

# KARAKTERISASI DOSIMETER TERMOLUMINESSENSI DENGAN BAHAN KRISTAL $\text{CaSO}_4$

**MOHAMAD ICHSAN**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2003**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

G FIS

2003





**In the Name of Allâh, the Most Beneficent, the Most Merciful.**

***“O assembly of jinns and men! If you have power to pass beyond the zones of the heavens and the earth, then pass (them)! But you will never be able to pass them, except with authority (from Allâh)!”***

**(QS. Ar-Rahmân : 33)**

***I dedicate this small-thesis to my parents and my families***

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRAK

**MOHAMAD ICHSAN. Karakterisasi Dosimeter Termoluminesensi Dengan Bahan Kristal  $\text{CaSO}_4$ . Dibimbing oleh Ir. Irmansyah, MSi dan Dra. Hendriyanto Haditjahyono, MSi.**

Sejak tabung sinar-X diciptakan pada tahun 1895 dan zat radioaktif alam ditemukan pada tahun 1896, manusia telah memanfaatkan radiasi dengan berbagai cara. Berbeda dengan bentuk energi yang lain seperti energi listrik, panas, bunyi, maupun mekanik, energi nuklir tidak dapat dirasakan secara langsung oleh panca indera manusia. Sehingga untuk mendeteksi ada atau tidak adanya radiasi diperlukan suatu alat bantu. Di bidang proteksi radiasi, sistem pengukur ini mutlak diperlukan baik untuk keselamatan setiap pekerja maupun lingkungannya. Setelah keselamatan terhadap radiasi terjamin maka banyak aplikasi teknik nuklir yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan sistem pengukur radiasi ini. Metode pengukuran radiasi dengan memanfaatkan fenomena termoluminesensi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1953. Pada saat itu belum sepenuhnya diketahui bahwa metode termoluminesensi dapat dikembangkan untuk tujuan pemantauan dosis perurangan. Tinggi rendahnya tanggapan TLD terhadap radiasi bergantung pada besar kecilnya dosis radiasi yang diterima TLD tersebut. Semakin besar dosis radiasi yang diterima, semakin tinggi bacaan intensitas TL yang dihasilkannya. Namun kenaikan dalam penerimaan dosis belum tentu diikuti dengan kenaikan hasil bacaan intensitas TL secara linear untuk setiap nilai dosis. Adakalanya dosimeter hanya memiliki daerah linear pada rentang nilai dosis tertentu. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang dapat memberikan gambaran hubungan antara nilai dosis dan intensitas TL pada dosis rendah hingga tinggi.

Untuk mengetahui besarnya laju dosis yang diterima/diserap TLD dapat digunakan persamaan laju dosis. Dan dengan mengintegrasikannya terhadap waktu maka akan diperoleh besarnya nilai dosis.

Perbedaan besarnya nilai laju dosis/dosis pengukuran dengan nilai laju dosis/dosis secara perhitungan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti adanya radiasi latar, letak geometri TLD terhadap sumber radiasi, kebersihan TLD, shielding, dan lain sebagainya. Namun dalam kenyataannya, letak geometri memegang pengaruh yang cukup besar.

Penelitian ini telah membuktikan bahwa dosimeter termoluminesensi menunjukkan suatu nilai yang setara dengan dosis yang mengenainya dan tidak dipengaruhi oleh variasi laju dosis, dosis, serta perubahan suhu ruang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



# **KARAKTERISASI DOSIMETER TERMOLUMINESENSI DENGAN BAHAN KRISTAL $\text{CaSO}_4$**

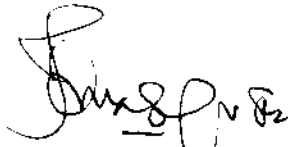
**MOHAMAD ICHSAN**

**Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar  
Sarjana Sains  
Pada  
Program Studi Fisika**

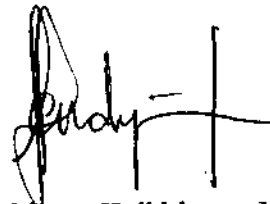
**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2003**

Judul Skripsi : Karakterisasi Dosimeter Termoluminesensi Dengan Bahan Kristal  $\text{CaSO}_4$   
Nama : Mohamad Ichsan  
NRP : G07498020  
Program Studi : Fisika

Menyetujui,



Ir. Irmansyah, M.Si  
Pembimbing I



Drs. Hendriyanto Haditjahyono, M.Si  
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Kiagus Dahlan  
Ketua Jurusan

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 MAY 2003

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 23 Januari 1980 sebagai anak ke tujuh dari delapan bersaudara.

Penulis menamatkan pendidikan dasar dan pendidikan menengah pertama di Kecamatan Durenawit, Jakarta Timur. Pada tahun 1998 Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Umum di SMU Negeri 44 Jakarta Timur, dan pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan ke Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI). Di IPB penulis diterima di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar untuk Program Diploma III pada tahun 1999/2000 dan 2000/2001, asisten Matematika Dasar pada tahun 2000/2001. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi kemahasiswaan, diantaranya menjadi anggota komisi keuangan Dewan Perwakilan Mahasiswa FMIPA (DPM-FMIPA) periode 1999-2000, ketua bidang pendidikan dan sains pada Himpunan Mahasiswa Fisika IPB periode 2000-2001.

Di luar aktivitas kampus, penulis juga aktif melakukan kajian dan pengembangan alat-alat peraga sains di Pusat Peragaan IPTEK TMII serta terlibat langsung dalam proses pembuatan Kuis Indosat Galileo pada tahun 2000 hingga 2002. Dan sampai sekarang penulis aktif di Program Fisika Dunia Fantasi Jakarta.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan petunjuk-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai tugas akhir pada program studi Fisika. Penelitian ini mengambil judul “Karakterisasi Dosimeter Termoluminesensi Dengan Bahan Kristal  $\text{CaSO}_4$ ”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabat dan seluruh umatnya.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan atas bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Irmansyah, M.Si selaku Pembimbing Pertama penelitian ini.
2. Bapak Drs. Hendriyanto Haditjahyono selaku Pembimbing Kedua.
3. Segenap Dosen Jurusan Fisika IPB yang telah membuka wawasan penulis mengenai kefisikaan.
4. Segenap Staf dan Karyawan Jurusan Fisika IPB atas bantuan informasinya.
5. Ibunda (almh) dan Bapak yang tercinta, mas Edi, mba War, dan seluruh keluarga yang telah memberikan semangat dan dukungan, baik moril maupun materil.
6. Arie-ku tersayang, dan rekan-rekan mahasiswa Fisika IPB khususnya angkatan 35 (Titir, Ali, Elvan, Ida, Ratih, Leny, Taufik, Ain, Yesi, Heri, Faozan, Jan, Ucup, Eko, Ai, Sule, dll) atas dukungan, bantuan dan motivasinya.
7. Teman-temanku di Pusat Peragaan IPTEK (Femi, Putu, V-An, Apit, mba Feti, k'Setyo, mba Fitri, p'Hendra, p'Hemi, dll) dan di Fisika Dufan (p'Yo, p'Aming, mba Eka dan mba Yulia). Terima kasih atas bantuan dan pengertiannya.
8. Semua pihak yang turut berperan serta dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Bekasi, Mei 2003

Mohamad Ichsan



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	iii
<b>PENDAHULUAN</b>	
<b>Latar Belakang</b> .....	1
<b>Tujuan Penelitian</b> .....	1
<b>Hipotesa</b> .....	1
<b>Manfaat Penelitian</b> .....	1
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>Fisika Nuklir</b> .....	1
<b>Radiasi Nuklir</b> .....	1
<b>Jenis Radiasi</b> .....	1
<b>Besaran dan Satuan Dosis Radiasi</b> .....	2
<b>Paparan</b> .....	2
<b>Laju Paparan</b> .....	2
<b>Faktor Gamma</b> .....	3
<b>Dosis Serap</b> .....	3
<b>Laju Dosis Serap</b> .....	3
<b>Dosis Ekuivalen</b> .....	4
<b>Laju Dosis Ekuivalen</b> .....	4
<b>Keselamatan Kerja Dengan Radiasi</b> .....	4
<b>Deteksi dan Pengukuran Radiasi</b> .....	4
<b>Alat Ukur Proteksi Radiasi</b> .....	5
<b>Dosimeter Perorangan</b> .....	5
<b>Monitor Area</b> .....	6
<b>Monitor Kontaminasi</b> .....	6
<b>Dosimeter Termoluminesensi</b> .....	6
<b>Proses Termoluminesensi</b> .....	6
<b>Evaluasi Dosis Radiasi dengan TLD</b> .....	7
<b>Alat Baca TLD</b> .....	8
<b>Elemen Pemanas</b> .....	9
<b>Statistika Pencacahan</b> .....	9
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	10
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>Laju Dosis</b> .....	11
<b>Dosis</b> .....	12
<b>Suhu</b> .....	13
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	15
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	15
<b>LAMPIRAN</b> .....	16



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Faktor Gamma .....	3
Tabel 4.1. Data Parameter Laju Dosis, Jarak, Deviasi dan Faktor Pengali .....	11
Tabel 4.2. Data Parameter Dosis, Waktu, Deviasi dan Faktor Pengali .....	13
Tabel 4.3. Data Parameter Dosis Pengukuran, Suhu dan Deviasi .....	14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Termoluminesensi .....	6
Gambar 2.2. Diagram Pembacaan TLD .....	8
Gambar 2.3. Tabung Photomultiplier .....	9
Gambar 2.4. TLD Reader UD-512A .....	9
Gambar 2.5. Annealing Oven UD-606A .....	9
Gambar 3.1. Sketsa Percobaan .....	10
Gambar 4.1. Grafik Laju Dosis Pengukuran dan Perhitungan dengan Jarak .....	12
Gambar 4.2. Grafik Laju Dosis Pengukuran dengan Laju Dosis Perhitungan .....	12
Gambar 4.3. Grafik Laju Dosis Pengukuran dengan Faktor Pengali .....	12
Gambar 4.4. Grafik Dosis Pengukuran dan Perhitungan dengan Waktu .....	13
Gambar 4.5. Grafik Dosis Pengukuran dan Dosis Perhitungan .....	13
Gambar 4.6. Grafik Dosis Pengukuran dengan Faktor Pengali .....	13
Gambar 4.7. Grafik Dosis Pengukuran dengan Suhu .....	14
Gambar 4.8. Grafik Standar Deviasi Pengukuran dengan Suhu .....	14

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Chi Square .....	17
Lampiran 2. Tabel Chauvenet .....	18
Lampiran 3. Data Pengukuran Dosis Terhadap Jarak .....	19
A. Data Pengukuran Dosis .....	19
B. Data Test Chisquare dan Chauvenet .....	24
C. Data Pengukuran Laju Dosis .....	27
D. Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan .....	27
Lampiran 4. Data Pengukuran Dosis Terhadap Waktu .....	29
A. Data Pengukuran Dosis .....	29
B. Data Test Chisquare dan Chauvenet .....	35
C. Data Pengukuran Dosis .....	39
D. Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan .....	40
Lampiran 5. Data Pengukuran Dosis Terhadap Temperatur .....	41
A. Data Pengukuran Dosis .....	41
B. Data Test Chisquare dan Chauvenet .....	46
C. Data Pengukuran Dosis .....	49
D. Data Hasil Pengukuran .....	49



## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sejak tabung sinar-X diciptakan pada tahun 1895 dan zat radioaktif alam ditemukan pada tahun 1896, manusia telah memanfaatkan radiasi dengan berbagai cara. Berbeda dengan bentuk energi yang lain seperti energi listrik, panas, bunyi, maupun mekanik, energi nuklir tidak dapat dirasakan secara langsung oleh panca indera manusia. Sehingga untuk mendeteksi ada atau tidak adanya radiasi diperlukan suatu alat bantu.

Sistem pengukur radiasi merupakan suatu susunan peralatan yang digunakan untuk mendeteksi dan menentukan kuantitas maupun kualitas radiasi nuklir. Penggunaan sistem pengukur radiasi ini dapat dibedakan untuk keperluan proteksi radiasi, aplikasi dan penelitian. Di bidang proteksi radiasi, sistem pengukur ini mutlak diperlukan baik untuk keselamatan setiap pekerja maupun lingkungannya. Setelah keselamatan terhadap radiasi terjamin maka banyak aplikasi teknik nuklir yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan sistem pengukur radiasi ini.

Kebutuhan khusus yang timbul pada masalah proteksi radiasi adalah kemampuan peralatan untuk mengukur dampak/efek radiasi terhadap jasad hidup. Untuk itu diperlukan peralatan yang dapat menunjukkan jumlah energi radiasi yang dialihkan (transfer) ke lingkungan misalnya tubuh manusia.

Metode pengukuran radiasi dengan memanfaatkan fenomena termoluminesensi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1953. Pada saat itu belum sepenuhnya diketahui bahwa metode termoluminesensi dapat dikembangkan untuk tujuan pemantauan dosis perorangan.

Tinggi rendahnya tanggapan TLD terhadap radiasi bergantung pada besar kecilnya dosis radiasi yang diterima TLD tersebut. Semakin besar dosis radiasi yang diterima, semakin tinggi bacaan intensitas TL yang dihasilkannya. Namun kenaikan dalam penerimaan dosis belum tentu diikuti dengan kenaikan hasil bacaan intensitas TL secara linear untuk setiap nilai dosis. Adakalanya dosimeter hanya memiliki daerah linear pada rentang nilai dosis tertentu.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang dapat memberikan

gambaran hubungan antara nilai dosis dan intensitas TL pada dosis rendah hingga tinggi.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Dosimeter Termoluminesensi terhadap berbagai variabel, diantaranya energi, laju dosis, suhu sehingga diperoleh data yang berguna sebagai standar/pedoman batas aman untuk menggunakan Dosimeter Termoluminesensi.

### Hipotesis

Dosimeter Termoluminesensi menunjukkan suatu nilai yang setara dengan dosis yang mengenainya. Nilai tersebut independen terhadap :

- besarnya dosis
- laju dosis
- suhu/temperatur

### Manfaat Penelitian

Secara umum penelitian ini akan bermanfaat untuk meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan radiasi.

Dan secara khusus penelitian ini sangat bermanfaat untuk mengetahui apakah evaluasi dosis dengan TLD dapat dilakukan dengan satu nilai faktor kalibrasi yang berlaku untuk semua nilai dosis, atau faktor kalibrasi tersebut hanya berlaku untuk kondisi tertentu saja.

## TINJAUAN PUSTAKA

### FISIKA NUKLIR

#### Radiasi Nuklir

Radiasi pada dasarnya adalah suatu cara perambatan energi ke lingkungannya. Hal ini dapat terjadi dimana-mana seperti perambatan panas, perambatan cahaya, perambatan gelombang radio dan sebagainya.

#### Jenis Radiasi

##### Radiasi Alpha ( $\alpha$ )

Beberapa sifat khusus dari radiasi alpha :

- Radiasi  $\alpha$  berupa inti atom helium dan bermuatan listrik positif sebesar dua kali muatan elektron.
- Daya ionisasi radiasi  $\alpha$  sangat besar, kurang lebih 100 kali daya ionisasi radiasi  $\beta$  dan 10.000 kali radiasi  $\gamma$ .
- Oleh karena daya ionisasi radiasi  $\alpha$  sangat besar maka jarak jangkanya di udara berkisar antara 3,4 hingga 8,6 cm bergantung pada energi sinar  $\alpha$ .
- Karena bermuatan listrik maka berkas radiasi  $\alpha$  akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.
- Radiasi  $\alpha$  dipancarkan dari nuklida radioaktif dengan kecepatan yang bervariasi antara 1/100 hingga 1/10 kecepatan cahaya.

### Radiasi Beta ( $\beta$ )

Beberapa sifat radiasi beta adalah :

- Dapat dibedakan dua macam sinar- $\beta$ , yaitu  $\beta^-$  yang terdiri dari elektron dan  $\beta^+$  yang terdiri dari positron.
- Daya ionisasinya di udara 1/100 kali daya ionisasi radiasi alpha.
- Kecepatan partikel  $\beta$  yang dipancarkan oleh berbagai nuklida radioaktif terletak antara 1/100 hingga 99/100 kecepatan cahaya.
- Karena sangat ringan, maka partikel  $\beta$  mudah sekali dihamburkan jika melewati medium.
- Radiasi  $\beta$  akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.

### Radiasi Gamma ( $\gamma$ )

Radiasi gamma memiliki sifat-sifat :

- Radiasi  $\gamma$  adalah radiasi elektromagnetik terdiri dari foton yang energinya besar. Radiasi  $\gamma$  dipancarkan dari nuklida tereksitasi dengan panjang gelombang antara 0,005 Å hingga 0,5 Å.
- Daya ionisasinya di dalam medium sangat kecil sehingga daya tembusnya sangat besar dibandingkan dengan daya tembus radiasi  $\alpha$  atau  $\beta$ .
- Kemampuannya untuk menghasilkan fluoresensi dan menghitamkan pelat potret lebih besar dibandingkan dengan radiasi  $\alpha$  atau  $\beta$ .

### Aktivitas dan Satuan Aktivitas

Aktivitas radiasi adalah besaran yang menyatakan jumlah peluruhan yang terjadi per satuan waktu (biasanya dalam detik). Secara simbolik aktivitas radiasi biasa dinyatakan dalam  $A$  dan secara matematik dapat dituliskan :

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

Persamaan ini menyatakan bahwa aktivitas radiasi berkurang secara eksponensial terhadap waktu. Sejak tahun 1976 dalam sistem Satuan Internasional (SI) aktivitas radiasi dinyatakan dalam satuan Becquerel (Bq) yang didefinisikan sebagai :

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ peluruhan per detik}$$

sebelum itu digunakan satuan Curie (Ci) untuk menyatakan aktivitas radiasi yang didefinisikan sebagai : 1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  peluruhan per detik

### BESARAN DAN SATUAN DOSIS RADIASI

Berdasarkan interaksi yang terjadi antara radiasi dengan materi yang dikenai, maka dapat didefinisikan berbagai besaran dan satuan radiasi. Besaran kuantitatif ini dinamakan **dosis**, yang ternyata sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis radiasi dan bahan yang dikenainya.

#### Paparan

Besaran radiasi yang untuk pertama kali diperkenalkan adalah paparan dengan simbol  $X$  yang didefinisikan sebagai kemampuan radiasi sinar- $X$  atau gamma untuk menimbulkan ionisasi di udara dalam volume tertentu.

Dalam sistem Satuan Internasional (SI), satuan paparan adalah coulomb/kilogram (C/kg). Pengertian 1 C/kg adalah besar paparan yang dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik sebesar satu coulomb pada suatu elemen volume udara yang mempunyai massa 1 kg. Satuan lama adalah *roentgen* atau  $R$ . Pengertian 1  $R$  adalah besar paparan yang dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik sebesar 1 esu (electro-static-unit) pada 1 cm<sup>3</sup> volume udara pada kondisi temperatur dan tekanan normal. Hubungan antara roentgen dan C/kg adalah :  $1R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ .

#### Laju Paparan

Laju paparan didefinisikan sebagai paparan per satuan waktu, dan diberi simbol  $\dot{X}$ . Satuan laju paparan dalam SI adalah C/kg.jam dan



satuan lama adalah R/jam. Secara matematis laju paparan dapat dituliskan sebagai :

$$\dot{X} = dX/dt \dots\dots\dots [1]$$

Hubungan laju paparan dengan aktivitas adalah :

$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{r^2} \dots\dots\dots [2]$$

- dengan :  $\dot{X}$  = laju paparan (R/jam)
- $\Gamma$  = faktor gamma (R.m<sup>2</sup>/Ci.jam)
- A = aktivitas (Ci)
- r = jarak (m)

**Faktor Gamma**

Faktor gamma adalah laju paparan pada jarak 1 meter dari sumber radiasi gamma berbentuk titik dengan aktivitas sebesar 1 curie atau 37 GBq. Nilai faktor gamma bergantung kepada energi masing-masing sumber radiasi dan koefisien serap massa udara.

