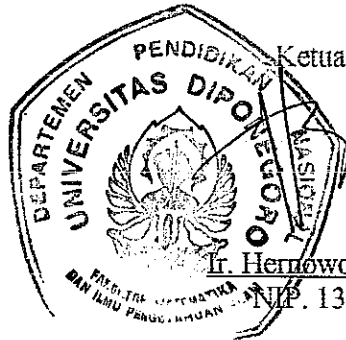


LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Penentuan Hubungan antara Waktu Penyinaran
Radioterapi dengan Laju Dosis Radionuklida Co-60.
Nama : Suprianto
NIM : J2D299011

Telah diujikan pada ujian sarjana tanggal 08 Agustus 2001 dan dinyatakan lulus.



Jurusan Fisika

Ketua

Ir. Hernowo Danusaputro, MT.
NIP. 131 601 938

Semarang, Agustus 2001

Panitia Ujian Sarjana

Ketua

Ir. Hernowo Danusaputro, MT.
NIP. 131 601 938

LEMBAR PERSETUJUAN

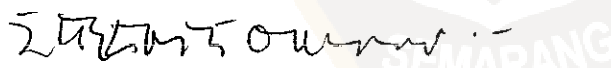
Judul : Penentuan Hubungan antara Waktu Penyinaran
Radioterapi dengan Laju Dosis Radionuklida Co-60.
Nama : Suprianto
NIM : J2D299011

Telah layak untuk mengikuti ujian Sarjana pada Jurusan Fisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, Agustus 2001

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Drs. Dwi P. Sasongko, MSi

Ir. Vivi Vira Viridianti, MKes

NIP : 131 672 950

NIP : 140 310 559

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- “Hai orang-orang yang beriman, barang siapa membantu agama Allah, maka Allah akan membantu urusan hambanya”. (Al-qur’an)
- “Orang yang cerdas adalah orang yang beramal untuk hari sesudah mati”. (Al-Hadits).

Kupersembahkan untuk:

- Generasi harapan ummat, jadilah *scientist* yang senantiasa dzikrullah termasuk ananda Hanun dan calon adik-adiknya.
- Almamater.

KATA PENGANTAR

Tiada untaian kata terindah terucap dari lisan seorang hamba selain kalimat puji syukur kepada Allah SWT. Karena telah diberikannya nikmat, rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini dalam rangka menyelesaikan derajat sarjana S1 pada program studi Fisika Medik Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini pula penulis sampaikan terima kasih kepada Drs. Mustafid, MEng, PhD selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Ir. Hernowo Danusaputro, MT, selaku Ketua Jurusan Fisika, Staf Pengajar dan Staf Tata Usaha di program studi Fisika Medik, Jurusan Fisika Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.

Rasa terimakasih penulis ucapkan kepada Direktur RSUP Dr. Kariadi Semarang yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis dan juga ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Kepala Instalasi Radioterapi dan stafnya yang telah membantu kelancaran penelitian tugas akhir ini.

Penulis sampaikan rasa terimakasih kepada Hj. Erma Lizani selaku Direktur RSUD Sungailiat yang lama dan dr. Dharma selaku Direktur RSUD Sungailiat yang baru serta PEMDA TK II Bangka, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis selaku karyawan untuk dapat melanjutkan studi di Universitas Diponegoro Semarang.

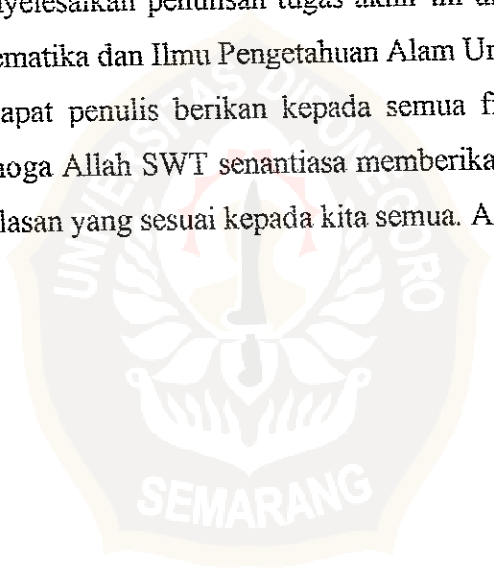
Kepada Drs. Dwi P. Sasongko M.Si, penulis ucapkan rasa terimakasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya yang telah bersedia menjadi pembimbing pertama dalam penulisan tugas akhir ini. Juga rasa terimakasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya penulis haturkan kepada Ir. Vivi Vira Viridianti, M.Kes, yang telah bersedia menjadi pembimbing pendamping sekaligus sebagai pembimbing lapangan dalam penulisan ini.

