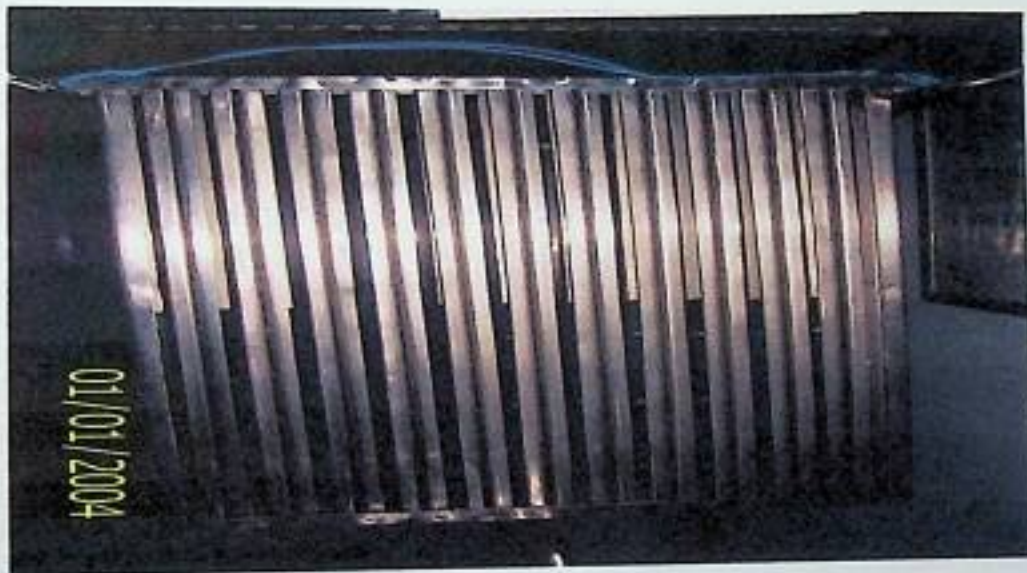
Gambar 5: Posisi Penyinaran 30°



Gambar 6: Posisi Penyinaran 20°



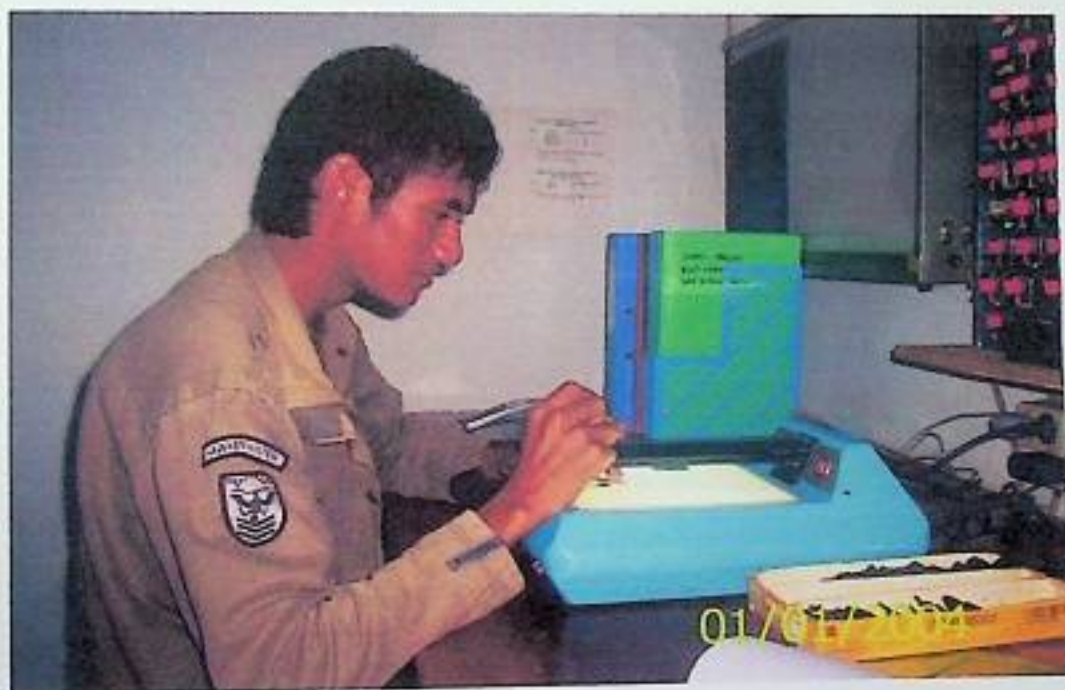
Gambar 7: Larutan Pencucian *Film Badge*