Untuk sumber radiasi dengan energi (E) antara 60 keV sampai dengan 2 MeV dan koefisien serap linier bervariasi kecil sekali terhadap energi, maka faktor gamma dapat ditentukan dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\Gamma = 0,53 \sum f_i E_i \quad (R.m^2/Ci.jam)$$

dengan :  $f_i$  = fraksi/persentase radiasi gamma terhadap jumlah radiasi yang dipancarkan.

$E_i$  = energi radiasi gamma.

Nilai dan satuan faktor gamma bervariasi, bergantung kepada paparan atau besaran dosis yang akan digunakan.

Tabel 2.1. Faktor Gamma

Radioisotop	Energi (MeV)	$\Gamma$ (R.m <sup>2</sup> /Ci.jam)	$\Gamma_k$ (R.m <sup>2</sup> /Ci.jam)	$\Gamma_{rad}$ (R.m <sup>2</sup> /Ci.jam)
Na-22	1,275	1,190	0,280	0,327
	2,754			
Na-24	1,269	1,820	0,431	0,486
	2,754			
Co-60	1,173	1,200	0,306	0,347
	1,333			
I-131	0,364	0,220	0,051	0,065
Cs-137	0,662	0,340	0,077	0,091
K-192	0,217	0,480	0,109	0,138
	0,468			
Au-198	0,416	0,240	0,0545	0,068

**Dosis Serap**

Apabila radiasi mengenai bahan, maka akan terjadi penyerapan energi oleh bahan tersebut melalui berbagai macam proses/interaksi. Dosis serap dengan simbol  $D$  didefinisikan sebagai energi rata-rata yang diserap bahan per satuan massa bahan tersebut. Secara matematis dosis serap dituliskan sebagai berikut :

$$D = dE / dm \text{ (Joule/kg) atau (Gy)} \dots\dots [3]$$

dengan  $dE$  adalah energi yang diserap oleh bahan yang mempunyai massa  $dm$ . *Pengertian 1 gray adalah energi rata-rata sebesar 1 joule yang diserap bahan dengan massa 1 kg. Sedangkan satuan lama adalah rad. Pengertian 1 rad adalah energi rata-rata sebesar 100 erg yang diserap bahan dengan massa 1 gram.*

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

$$1 \text{ gray (Gy)} = 100 \text{ rad}$$

**Laju Dosis Serap**

Definisi laju dosis serap adalah dosis serap per satuan waktu, dan diberi simbol  $\dot{D}$ . Satuan laju dosis serap dalam SI adalah joule/kg.jam atau gray/jam dan dalam satuan lama adalah rad/jam. Secara matematis laju dosis serap dituliskan :

$$\dot{D} = dD / dt \dots\dots\dots [4]$$

Hubungan laju dosis serap dengan laju paparan adalah :

$$\dot{D} = f \cdot \dot{X} \dots\dots\dots [5]$$

Dengan  $\dot{X}$  = laju paparan

$\dot{D}$  = laju dosis serap

$f$  = faktor konversi dari laju paparan ke laju dosis serap.

Jika medium yang digunakan udara, maka  $f = 0,877 \text{ rad/R}$

Jika medium yang digunakan bukan udara :

$$f = 0,877 \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_m}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_u} \dots\dots [6]$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dengan  $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_m$  adalah koefisien serapan massa

medium.  $\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_u$  adalah koefisien serapan massa medium udara.

### Dosis Ekuivalen

Pengaruh interaksi yang terjadi disepanjang lintasan radiasi di dalam jaringan tubuh yang terkena radiasi terutama berasal dari suatu proses yang disebut alih energi linier. Dalam hal ini yang paling berperan peristiwa ionisasi yang terjadi sepanjang lintasan radiasi di dalam materi yang dilalui. Dengan demikian, jenis radiasi yang memiliki daya ionisasi besar akan mengakibatkan kerusakan biologi yang besar pula. Besaran yang merupakan kuantisasi dari sifat tersebut dinamakan faktor bobot radiasi  $W$ . Secara matematis dosis ekuivalen dituliskan sebagai berikut :

$H = \Sigma (D \cdot W)$ , dengan  $D$  adalah dosis serap. Satuan dosis ekuivalen dalam SI adalah sievert (Sv) dan satuan lama adalah rem.

$$1 \text{ sievert} = 100 \text{ rem}$$

### Laju Dosis Ekuivalen

Laju dosis ekuivalen adalah dosis ekuivalen per satuan waktu, dan diberi simbol  $\overset{0}{H}$ . Satuan laju dosis ekuivalen dalam SI adalah sievert/jam (Sv/jam) dan satuan lama adalah rem/jam. Secara matematis laju dosis ekuivalen dapat dituliskan :

$$\overset{0}{H} = dH / dt \dots \dots \dots [7]$$

Hubungan antara laju dosis ekuivalen dengan aktivitas dapat ditentukan dengan :

$$\overset{0}{H} = \frac{A \cdot E}{6 \cdot r^2} (\mu\text{Sv/jam}) \dots \dots [8]$$

dengan :  $A$  = aktivitas (MBq)

$r$  = jarak

$E$  = energi (MeV)

## KESELAMATAN KERJA DENGAN RADIASI

Radiasi sebagai partikel ataupun sebagai radiasi elektromagnetik tetap memiliki energi

kinetik. Kerusakan yang ditimbulkan terhadap organisme bergantung dan berhubungan erat dengan jumlah energi kinetiknya. Waktu paruh dari suatu unsur radioaktif tak dapat mengukur secara langsung bahaya radiasi. Tetapi kombinasi dari waktu paruh yang singkat dan emisi energi yang tinggi akan menghasilkan bahaya yang semakin meningkat.

Efek radiasi pada organisme digolongkan menjadi dua jenis :

- Efek Stokastik  
Efek stokastik yaitu efek yang tidak dapat diprediksi dan tidak ada dosis minimum. Contoh : kanker, kerusakan keturunan.
- Efek Non-Stokastik  
Efek non-stokastik yaitu efek yang dapat diprediksi dan ada dosis minimum. Contoh : kerusakan lensa mata, kerusakan pembuluh darah, kerusakan fertilitas.

Ada batasan-batasan dosis tahunan yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk perlindungan/proteksi terhadap dua jenis bahaya radiasi tersebut. Batas dosis untuk masyarakat umum adalah 1/10 dari pekerja radiasi. Dalam banyak hal, seringkali isotop-isotop dikelompokkan dan ditempatkan di tempat yang berbeda bergantung pada tingkat bahayanya.

Batas dosis tahunan untuk seorang pekerja radiasi adalah 50 millisievert. Dan batas dosis tahunan untuk masyarakat umum adalah 5 millisievert.

Bahaya radiasi dapat dikurangi dengan tiga kontrol pengukuran :

- Jarak  
Dosis akan menurun secara kuadrat terbalik terhadap jarak sumber radiasi.
- Waktu  
Aktivitas akan menurun terhadap waktu bergantung pada waktu paruhnya. Semakin singkat waktu paruh unsur radioaktif akan semakin tidak berbahaya.
- Shielding/Penghalang  
Penghalang seperti kaca, logam dapat mengurangi daya tembus radiasi.

## DETEKSI DAN PENGUKURAN RADIASI

Radiasi nuklir tidak dapat dilihat dan dideteksi panca indera manusia. Oleh karena itu untuk mengetahui adanya kualitas dan kuantitas radiasi digunakan alat ukur radiasi.

## Alat Ukur Proteksi Radiasi

Secara umum alat ukur proteksi radiasi terdiri dari :

- Dosimeter perorangan
- Monitor area
- Monitor kontaminasi

### Dosimeter Perorangan

Dosimeter perorangan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

#### o *Dosimeter Saku*

Dosimeter ini merupakan detektor kamar ionisasi sehingga prinsip kerjanya sama dengan detektor isian gas akan tetapi tidak menghasilkan tanggapan secara langsung karena muatan yang terkumpul pada proses ionisasi akan disimpan seperti halnya suatu kapasitor.

Keuntungan dosimeter saku ini adalah dapat dibaca secara langsung dan tidak membutuhkan peralatan tambahan untuk membacanya. Peralatan lain yang dibutuhkan adalah charger untuk me-reset (membuat nol). Kelemahannya, dosimeter ini tidak dapat menyimpan informasi dosis yang telah mengenainya dalam waktu yang lama (sifat akumulasi kurang baik). Hal ini disebabkan oleh adanya kebocoran elektrostatik pada detektor. Jadi, meskipun tidak sedang dikenai radiasi nilai yang ditunjukkan akan berubah. Selain itu dosimeter ini kurang teliti dan mempunyai rentang energi pengukuran tertentu yang relatif lebih sempit dibandingkan dengan film badge dan TLD.

Pada saat ini sudah dibuat dan dipasarkan dosimeter saku yang diintegrasikan dengan komponen elektronika maju sehingga skala pembacaannya tidak lagi dengan melihat pergeseran jarum (secara mekanik) melainkan dengan melihat display digital yang dapat langsung menampilkan angka hasil pengukurannya. Dosimeter saku digital ini tidak membutuhkan peralatan charger terpisah karena sudah built-in di dalamnya. Setiap kali diaktifkan, secara otomatis dosimeter ini menampilkan angka nol.

#### o *Film Badge*

Film badge terdiri atas dua bagian yaitu detektor film dan holder. Detektor film dapat menyimpan dosis radiasi yang telah mengenainya secara akumulasi selama film belum diproses. Semakin banyak dosis radiasi yang telah mengenainya maka tingkat kehitaman film akan semakin pekat. Holder film selain berfungsi sebagai tempat film juga berfungsi sebagai penyaring (filter) energi radiasi. Dengan adanya beberapa jenis filter pada holder, maka dosimeter film badge ini dapat membedakan jenis dan energi radiasi yang telah mengenainya.

Dalam penggunaan film badge, perlu diperhatikan dua hal yaitu batas saturasi tingkat kehitaman film dan masalah fading. Setelah mencapai nilai saturasinya, penambahan dosis radiasi tidak mempengaruhi tingkat kehitaman film. Sedangkan masalah fading adalah peristiwa perubahan tingkat kehitaman film karena pengaruh temperatur dan kelembaban yang relatif sangat tinggi.

Dosimeter film badge ini mempunyai sifat akumulasi yang lebih baik daripada dosimeter saku. Keuntungan lainnya film badge dapat membedakan jenis radiasi yang mengenainya dan mempunyai rentang energi pengukuran yang lebih besar daripada dosimeter saku. Selain itu, film yang telah diproses dapat digunakan untuk perhitungan yang lebih teliti serta dapat didokumentasikan. Kelemahannya, untuk mengetahui dosis yang telah mengenainya harus diproses secara khusus dan membutuhkan peralatan tambahan untuk membaca tingkat kehitaman film, yaitu densitometer.

#### o *Dosimeter Termoluminisensi (TLD)*

Dosimeter ini sangat menyerupai dosimeter film badge, hanya detektor yang digunakan ini adalah kristal anorganik termoluminesensi, misalnya bahan LiF. Proses yang terjadi pada bahan ini bila dikenai radiasi adalah proses termoluminesensi. Senyawa lain yang sering digunakan untuk TLD adalah  $\text{CaSO}_4$ .

Sebagaimana film badge, dosimeter ini digunakan selama jangka waktu tertentu, misalnya satu bulan, baru kemudian diproses untuk mengetahui jumlah dosis radiasi yang telah diterimanya. Pemrosesan dilakukan dengan memancarkan kristal TLD sampai temperatur tertentu, kemudian mendeteksi percikan-percikan cahaya yang dipancarkannya.



Alat yang digunakan untuk memproses dosimeter ini adalah TLD reader.

Keunggulan TLD dibandingkan dengan film badge adalah terletak pada ketelitiannya. Selain itu, ukuran kristal TLD relatif lebih kecil dan setelah diproses kristal TLD tersebut dapat digunakan lagi.

### Monitor Area

Monitor area dapat memberikan informasi dosis radiasi pada suatu area pada suatu saat. Monitor area dapat dibedakan menjadi monitor area yang bersifat portable dan yang bersifat stationary. Monitor area yang bersifat portable yang disebut sebagai surveimeter, digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di tempat kerja. Sedangkan monitor area yang bersifat menetap digunakan untuk mengukur tingkat dosis radiasi suatu lokasi tertentu secara terus menerus.

### Monitor Kontaminasi

Monitor kontaminasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu monitor kontaminasi permukaan, monitor kontaminasi perorangan, dan monitor kontaminasi udara. Monitor kontaminasi permukaan digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi segala permukaan, misalnya meja kerja, lantai, alat ukur ataupun baju kerja. Sedangkan monitor kontaminasi perorangan digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi pada bagian-bagian tubuh dari pekerja radiasi. Dan monitor kontaminasi udara digunakan untuk mengukur tingkat radioaktivitas udara di sekeliling instalasi nuklir yang mempunyai potensi untuk melepaskan zat radioaktif ke udara.

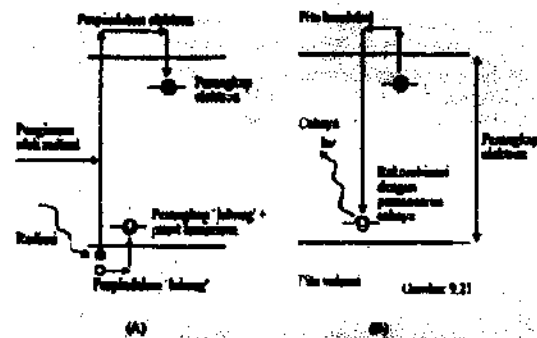
## DOSIMETER TERMOLUMINESENSI

Dosimeter perorangan (personal dosimetry) zat padat dibuat dari bahan yang dapat menghasilkan efek tertentu ketika terkena paparan radiasi pengion. Efek tersebut antara lain konduktivitas listrik, fluoresensi dan termoluminesensi. Ada berbagai jenis dosimeter perorangan zat padat yang saat ini banyak digunakan untuk keperluan rutin pemantauan dosis perorangan pekerja radiasi. TLD merupakan alat pemantau dosis perorangan yang saat ini digunakan secara luas.

Keuntungan dalam penggunaan TLD ini adalah mudah dalam pengoperasian, mampu memantau radiasi dengan rentang dosis dari rendah hingga tinggi, dapat dipakai ulang dan tidak peka terhadap faktor-faktor lingkungan. Namun demikian, TLD juga mempunyai kelemahan karena data dosis langsung hilang/berkurang setelah proses pembacaan, sehingga tidak bisa dilakukan pembacaan ulang apabila ditemukan hal-hal yang meragukan.

### Proses Termoluminesensi

Peristiwa penyerapan energi yang diikuti dengan pancaran cahaya disebut *luminesensi*. Ada dua peristiwa luminesensi, yaitu *fluorisensi* dan *fosforisensi*. Fluorisensi adalah pancaran cahaya spontan, di mana pancaran ini akan berakhir jika proses eksitasi yang terjadi pada bahan berakhir. Sedang pada peristiwa fosforisensi pancaran cahayanya berakhir beberapa saat setelah proses eksitasi pada bahan berakhir. Adakalanya proses fosforisensi ini baru terjadi jika suatu bahan mendapatkan energi panas dari luar. Peristiwa luminesensi dengan bantuan energi panas dari luar ini disebut *termoluminesensi*. Proses termoluminesensi didefinisikan sebagai pancaran cahaya dari suatu benda padat sebagai akibat proses eksitasi yang disebabkan oleh radiasi pengion.



Gambar 2.1. Proses Termoluminesensi

Sebagaimana diketahui bahwa beberapa materi mempunyai kesanggupan untuk menyimpan energi dari radiasi pengion yang diterimanya. Jika materi tersebut mendapat rangsangan berupa energi panas yang cukup maka akan dipancarkan cahaya tampak dengan intensitas sebanding dengan energi total yang sebelumnya diserap oleh materi tersebut. Materi yang mempunyai sifat demikian disebut *fosfor*.

Di antara fosfor-fosfor tersebut adalah LiF, NaCl, CaF<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, CaSO<sub>4</sub>, dan sebagainya.

Prinsip kerja dosimeter jenis termoluminesensi (TL) lebih mudah dijelaskan melalui model pita energi. Model ini memperlihatkan keadaan energi yang diperbolehkan atau yang tidak diperbolehkan untuk diisi oleh elektron. Kulit terluar atom biasa disebut pita valensi. Di antara pita valensi tingkat tertinggi dengan pita konduksi tingkat terbawah terdapat celah pita yang tidak diijinkan untuk diisi oleh elektron. Pada isolator, lebar celah ini lebih besar daripada 1 eV sehingga pada suhu ruangan tidak memungkinkan terjadi perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Gambar 2.1 menunjukkan keadaan model pita energi; pada gambar 2.1A diperlihatkan keadaan ketika bahan TL memperoleh penyinaran radiasi pengion. Dalam keadaan normal tidak terdapat elektron dalam pita konduksi. Pada waktu penyinaran, elektron dalam pita valensi, karena mendapat tambahan energi dari radiasi pengion, naik ke tingkat energi yang lebih tinggi, ke pita konduksi. Ketika berada dalam pita konduksi elektron tidak lagi terikat pada atomnya, namun ia mempunyai peluang untuk tertangkap dalam perangkap elektron yang berada dalam celah pita. Elektron yang terperangkap dalam perangkap elektron akan tetap berada di situ selama tidak ada energi yang lebih tinggi. Misalnya jika suhu ruangan tidak terlalu tinggi, atau energi yang setara dengan suhu itu tidak cukup untuk membebaskan elektron dari perangkap, elektron akan tetap berada dalam perangkap elektron. Kemampuan perangkap untuk tetap menahan elektron pada suhu ruangan sangat menentukan kestabilan dosimeter. Ketidakmampuan perangkap untuk tetap menahan elektron pada suhu ruangan disebut *bocor perangkap*. Bocor perangkap makin besar jika suhu ruangan makin tinggi. Pada gambar 2.1B diperlihatkan diagram tingkat energi pada keadaan pembacaan dosimeter. Ketika kita ingin membaca, dosimeter dipanaskan dalam alat baca termoluminesen. Sebagai akibat penambahan energi panas, elektron dalam perangkap tereksitasi naik ke tingkat energi yang lebih tinggi, misalnya sampai ke pita konduksi. Sebagian elektron dalam pita konduksi mempunyai peluang untuk terperangkap kembali, namun sebagian akan turun ke tingkat energi yang lebih rendah, misalnya bergabung dengan pusat luminesen,

sehingga terjadi pemancaran foton cahaya tampak. Cahaya tampak ini ditangkap oleh tabung pengganda elektron, yang akhirnya menghasilkan keluaran dalam bentuk jumlah muatan listrik.

Proses pemantauan dosis perorangan dengan TLD dilakukan dengan cara membaca jumlah energi radiasi yang tersimpan di dalam dosimeter tersebut. Energi radiasi yang diserap fosfor dapat dikeluarkan dalam bentuk cahaya tampak dengan intensitas sebanding dengan jumlah energi radiasi yang diterima fosfor sebelumnya. Karena keluarnya cahaya tampak tersebut sebagai akibat pemanasan fosfor dari luar, maka sistem instrumen pembaca TLD dirancang agar mampu memberikan pemanasan pada fosfor dan mendeteksi cahaya tampak yang dipancarkannya.

### Evaluasi Dosis Radiasi dengan TLD

Untuk mendapatkan hasil evaluasi yang tepat, perlu memperhatikan berbagai faktor koreksi yang terkait dalam proses evaluasi tersebut. Ada berbagai faktor koreksi yang perlu diperhatikan dalam evaluasi dosis perorangan dengan TLD. Secara garis besar faktor koreksi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- Faktor koreksi dari TLD itu sendiri, misal : variasi kepekaan TLD terhadap radiasi, kebergantungan tanggapan TLD terhadap energi radiasi, hilangnya tanggapan karena pemudaran, kepekaan TLD terhadap sinar ultraviolet dan linearitas antara dosis radiasi dengan tanggapan.
- Faktor koreksi dari sistem alat baca, misal : sistem pemanas, efisiensi pengumpulan cahaya TL, rangkaian penguat pada sistem elektronik.
- Faktor-faktor luar, misal : radiasi latar, faktor geometri, sistem annealing (pembersihan TLD), cara penyinaran dan lain-lain.