Rasa terimakasih penulis haturkan kepada kedua orang tua dan kedua mertua penulis karena dengan do'a, daya dan dananya yang senantiasa memohon, berusaha dan mendorong dengan bimbingan dan kasih sayang yang tiada ternilai harganya demi tercapai cita-cita penulis dan segenap anggota keluarganya.

Teruntuk pendamping hidup penulis Arum Ambarwati, dan ananda Hanun penulis ucapkan terimakasih dan sayang yang tiada terkira yang senantiasa memberikan dorongan, pengertian, kesabaran dan do'anya sehingga dengan penuh tawakal penulis dapat melanjutkan studi sampai menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini pula tak lupa penulis ucapkan rasa terimakasih kepada rekan-rekan mahasiswa lintas jalur Fisika Medik dan Fisika Reguler serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, batuan dan kerjasamanya sememnjak penulis masuk kuliah sampai penulis menyelesaikan penulisan tugas akhir ini untuk meraih derajat sarjana S1 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.

Tiada yang dapat penulis berikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis, namun semoga Allah SWT senantiasa memberikan dan melimpahkan nikmat dan rahmat serta balasan yang sesuai kepada kita semua. Amin



Semarang, Agustus 2001

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Lembar Persetujuan	ii
Lembar Motto dan Persembahan.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	x
Daftar Lambang dan Singkatan	xi
Intisari	xiii
Abstract	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
II. DASAR TEORI	
2.1. Struktur Atom	5
2.1.1. Inti atom.....	5
2.1.2. Elektron.....	6
2.1.3. Isotop	7
2.1.4. Nuklida.....	7
2.2. Radioaktifitas dan Radiasi.....	8
2.3. Pesawat Teleterapi Co-60.....	18
2.3.1. Sumber radiasi.....	18
2.3.2. Wadah sumber.....	20
2.3.3. Detektor.....	20
2.3.4. Elektrometer.....	21
2.3.5. Besaran dan satuan dosis.....	22
2.4. Laju Dosis Radionuklida Co-60	24
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat Penelitian.....	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Tahap-tahap Penelitian	27
3.3.1. Mengukur laju dosis.....	27
3.3.2. Menghitung laju dosis.....	28