Gambar 8: Rak-Rak Tempat Pencucian dan Pengeringan *Film Badge*



Gambar 10: Pemasangan Film Badge



Gamabr 11: Pengukuran Densitas Film Badge



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDDIN

KAMPUS TAMALANREA JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KM.10 MAKASSAR, 90245
Telp. (0411) 586200 Psw. (2403,2404,2405,2406,2407,2615) 587634 FAX. 0411 581551

KARTU KONTROL
SEMINAR TUGAS AKHIR MAHASISWA

NAMA : ABDULLAH
No. POKOK : H 211 03 017
PROGRAM STUDI : FISIKA
NAMA PEMBIMBING T.A. : SRI VEWI ASTUTI (LYAS, S.Si, M.Si)

No.	Hari / Tanggal	PEMATERI SEMINAR		Paraf Pimp. Sidang/ Pembimbing
		Nama/ No. Pokok	Judul Seminal I / II	
1	SABTU 15-10-2005	SASMAWATI S H211 01 021	PEMBUATAN SEMBIL METRIK ELEKTRODA TORUS (LEFT) U/ DETEKSI H ₂ PO ₄ DI WADUK BILI-BILI	1
2	SABTU 15-10-2005	HELMA MANTING H211 01 003	KARAKTERISTIK KEFISIEN KOEFISIEN FOLKERTIF ELEKTRODA KAWAT TERLAPIS TERHADAP ION ASING MITRAT DAN MITRIT	1
3	KAMIS 18-02-2007	EDI ANTO H211 02 002	PEMBUATAN BAHAN CALIAN TRAS UNTUK PEMBUATAN PUNJAN KARP (GSPK) di KAB. BANTU	1
4	RABU 2-02-2007	INAYAH HIDAYAH H221 02 016	ANALISIS PERAU AUSTIK	1
5	RABU 7-02-2007	RAHMAH HEARANI H211 08 001	DESAIN POMPA AIR MENGGUNAKAN ENERGI POT. GRAVITASI DGN PRINSIP KAPILARITAS	2
6	RABU 7 Feb '07	DARUNA H 211 02 017	Penggunaan Macromedia Flash sebagai alat bantu proses pengajaran Fisika Modern berbasis web (se II)	2
7	KAMIS 8 Februari 07	WIRDAYANTI H221 00	Analisis SIG untuk Analisis Tingkat Pelayaran sekolah di kota Bau-Bau	2
8	KAMIS 22 Februari 07	YULIADI H 211 00 0	PELUPELAN PENYARUH EROSI TERHADAP VEGETASI	1
9	KAMIS 22 Februari 07	DARINAYATI H 211 02 0	PEROLEHAN NUMERIK URKULAJI LAUT YANG DIRANGKITKAN OLEH ANGIN DI KEPULAUAN SEMPONDE	1
10	KAMIS 02 Feb 07	JHERIV	Analisis Grafik Hasil Rikaman EKG untuk mnd...	1

Makassar,
Sekretaris

Dr. Syams
NIP 131 8

CATATAN:
Diperbolehkan melaksanakan seminar I/II
jika Mengikuti Konsultasi minimal 10 kali



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KM.10 MAKASSAR, 90245
Telp. (0411) 586200 Psw.(2403,2404,2405,2406,2407,2615) 587634 FAX. 0411 588 551

**KARTU KONTROL
BIMBINGAN TUGAS AKHIR MAHASISWA**

NAMA :
No. POKOK :
PROGRAM STUDI :
NAMA PEMBIMBING T.A. :

NO	KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR		PARA PEMBIMB
	HARI/ TANGGAL	MATERI KONSULTASI	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			