Meskipun TLD tidak peka terhadap faktor-faktor lingkungan, namun radiasi latar dari sumber-sumber radiasi alamiah dapat memberikan kontribusi terhadap total bacaan tanggapan TLD terhadap radiasi yang diterimanya. Faktor koreksi dari radiasi latar merupakan faktor koreksi yang paling sederhana. Koreksi ini dapat dilakukan secara langsung dengan mengurangi bacaan



intensitas TL total TLD terhadap bacaan intensitas TL latar.

$$R_b = R_t - R_l \dots\dots\dots [9]$$

$R_b$  = intensitas TL bersih

$R_t$  = intensitas TL total

$R_l$  = intensitas TL latar

Pemudaran pada TLD dapat terjadi karena adanya perangkat-perangkat dalam kristal TLD yang tidak stabil secara termik sehingga akan melepaskan tangkapan elektronnya pada suhu lingkungan. Jika jangka waktu antara penyinaran dan pembacaan TLD relatif lama, maka akan banyak elektron-elektron dalam perangkat meta-stabil yang terlepas dari perangkat. Peristiwa ini disebut pemudaran. Pemudaran akan mengakibatkan terjadinya pengurangan hasil bacaan tanggapan TLD terhadap radiasi sehingga hasil evaluasi dosis yang dilaporkan lebih rendah dibandingkan dengan dosis sebenarnya yang diterima TLD.

Untuk menghindari kesalahan hasil evaluasi dosis akibat pemudaran, maka perlu dilakukan koreksi terhadap adanya pemudaran pada TLD. Jika tingkat pemudaran persatuan waktu adalah  $f$  (dinyatakan dalam persen), dan bacaan bersih intensitas TL pada TLD adalah  $R_b$ , maka intensitas TL sebenarnya,  $R_s$  adalah :

$$R_s = \left[ \frac{R_b}{100 - f} \right] \times 100 \dots\dots [10]$$

Variasi kepekaan TLD terhadap radiasi merupakan hal yang tidak dapat dihindari, meskipun TLD-TLD tersebut memiliki spesifikasi bentuk dan ukuran yang sama, dibuat dari bahan yang sama oleh pabrik dengan teknik dan waktu yang sama pula. Variasi kepekaan ini akan bertambah besar sejalan dengan waktu pemakaian TLD karena berkurangnya jumlah fosfor dan berubahnya sifat optik bahan TLD. Dalam evaluasi dosis, variasi kepekaan ini merupakan salah satu sumber penyebab terjadinya kesalahan dalam interpretasi dosis. Tinggi rendahnya kesalahan bergantung pada tinggi rendahnya variasi kepekaan tersebut.

Ada beberapa teknik yang lazim dipakai untuk memperkecil kesalahan akibat variasi kepekaan pada TLD, di antaranya adalah teknik pengelompokan, yaitu TLD-TLD yang memiliki kepekaan relatif sama dikelompokkan menjadi satu, sehingga simpangan variasi kepekaannya tidak lebih dari tiga persen. Teknik lain adalah memperlakukan TLD-TLD tersebut secara

individu, yaitu setiap TLD dikalibrasi secara individu. Dengan demikian setiap TLD memiliki faktor kalibrasi sendiri-sendiri. Di samping itu, perlu juga dilakukan pengecekan rutin kepekaan TLD setelah selang waktu pemakaian tertentu, paling tidak setiap 10 kali putaran pemakaian.

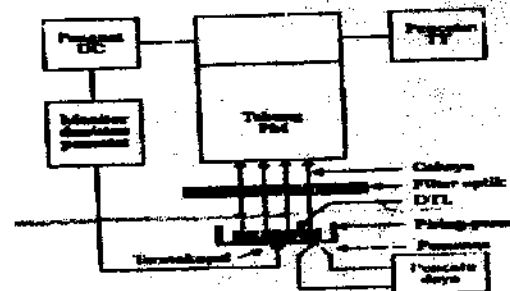
Tinggi rendahnya tanggapan TLD terhadap radiasi bergantung pada besar kecilnya dosis radiasi yang diterima TLD tersebut. Semakin besar dosis radiasi yang diterima, semakin tinggi bacaan intensitas TL yang dihasilkannya. Namun kenaikan dalam penerimaan dosis belum tentu diikuti dengan kenaikan hasil bacaan intensitas TL secara linear untuk setiap nilai dosis. Adakalanya dosimeter hanya memiliki daerah linear pada rentang nilai dosis tertentu.

### Alat Baca TLD

Dosimeter termoluminesensi dapat dikatakan masih tergolong jenis detektor sintilasi, yaitu detektor yang memanfaatkan proses eksitasi elektron sehingga menghasilkan percikan-percikan cahaya. Untuk membacanya maka diperlukan suatu alat baca TL yang diagramnya diperlihatkan seperti gambar 2.2.

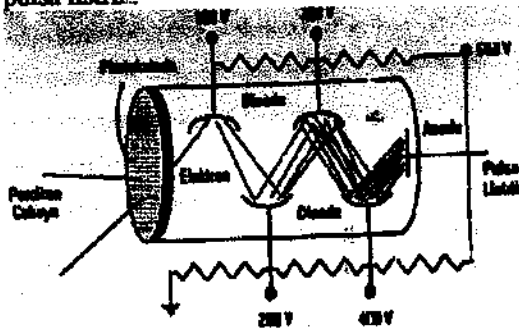
Percikan-percikan cahaya yang dihasilkan oleh pemanasan kemudian ditangkap oleh photomultiplier. Photomultiplier berfungsi untuk mengkonversikan percikan cahaya menjadi berkas elektron sehingga dapat diolah lebih lanjut sebagai pulsa / arus listrik.

Tabung photomultiplier terbuat dari tabung hampa yang kedap cahaya dengan photokatoda yang berfungsi sebagai masukan pada salah satu ujungnya. Photokatoda ini akan memancarkan elektron bila dikenai cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai. Elektron yang dihasilkannya akan diarahkan, dengan perbedaan potensial, menuju dinode pertama. Dinode tersebut akan memancarkan beberapa elektron sekunder bila dikenai oleh elektron.



Gambar 2.2 Diagram Pembacaan TLD

Elektron-elektron sekunder yang dihasilkan oleh dinode pertama akan menuju dinode kedua dan dilipatgandakan kemudian ke dinode ketiga dan seterusnya sehingga elektron yang terkumpul pada dinode terakhir berjumlah sangat banyak. Dengan sebuah kapasitor kumpulan elektron tersebut akan diubah menjadi pulsa listrik.

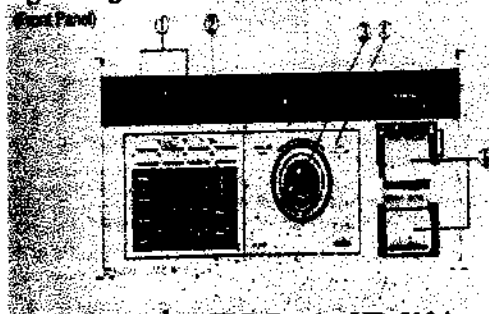


Gambar 2.3. Tabung Photomultiplier

Alat baca TLD yang digunakan pada penelitian ini adalah TLD Reader UD-512A. TLD Reader ini memiliki multifungsi, yaitu selain dapat digunakan untuk perorangan, juga dapat digunakan untuk keperluan medis, dan lingkungan.

Prinsip yang digunakan adalah ketika elemen termoluminesensi dipanaskan, energi radioaktif yang terkumpul di dalam akan dipancarkan dalam bentuk cahaya. Dengan mendeteksi intensitas cahaya ini, maka besarnya dosis dapat diukur.

Bagian-bagian dari TLD Reader UD-512A :



Gambar 2.4. TLD Reader UD-512A

1. Display angka, 8 digit. Dimana tiga digit pertama menunjukkan urutan TLD yang telah dibaca, sedangkan tiga digit terakhir menunjukkan nilai dosis.
2. Display Satuan.

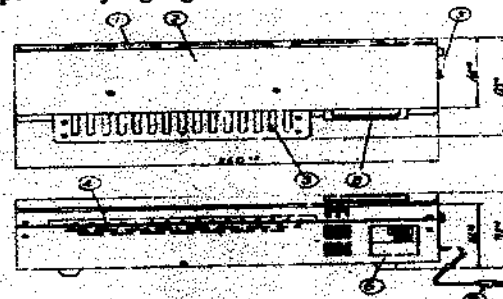
Satuan dari nilai dosis yang terukur akan ditampilkan secara otomatis sesuai dengan hasil bacaan.

3. Slider / Tuas. Berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan TLD. Digerakkan secara manual.
4. Indikator Kalibrasi. Lampu indikator akan menyala pada proses kalibrasi. Untuk mengkalibrasi, tuas harus diputar  $90^\circ$  ke kanan.
5. Sistem Pengoperasian.
6. Printer.
7. Buzzer sebagai indikator ketika terjadi kesalahan dalam pengoperasian. Buzzer terletak di dalam TLD Reader.

#### Elemen Pemanas

Sebelum TLD digunakan dalam pengukuran, terlebih dahulu dilakukan reset untuk menghilangkan/mereduksi sisa dosis yang ada pada TLD. Untuk keperluan tersebut maka digunakan elemen pemanas.

Berikut adalah bagian-bagian dari elemen pemanas yang digunakan :



Gambar 2.5. Annealing Oven UD-606A

1. Bagian pemanas.
2. Penutup bagian atas.
3. Tempat meletakkan TLD.
4. Pembatas TLD.
5. Tombol Power.
6. Pengontrol Temperatur.
8. Pegangan.
9. Stop kontak.

#### STATISTIKA PENCACAHAN

Kuantitas jumlah radiasi yang dipancarkan suatu sumber radiasi tidak selalu tetap karena bersifat random (acak) dan mengikuti distribusi Gauss (normal). Oleh karena itu untuk menyatakan hasil pengukuran selalu dituliskan

dalam suatu rentang nilai dengan tingkat kepercayaan (level of confidence) tertentu.

$$\text{Hasil pengukuran} = \bar{X} \pm \Delta = \bar{X} \pm \tau \cdot \delta \dots [11]$$

Dimana  $\bar{X}$  = nilai rata-rata pengukuran  
 $\Delta$  = nilai penyimpangan pengukuran  
 $\tau$  = derajat penyimpangan  
 $\delta$  = deviasi pengukuran

Berdasarkan distribusi Gauss, deviasi pengukuran adalah sama dengan akar dari nilai rata-rata pengukuran.

$$\delta = \sqrt{\bar{X}} \dots \dots \dots [12]$$

Sedangkan derajat penyimpangan ( $\tau$ ) ditentukan dari tingkat kepercayaan yang dipilih.

Untuk lebih menjamin bahwa nilai ukur sebenarnya berada di dalam rentang hasil pengukuran maka perlu dilakukan pengukuran berulang. Semakin banyak diulang maka semakin baik hasil pengukuran. Karena setiap pengukuran akan menghasilkan nilai yang berbeda-beda, maka sekumpulan data hasil pengukuran berulang tersebut harus diuji terlebih dahulu dengan metode uji Chi Square.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}} \dots \dots \dots [13]$$

dimana  $\chi^2$  = nilai Chi Square  
 $X_i$  = data pengukuran ke-I  
 $\bar{X}$  = nilai rata-rata pengukuran

Nilai Chi Square yang berada pada rentang antara probabilitas = 0.1 sampai dengan probabilitas = 0.9 maka sekumpulan data yang diuji masih dapat dianggap mengikuti distribusi Gauss. Table Chi Square dapat dilihat pada lampiran 1.

Ketika melakukan pengukuran seringkali terjadi gangguan yang menyebabkan beberapa data pengukuran menyimpang jauh. Sehingga data-data tersebut perlu dihilangkan. Untuk dapat menentukan layak-tidaknya data tersebut untuk dihilangkan maka digunakan metode Chauvenet.

$$\tau_i = \frac{|X_i - \bar{X}|}{\sqrt{\bar{X}}} \dots \dots \dots [14]$$

dimana  $\tau_i$  = derajat penyimpangan data ke-I

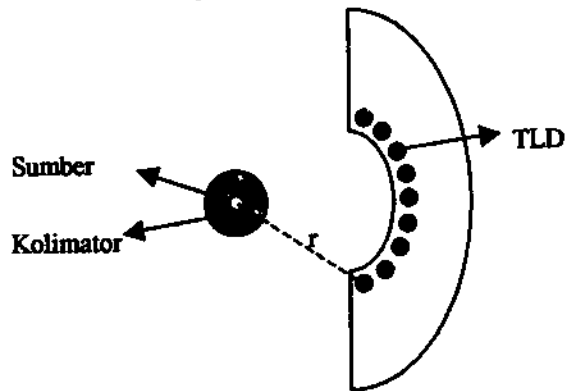
$X_i$  = data pengukuran ke-I

$\bar{X}$  = nilai rata-rata pengukuran

### METODE PENELITIAN

Data dan pengolahannya pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran secara langsung. Ada beberapa tahap pengambilan data melalui pengukuran, yaitu:

- a. Membuat Rangkaian Alat Percobaan.  
 Rangkaian/susunan alat percobaan dibuat sedemikian rupa sehingga hasil pengukuran yang didapat memiliki tingkat kevalidan yang cukup tinggi dengan memperhatikan faktor-faktor material, geometris, dan lingkungan.



Gambar 3.1. Sketsa Percobaan

- b. Mencari Kehomogenan TLD.  
 Kehomogenan TLD perlu diperhatikan agar data yang diperoleh memiliki rentang nilai yang tetap. Kehomogenan TLD bukan semata-mata dilihat dari tampilan fisiknya, tetapi kehomogenan yang diharapkan adalah kehomogenan tanggapan/respon terhadap jenis-jenis radiasi. Hal ini dapat diperoleh dengan melakukan pembacaan dosis pada waktu dan jarak yang sama secara berulang-ulang.

- c. Uji Tanggapan TLD Terhadap Variasi Laju Dosis.  
 Pada uji ini, TLD-TLD diradiasi dengan jenis radiasi sinar- $\gamma$  yang berasal dari Co-60. Pengukuran dilakukan pada jarak 20cm, 25cm, 35cm, 40cm, 50cm, 65cm, 75cm, 90cm, 100cm,

dengan lama pengukuran masing-masing jarak adalah 1 jam.

Uji ini dimaksudkan untuk melihat sejauh mana hasil yang diperoleh jika dibandingkan

dengan persamaan  $X^0 = \Gamma \frac{A}{r^2}$  yang

menyatakan bahwa besarnya laju paparan adalah berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak dari sumber radiasi.

d. Uji Tanggapan TLD Terhadap Dosis Akumulasi.

Dengan menggunakan jenis radiasi yang sama, TLD-TLD diradiasi dengan lamanya waktu 0.25 jam, 0.5 jam, 0.75 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 3.5 jam, 4 jam, 5 jam, 16 jam, 24 jam, 40.3 jam, 48 jam, 65 jam, 70 jam pada jarak yang tetap yaitu 40 cm.

Uji ini juga diharapkan mampu menjawab persamaan  $X^0 = \Gamma \frac{A}{r^2}$ .

e. Uji Tanggapan Terhadap Variasi Suhu.

Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh suhu ruangan terhadap respon/tanggapan TLD pada radiasi. Uji ini dilakukan pada temperatur 20°C, 22°C, 25°C, 28.5°C, 30°C, 32.5°C, 35°C, 36.5°C, 38°C, 41°C dengan lama waktu dan jarak yang tetap.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju Dosis

Pengukuran laju dosis dilakukan dengan meradiasi TLD dengan sumber radiasi selama satu jam pada jarak yang berbeda-beda. Sesuai

dengan persamaan  $X^0 = \Gamma \frac{A}{r^2}$ , yang

menyatakan bahwa laju dosis yang diterima TLD berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak TLD dari sumber radiasi. Hal ini dapat juga diartikan bahwa laju dosis yang diterima TLD akan menurun secara kuadratik jika jaraknya semakin jauh dari sumber radiasi.

Dan dari hasil pengukuran yang dapat dilihat pada table 4.1, terbukti bahwa pada jarak 20 cm hingga 100 cm dari sumber radiasi, laju dosis yang diterima TLD semakin menurun dari 1567.430 mikrosievert/jam hingga 62.539 mikrosievert/jam.

Secara kuantitatif, perbandingan laju dosis pengukuran dan laju dosis perhitungan terhadap jarak dapat dilihat pada tabel 4.1. Sedangkan gambaran secara kualitatif dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2. Keduanya memperlihatkan adanya sedikit perbedaan antara laju dosis pengukuran dengan laju dosis perhitungan. Ada berbagai faktor yang dapat mempengaruhi penerimaan dosis TLD yaitu antara lain dosis latar, kebersihan TLD, faktor kalibrasi, dan faktor geometri. Untuk keseluruhan proses pengukuran dari awal hingga akhir, baik untuk pengukuran terhadap jarak, waktu, dan suhu, faktor geometri memegang pengaruh yang paling banyak. Sedangkan untuk faktor-faktor yang lain hanya sebagian kecil saja.

Namun demikian, secara umum pengukuran laju dosis mampu memperlihatkan sesuai dengan apa yang diharapkan pada persamaan laju dosis, yaitu menurun secara kuadratik terhadap jarak yang semakin jauh.

Kedekatan dengan hasil perhitungan juga terlihat pada nilai faktor pengali. Nilai faktor pengali diperoleh dengan membandingkan besarnya laju dosis hasil perhitungan dengan besarnya laju dosis hasil pengukuran. Idealnya dari sebuah pengukuran adalah jika nilai faktor pengalinya bernilai 1 dan tetap untuk setiap pengukuran.

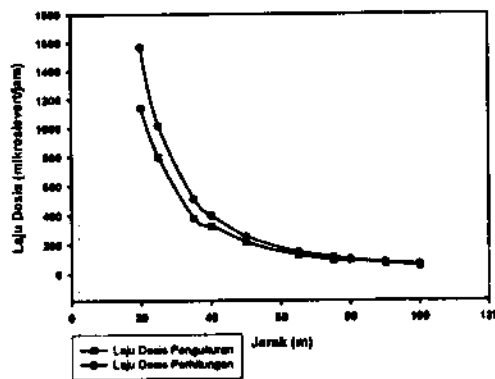
Dari tabel 4.1 terlihat bahwa nilai faktor pengali berkisar antara 1.069 hingga 1.373. Dan secara kualitatif dapat dilihat dari gambar 4.2, yaitu grafik hubungan antara laju dosis perhitungan dengan laju dosis pengukuran. Dari grafik terlihat hubungan tersebut adalah linier. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran memiliki sifat/perilaku yang kurang lebih sama dengan hasil perhitungan.

Tabel 4.1. Data Parameter Laju Dosis, Jarak, Deviasi, dan Faktor Pengali.