3.3.3.	Menghitung waktu penyinaran dengan program komputer.....	28
3.3.4.	Menghitung waktu penyinaran secara manual.....	29
3.3.5.	Menentukan hubungan antara waktu penyinaran radioterapi dengan laju dosis radionuklida Co-60	29
3.3.6.	Menyusun tabel rencana waktu penyinaran radioterapi	29
3.4.	Diagram Kerja Penelitian	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Menentukan Perbedaan Hasil Pengukuran dan Penghitungan Laju Dosis Radionuklida Co-60.....	31
4.1.1.	Pengukuran laju dosis	31
4.1.2.	Laju dosis radionuklida Co-60.....	35
4.2.	Menentukan Perbedaan Hasil perhitungan waktu penyinaran dengan program Komputer dan Manual... ..	37
4.2.2.	Menghitung waktu penyinaran dengan program Komputer	37
4.2.3.	Menghitung waktu penyinaran secara manual.....	38
4.3.	Hubungan antara Waktu Penyinaran Radioterapi dengan Laju Dosis Radionuklida Co-60	39
4.4.	Tabel Rencana Waktu Penyinaran Radioterapi	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan.....	44
5.2.	Saran-saran	45
Daftar Pustaka	46
Lampiran	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Kalibrasi Keluaran Laju Dosis Pesawat Teleterapi Co-60 Alcyon II P	32
Tabel 4.2. Pengujian Stabilitas Dosimeter Farmer	34
Tabel 4.3. Pengukuran Laju Dosis Serap Kedalaman 5 cm (\dot{D}_{SER})	36
Tabel 4.4. Penghitungan Laju Dosis	38
Tabel 4.5. Penghitungan Waktu Penyinaran dengan Program Komputer	41
Tabel 4.6. Penghitungan Waktu Penyinaran secara Manual	43
Tabel 4.7. Hubungan Laju Dosis dengan Waktu Penyinaran Radioterapi	44
Tabel 4.8. Penyusunan Rencana Waktu Penyinaran Radioterapi	46
Tabel 5.1. Perbedaan Hasil Pengukuran dan Penghitungan Laju Dosis	48
Tabel 5.2. Perbedaan Hasil Perhitungan Waktu Penyinaran	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kurva Stabilitas dan Lokasi Nuklida Tidak- stabil pada Diagram N-Z	9
Gambar 2	Efek Fotolistrik.....	15
Gambar 3	Hamburan Compton	16
Gambar 4	Peluruhan Co-60.....	19
Gambar 5	Pencacah- γ	22
Gambar 6	Grafik Hubungan antara Laju Dosis dengan Waktu Penyinaran Radioterapi.	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Keluaran Sumber Radiasi Co-60 Alcyon II P RSUP DR. Kariadi Semarang (Anonymous, 1996).....	48
Lampiran 2.	Keluaran Sumber Radiasi Terapi Co-60 Alcyon IIP RSUP DR. Kariadi Semarang (Anonymous, 2000).....	49
Lampiran 3.	Hasil Penghitungan Waktu Penyinaran Radioterapi dengan Program Komputer.....	50
Lampiran 4.	Persentase Dosis Kedalaman (PDD), Sinar Gamma Co-60, Jarak Sumber ke Permukaan = 80 cm (Bewley dkk, 1983).....	51
Lampiran 5.	Nilai K_m , K_{att} dan Produk K_m , K_{att} Detektor (Andreo DKK, 1987).....	52
Lampiran 6.	Nisbah Daya Henti Air terhadap Udara pada Kedalaman Acuan sebagai Fungsi dari Kualitas Berkas Foton (Andreo DKK, 1987).....	53
Lampiran 7.	Kondisi Acuan Geometri Penyinaran untuk Pengukuran Dosis Menggunakan Detektor di dalam Pantom (Andreo dkk, 1987).....	54
Lampiran 8.	Hasil Kalibrasi Dosimeter Farmer.....	55
Lampiran 9.	Perhitungan Laju Dosis Radionuklida Co-60 dengan Analogi Persamaan $\dot{D}_t = \dot{D}_0 e^{-\lambda t}$	56
Lampiran 10.	Hasil Penghitungan Waktu Penyinaran	57
Lampiran 11.	Surat Izin Permohonan Penelitian.....	58
Lampiran 12.	Persentasi Deviasi dari Metode Pengukuran dan Penghitungan Laju Dosis serta Penghitungan Waktu Penyinaran Radioterapi dengan Program Komputer dan secara Manual.....	59
Lampiran 13.	Penghitungan Faktor Peluruhan Sr-90	60
Lampiran 14.	Penghitungan PDD_{self}	61