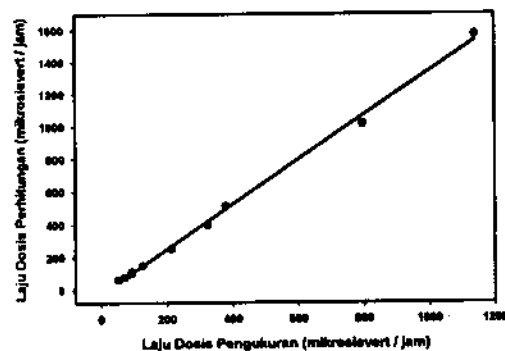
No	Tanggal	Jarak (cm)	Laju Dosis (mikrosievert/jam)		Std. Deviasi Pengukuran (%)	Faktor Pengali
			Pengukuran	Perhitungan		
1	9 sept'02	20	1141.429	1567.430	5.133	1.373
2	12 aug'02	25	796.927	1013.110	3.035	1.271
3	15 sept'02	35	378.813	510.520	3.002	1.348
4	14 aug'02	40	324.211	396.480	2.831	1.220
5	23 aug'02	50	214.137	252.280	10.193	1.178
6	16 aug'02	65	127.017	149.650	4.848	1.178
7	16 aug'02	75	93.241	112.410	3.406	1.206
8	4 sept'02	80	91.730	98.141	2.769	1.070

9	4 sept'02	90	71.727	77.543	3.647	1.081
10	18 sept'02	100	53.821	62.539	5.712	1.162

Jika dibandingkan dengan dosimeter yang lain, TLD memiliki kesensitifan yang lebih besar. Hal ini terlihat dari perbandingan laju dosisnya. Dosimeter saku semikonduktor misalnya, pada range 20 cm dari sumber radiasi, dosimeter ini tidak dapat mencatat hasil yang sesuai dengan perhitungan. Hal ini disebabkan respon time TLD lebih besar dari respon time dosimeter saku semikonduktor. Perbedaan respon time ini disebabkan karena pada TLD, radiasi diserap/disimpan terlebih dahulu tanpa diolah. Sedangkan pada dosimeter saku semikonduktor, radiasi yang datang akan diserap dan langsung diolah. Sehingga pada dosimeter saku semikonduktor prosesnya lebih lama.

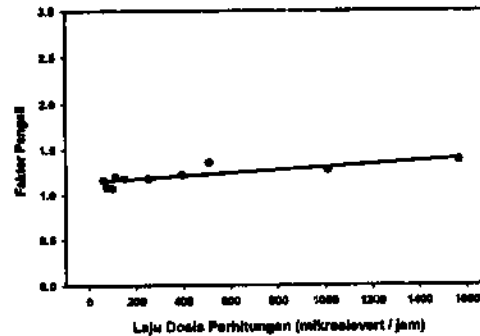


Gambar 4.1. Grafik Laju Dosis Pengukuran dan Perhitungan dengan Jarak.



Gambar 4.2. Grafik Laju Dosis Pengukuran dan Laju Dosis Perhitungan.

gradien = 1.365



Gambar 4.3. Grafik Laju Dosis Pengukuran dengan Faktor Pengali.

gradien =  $1.609 \times 10^{-4}$

#### Dosis

Pengukuran dosis dilakukan dengan meradiasi TLD dengan sumber radiasi pada jarak yang tetap dan lamanya waktu penyinaran yang berbeda-beda. Dan pada penelitian ini, penyinaran dilakukan pada jarak 40 cm dari sumber radiasi. Secara perhitungan, dengan menggunakan persamaan  $X = \Gamma \frac{A}{r^2}$  akan

diperoleh besarnya laju dosis pada jarak 40 cm. Dengan mengintegrasikannya terhadap waktu maka akan didapat besarnya nilai dosis yang diterima TLD. Sehingga pada jarak yang tetap, besarnya nilai dosis yang diterima TLD akan berbanding lurus dengan lamanya waktu penyinaran. Dan dengan demikian berarti semakin lama waktu penyinaran maka akan semakin besar nilai dosis yang diterima TLD.

Dari hasil pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 4.2, terbukti bahwa pada penyinaran selama 0.25 jam hingga penyinaran selama 70 jam, nilai dosis yang diterima TLD meningkat dari 81.807  $\mu\text{Sv}$  hingga 21044.950  $\mu\text{Sv}$ .

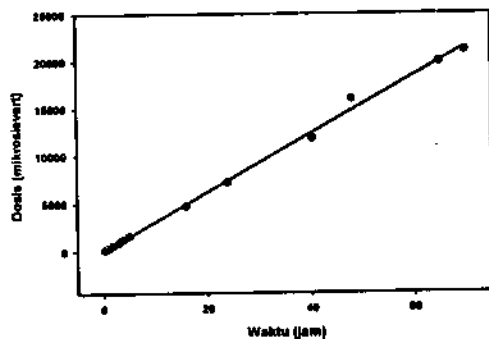
Dari hasil analisis secara kualitatif yang dapat dilihat pada gambar 4.4, terlihat bahwa nilai dosis meningkat secara linier terhadap lamanya waktu. Meskipun nilai dosis pengukuran sedikit berbeda dengan nilai dosis hasil perhitungan, namun secara umum peningkatan nilai dosis pengukuran mengikuti peningkatan nilai dosis perhitungan.

Adapun nilai faktor pengali pada pengukuran nilai dosis berkisar antara 1.189 hingga 1.328. Hal ini berarti bahwa untuk pengukuran dalam rentang waktu 0.25 jam hingga 70 jam masih dalam batas wajar, dan belum menunjukkan tanda-tanda akan saturasi.

Keadaan saturasi adalah keadaan dimana TLD tidak mampu lagi menyerap/menyimpan radiasi.

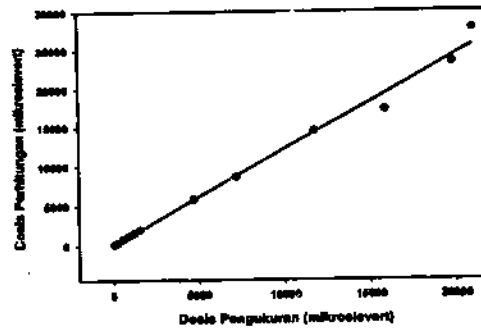
Tabel 4.2. Data Parameter Dosis, Waktu, Deviasi, dan Faktor Pengali.

No	tanggal	waktu (jam)	Dosis (mikrosievert)		Std. Deviasi Pengukuran (%)	Faktor Pengali
			Pengukuran	Perhitungan		
1	14 aug'02	0.3	81.807	98.888	3.052	1.208
2	23 sept'02	0.5	148.420	197.090	3.653	1.328
3	14 aug'02	0.8	249.329	298.595	1.394	1.189
4	14 aug'02	1	324.211	395.460	2.831	1.220
5	18 sept'02	2	595.233	781.160	3.198	1.312
6	23 sept'02	3	901.078	1182.540	0.589	1.312
7	22 aug'02	3.5	1099.940	1380.130	2.414	1.255
8	15 aug'02	4	1242.607	1581.274	2.705	1.272
9	15 aug'02	5	1587.286	1976.593	1.877	1.251
10	7 mei '03	16	4710.781	5747.600	3.789	1.220
11	7 mei '03	24	7202.778	8621.400	3.072	1.197
12	7 mei '03	40	11775.010	14478.770	2.417	1.229
13	7 mei '03	48	15884.630	17242.800	4.089	1.086
14	7 mei '03	65	19850.070	23349.630	5.614	1.176
15	16 aug'02	70	21044.950	27662.600	0.968	1.314



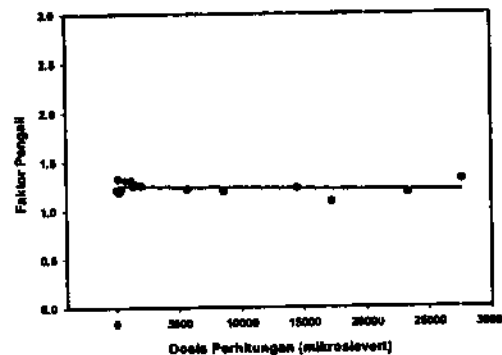
Gambar 4.4. Grafik Dosis Pengukuran dengan Waktu.

Grafik tersebut memiliki slope / kemiringan sebesar 306.038.



Gambar 4.5. Grafik Dosis Pengukuran dengan Dosis Perhitungan.

Grafik tersebut memiliki slope / kemiringan sebesar 1.214



Gambar 4.6. Grafik Dosis Pengukuran dengan Faktor Pengali.

gradien =  $-1.962 \times 10^{-6}$

Suhu

Pengukuran dosis dilakukan dengan meradiasi TLD pada jarak dan lama waktu penyinaran yang tetap serta suhu ruang yang berbeda-beda. Dan pada penelitian ini, penyinaran dilakukan pada jarak 65 cm dari sumber radiasi dengan lama waktu penyinaran 1 jam. TLD-TLD yang telah di disiapkan, dimasukkan ke dalam kotak ruang yang terbuat dari seng yang dilengkapi dengan lampu, kipas dan termometer. Cahaya lampu dalam hal ini berfungsi untuk menaikkan suhu ruang, sedangkan untuk menurunkan suhu ruang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

digunakan es. Dengan menggunakan kipas di dalam ruang, maka diharapkan udara panas yang diberikan cahaya lampu dapat tersebar merata. Kemudian suhu ruang dapat diamati dengan melihat termometer.

Pada dasarnya TLD merupakan dosimeter yang pembacaannya dilakukan dengan cara memanasi elemen TLD. Sehingga elektron-elektron yang ada pada elemen akan tereksitasi sebanyak jumlah radiasi yang diserap. Hal ini dapat terjadi dengan memanasinya pada suhu  $\pm 400^{\circ}\text{C}$ .

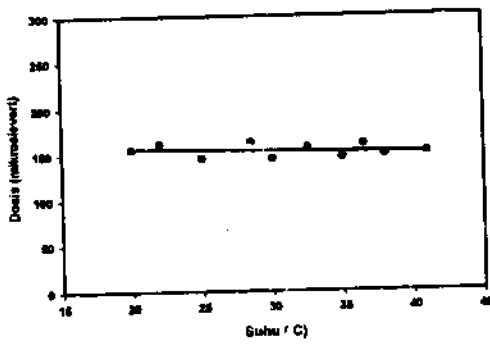
Sesuai dengan fungsinya sebagai personal dosimeter, maka TLD ini banyak digunakan orang dalam bekerja di lingkungan radiasi. Sehingga dalam penelitian ini, range suhu ruang yang digunakan adalah berkisar antara  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $41^{\circ}\text{C}$ .

Dari hasil pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 4.3, nilai dosis yang diperoleh sedikit berfluktuasi dengan nilai dosis terendah 144.193  $\mu\text{Sv}$  dan nilai dosis tertinggi 161.057. Dalam hal ini pengaruh suhu ruang tidak dapat dijadikan faktor yang utama penyebab fluktuasi nilai dosis mengingat range suhu ruang berkisar antara  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $41^{\circ}\text{C}$ . Nilai dosis yang berfluktuasi ini dapat juga disebabkan oleh faktor geometri.

Secara kualitatif, pada gambar 4.7 terlihat grafik hubungan antara nilai dosis dengan suhu ruang. Tampak bahwa dalam skala besar, nilai dosis pengukuran berfluktuasi tidak terlalu jauh terhadap kenaikan suhu ruang.

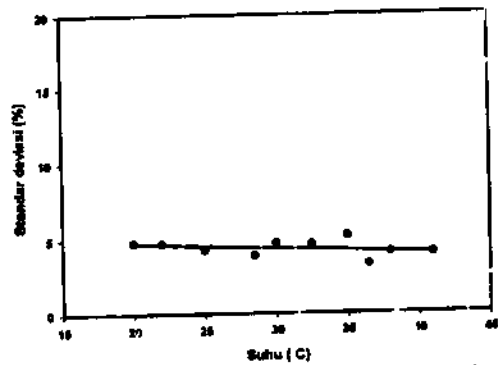
Tabel 4.3. Data Parameter Dosis Pengukuran, Suhu, dan Deviasi.

No	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Dosis Pengukuran (mikrosievert)	Std. Deviasi Pengukuran (%)
1	20	155.052	4.752
2	22	161.057	4.719
3	25	144.828	4.269
4	28.5	162.341	3.863
5	30	144.193	4.716
6	32.5	156.497	4.633
7	35	145.263	5.190
8	36.5	159.490	3.246
9	38	148.139	4.082
10	41	150.483	3.984



Gambar 4.7. Grafik Dosis Pengukuran dengan Suhu.

gradien = -0.249



Gambar 4.8. Grafik Standar Deviasi Pengukuran dengan Suhu.

gradien = -0.032

Ketepatan pengukuran terhadap hasil perhitungan dapat dilihat dari nilai standar deviasinya. Pada tabel 4.3 terlihat bahwa standar deviasi terkecil adalah 3.246% pada suhu  $36.5^{\circ}\text{C}$  dan standar deviasi terbesarnya adalah 5.190% pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$ . Meskipun standar deviasi pengukuran berfluktuatif, namun fluktuasinya tidak terlalu signifikan, sehingga dapat dikatakan pengukuran cukup tepat.

Hal ini membuktikan bahwa TLD lebih stabil dibandingkan dengan dosimeter saku semikonduktor pada suhu  $20 - 41^{\circ}\text{C}$ . Karena pada suhu tersebut tidak cukup untuk menimbulkan ionisasi di dalam TLD.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah;  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dosimeter termoluminesensi (TLD) merupakan personal dosimeter yang sistem pembacaan dosisnya dengan menggunakan bantuan energi panas.

Untuk mengetahui besarnya laju dosis yang diterima/discrap TLD dapat digunakan persamaan laju dosis. Dan dengan mengintegrasikannya terhadap waktu maka akan diperoleh besarnya nilai dosis.

Pembedaan besarnya nilai laju dosis/dosis pengukuran dengan nilai laju dosis/dosis secara perhitungan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti adanya radiasi latar, letak geometri TLD terhadap sumber radiasi, kebersihan TLD, shielding, dan lain sebagainya. Namun dalam kenyataannya, letak geometri memegang pengaruh yang cukup besar.

Secara teoritis, elektron yang tersimpan dalam elemen TLD dari hasil penyerapan energi radiasi dapat tereksitasi apabila dipanaskan pada suhu  $\pm 400^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ini telah membuktikan bahwa pada suhu ruang berkisar antara  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $41^{\circ}\text{C}$ , elektron-elektron dalam TLD tidak mudah hilang. Sehingga dalam penggunaannya sehari-hari TLD dapat diandalkan.

Dan secara keseluruhan penelitian ini telah membuktikan bahwa dosimeter termoluminesensi menunjukkan suatu nilai yang setara dengan dosis yang mengenainya dan tidak dipengaruhi oleh variasi laju dosis dalam range  $53.821\mu\text{Sv/jam} - 1141.429\mu\text{Sv/jam}$ , dosis dalam range  $81.807\mu\text{Sv} - 21044.950\mu\text{Sv}$ , serta perubahan suhu ruang antara  $20 - 41^{\circ}\text{C}$ .

Penelitian lebih lanjut diharapkan mampu memperlihatkan respon maksimum TLD dalam range dosis, laju dosis, dan suhu yang lebih besar atau lebih kecil, sehingga dapat terlihat batas saturasi dan respon time TLD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.: *Analytical Techniques 002*.  
 Anonim.: *Dasar Fisika Radiasi*. Pusdiklat Batan, 1999.  
 Anonim.: *Dasar Proteksi Radiasi*. Pusdiklat Batan, 2000.  
 Anonim.: *Radiation Protection Fundamentals*.  
 Anonim.: *Sistem Pengukuran Radiasi*, Pusdiklat Batan.

Attix Frank Herbert.: *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*. A Wiley-Interscience Publication, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, 1986.

Bjorn Wahlstrom.: *Radiation in Everyday Language*, 1996.

Dr. Alex Simanga Tsela.: *Detection and Mesurement of Radiation Film, TLD's, Neutron Detectors*, Scholand Research Centre, University of The Witwatersrand, Johannesburg South Africa, August 2000.

Dr. Chan-Hyeong Kim.: *Radiation Protection Training*, Rensselaer Polytechnic Institute, 2001.

Greening, J.R.: *Fundamentals of Radiation Dosimetry*. Adam Hilger Ltd, 1981.

Hendriyanto Haditjabyono.: *Deteksi dan Pengukuran Radiasi*, Pusdiklat Batan.

MB Salamon, J Boparai.: *Nuclear Decay and Attenuation of Radiation*. Physics Department, UIUC, 1998.

McKinlay, A.F.: *Thermoluminescence dosimetry*. Adam Hilger Ltd, 1981.



## LAMPIRAN

*@Hak cipta milik IPB University*

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

### Lampiran 1. Tabel Chi Square

Degrees of Freedom* (N-1)	There is a probability						
	0.99	0.95	0.90	0.50	0.10	0.05	0.01
	That the calculated value of Chi-Square will be equal to or greater than						
2	0.020	0.103	0.211	1.386	4.605	5.991	9.210
3	0.115	0.352	0.584	2.366	6.251	7.815	11.345
4	0.297	0.711	1.064	3.357	7.779	9.488	13.277
5	0.554	1.145	1.610		9.236	11.070	15.086
6	0.872	1.635	2.204	4.351	10.645	12.592	16.812
7	1.239	2.167	2.833	5.348	12.017	14.067	18.475
8	1.646	2.733	3.490	6.346	13.362	15.507	20.090
9	2.088	3.325	4.168	7.344	14.684	16.919	21.666
10	2.558	3.940	4.865	8.343	15.342	17.535	22.769
11	3.053	4.575	5.578	9.342	16.215	18.307	23.589
12	3.571	5.226	6.304	10.341	17.275	19.675	24.725
13	4.107	5.892	7.042	11.340	18.549	21.026	26.217
14	4.660	6.571	7.790	12.340	19.812	22.362	27.688
15	5.229	7.261	8.547	13.339	21.064	23.685	29.141
16	5.812	7.962	9.312	14.339	22.307	24.996	30.578
17	6.408	8.672	10.085	15.338	23.542	26.296	32.000
18	7.015	9.390	10.865	16.338	24.769	27.587	33.409
19	7.633	10.117	11.651	17.338	25.989	28.869	34.805
20	8.260	10.851	12.443	18.338	27.204	30.144	36.191
21	8.897	11.591	13.240	19.337	28.412	31.410	37.556
22	9.542	12.338	14.041	20.337	29.615	32.671	38.932
23	10.196	13.091	14.848	21.337	30.813	33.924	40.289
24	10.856	13.848	15.659	22.337	32.007	35.172	41.638
25	11.534	14.611	16.473	23.337	33.196	36.415	42.980
26	12.198	15.379	17.292	24.337	34.382	37.382	44.314
27	12.879	16.151	18.114	25.336	35.563	38.885	45.642
28	13.565	16.928	18.939	26.336	36.741	40.113	46.963
29	14.256	17.708	19.768	27.336	37.916	41.337	48.278
				28.336	39.087	42.557	49.588

\*The number of degrees of freedom is usually one less than the number of observations N.

Sumber : Knoll, 1978

**Lampiran 1. Tabel Chauvenet**

<b>N</b>	$\frac{(n-\bar{n})}{s}$	<b>N</b>	$\frac{(n-\bar{n})}{s}$
2	1.15	30	2.40
3	1.38	35	2.45
4	1.54	40	2.50
5	1.65	50	2.58
6	1.73	75	2.71
7	1.80	100	2.81
8	1.86	200	3.02
9	1.91	250	3.09
10	1.96	300	3.14
12	2.04	400	3.23
15	2.13	500	3.29
20	2.24	1000	3.48
25	2.33		

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### Lampiran 3. Data Pengukuran Dosis Terhadap Jarak

#### A. Data Pengukuran Dosis

Tanggal : 9 sept'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak : 20cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	2.2	2.5	1.05	1.24	1.05	1.24
2	62	1.8	2.3	1.16	1.19	1.16	1.19
3	64	2.4	2.0	1.07	1.16	1.07	1.16
4	66	3.0	3.1	1.17	1.18	1.17	1.18
5	67	3.5	3.3	1.09	1.21	1.09	1.21
6	70	2.6	3.0	1.12	1.12	1.12	1.12
7	71	3.0	2.3	1.10	1.15	1.10	1.15
8	79	2.8	3.1	1.12	1.15	1.12	1.15
9	81	3.8	3.2	1.13	1.15	1.13	1.15
10	82	3.2	3.4	1.13	1.11	1.13	1.11
11	74	2.6	2.2	1.15	1.23	1.15	1.23
12	85	2.6	2.6	1.11	1.17	1.11	1.17
13	76	2.5	2.2	1.03	1.22	1.03	1.22
14	87	3.3	2.7	1.13	1.15	1.13	1.15
15	95	3.0	3.1	1.15	1.12	1.15	1.12

Tanggal : 12 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak : 25cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	2.6	2.4	808	819	805.4	816.6
2	62	2.0	2.0	822	794	820.0	792.0
3	64	2.1	2.0	841	813	838.9	811.0
4	66	2.4	1.8	828	825	825.6	823.4
5	67	1.6	1.9	805	819	803.4	817.1
6	70	2.5	2.0	820	786	817.5	784.0
7	71	1.6	1.9	798	816	796.4	814.1
8	79	2.5	2.7	806	801	803.5	798.3
9	81	2.5	2.4	789	789	786.5	786.6
10	82	2.7	1.8	813	797	810.3	795.2
11	83	2.4	1.8	759	770	756.6	768.2
12	85	2.3	2.1	740	756	737.7	753.9
13	86	2.9	2.9	777	807	774.1	804.1
14	87	3.9	3.4	836	787	832.1	783.6
15	95	2.9	3.4	778	780	775.1	776.6

Tanggal :23 agust'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak :50cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.5	3.4	215	210	213.5	206.6
2	62	2.6	4.0	218	211	215.4	207.0
3	64	3.3	3.9	217	215	213.7	211.1
4	66	3.6	4.3	214	208	210.4	203.7
5	67	4.5	3.4	211	209	208.5	205.6
6	70	4.4	4.7	225	211	220.6	206.3
7	71	4.0	4.3	208	213	204.0	208.7
8	79	3.3	3.9	217	215	213.7	211.1
9	81	4.6	4.9	227	224	222.4	219.1
10	82	5.1	6.0	222	211	216.9	205.0
11	83	5.1	5.6	218	216	212.9	210.4
12	85	5.1	5.5	211	217	205.9	211.5
13	86	5.1	6.0	215	216	209.9	210.0
14	87	5.8	6.1	228	212	222.2	205.9
15	95	5.6	5.3	330	195	324.4	189.7

Tanggal :16 agust'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak :65cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.2	2.7	124	125	120.8	122.3
2	62	3.0	2.3	130	129	127.0	126.7
3	64	2.7	2.7	128	131	125.3	128.3
4	66	2.8	3.0	133	129	130.2	126.0
5	67	2.7	3.7	122	127	119.3	123.3
6	70	3.1	2.7	137	124	133.9	121.3
7	71	2.2	2.2	126	128	123.8	125.8
8	79	3.2	2.6	125	127	121.8	124.4
9	81	2.4	2.3	135	147	132.6	144.7
10	82	2.5	2.5	136	125	133.5	122.5
11	83	3.0	2.5	127	137	124.0	134.5
12	85	2.3	2.8	131	126	128.7	123.2
13	86	2.3	2.0	121	128	118.7	126.0
14	87	1.5	2.0	135	128	133.5	126.0
15	95	2.2	1.4	139	127	136.8	125.6

Tanggal :16 agust'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak :75cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.9	2.3	95.5	92.8	93.6	90.5
2	62	2.2	1.8	98.8	95.7	96.4	93.9
3	64	2.4	1.9	88.2	97.7	85.8	95.8
4	66	1.9	2.3	100	91.5	98.1	89.2
5	67	1.7	2.7	90.3	96.1	88.6	93.4
6	70	2.6	2.7	99.6	95.1	97.0	92.4
7	71	2.7	2.0	96.1	96.8	93.4	94.8
8	79	3.0	2.1	100.0	93.1	97.0	91.0
9	81	2.4	2.1	101.0	95.0	98.6	92.9
10	82	2.2	2.5	96.6	92.4	94.4	89.9
11	83	2.2	2.8	94.2	98.6	92.0	95.8
12	85	2.1	2.4	92.2	95.8	90.1	93.4
13	86	1.7	1.9	92.4	93.0	90.7	91.1
14	87	3.0	2.4	99.0	98.0	96.0	95.6
15	95	2.5	2.0	95.0	95.8	92.5	93.8

Tanggal :4 sept'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak :80cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.4	2.6	93.4	93.8	90.0	91.2
2	62	3.3	3.3	98	93.5	94.7	90.2
3	64	3.7	3.3	96.8	91.6	93.1	88.3
4	66	3.3	3.3	94.5	91.7	91.2	88.4
5	67	3.4	4.6	94.3	94.2	90.9	89.6
6	70	4.2	4.6	97.1	98.0	92.9	93.4
7	71	4.1	3.8	97.0	96.1	92.9	92.3
8	79	3.4	4.1	96.7	93.3	93.3	89.2
9	81	4.2	4.9	98.0	99.5	93.8	94.6
10	82	4.6	4.6	90.6	92.2	86.0	87.6
11	74	3.3	2.8	91.8	95.7	88.5	92.9
12	85	3.2	3.6	98.2	99.5	95.0	95.9
13	76	3.0	2.8	92.4	96.2	89.4	93.4
14	87	3.2	3.5	95.5	96.8	92.3	93.3
15	95	3.8	2.8	99.3	94.9	95.5	92.1

Tanggal : 4 sept'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak : 90cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.4	2.6	72.4	72.9	69.0	70.3
2	62	3.3	3.3	75.8	75.8	72.5	72.5
3	64	3.7	3.3	77.0	78.2	73.3	74.9
4	66	3.3	3.3	80.4	73.8	77.1	70.3
5	67	3.4	4.6	73.3	75.4	69.9	70.8
6	70	4.2	4.6	76.2	71.6	72.0	67.0
7	71	4.1	3.8	76.7	71.3	72.6	67.5
8	79	3.4	4.1	76.0	76.9	72.6	72.8
9	81	4.2	4.9	77.0	74.9	72.8	70.0
10	82	4.6	4.6	76.9	75.4	72.3	70.8
11	74	3.3	2.8	77.0	75.4	73.7	72.6
12	85	3.2	3.6	69.6	77.8	66.4	74.2
13	76	3.0	2.8	70.2	75.2	67.2	72.4
14	87	3.2	3.5	77.2	75.9	74.0	72.4
15	95	3.8	2.8	80.6	73.9	76.8	71.1

Tanggal : 16 sept'02

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

jarak : 100cm, waktu : 1 jam

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.1	2.7	56.9	54.5	53.8	51.8
2	62	2.8	3.0	64.0	52.1	61.2	49.1
3	64	1.8	3.1	53.7	53.7	51.9	50.6
4	66	2.8	2.5	54.7	54.6	51.9	52.1
5	67	3.6	2.4	56.1	56.7	52.5	54.3
6	70	2.1	3.2	56.3	53.0	54.2	49.8
7	71	2.0	3.0	51.6	55.1	49.6	52.1
8	79	3.8	3.3	58.5	59.2	54.7	55.9
9	81	3.4	2.3	55.9	58.2	52.5	55.9
10	82	2.7	2.9	53.1	54.8	50.4	51.9
11	74	2.3	2.6	60.0	62.1	57.7	59.5
12	85	3.0	2.3	56.6	61.3	53.6	59.0
13	76	2.7	3.2	57.2	57.4	54.5	54.2
14	87	2.5	2.7	54.8	59.5	52.3	56.8
15	95	2.1	2.9	59.3	56.5	57.2	53.6



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**B. Data Test Chisquare dan Chauvenet**

Jarak 20cm (mSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet	Jarak 25cm (μSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet	Jarak 30cm (μSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet
1.05	0.008464	0.0608406	-0.06809	805.4	71.79681	21.284793	0.300183	378.9	3.890717	9.9031238	-0.096304
1.16	0.000324		0.016844	820	532.3772		0.817336	391.8	168.6544		0.867246
1.07	0.005184		-0.067376	838.9	1781.758		1.486839	373.9	24.14052		-0.252441
1.17	0.000784		0.026201	825.8	822.1561		1.015707	379.2	0.142537		0.018868
1.09	0.002704		-0.04886	803.4	41.90361		0.228307	394.3	239.8379		0.796694
1.12	0.000484		-0.020587	817.5	423.2607		0.728777	393.2	208.9771		0.739177
1.1	0.001764		-0.039302	796.4	0.277413		-0.018658	368.8	100.2862		-0.514475
1.12	0.000484		-0.020587	803.5	43.20827		0.232849	374.8	16.10858		-0.2062
	0.000144			786.5	108.7181		-0.36935	375.8	9.079977		-0.154821
	0.000144			810.3	178.8452		0.473728	384.8	35.84058		0.307582
	8.4E-05			758.6	1625.243		-1.428511	392.5	187.3258		0.703212
1.11	0.001024		-0.029944	737.7	3507.802		-2.098014	382.9	16.70112		0.209971
1.03	0.012544		-0.104806	774.1	521.0582		-0.8086	347.8	981.8248		-1.593436
	0.000144			832.1	1237.181		1.24596	392.1	178.5364		0.68268
	6.4E-05			775.1	478.4048		-0.773177	398	368.1295		0.685797
1.24	0.009604		0.091705	816.8	387.0387		0.898898	380.3	2.210277		0.078385
1.19	0.002304		0.044917	792	24.27237		-0.174521	371	81.04768		-0.401441
1.16	0.000324		0.016844	811	198.0578		0.498525	379.9	1.180917		0.058834
1.18	0.001444		0.035559	823.4	700.8358		0.637776	375.7	9.892637		-0.159959
1.21	0.004624		0.083632	817.1	408.962		0.714608	375.7	9.892637		-0.159959
1.12	0.000484	-0.020587	784	167.0996	-0.457908	388.9	98.27382	-0.809337			
	6.4E-05		814.1	294.9222	0.608337	367.9	437.3661	-1.074509			
	6.4E-05		798.3	1.885953	0.048647	381.2	5.690337	0.122627			
	6.4E-05		786.8	108.8407	-0.365807	385.5	44.71196	0.343557			
1.11	0.001024	-0.029944	795.2	2.981493	-0.061168	372.5	38.85778	-0.324372			
1.23	0.007744	0.082347	788.2	825.2233	-1.017599	386.5	114.2056	0.649074			
1.17	0.000784	0.026201	753.9	1851.297	-1.824154	381	4.781857	0.112351			
1.22	0.008904	0.07229	804.1	51.45823	0.264103	358.8	400.5322	-1.028267			
	6.4E-05		783.8	177.8009	-0.472078	378.3	0.283477	-0.026373			
1.12	0.000484	-0.020587	776.6	413.1747	-0.720042	381.4	6.891017	0.132803			

keterangan : ████████ data yang dihilangkan.

Jarak 40cm (μSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet	Jarak 50cm (μSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet	Jarak 65cm (μSv)	(X <sub>i</sub> -X <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Nilai ChiSquare	chauenet		
326.2	3.973245	7.0166934	0.110704	213.5	0.405387	84.517338	-0.04351	120.8	38.64736	7.8829401	-0.551807		
323.1	1.224785		-0.081484	215.4	1.595927		0.08833		0.000279				
316.5	58.39322		-0.428013	213.7	0.190707		-0.029843	125.3	2.947059				-0.152322
323.3	0.822105		-0.080356	210.4	13.98293		-0.255354	130.2	10.1334				0.282454
313.8	108.2994		-0.577986	206.5	58.31919		-0.821867	119.3	59.54746				-0.684701
325.1	0.797985		0.049812	220.6	41.77425		0.441891	133.9	47.37962				0.810754
327.2	8.956845		0.188241	204	102.7527		-0.892709	123.8	10.34716				-0.285417





314.8	88.486	-0.522428	213.7	0.190707	-0.029843	121.8	27.21398	-0.462877
334.8	112.218	0.588329	222.4	68.28213	0.564687	132.6	31.17324	0.495406
315.6	74.07528	-0.477998	216.9	7.635827	0.188835	133.5	42.03318	0.675282
319.4	23.10436	-0.268854	212.9	1.529427	-0.084512	124	9.100479	-0.287671
297.2	729.3818	-1.488864	205.9	67.84323	-0.562869	128.7	2.833499	0.149359
	0.011385		209.9	17.94983	-0.286522	118.7	69.1675	-0.737939
328.9	7.253865	0.14958	222.2	65.01681	0.55102	133.5	42.03318	0.575282
328.6	5.727885	0.132919	324.4	12158	7.536038	136.8	95.71298	0.86807
321.1	9.851585	-0.172539	208.6	56.80185	-0.515034	122.3	22.24726	-0.418512
326.6	5.727885	0.132919	207	50.93249	-0.487899	126.7	0.100299	-0.028101
328.1	15.16778	0.216225	211.1	9.221547	-0.207518	128.3	1.646859	0.113867
340.3	258.9843	0.893787	203.7	108.9247	-0.71321	126	1.033879	-0.090212
334	95.90872	0.543869	205.6	72.87525	-0.583371	123.3	13.81386	-0.329782
333.1	79.09078	0.493915	206.3	61.41387	-0.535535	121.3	32.68098	-0.507242
331	46.14892	0.377285	208.7	29.65771	-0.371627	125.8	1.480369	-0.107958
314.6	92.28888	-0.533635	211.1	9.221547	-0.207518	124.4	8.847119	-0.232179
333.4	84.51676	0.510576	219.1	24.63435	0.339176	144.7	312.6991	1.569036
313.7	110.3907	-0.583519	205	83.47928	-0.624373	122.5	20.40058	-0.400766
	4.49E-05		210.4	13.98293	-0.255354	134.5	55.99978	0.663992
327.3	9.568505	0.171796	211.5	6.952187	-0.180184	123.2	14.5872	-0.338665
317.1	50.50518	-0.384691	210	17.11229	-0.282689	126	1.033879	-0.090212
338.6	153.5939	0.688297	205.9	67.84323	-0.562869	128	1.033879	-0.090212
330.5	39.60562	0.348516	189.7	597.1523	-1.669925	125.6	2.007038	-0.125704

keterangan : data yang dihilangkan.

Jarak 75cm (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	Jarak 90cm (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	Jarak 90cm (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet
93.6	0.117875	2.8128144	0.036553	90	2.9929	2.0390603	-0.18063	89	7.434729	2.7865957	-0.321953
96.4	9.890523		0.325499	94.7	8.8209		0.310099	72.5	0.598039		0.091311
85.8	55.80193		-0.772166	93.1	1.8789		0.143042	73.3	2.475367		0.185772
98.1	23.45785		0.501538	91.2	0.2809		-0.055338	77.1	28.87288		0.634458
88.6	21.88458		-0.482209	90.9	0.6889		-0.086861	89.9	3.336723		-0.215685
97	14.01252		0.387631	92.9	1.3689		0.12216	72	0.074709		0.032274
	0.020543			92.9	1.3689		0.12216	72.6	0.762705		0.103119
97	14.01252		0.387631	93.3	2.4649		0.163928	72.8	0.782705		0.103119
98.6	28.55118		0.563314	93.8	4.2849		0.21613	72.8	1.152037		0.126734
94.4	1.307203		0.118395	88	32.8329		-0.598272	72.3	0.328707		0.067896
92	1.579219		-0.130131	88.5	10.4329		-0.337248	73.7	3.894031		0.223002
90.1	9.984565		-0.328861	95	10.6929		0.341422	88.4	28.37341		-0.828949
90.7	6.536581		-0.264749	89.4	5.4289		-0.243277	87.2	20.49074		-0.534489
96	7.525859		0.284078	92.3	0.3249		0.069514	74	5.166029		0.268424
92.5	0.572549		-0.078355	95.5	14.2129		0.393628	76.8	25.73688		0.599036
90.5	7.599229		-0.28548	91.2	0.2809		-0.055338	70.3	2.035387		-0.188455
93.9	0.413873		0.066818	90.2	2.3409		-0.158748	72.5	0.596039		0.091311
95.8	6.468527		0.283368	88.3	11.7649		-0.358128	74.9	10.07002		0.374662

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tngjukan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperdayak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

89.2	16.45857	-0.420078	88.4	11.0889	-0.347687	70.3	2.035387	-0.168455
	0.020543		89.6	4.5389	-0.222394	70.8	0.858717	-0.109417
92.4	0.733883	-0.08871	93.4	2.7889	0.174368	67	22.34141	-0.558104
94.8	2.381867	0.159815	92.3	0.3249	0.059514	67.5	17.86474	-0.499068
91	5.092559	-0.233684	89.2	6.4000	-0.264159	72.8	1.152037	0.126734
92.9	0.127213	-0.038934	94.6	8.2369	0.299658	70	2.981389	-0.203677
89.9	11.26723	-0.347591	87.6	17.0568	-0.431215	70.8	0.858717	-0.109417
95.8	6.468527	0.263368	92.9	1.3689	0.12216	72.6	0.782705	0.103119
	0.020643		95.9	17.3889	0.435392	74.2	6.117361	0.29204
91.1	4.651225	-0.223328	93.4	2.7889	0.174368	72.4	0.453373	0.079504
95.6	5.491195	0.242657	93.3	2.4849	0.163925	72.4	0.453373	0.079504
93.8	0.295207	0.056263	92.1	0.1389	0.038832	71.1	0.392715	-0.073994

keterangan : [ ] data yang dihilangkan.