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

A	Aktifitas radioaktif, <i>becquerel, curie</i>
A_t	Aktifitas pada saat t, <i>becquerel, curie</i>
amu	Atomic Mass Unit
Å	Ångstrom (10^{-10} m)
BATAN	Badan Tenaga Nuklir Nasional
Ba	Bacaan Acuan
Bc	Bacaan Terkoreksi
Bq	<i>becquerel</i> satuan aktifitas radioaktif = 1 dps
BSF	<i>Backscatter Factor</i>
cGy	centigrey (10^{-2} Gy)
C	<i>coulumb</i> , satuan muatan
Ci	<i>curie</i> , satuan aktifitas radioaktif, 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq
CF	<i>Correction Factor</i> , faktor koreksi
Co-60	Cobalt-60, isotop radioaktif dengan nomor massa 60
<i>Curative</i>	penyembuhan
D	Dosis = dD/dm (Gy)
\dot{D}	Laju dosis = dD/dt (Gy/mnt)
Deviasi	Ralat perhitungan atau pengukuran (%)
\dot{D}_0	Laju dosis mula-mula
\dot{D}_t	Laju dosis saat t
$D_{48,425}$	Dosis kedalaman 48,425 cm = $\dot{D}_{5\text{eff}}$
$\dot{D}_{5\text{eff}}$	Laju dosis kedalaman 5 cm efektif = $M_u \cdot N_D \cdot S_{\text{air,ud}} \cdot P_u$ (cGy/mnt)
\dot{D}_{maks}	Dosis maksimum, kedalaman 0,5 cm (untuk Co-60)
\dot{D}_{maks}	Laju Dosis maksimum = $(100 \% / \text{PDD}_{5\text{eff}}) \times \dot{D}_{5\text{eff}}$ (Gy / mnt)
e	muatan elektron = $1,6 \times 10^{-16}$ coulumb
eV	elektron volt = $1,6 \times 10^{-16}$ joule
E	energi, <i>joule</i>
esu	<i>Electro Static Unit</i>
g	= 0,003, fraksi energi partikel bermuatan sekunder yang dibebaskan pada peristiwa <i>bremsstrahlung</i> di udara
GD	<i>Given Dose</i> = $(\text{TD} / \text{PDD}) \times 100 \%$
I_0	Intensitas mula-mula
I_x	Intensitas setelah melewati medium x
K	<i>Kerma</i> = dE_{tr}/dm ($\text{J.Kg}^{-1} = \text{Gy}$)
K_{att}	Faktor atenuasi penyerapan dan hamburan pada penyinaran detektor untuk kalibrasi
K_{m}	Faktor <i>non-air equivalence</i> kualitas kalibrasi dinding detektor dan <i>build up cup</i>
ln	logaritma natural
MeV	Mega elektron volt, satuan energi, 1 MeV = 10^6 eV

m_0	massa diam elektron = $9,1 \times 10^{-31}$ kg
M_n	massa diam neutron = $1,6 \times 10^{-29}$ kg
M_p	massa diam proton = $1,6 \times 10^{-29}$ kg
M_u	Monitor Unit, bacaan dosimeter
N	Nomor neutron, menunjukkan jumlah neutron
NCRP	<i>National Council on Radiation Protection and Measurement</i> (Badan Nasional Amerika untuk Proteksi dan Pengukuran Radiasi)
N_D	Faktor kalibrasi dosis, $N_D = N_k (1 - g) K_m \cdot K_{att}$
N_K	Faktor kalibrasi <i>Kerma</i> udara detektor, faktor kalibrasi alat ukur
N_0	Jumlah nuklida radioaktif pada saat $t = 0$
N_t	Jumlah nuklida radioaktif pada saat t
P	tekanan, <i>Pressure</i>
PDD	<i>Percentage Depth Dose</i> , prosentase dosis kedalaman
PDD ₅	PDD pada kedalaman 5 cm
PDD _{5Peff}	PDD kedalaman 5 cm pada pengukuran efektif
PSPKR	Pusat Standarisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi
P3KRBIN	Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Bionuklida Nuklir
PTCFE	<i>Polytrichlorofluorethylene</i>
P_u	Faktor Koreksi Perturbasi, faktor <i>non-water equivalence</i> detektor
R	<i>röntgen</i> , satuan paparan (exposure), penyinaran
r	<i>Inner radius of the detector</i> , jari-jari dalam suatu detektor
$S_{nir,ud}$	Nisbah daya henti air terhadap udara = $1,333 \text{ eV}/\mu$
SI	Systeme Internationale (sistem satuan internasional)
sma	Satuan massa atom
Sr-90	Stronsium-90
SSD	<i>Source to Surface Distance</i> , jarak sumber ke permukaan
t	Temperatur saat pengukuran
$t_{1/2}$	waktu paro
T	waktu penyinaran
X	<i>Exposure</i> = dQ/dm , $C.Kg^{-1}$ (<i>röntgen</i>)
Z	Nomor atom, menunjukkan jumlah proton