Jarak 100cm (μSv)	(Xg-Xrata)²	Nilai ChiSquare	chauenet
	0.0004	4.916185	
61.2	54.4844		1.005989
51.9	3.6864		-0.261715
51.9	3.6864		-0.261715
52.5	1.7424		-0.179929
54.2	0.1444		0.051798
49.6	17.8084		-0.575229
54.7	0.7744		0.119953
52.5	1.7424		-0.179929
50.4	11.6964		-0.468181
57.7	15.0544		0.526893
53.6	0.0484		-0.029968
54.5	0.4824		0.092691
52.3	2.3104		-0.207191
57.2	11.4244		0.480728
51.8	4.0904		-0.275346
49.1	22.2784		-0.643384
50.8	10.3684		-0.438919
52.1	2.9584		-0.234453
54.3	0.2304		0.065429
49.8	16.1604		-0.547967
52.1	2.9584		-0.234453
55.9	4.3264		0.283625
55.9	4.3264		0.283625
51.9	3.6864		-0.261715
59.5	32.2624		0.774242
59	26.8324		0.706067
54.2	0.1444		0.051798
56.8	6.8904		0.406204

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

53.6	0.0484	-0.029988
------	--------	-----------

### C. Data Pengukuran Laju Dosis

No	r = 20cm (mSv)	r = 25cm (μSv)	r = 35cm (μSv)	r = 40cm (μSv)	r = 50cm (μSv)	r = 65cm (μSv)	r = 75cm (μSv)	r = 80cm (μSv)	r = 90cm (μSv)	r = 100cm (μSv)
1	1.05	805.4	376.9	326.2	213.5	120.8	93.6	90	69	61.2
2	1.16	820	391.8	323.1	215.4	125.3	96.4	94.7	72.5	61.9
3	1.07	838.9	373.9	316.5	213.7	130.2	85.8	93.1	73.3	61.9
4	1.17	825.8	379.2	323.3	210.4	119.3	98.1	91.2	77.1	62.5
5	1.09	803.4	394.3	313.8	206.5	133.9	88.6	90.9	69.9	64.2
6	1.12	817.5	393.2	325.1	220.6	123.8	97	92.9	72	49.6
7	1.1	796.4	366.8	327.2	204	121.8	97	92.9	72.6	64.7
8	1.12	803.5	374.8	314.8	213.7	132.6	96.6	93.3	72.6	62.5
9	1.11	788.5	376.8	334.8	222.4	133.5	94.4	93.6	72.8	60.4
10	1.03	810.3	384.8	316.6	216.9	124	92	86	72.3	67.7
11	1.24	756.6	392.5	319.4	212.9	128.7	90.1	86.5	73.7	63.6
12	1.19	737.7	382.9	297.2	206.9	118.7	90.7	95	66.4	64.5
13	1.16	774.1	347.6	326.9	209.9	133.5	96	89.4	67.2	62.3
14	1.18	832.1	392.1	326.6	222.2	136.8	92.5	92.3	74	67.2
15	1.21	775.1	398	321.1	324.4	122.3	90.5	95.5	75.8	61.8
16	1.12	816.6	380.3	326.6	206.6	126.7	93.9	91.2	70.3	49.1
17	1.11	792	371	328.1	207	126.3	95.8	90.2	72.5	60.6
18	1.23	811	379.9	340.3	211.1	126	89.2	88.3	74.9	62.1
19	1.17	823.4	375.7	334	203.7	123.3	92.4	88.4	70.3	64.3
20	1.22	817.1	375.7	333.1	205.6	121.3	94.8	89.6	70.8	49.6
21	1.12	784	368.9	331	206.3	125.8	91	93.4	67	62.1
22		814.1	357.9	314.6	208.7	124.4	92.9	92.3	67.5	65.9
23		798.3	381.2	333.4	211.1	144.7	89.9	86.2	72.6	66.8
24		786.6	385.5	313.7	219.1	122.5	95.8	94.6	70	61.9
25		795.2	372.5	327.3	205	134.5	91.1	87.6	70.6	69.5
26		768.2	389.5	317.1	210.4	123.2	95.6	92.9	72.6	69
27		753.9	381	336.6	211.5	126	93.8	95.9	74.2	64.2
28		804.1	358.8	330.5	210	126		93.4	72.4	66.8
29		783.6	378.3		205.9	125.6		93.3	72.4	63.6
30		776.6	381.4		189.7			92.1	71.1	

### D. Data Hasil Pengukuran Dan Perhitungan

No	Tanggal	Jarak (cm)	Laju Dosis (mikrosievert)		Std. Deviasi Pengukuran (%)	Faktor Pengali
			Pengukuran	Perhitungan		
1	9 sept'02	20	1141.429	1567.430	5.133	1.373
2	12 aug'02	25	796.927	1013.110	3.035	1.271
3	16 sept'02	35	378.813	510.520	3.002	1.348
4	14 aug'02	40	324.211	395.460	2.831	1.220
5	23 aug'02	50	214.137	252.280	10.193	1.178
6	16 aug'02	65	127.017	149.650	4.648	1.178

7	16 aug'02	75	93.241	112.410	3.406	1.206
8	4 sept'02	80	91.730	98.141	2.769	1.070
9	4 sept'02	90	71.727	77.543	3.647	1.081
10	16 sept'02	100	53.821	62.539	5.712	1.162

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

### Lampiran 4. Data Pengukuran Dosis Terhadap Waktu

#### A. Data Pengukuran Dosis

Tanggal :14 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 0.25 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	85.2	83.3	83.4	81.4
2	62	2.9	2.4	83.1	80.7	80.2	78.3
3	64	2.5	2.9	85.5	82.5	83.0	79.8
4	66	2.7	2.7	82.8	79.1	80.1	76.4
5	67	3.2	3.0	89.3	84.4	86.1	81.4
6	70	3.9	2.9	84.1	81.5	80.2	78.6
7	71	2.8	3.0	86.7	83.9	83.9	80.9
8	79	3.2	3.4	88.9	87.0	85.7	83.6
9	81	3.2	3.6	85.7	85.7	82.5	82.1
10	82	3.4	3.3	86.4	81.6	83.0	78.3
11	83	2.6	3.8	87.3	80.6	84.7	76.8
12	85	3.8	3.7	84.6	86.0	80.8	82.3
13	86	2.9	2.9	86.2	86.9	83.3	84.0
14	87	3.1	3.4	85.8	88.2	82.7	84.8
15	95	3.4	3.5	87.1	85.9	83.7	82.4

Tanggal :23 september 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 0.5 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.1	2.1	139	149	137.9	146.9
2	62	1.3	2.7	147	150	145.7	147.3
3	64	2.2	2.7	154	143	151.8	140.3
4	66	2.1	3.0	160	145	157.9	142.0
5	67	3.1	2.7	154	153	150.9	150.3
6	70	3.2	3.1	154	148	150.8	144.9
7	71	3.0	3.0	154	148	151.0	143.0
8	74	2.8	2.2	157	158	154.2	155.8
9	76	2.9	3.1	140	149	137.1	145.9
10	79	3.1	3.0	158	150	154.9	147.0
11	81	2.9	2.7	156	156	153.1	153.3
12	82	3.4	3.2	153	148	149.6	142.8
13	85	2.8	3.0	150	155	147.2	152.0
14	87	3.1	2.9	158	147	154.9	144.1
15	95	2.9	4.1	157	150	154.1	145.9

Tanggal :14 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 0.75 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	256	253	254.2	251.1
2	62	2.9	3.1	249	252	246.1	248.9
3	64	2.5	3.4	251	252	248.5	248.6
4	66	2.7	3.9	253	256	250.3	252.1
5	67	3.2	2.8	248	249	244.8	246.2
6	70	3.9	3.2	259	251	255.1	247.8
7	71	2.8	3.2	254	256	251.2	252.8
8	79	2.9	3.4	250	254	247.1	250.6
9	81	3.4	2.6	251	258	247.6	255.4
10	82	3.5	3.3	257	255	253.5	251.7
11	83	2.6	3.8	245	250	242.4	246.2
12	85	3.8	3.7	253	249	249.2	245.3
13	86	2.9	2.9	252	255	249.1	252.1
14	87	3.1	3.4	256	251	252.9	247.6
15	95	3.4	3.5	248	250	244.6	246.5

Tanggal :14 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	328	323	326.2	321.1
2	62	2.9	2.4	326	329	323.1	326.6
3	64	2.5	2.9	319	331	316.5	328.1
4	66	2.7	2.7	326	343	323.3	340.3
5	67	3.2	3.0	317	337	313.8	334.0
6	70	3.9	2.9	329	336	325.1	333.1
7	71	2.8	3.0	330	334	327.2	331.0
8	79	3.2	3.4	318	318	314.8	314.6
9	81	3.2	3.6	338	337	334.8	333.4
10	82	3.4	3.3	319	317	316.6	313.7
11	83	2.6	3.8	322	328	319.4	324.2
12	85	3.8	3.7	301	331	297.2	327.3
13	86	2.9	2.9	327	320	324.1	317.1
14	87	3.1	3.4	330	340	326.9	336.6
15	95	3.4	3.5	330	334	326.6	330.5



Tanggal : 18 september 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 2 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.4	1.8	567	593	565.6	591.2
2	62	1.4	1.9	611	588	609.6	586.1
3	64	2.3	1.9	609	581	606.7	579.1
4	66	2.0	1.8	619	609	617.0	607.2
5	67	1.9	1.7	593	626	591.1	624.3
6	70	1.9	2.4	618	577	613.1	574.6
7	71	2.3	2.1	596	584	583.7	581.9
8	74	2.3	2.1	621	613	618.7	610.9
9	76	3.6	2.7	565	589	561.4	586.3
10	79	2.5	2.9	603	584	600.5	581.1
11	81	3.0	2.8	611	582	608.0	579.2
12	82	2.8	3.1	578	574	575.2	570.9
13	85	3.2	2.9	615	613	611.8	610.1
14	87	3.5	3.1	608	607	604.5	603.9
15	95	2.9	2.8	634	572	631.1	569.2

Tanggal : 23 september 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 3 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.1	2.1	907	903	905.9	900.9
2	62	1.3	2.7	912	907	910.7	904.3
3	64	2.2	2.7	901	905	898.8	902.3
4	66	2.1	2.7	898	900	895.9	897.3
5	67	3.1	3.2	910	906	906.9	902.8
6	70	3.2	2.9	908	911	904.8	908.1
7	71	3.0	3.2	914	910	911.0	906.8
8	74	3.1	2.2	897	899	893.9	896.8
9	76	3.0	3.1	899	900	896.0	896.9
10	79	2.2	3.0	900	902	897.8	899.0
11	81	3.1	2.7	905	904	901.9	901.3
12	82	3.0	3.2	906	897	903.0	893.8
13	85	2.7	3.0	901	905	898.3	902.0
14	87	3.2	2.9	904	909	900.8	906.1
15	95	2.9	4.1	895	900	892.1	895.9



Tanggal :22 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 3.5 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	1090	1130	1088.2	1128.1
2	62	2.9	2.4	1090	1120	1087.1	1117.6
3	64	2.5	2.9	1120	1100	1117.5	1097.1
4	66	2.7	2.7	1050	1070	1047.3	1087.3
5	67	3.2	3.0	1110	1140	1106.8	1137.0
6	70	3.9	2.9	1130	1110	1126.1	1107.1
7	71	2.8	3.0	1080	1090	1077.2	1087.0
8	79	3.2	3.4	1040	1080	1036.8	1076.6
9	81	3.2	3.6	1080	1120	1086.8	1116.4
10	82	3.4	3.3	1100	1120	1096.6	1116.7
11	83	2.6	3.8	1110	1080	1107.4	1076.2
12	85	3.8	3.7	1070	1100	1086.2	1096.3
13	86	2.9	2.9	1130	1140	1127.1	1137.1
14	87	3.1	3.4	1090	1110	1086.9	1106.6
15	95	3.4	3.5	1140	1140	1136.6	1136.5

Tanggal :15 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 4 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	1260	1250	1258.2	1248.1
2	62	2.9	2.4	1190	1230	1187.1	1227.6
3	64	2.5	2.9	1240	1270	1237.5	1267.1
4	66	2.7	2.7	1280	1260	1277.3	1257.3
5	67	3.2	3.0	1200	1210	1196.8	1207.0
6	70	3.9	2.9	1230	1200	1226.1	1197.1
7	71	2.8	3.0	1180	1190	1177.2	1187.0
8	79	3.2	3.4	1210	1230	1206.8	1226.6
9	81	3.2	3.6	1250	1240	1246.8	1236.4
10	82	3.4	3.3	1270	1260	1266.6	1256.7
11	83	2.6	3.8	1300	1250	1297.4	1246.2
12	85	3.8	3.7	1280	1240	1276.2	1236.3
13	86	2.9	2.9	1310	1290	1307.1	1287.1
14	87	3.1	3.4	1270	1250	1266.9	1246.6
15	95	3.4	3.5	1260	1270	1256.6	1266.5



Tanggal :20 Agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 5 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.8	1.9	1590	1570	1588.2	1568.1
2	62	2.9	2.4	1530	1540	1527.1	1537.6
3	64	2.5	2.9	1550	1550	1547.5	1547.1
4	66	2.7	2.7	1580	1560	1577.3	1557.3
5	67	3.2	3.0	1630	1600	1626.8	1597.0
6	70	3.9	2.9	1550	1580	1546.1	1577.1
7	71	2.8	3.0	1560	1560	1557.2	1557.0
8	79	3.2	3.4	1590	1560	1586.8	1556.6
9	81	3.2	3.6	1520	1540	1516.8	1536.4
10	82	3.4	3.3	1520	1550	1516.6	1546.7
11	83	2.6	3.8	1550	1560	1547.4	1556.2
12	85	3.8	3.7	1600	1590	1586.2	1586.3
13	86	2.9	2.9	1610	1580	1607.1	1577.1
14	87	3.1	3.4	1570	1630	1566.9	1626.6
15	95	3.4	3.5	1590	1600	1586.6	1596.5

Tanggal :7 Mei 2003

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 16 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	57	1.0	2.3	5640	5130	5639.0	5127.7
2	59	2.4	2.8	5710	5170	5707.6	5167.2
3	55	2.6	2.9	5410	5470	5407.4	5467.1
4	58	2.9	3.1	5540	5390	5537.1	5386.9

Tanggal :7 Mei 2003

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 24 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	68	3.9	3.4	8290	8020	8286.1	8016.6
2	77	1.4	1.4	8550	8240	8548.6	8238.6
3	78	2.1	2.3	8370	8010	8367.9	8007.7
4	80	3.1	2.7	8760	8200	8756.9	8197.3

Tanggal : 7 Mei 2003

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 40.3 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	81	2.8	1.9	13700	13200	13697.2	13198.1
2	82	2.6	2.4	14100	13200	14097.4	13197.6
3	85	0.8	2.1	13300	13600	13299.2	13597.9
4	87	2.8	2.5	13900	13600	13897.2	13597.5

Tanggal : 7 Mei 2003

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 48 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	53	1.3	1.9	17900	17300	17898.7	17298.1
2	54	2.4	2.9	18300	17600	18297.6	17797.1
3	55	3.2	3.6	18800	18400	18796.8	18396.4
4	56	3.1	3.1	19800	18200	19796.9	18196.9

Tanggal : 16 agustus 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu : 70 jam, jarak : 40cm

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.2	0.8	21000	21700	20998.8	21699.2
2	62	1.4	1.2	21300	21000	21298.6	20998.8
3	64	1.5	1.2	21200	20200	21198.5	20198.8
4	66	2.1	1.3	22400	20700	22397.9	20698.7
5	67	1.8	1.4	20900	21300	20898.2	21298.6
6	70	2.1	1.7	22100	21100	22097.9	21098.3
7	71	1.4	1.3	20100	21300	20098.6	21298.7
8	79	1.5	1.3	21400	21000	21398.5	20998.7
9	81	1.3	1.9	21800	21300	21798.7	21298.1
10	82	2.0	2.0	21800	20300	21798.0	20298.0
11	83	3.2	2.7	20800	19800	20796.8	19797.3
12	85	2.1	2.4	20800	20300	20797.9	20297.6
13	86	2.5	2.0	21100	20900	21097.5	20898.0
14	87	1.8	2.7	20000	20300	19998.2	20297.3
15	95	2.5	2.1	21900	20300	21897.5	20297.9

**B. Data Test Chisquare dan Chauvenet**

wkt 0,25jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	wkt 0,5jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	wkt 0,75jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet
83.4	2.538806	2.2098312	0.176162	137.9	110.6704	5.7437542	-0.863514	254.2	23.84369	1.3001418	0.30927
90.2	2.581485		-0.177637	145.7	7.3984		-0.223286	246.1	10.34909		-0.203721
83	1.423965		0.131937	151.8	11.4244		0.277441	246.5	0.867489		-0.051723
80.1	2.912825		-0.188693	157.9	89.6704		0.778148	250.3	0.966289		0.062275
86.1	18.43242		0.474679	150.9	6.1504		0.203586	244.8	20.40329		-0.236052
80.2	2.581485		-0.177637	150.8	5.6644		0.186358	255.1	33.44300		0.366269
83.9	4.381906		0.231443	151	6.6564		0.211774	251.2	3.545689		0.119273
85.7	15.15778		0.430454	154.2	33.4084		0.47444	247.1	4.915089		-0.140388
82.5	0.480685		0.076656	137.1	128.1424		-0.929181	247.6	2.948089		-0.106722
83	1.423965		0.131937	154.9	41.9904		0.531899	253.5	17.49749		0.264937
84.7	8.371185		0.319892	153.1	21.9024		0.384149	242.4	47.84489		-0.43805
80.8	1.013445		-0.111299	149.6	1.3924		0.068558		0.013689		
83.3	2.229945		0.165105	147.2	1.4884		-0.100141		0.047089		
82.7	0.797985		0.098768	154.9	41.9904		0.531899	252.9	12.83789		0.226938
83.7	3.584585		0.20933	154.1	32.2624		0.466232	244.6	22.25009		-0.298719
81.4	0.185405		-0.044962	146.9	2.3104		-0.124768	251.1	3.179089		0.11294
78.3	12.29694		-0.387704	147.3	1.2544		-0.091933	248.9	0.173889		-0.026391
79.6	4.869525		-0.243974	140.3	65.9344		-0.606515	248.6	0.514089		-0.04539
78.4	29.2324		-0.597772	142	41.2164		-0.526974	252.1	7.745089		0.176272
81.4	0.165405		-0.044962	150.3	3.5344		0.154316	246.2	9.715689		-0.197367
78.6	10.28292		-0.354538	144.9	12.3904		-0.289933	247.8	2.301289		-0.096056
80.9	0.922105		-0.100243	143	29.3764		-0.44489	252.8	12.13129		0.220605
83.6	3.215925		0.198274	155.8	54.4844		0.605773	250.6	1.648089		0.061274
82.1	0.005025		0.032431	145.9	6.3504		-0.208849	255.4	37.00289		0.385269
78.3	12.29694		-0.387704	147	2.0164		-0.118558	251.7	5.678689		0.15094
78.8	25.06704	-0.563547	153.3	23.8144	0.400566	246.2	9.715689	-0.197367			
82.3	0.243345	0.054544	142.8	31.5844	-0.461307	245.3	16.13629	-0.254386			
84	4.810565	0.242499	152	12.8164	0.293869	252.1	7.745089	0.176272			
84.8	8.959845	0.330948	144.1	18.6624	-0.354599	247.6	2.948089	-0.108722			
82.4	0.352005	0.08956	145.9	6.3504	-0.206849	246.5	7.933439	-0.178368			

keterangan : [blacked out] data yang dihilangkan

wkt 1jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	wkt 2jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet	wkt 3jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chaurvenet
326.2	3.972049	7.01669	0.110704	565.6	878.1147	17.866439	-1.214609	905.9	23.3289	0.812393	0.100904
323.1	1.225449		-0.081464	609.6	208.4107		0.568862	910.7	82.7389		0.320609
316.5	69.38785		-0.428013	606.7	131.4921		0.469907	896.6	5.1529		-0.076622
323.3	0.822649		-0.050356	617	473.8023		0.992173	895.9	25.7289		-0.172231
313.8	108.3056		-0.577968	581.1	17.08169		-0.186416	906.8	33.9889		0.194216
325.1	0.797449		0.049812	616.1	435.4317		0.855264	904.6	13.9129		0.124259
327.2	8.958049		0.186241	583.7	133.0101		-0.472727	911	89.8049		0.330803

**B. Data Test Chisquare dan Chauvenet**

wkt 0,28jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	wkt 0,6jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	wkt 0,78jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet
83.4	2.538805	2.2098312	0.176162	137.9	110.6704	5.7437642	-0.863514	254.2	23.84369	1.3001418	0.30927
80.2	2.581485		-0.177637	146.7	7.3984		-0.223286	246.1	10.34909		-0.203721
83	1.423965		0.131937	151.8	11.4244		0.277441	248.5	0.667469		-0.051723
80.1	2.912825		-0.188693	157.9	89.8704		0.778148	250.3	0.966289		0.082275
86.1	18.43242		0.474679	150.9	6.1504		0.203566	244.8	20.40329		-0.236052
80.2	2.581485		-0.177637	160.6	6.6644		0.195358	255.1	33.44309		0.366289
83.9	4.381905		0.231443	151	6.8564		0.211774	251.2	3.645689		0.119273
85.7	15.15778		0.430454	154.2	33.4084		0.47444	247.1	4.915099		-0.140388
82.5	0.480665		0.076656	137.1	128.1424		-0.929181	247.6	2.948089		-0.106722
83	1.423965		0.131937	154.9	41.9904		0.531899	253.5	17.49749		0.264937
84.7	6.371185		0.319892	153.1	21.9024		0.384149	242.4	47.64469		-0.43305
80.8	1.013445		-0.111299	149.6	1.3924		0.066858		0.013689		
83.3	2.229945		0.165105	147.2	1.4884		-0.100141		0.047099		
82.7	0.797985		0.096768	154.9	41.9904		0.531899	252.9	12.83789		0.226938
83.7	3.584585		0.20933	154.1	32.2624		0.466232	244.6	22.25009		-0.206719
81.4	0.165405		-0.044962	146.9	2.3104		-0.124786	251.1	3.179089		0.11294
78.3	12.28694		-0.367704	147.3	1.2544		-0.091933	246.9	0.173889		-0.026391
79.6	4.869525		-0.243974	140.3	65.9344		-0.696516	246.6	0.514089		-0.04536
78.4	29.2324		-0.597772	142	41.2164		-0.526974	252.1	7.745089		0.176272
81.4	0.165405		-0.044962	150.3	3.5344		0.154316	246.2	9.715689		-0.197367
78.6	10.29292		-0.354536	144.9	12.3904		-0.288933	247.6	2.301289		-0.090056
80.9	0.822105		-0.100243	143	29.3764		-0.44489	252.6	12.13129		0.220905
83.6	3.215925		0.188274	155.8	54.4644		0.605773	250.6	1.646089		0.081274
82.1	0.069025		0.032431	145.6	6.3504		-0.206849	256.4	37.00289		0.385269
78.3	12.29694		-0.367704	147	2.0164		-0.116558	251.7	5.676589		0.15094
76.8	25.06704		-0.553547	153.3	23.8144		0.400566	246.2	9.715689		-0.197367
82.3	0.243345		0.054544	142.8	31.6844		-0.481307	245.3	16.13629		-0.254389
84	4.810565		0.242499	162	12.8164		0.293858	252.1	7.745089		0.176272
84.8	8.959845	0.330948	144.1	18.6624	-0.354589	247.6	2.948089	-0.106722			
82.4	0.352005	0.0656	145.9	6.3504	-0.206849	246.5	7.935489	-0.178366			

keterangan : data yang dihilangkan.

wkt 1jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	wkt 2jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	wkt 3jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet
326.2	3.972049	7.01669	0.110704	565.6	578.1147	17.855439	-1.214609	905.8	23.3269	0.812393	0.160904
323.1	1.226449		-0.061464	809.6	206.4107		0.588962	910.7	92.7399		0.320909
316.5	59.39795		-0.428013	806.7	131.4921		0.469997	898.8	5.1529		-0.075622
323.3	0.822649		-0.050356	817	473.8023		0.892173	895.9	26.7289		-0.172231
313.8	108.3056		-0.577966	661.1	17.06169		-0.166416	906.9	33.9889		0.194216
325.1	0.797449		0.049612	816.1	435.4317		0.655284	904.8	13.9129		0.124259
327.2	8.958049		0.166241	583.7	193.0101		-0.472727	911	98.6049		0.330903



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau thajuan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperdayak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

314.8	86.49185	-0.522428	618.7	550.7001	0.961852	893.9	51.4089	-0.238858
334.8	112.2116	0.568329	561.4	1144.672	-1.386758	896	25.7049	-0.1689
315.6	74.08045	-0.477998	600.5	27.74128	0.215871	897.8	10.6920	-0.108935
319.4	23.10725	-0.268954	608	162.9963	0.523281	901.9	0.6889	0.02765
297.2	729.378	-1.490694	575.2	401.3211	-0.821124	903	3.7249	0.064295
	0.011449		611.8	274.4655	0.679035	898.3	7.8729	-0.092278
326.9	7.252249	0.14956	604.5	85.87729	0.379823		0.9729	
326.6	5.726449	0.132919	631.1	1286.442	1.470103	892.1	80.4809	-0.298822
321.1	9.653448	-0.172539	591.2	16.26508	-0.165317		0.9289	
326.6	5.726449	0.132919	586.1	83.41189	-0.374355	904.3	10.4329	0.107903
328.1	15.15545	0.216225	579.1	260.2737	-0.661271	902.3	1.5129	0.040676
340.3	258.9846	0.893787	607.2	143.2091	0.490491	897.3	14.2129	-0.125592
334	95.90285	0.543899	624.3	844.8905	1.191385	902.8	2.9929	0.057832
333.1	79.08545	0.493915	574.6	425.7207	-0.845717	908.1	49.4209	0.234194
331	46.14485	0.377285	581.9	177.7989	-0.648606	906.8	32.8329	0.190887
314.6	92.29445	-0.533535	610.9	246.4549	0.642146	896.8	18.2329	-0.142249
333.4	84.51125	0.510576	586.3	79.79849	-0.368158	896.9	17.3989	-0.136917
313.7	110.397	-0.583519	581.1	199.7417	-0.579295	899	4.2849	-0.068959
	4.9E-05		579.2	257.0571	-0.657172		0.0529	
327.3	9.568649	0.171785	570.9	592.0949	-0.997373	893.8	52.8529	-0.242189
317.1	50.50945	-0.394691	610.1	221.0277	0.609356	902	0.9849	0.030682
336.6	153.5864	0.688297	603.9	75.11689	0.35523	906.1	25.3009	0.167597
330.5	39.60185	0.349516	589.2	677.7171	-1.067052	895.9	26.7289	-0.172231

keterangan : [redacted] data yang dihilangkan.

wkt 3.5jam (μSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 4 jam (μSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 5 jam (μSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet
1068.2	137.8276	18.594105	-0.353984	1258.2	243.0481	26.370864	0.442347	1588.2	438.0649	15.489617	0.529609
1067.1	164.8656		-0.397151	1187.1	3081.36		-1.574638	1527.1	1813.629		-1.014757
1117.5	306.3538		0.529468	1237.5	26.1121		-0.144877	1547.5	390.6529		-0.499459
1047.3	2770.97		-1.587189	1277.3	1203.396		0.984181	1577.3	100.6009		0.253279
1106.8	47.0598		0.208842	1196.8	2098.556		-1.299486	1626.8	3543.821		1.503632
1126.1	684.3456		0.788775	1226.1	272.5801		-0.468275	1546.1	448.1689		-0.534823
1077.2	517.1076		-0.685655	1177.2	4278.488		-1.865485	1557.2	101.4049		-0.254441
1036.8	3686.88		-1.903795	1206.8	1282.356		-1.015783	1586.8	381.4209		0.493246
1066.8	172.8598		-0.396197	1246.8	17.5561		0.118948	1516.3	2547.221		-1.274931
1096.8	11.1558		-0.100708	1266.8	575.5201		0.68084	1516.8	2567.449		-1.279983
1107.4	55.6516		0.224934	1297.4	3001.944		1.554384	1547.4	394.8189		-0.601985
1066.2	1138.388		-1.017327	1276.2	1128.288		0.952976	1566.2	836.9449		0.730686
1127.1	737.8656		0.818927	1307.1	4158.96		1.829556	1607.1	1586.429		1.006017
1086.9	170.0416		-0.393182	1266.9	590.0041		0.689151		0.1399		
1136.6	1343.956		1.105371	1256.6	195.7201		0.396957	1586.6	373.6489		0.486194
1126.1	792.9856		0.849079	1246.1	30.1401		0.156827	1566.1	0.6889		0.02089
1117.6	311.8756		0.532484	1227.6	225.3001		-0.425723	1537.6	880.5089		-0.74953
1097.1	8.0656		-0.065832	1287.1	599.7601		0.694824	1547.1	408.8289		-0.506683

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
 Perpusustakaan IPB University

1067.3	1065.37	-0.98416	1257.3	215.7961	0.416815	1557.3	99.4009	-0.251915
1137	1373.444	1.117432	1207	1268.072	-1.01011	1507	883.8729	0.750894
1107.1	51.2656	0.215888	1197.1	2071.16	-1.290658	1577.1	96.6289	0.248227
1087	167.4436	-0.390186	1187	3092.472	-1.577475	1557	105.4729	-0.259493
1076.6	544.7556	-0.703747	1226.6	256.3201	-0.454091	1556.6	113.8499	-0.269598
1116.4	270.9318	0.496301	1236.4	38.5641	-0.176082	1536.4	952.9599	-0.779842
1116.7	280.8976	0.505347	1256.7	198.5281	0.399794	1546.7	423.1249	-0.519867
1078.2	563.5876	-0.715807	1248.2	12.8881	0.101927	1566.2	122.5449	-0.2797
1096.3	13.2496	-0.109753	1236.3	39.8161	-0.178919	1596.3	382.1409	0.480819
1137.1	1380.866	1.120447	1287.1	1979.36	1.26219	1577.1	96.6289	0.248227
1106.6	44.3556	0.200812	1246.6	15.9201	0.113275	1626.6	3520.049	1.49858
1136.5	1336.634	1.102356	1266.5	570.7321	0.677803	1596.5	654.3929	0.738284

wkt 16jam ( $\mu$ Sv)	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 24 jam ( $\mu$ Sv)	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 40.3 jam ( $\mu$ Sv)	(X- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet
5639	43681		2.836262	8286.1	267.7478		-0.179581	13697.2	15425.64		1.066065
5707.6	77081.76		3.767206	8548.6	60583.42		2.701304	14097.4	274985.4		4.501163
5407.4	510.76		-0.306696	8367.9	4282.001		0.716158	13299.2	74986.44		-2.35015
5537.1	11470.41		1.453415	8766.9	206513		4.987354	13897.2	105105.6		2.792756
		54.586939				54.84962				55.491675	
5127.7	91385.29		-4.102402	8016.6	81717.65		-3.137289	13198.1	140550		-3.217937
5167.2	69063.84		-3.566362	8238.6	4078.483		-0.700684	13197.6	140925.2		-3.222229
5487.1	1376.41		0.50347	8007.7	86885.23		-3.234984	13597.9	620.01		0.215728
5386.9	1857.61		-0.584894	8197.3	11059.28		-1.154143	13597.5	600.25		0.210295

@Hak cipta milik IPB University

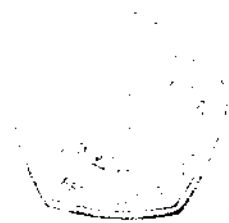
IPB University





wkt 48jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 60jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	wkt 70jam ( $\mu\text{Sv}$ )	(Xl- Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet
17898.7	189011.4		-3.038198	24897.6	4067966		13.33381	20998.8	7.29		-0.018789
								21298.6	88288.41		2.049973
								21188.5	38806		1.358242
									1949833		
18297.8	149.0841		-0.090235	22897.4	279.5584		0.110536	20898.2	10670.89		-0.71295
									1202093		
									815228.4		
									157609		
18798.8	237150.3		3.588969	23997.6	667358.3		5.400838		635527.8		
									634412.3		
								20798.8	41902.09		-1.412861
								20797.9	41452.96		-1.405081
19798.9	2211437		10.98984	22297.2	340448.9		-3.857372	21097.5	9215		0.892301
									1008811		
		214.33492				380.8363			802816		589.17025
									486785.3		
17298.1	1023557		-7.476772	22297.5	340098.9		-3.856389	20998.8	7.29		-0.018789
									844327.3		
								20898.7	91687.84		-2.089581
								21298.6	88288.41		2.049973
17797.1	282871.5		-3.789048	21198.8	2835452		-11.13209	21098.3	9370.24		0.887821
								21298.7	88327.84		2.050663
								20998.7	7.84		-0.018459
								21298.1	87971.56		2.048522
18398.4	7497.826		0.83992						494912.3		
									1450098		
									496475.2		
								20898	10712.25		-0.71433
18198.9	12748.87		-0.834431						495897.8		
									495053		

keterangan : data yang dihilangkan.



Tabel Pengukuran Dosis ( $\mu\text{Sv}$ )

No	t = 0,25jam	t = 0,5jam	t = 0,75jam	t = 1jam	t = 2jam	t = 3jam	t = 3,5 jam	t = 4 jam	t = 5 jam	t = 10jam	t = 24jam	t = 40,3jam	t = 48jam	t = 65 jam	t = 70jam
1	83.4	137.9	254.2	328.2	585.8	905.9	1088	1258	1588	5639	8288	13687	17899	24898	20999
2	80.2	146.7	248.1	323.1	609.6	910.7	1087	1187	1527						21299
3	83	151.8	248.5	318.5	606.7	898.8	1118	1238	1548						21199
4	80.1	157.9	250.3	323.3	617	895.9	1047	1277	1577						20898
5	85.1	150.9	244.8	313.8	591.1	908.9	1107	1197	1627	5708	8549	14097	18298	22897	20797
6	80.2	150.8	255.1	325.1	616.1	904.8	1128	1228	1548						20798
7	83.9	151	251.2	327.2	603.7	911	1077	1177	1557						21098
8	85.7	164.2	247.1	314.8	618.7	893.9	1037	1207	1587						20998
9	82.5	137.1	247.8	334.8	581.4	898	1087	1247	1517	5407	8388	13298	18797	23898	20698
10	83	154.9	253.5	316.8	600.5	897.8	1097	1287	1517						21299
11	84.7	153.1	242.4	319.4	608	901.9	1107	1297	1547						21098
12	80.8	149.8	252.9	297.2	575.2	903	1088	1278	1598						21299
13	83.3	147.2	244.8	328.9	611.8	898.3	1127	1307	1607	5537	8757	13897	18797	22297	20998
14	82.7	154.9	251.1	326.8	604.6	892.1	1087	1287	1587						21298
15	83.7	154.1	248.9	321.1	631.1	904.3	1137	1257	1588						20898
16	81.4	148.9	248.8	326.8	591.2	902.3	1128	1248	1538						
17	78.3	147.3	252.1	328.1	588.1	897.3	1118	1228	1547	6128	8017	13198	17298	22298	
18	79.6	140.3	248.2	340.3	579.1	902.8	1097	1267	1567						
19	78.4	142	247.8	334	607.2	908.1	1087	1257	1597						
20	81.4	150.9	252.8	333.1	624.3	908.8	1137	1207	1577						
21	78.8	144.9	250.8	331	674.8	898.8	1107	1197	1557	5187	8238	13198	17797	21197	
22	80.9	143	255.4	314.8	581.9	898.9	1087	1187	1567						
23	83.6	156.8	251.7	333.4	610.9	899	1077	1227	1538						
24	82.1	145.9	248.2	313.7	586.3	893.8	1118	1238	1547						
25	78.3	147	245.3	327.3	581.1	902	1117	1287	1568	5487	8008	13698	18398		
26	78.8	153.3	252.1	317.1	579.2	908.1	1078	1248	1588						
27	82.3	142.8	247.8	338.8	670.9	898.9	1088	1238	1577						
28	84	162	248.5	330.5	610.1		1137	1287	1627						
29	84.8	144.1			603.9		1107	1247	1597	5387	8187	13598	18197		
30	82.4	145.9			588.2		1137	1267							



#### D. Data Hasil Pengukuran Dan Perhitungan

No	tanggal	waktu (jam)	Dosis (mikrosievert)		Std. Deviasi Pengukuran (%)	Faktor Pengali
			Pengukuran	Perhitungan		
1	14 aug'02	0.3	81.807	98.865	3.052	1.208
2	23 sept'02	0.5	148.420	197.090	3.653	1.328
3	14 aug'02	0.8	249.329	296.595	1.394	1.189
4	14 aug'02	1	324.211	395.460	2.831	1.220
5	18 sept'02	2	595.233	781.160	3.198	1.312
6	23 sept'02	3	901.078	1182.540	0.589	1.312
7	22 aug'02	3.5	1099.940	1380.130	2.414	1.255
8	15 aug'02	4	1242.607	1581.274	2.705	1.272
9	15 aug'02	5	1567.286	1976.593	1.877	1.261
10	7 mei '03	16	4710.781 *	5747.600	3.790	1.220
11	7 mei '03	24	7202.778 *	8621.400	3.072	1.197
12	7 mei '03	40	11775.010 *	14476.770	2.417	1.229
13	7 mei '03	48	15884.630 *	17242.800	4.089	1.085
14	7 mei '03	65	19850.070 *	23349.630	5.614	1.176
15	16 aug'02	70	21044.950	27662.600	0.966	1.314

\* hasil pengukuran di bagi dengan faktor pengali.

### Lampiran 3. Data Pengukuran Dosis Terhadap Temperatur

#### A. Data Pengukuran Dosis

Tanggal :31 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 20 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.4	2.8	161	169	157.6	166.2
2	62	3.6	2.7	170	156	166.4	153.3
3	64	3.3	2.3	173	164	169.7	161.7
4	66	3.5	3.3	165	158	161.5	154.7
5	67	3.2	3.3	162	167	158.8	163.7
6	70	2.9	2.8	151	158	148.1	155.2
7	71	2.3	3.5	151	161	148.7	157.5
8	79	2.7	3.2	147	148	144.3	144.8
9	81	2.8	3.5	149	161	146.2	157.5
10	82	2.7	3.0	161	163	158.3	160.0
11	83	3.7	3.3	153	158	149.3	154.7
12	85	3.7	3.0	153	163	149.3	160.0
13	86	3.1	3.3	146	163	142.9	159.7
14	87	2.6	3.2	157	151	154.4	147.8
15	95	2.7	2.9	158	147	155.3	144.1

Tanggal :18 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 22 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	2.2	2.8	146	153	143.8	150.2
2	62	2.6	2.7	152	152	149.4	149.3
3	64	3.0	2.2	158	161	155.0	158.8
4	66	3.1	3.2	165	164	161.9	160.8
5	67	3.5	3.6	167	170	163.5	166.4
6	70	3.2	3.4	170	164	166.8	160.6
7	71	3.5	3.0	163	165	159.5	162.0
8	79	3.0	3.6	170	178	167.0	174.4
9	81	3.3	3.0	160	177	156.7	174.0
10	82	3.0	3.1	161	162	158.0	158.9
11	83	3.3	3.8	170	169	166.7	165.2
12	85	3.8	3.9	173	168	169.2	164.1
13	86	3.4	4.4	165	171	161.6	166.6
14	87	3.5	3.7	162	165	158.5	161.3
15	95	3.1	3.4	176	152	172.9	148.6

Tanggal :18 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 25 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.7	1.4	141	142	139.3	140.6
2	62	1.8	2.5	145	146	143.2	143.5
3	64	2.4	2.6	141	132	138.6	129.4
4	66	2.6	2.7	152	146	149.4	143.3
5	67	2.9	3.6	156	158	153.1	154.4
6	70	2.5	3.0	154	152	151.5	149.0
7	71	2.6	3.0	137	152	134.4	149.0
8	79	2.6	2.9	156	151	153.4	148.1
9	81	3.1	2.8	139	151	135.9	148.2
10	82	3.2	2.9	144	150	140.8	147.1
11	83	2.8	2.9	153	142	150.2	139.1
12	85	2.8	3.0	154	147	151.2	144.0
13	86	2.9	3.9	145	148	142.1	144.1
14	87	3.1	2.9	148	143	144.9	140.1
15	95	3.0	3.0	154	149	151.0	146.0

Tanggal :28 Nov 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 28,5 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	2.1	3.3	154	164	151.9	160.7
2	62	3.0	3.1	169	165	166.0	161.9
3	64	2.9	2.7	166	165	163.1	162.3
4	66	3.9	3.7	178	168	174.1	164.3
5	67	3.6	3.4	170	170	166.4	166.6
6	70	3.9	3.9	172	168	168.1	164.1
7	71	3.1	3.1	170	165	166.9	161.9
8	79	3.8	3.0	178	168	174.2	165.0
9	81	3.9	3.4	157	170	153.1	166.6
10	82	3.3	3.9	159	162	155.7	158.1
11	83	4.4	3.7	171	166	166.6	162.3
12	85	3.7	3.8	165	161	161.3	157.2
13	86	3.8	4.1	164	161	160.2	156.9
14	87	4.0	4.1	151	163	147.0	158.9
15	95	3.8	3.4	175	161	171.2	157.6



Tanggal :31 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 30 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.3	1.7	130	141	128.7	139.3
2	62	2.4	2.7	148	145	145.6	142.3
3	64	3.0	2.7	142	134	139.0	131.3
4	66	3.0	2.9	156	151	153.0	148.1
5	67	2.6	3.0	151	153	148.4	150.0
6	70	2.6	3.3	158	146	155.4	142.7
7	71	3.5	3.1	147	150	143.5	146.9
8	79	2.8	2.9	161	152	158.2	149.1
9	81	2.9	3.0	137	151	134.1	148.0
10	82	2.8	3.3	144	151	141.2	147.7
11	83	2.7	2.8	154	139	151.3	136.2
12	85	2.3	5.5	151	149	148.7	143.5
13	86	3.3	3.6	140	147	136.7	143.4
14	87	3.3	3.6	146	149	142.7	145.4
15	95	2.8	2.8	150	141	147.2	138.2

Tanggal :18 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 32.5 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	3.6	3.9	142	152	138.4	148.1
2	62	2.7	3.1	153	154	150.3	150.9
3	64	3.3	2.7	150	148	146.7	145.3
4	66	3.4	4.0	158	161	154.6	157.0
5	67	3.6	3.8	162	163	158.4	159.2
6	70	3.3	3.5	162	158	158.7	154.5
7	71	3.5	2.9	156	163	152.5	160.1
8	79	3.2	3.0	169	163	165.8	160.0
9	81	2.9	2.9	154	169	151.1	166.1
10	82	2.3	2.8	162	156	159.7	153.2
11	83	2.2	2.5	164	164	161.8	161.5
12	85	2.7	2.5	157	158	154.3	155.5
13	86	2.3	2.5	162	167	159.7	164.5
14	87	1.7	2.1	158	158	156.3	155.9
15	95	0.9	1.5	176	161	175.1	159.5



Tanggal :31 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 35 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.6	1.9	133	125	131.4	123.1
2	62	1.5	2.5	143	146	141.5	143.5
3	64	2.2	2.6	138	143	135.8	140.4
4	66	2.5	2.8	154	150	151.5	147.2
5	67	2.6	3.1	148	151	145.4	147.9
6	70	2.8	2.6	153	151	150.2	148.4
7	71	2.4	2.7	140	147	137.6	144.3
8	79	2.7	3.3	158	149	155.3	145.7
9	81	2.7	2.7	139	161	136.3	158.3
10	82	2.8	3.4	147	151	144.2	147.6
11	83	2.7	3.5	153	156	150.3	152.5
12	85	3.7	3.9	153	147	149.3	143.1
13	86	3.7	3.5	146	150	142.3	146.5
14	87	3.1	5.2	157	150	153.9	144.8
15	95	3.1	3.7	158	149	154.9	145.3

Tanggal :28 Nov 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 36,5 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	0.9	2.0	154	158	153.1	156.0
2	62	2.1	2.1	161	161	158.9	158.9
3	64	2.8	1.9	159	154	156.2	152.1
4	66	2.6	2.9	169	162	166.4	159.1
5	67	2.4	3.1	165	162	162.6	158.9
6	70	3.2	3.6	169	164	165.8	160.4
7	71	2.5	2.3	159	162	156.5	159.7
8	79	2.8	3.2	174	165	171.2	161.8
9	81	2.8	3.2	153	172	150.2	168.8
10	82	2.5	3.0	151	162	148.5	159.0
11	83	2.8	2.8	162	165	159.2	162.2
12	85	2.9	3.7	169	161	166.1	157.3
13	86	3.3	3.8	163	162	159.7	158.2
14	87	3.0	2.6	162	161	159.0	158.4
15	95	2.7	3.1	168	158	165.3	154.9



Tanggal :18 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 38 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	0.6	1.6	142	147	141.4	145.4
2	62	1.7	2.4	150	150	148.3	147.6
3	64	2.4	1.7	150	141	147.6	139.3
4	66	1.8	2.2	150	147	148.2	144.8
5	67	2.4	3.1	155	155	152.6	151.9
6	70	2.8	2.1	157	147	154.2	144.9
7	71	2.9	2.4	155	158	152.1	155.8
8	79	2.5	2.0	161	158	158.5	156.0
9	81	2.8	3.4	142	153	139.2	149.8
10	82	3.1	2.6	146	153	142.9	150.4
11	83	3.1	3.3	152	156	148.9	152.7
12	85	2.8	3.4	155	147	152.2	143.6
13	86	2.8	2.8	144	150	141.2	147.2
14	87	2.7	3.1	150	162	147.3	158.9
15	95	2.7	2.4	150	137	147.3	134.6

Tanggal :18 des 2002

Pembacaan Dosis (mikrosievert)

waktu :1 jam, jarak : 65cm, suhu : 41 °C

No	No. TLD	Background		Hasil Tembakan		Netto	
		Sisi Atas	Sisi Bawah	Sisi Atas	Sisi Bawah	Atas	Bawah
1	61	1.6	1.7	142	141	140.4	139.3
2	62	1.8	1.4	145	145	143.2	143.6
3	64	1.5	1.8	146	149	144.5	147.2
4	66	2.2	2.0	156	156	153.8	154.0
5	67	2.5	2.5	155	157	152.5	154.5
6	70	2.7	2.4	173	150	170.3	147.6
7	71	2.6	2.2	155	155	152.4	152.8
8	79	3.0	2.5	159	156	156.0	153.5
9	81	2.4	2.9	146	152	143.6	149.1
10	82	2.9	2.5	150	154	147.1	151.5
11	83	2.9	2.8	153	157	150.1	154.2
12	85	2.8	3.1	161	153	158.2	149.9
13	86	3.0	2.8	154	154	151.0	151.2
14	87	2.7	2.8	154	156	151.3	153.2
15	95	3.0	2.5	156	148	153.0	145.5



**B. Data Test Chisquare dan chauvenet**

suhu 20 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	suhu 22 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	suhu 25 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet
157.6	6.466849		0.204245	143.8	25873.61		-1.359779	139.3	30.5809		-0.459511
166.4	128.6636		0.910949	149.4	25646.76		-0.918515	143.2	2.6569		-0.135444
169.7	214.4174		1.175963	155	25561.95		-0.477251	138.6	38.8129		-0.517677
161.5	41.51225		0.517444	161.9	25772.95		0.08645	149.4	20.8849		0.379741
158.8	14.01005		0.300814	163.5	25942.62		0.192525	153.1	68.3929		0.667189
148.1	48.39985		-0.568673	166.8	26119.63		0.452556	151.5	44.4689		0.554238
148.7	40.41145		-0.510480	159.5	26104.05		-0.122884	134.4	108.7849		-0.886673
144.3	115.713		-0.883841	167	26218.36		0.468315	153.4	73.4449		0.712117
146.2	78.44645		-0.711257	156.7	26168.97		-0.343296	135.9	79.7449		-0.742031
158.3	10.51705		0.26046	158	25855.53		-0.240859	140.8	16.2409		-0.33487
149.3	33.14305		-0.462305	166.7	26088.49		0.444876	150.2	28.8369		0.446216
149.3	33.14305		-0.462305	169.2	26088.49		0.641669	151.2	40.5769		0.52931
142.9	147.7928		-0.976271	161.6	26254.78		0.042811	142.1	7.4529		-0.223847
154.4	0.431649		-0.052738	158.5	25956.35		-0.201461		0.0049		
155.3	0.059049	8.8013892	0.019539	172.9	25933.06	4831.7707	0.933218	151	38.0689	7.3908928	0.512991
166.2	124.1664		0.894888	150.2	25651.9		-0.865477	140.6	17.8929		-0.351488
153.3	3.067049		-0.141076	149.3	25984.82		-0.826395	143.5	1.7689		-0.110515
161.7	44.12945		0.533505	158.8	25767.79		-0.177822	129.4	236.0849		-1.282144
154.7	0.127448		-0.028646	160.8	25948.59		-0.020227	143.3	2.3409		-0.127134
163.7	74.70145		0.66412	166.4	25716.25		0.421037	154.4	91.5649		0.795212
	0.020449			160.6	25935.65		-0.035667	149	17.3889		0.346503
157.5	5.968249		0.196215	162	25876.19		0.074329	149	17.3889		0.346503
144.8	105.206		-0.823687	174.4	26205.36		1.051414	148.1	10.6929		0.271718
157.5	5.968249		0.196215	174	25876.19		1.019895	148.2	11.3569		0.280027
160	24.43325		0.396983	158.9	25811.64		-0.169942	147.1	5.1529		0.188624
154.7	0.127448		-0.028646	165.2	25948.59		0.32643	139.1	32.8329		-0.47613
160	24.43325		0.396983	164.1	25811.64		0.239803	144	0.6889		-0.068968
159.7	21.56745		0.372891	166.6	25819.38		0.436796	144.1	0.5329		-0.060659
147.8	52.66405		-0.582766	161.3	26127.41		0.019171	140.1	22.3729		-0.393036
144.1	120.0558		-0.879902	148.6	26223.56		-0.981553	146	1.3689		0.09722

keterangan : [ ] data yang dihilangkan.

suhu 26,5 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	suhu 30 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet	suhu 32,5 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauvenet
151.9	108.9936	6.7829986	-0.819384	128.7	240.033	9.3008607	-1.290243	138.4	327.2481	9.4046073	-1.44609
186	13.3956		0.287255	145.6	1.979649		0.117148	150.3	38.3161		-0.49482
163.1	0.5776		0.059649	139	26.96725		-0.432485	146.7	96.8441		-0.782599
174.1	138.2976		0.922985	153	77.56325		0.7334	154.6	3.5721		-0.151084
166.4	16.4836		0.31865	148.4	17.69885		0.350323	158.4	3.6481		0.152863
168.1	33.1776		0.452074	155.4	125.5968		0.933265	158.7	4.8841		0.176664
166.9	20.7936		0.357892	143.5	0.481249		-0.057736	152.5	15.9201		-0.318955

@Hak cipta milik IPB University

IPB University




Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

174.2	140.6596
153.1	85.3776
155.7	44.0896
166.6	18.1476
161.3	1.0816
160.2	4.5796
147	235.3156
171.2	78.4996
160.7	2.6896
161.9	0.1936
	0.0016
164.3	3.8416
166.6	18.1476
164.1	3.0976
161.9	0.1936
165	7.0756
166.6	18.1476
158.1	17.9776
162.3	0.0016
157.2	26.4196
156.9	29.5936
158.9	11.8336
157.6	22.4676

0.930833	158.2	196.196
-0.725202	134.1	101.8686
-0.521141	141.2	8.958049
0.334347	151.3	50.50945
-0.081625	148.7	20.31305
-0.167958	136.7	56.14505
-1.203661	142.7	2.229049
0.695378	147.2	9.042049
-0.128718	139.3	23.94145
-0.034633	142.3	3.583449
	131.3	166.2294
0.153831	148.1	15.25465
0.334347	150	33.72125
0.138134	142.7	2.229049
-0.034533	146.9	7.327849
0.20877	149.1	24.07865
0.334347	148	14.49325
-0.332777	147.7	12.29905
-0.003139	136.2	63.88805
-0.403413	143.5	0.480249
-0.426959	143.4	0.628849
-0.269989	145.4	1.456849
-0.372019	138.2	35.91605

1.166442	165.8	86.6761
-0.840544	151.1	29.0521
-0.248274	159.7	10.3041
0.591828	161.8	28.1961
0.375307	154.3	4.7961
-0.624023	159.7	10.3041
-0.124358		0.0361
0.25039	175.1	346.3321
-0.407502	148.1	70.3621
-0.157869	150.9	31.2491
-1.073721	145.3	125.2161
0.32534	157	0.2601
0.483567	159.2	7.3441
-0.124358	154.5	3.9601
0.225407	160.1	13.0321
0.408618	160	12.3201
0.317012	166.1	92.3521
0.292029	153.2	10.8241
-0.665662	161.5	25.1001
-0.057736	155.5	0.9801
-0.066064	164.5	64.1601
0.100491	155.9	0.3481
-0.499107	159.5	9.0601

0.744229
-0.430869
0.256603
0.424474
-0.175066
0.256603
1.487658
-0.870685
-0.446857
-0.894513
0.040769
0.219634
-0.159078
0.288578
0.280585
0.76821
-0.262998
0.400493
-0.079139
0.640308
-0.047164
0.240615

keterangan :  data yang dihilangkan.

suhu 35 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	suhu 36,5 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet	suhu 38 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet
131.4	192.7377	10.958974	-1.151821	153.1	40.7044	4.8722568	-0.505205	141.4	45.52201	6.9636159	-0.554301
141.5	14.31109		-0.313879	158.9	0.3364		-0.045928		0.023409		
135.8	89.92729		-0.786777	156.2	10.7584		-0.258729	147.6	0.298209		-0.044916
151.5	38.65109		0.515765	166.4	47.8864		0.547965		0.002809		
145.4	0.013689		0.009682	162.6	9.7344		0.247059	152.6	19.82921		0.365678
150.2	24.17689		0.407911	165.8	39.9424		0.500454	154.2	36.63881		0.497332
137.6	59.02849		-0.637441	156.5	8.8804		-0.235973	152.1	15.62621		0.324798
155.3	100.3403		0.83103	171.2	137.3584		0.928057	158.5	107.1846		0.850815
136.3	80.69429		-0.745295	150.2	86.1184		-0.734844	139.2	80.04881		-0.73505
144.2	1.172889		-0.089875	148.5	120.5604		-0.869459	142.9	27.53101		-0.431062
150.3	25.17029		0.416208	159.2	0.0784		-0.022172	148.9	0.567009		0.06189
149.3	16.13629		0.333243	166.1	43.8244		0.524209	152.2	16.42661		0.333014
142.3	8.898289		-0.247508	159.7	0.0484		0.017421	141.2	48.26081		-0.570732
153.9	74.25269		0.71488	159	0.2304		-0.038009	147.3	0.717409		-0.066564
154.9	92.48689		0.797844	165.3	33.8724		0.460661	147.3	0.717409		-0.066564
123.1	492.0855		-1.840426	156	12.1104		-0.275566	145.4	7.546009		-0.225666
143.5	3.179089		-0.147951	158.9	0.3364		-0.045828	147.6	0.298209		-0.044916
140.4	23.84369		-0.40514	152.1	54.4644		-0.584391	139.3	78.26941		-0.726834





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

147.2	3.674889	0.150018	150.1	0.1444	-0.030091	144.8	11.20241	-0.274961
147.9	6.849689	0.217093	158.9	0.3364	-0.045928	151.9	14.08501	0.308367
148.4	9.715689	0.258575	160.4	0.8464	0.072851	144.9	10.54301	-0.266745
144.3	0.906289	-0.081579	159.7	0.0484	0.017421	155.6	55.54721	0.812354
145.7	0.173889	0.034571	161.8	5.3824	0.183711	156	61.66961	0.646218
158.3	160.4423	1.079924	168.8	86.8624	0.738011	149.6	2.111209	0.119401
147.6	5.368489	0.192204	159	0.2304	-0.038009	150.4	5.076009	0.185128
152.5	52.08509	0.59873	162.2	7.3984	0.215385	152.7	20.72961	0.374094
143.1	4.765489	-0.181136	157.3	4.7524	-0.172625	143.6	20.67521	-0.373551
146.5	1.481089	0.100943	158.2	1.6384	-0.101358	147.2	0.866809	-0.07778
144.8	0.233289	-0.040097	158.4	1.1664	-0.085521	158.9	115.627	0.883478
	0.000289		154.9	20.9764	-0.362671	134.6	183.5212	-1.11298

keterangan : data yang dihilangkan.

suhu 41 °C (µSv)	(Xi-Xrata)2	Nilai ChiSquare	chauenet
140.4	101.8669	6.927839	-0.821975
143.2	53.04209		-0.593723
144.5	35.79629		-0.487749
153.8	11.00249		0.270372
152.5	4.068289		0.164398
170.3	392.7135		1.615426
152.4	3.674889		0.156246
156	30.43729		0.449713
143.6	47.37589		-0.561116
147.1	11.44469		-0.275801
150.1	0.146689		-0.031246
158.2	59.55209		0.629053
151	0.267289		0.042121
151.3	0.687489		0.066578
153	6.335289		0.205157
139.3	125.0595		-0.911645
143.6	47.37589		-0.561116
147.2	10.77809		-0.267649
154	12.39929		0.286676
154.5	16.13629		0.327435
147.6	8.311689		-0.235042
152.8	5.368489		0.188854
153.6	9.102289		0.245917
149.1	1.912689		-0.112784
151.5	1.034289		0.06288
154.2	13.81809		0.30298
149.9	0.339889		-0.04755
151.2	0.514069		0.058424
153.2	7.382089		0.221461

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

145.5	24.83029	-0.406231
-------	----------	-----------

### C. Data Pengukuran Dosis

No	suhu 20 °C	suhu 22 °C	suhu 25 °C	suhu 28,5 °C	suhu 30 °C	suhu 32,5 °C	suhu 35 °C	suhu 38,5 °C	suhu 38 °C	suhu 41 °C
1	157,8	143,8	139,3	151,9	128,7	138,4	131,4	153,1	141,4	140,4
2	166,4	149,4	143,2	166	145,6	150,3	141,5	158,9	147,6	143,2
3	169,7	155	138,6	163,1	139	146,7	135,8	156,2	152,6	144,5
4	161,5	161,9	149,4	174,1	153	154,6	151,5	166,4	154,2	153,8
5	158,8	163,5	153,1	166,4	148,4	158,4	145,4	162,6	152,1	152,5
6	148,1	166,8	151,5	168,1	155,4	158,7	150,2	165,8	158,5	170,3
7	148,7	159,5	134,4	166,9	143,5	152,5	137,6	156,5	139,2	152,4
8	144,3	167	153,4	174,2	158,2	165,8	155,3	171,2	142,9	156
9	146,2	156,7	135,9	153,1	134,1	151,1	136,3	150,2	148,9	143,6
10	158,3	158	140,8	155,7	141,2	159,7	144,2	148,5	152,2	147,1
11	149,3	166,7	150,2	166,6	151,3	161,8	150,3	159,2	141,2	150,1
12	149,3	169,2	151,2	161,3	148,7	154,3	149,3	166,1	147,3	158,2
13	142,9	161,6	142,1	160,2	136,7	159,7	142,3	159,7	147,3	151
14	154,4	158,5	151	147	142,7	175,1	153,9	159	145,4	151,3
15	155,3	172,9	140,6	171,2	147,2	148,1	154,9	165,3	147,6	153
16	166,2	150,2	143,5	160,7	139,3	150,9	123,1	156	139,3	139,3
17	153,3	149,3	129,4	161,9	142,3	145,3	143,5	158,9	144,8	143,6
18	161,7	158,8	143,3	164,3	131,3	157	140,4	152,1	151,9	147,2
19	154,7	160,8	154,4	166,6	148,1	159,2	147,2	159,1	144,9	154
20	163,7	166,4	149	164,1	150	154,5	147,9	158,9	155,6	154,5
21	157,5	160,6	149	161,9	142,7	160,1	148,4	160,4	156	147,6
22	144,8	162	148,1	165	146,9	160	144,3	159,7	149,6	152,8
23	157,5	174,4	148,2	166,6	149,1	166,1	145,7	161,8	150,4	153,5
24	160	174	147,1	158,1	148	153,2	158,3	168,8	152,7	149,1
25	154,7	158,9	139,1	162,3	147,7	161,5	147,6	159	143,6	151,5
26	160	165,2	144	157,2	136,2	155,5	152,5	162,2	147,2	154,2
27	159,7	164,1	144,1	156,9	143,5	164,5	143,1	157,3	158,9	149,9
28	147,8	166,6	140,1	158,9	143,4	155,9	146,5	158,2	134,6	151,2
29	144,1	161,3	146	157,6	145,4	159,5	144,8	158,4		153,2
30		148,6			138,2			154,9		145,5

### D. Data Hasil Pengukuran

No	Suhu (°C)	Dosis Pengukuran (mikrosievert)	Std. Deviasi Pengukuran (%)
1	20	155.052	4.752
2	22	161.057	4.719
3	25	144.828	4.269
4	28.5	162.341	3.863
5	30	144.193	4.716
6	32.5	156.497	4.633



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

<b>7</b>	<b>35</b>	<b>145.283</b>	<b>5.190</b>
<b>8</b>	<b>36.5</b>	<b>159.480</b>	<b>3.246</b>
<b>9</b>	<b>38</b>	<b>148.139</b>	<b>4.082</b>
<b>10</b>	<b>41</b>	<b>150.483</b>	<b>3.984</b>

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.