

# **JAMINAN PROTEKSI RADIASI DARI PESAWAT Co-60 DI INSTALASI RADIOTERAPI RSUD Dr. MOEWARDI**



**Disusun oleh :**

**ASIH RAHMINI RAHMAT  
M0212020**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Maret, 2016**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : JAMINAN PROTEKSI RADIASI DARI PESAWAT  
Co-60 DI INSTALASI RADIOTERAPI RSUD  
Dr. MOEWARDI

Yang ditulis oleh :

Nama : Asih Rahmini Rahmat

NIM : M0212020

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Senin

Tanggal : 14 Maret 2016

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji  
Dr. Eng. Kusumandari, S.Si, M.Si  
NIP. 19810518 200501 2 002
2. Sekertaris Penguji  
Dr. Fuad Anwar, S.Si, M.Si  
NIP. 19700610 200003 1 001
3. Anggota Penguji I  
Drs. Suharyana, M.Sc  
NIP. 19611217 198903 1 003
4. Anggota Penguji II  
Dra. Riyatun, M.Si  
NIP. 19680226 199402 2 001



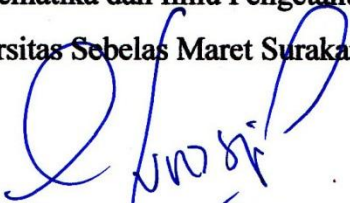
Disahkan pada tanggal... 6 April 2016

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

  
Dr. Fahu Nurosyid, M.Si

NIP. 19721013200003 1 002

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “Jaminan Proteksi Radiasi dari Pesawat Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi ” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau di tulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terima kasih. Isi Skripsi ini boleh di rujuk atau di photocopy secara bebas tanpa harus member tahu penulis.

Surakarta, 29 Februari 2016

Asih Rahmini Rahmat

## **MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa yang pada diri mereka ”

( QS Ar-Ra'd:11)

“Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri.” (QS Al-Ankabut: 6)

“Kamu sekalian adalah pemimpin dan akan dimintai pertanggung jawabannya mengenai orang yang dipimpinnya” (H.R. Bukhari Muslim)

“Success needs a process”

“Don't put till tommorow what you can do today”

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak dan ibu yang telah memberi dukungan, semangat dan do'a sehingga skripsi ini dapat selesai.
3. Simbahku dan keluargaku tercinta yang selalu memberikan do'a dan restu yang selalu membuatku ceria.
4. Adikku Fitria Febriani serta Agung Setyo Pamungkas yang selalu memberikan keceriaan dalam setiap hariku.
5. Keponakanku tercinta, Mahardika Narendra Sidiq yang selalu memberikan kelucuan dalam setiap celotehanmu.
6. Pak Suharyana serta Bu Riyatun yang tidak henti-hentinya memberi nasehat dan berbagi ilmu dan pengetahuan.
7. Pembimbing Akademik, Bu Suparmi yang telah membimbing dari semester awal sampai semester akhir serta kritik dan saran yang sangat membangun.
8. Teman-teman KKN Gilirejo 2015 ( Heru, Laras, Novi, Ana, Ruti, Indah, Rizal, Kokoh) yang memberikan dukungan.
9. Teman-temanku ALASAN SMA Gondangrejo 2012 yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Sahabatku Umi, Septi, Ami serta Esti yang telah mau berbagi ilmu kepadaku.
11. Grup Fisika Radiasi dan Nuklir ( Mas Lukman, Mbak Okta, Umi, Dea dan Novi) yang telah berbagi ilmu sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
12. Teman-teman CFC 2012 yang telah memberi semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
13. Adik-adik tingkat 2013, 2014 dan 2015.

## **Jaminan Proteksi Radiasi dari Pesawat Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi**

Asih Rahmini Rahmat  
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret

### **ABSTRAK**

Studi ini melaporkan kegiatan proteksi radiasi di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi pada Januari 2016. Kegiatan ini dilakukan dengan pengukuran serta perhitungan simulasi komputer. Berdasarkan Nilai Batas Dosis (NBD) sebagaimana tercantum dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 4 Tahun 2013, hasil pengukuran menyatakan bahwa laju dosis di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi berada dalam keadaan aman. Pekerja radiasi menerima laju dosis kurang dari 20 mSv/tahun selama 5 tahun berturut-turut serta 50 mSv dalam 1 tahun tertentu dan anggota masyarakat menerima laju dosis kurang dari 1 mSv/tahun. Simulasi komputer dengan software MCNPX dimaksudkan agar pengukuran laju dosis dapat dilakukan kapanpun tanpa terpapar radiasi. Kesalahan error simulasi dan pengukuran lebih besar dari 10%. Simulasi dengan sumber disk memiliki kesalahan relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan sumber titik yaitu 14 % sampai 38 %.

**Kata kunci:** Proteksi radiasi, Jaminan proteksi radiasi, Laju dosis

## **Radiation Protection Guarantee of Co-60 Machine in Radiotherapy Installation in Dr. Moewardi Local General Hospital**

Asih Rahmini Rahmat  
Physical Department, Mathematic and Natural Science Faculty  
Sebelas Maret University

### **ABSTRACT**

This study reported the radiation protection activity in Radiotherapy Installation of Dr. Moewardi Local General Hospital in January 2016. This activity was conducted by measuring and calculating computer simulation. Considering the Dose Margin Value (NBD) as included into Chairman of Nuclear Power Overseeing Agency's Regulation No. 4 of 2013, the result of measurement stated that dose rate in Radiotherapy Installation of Dr. Moewardi Local General Hospital was in safe condition. Radiation workers received dose rate less than 20 mSv/year for 5 successively years and 50 mSv in one certain year and the member of society received dose rate less than 1 mSv/year. Computer simulation with MCNPX was intended to allow the dose rate measurement any time without radiation exposure. The relative error of simulation and measurement was more than 10%. Simulation with disk source had less relative error than point source, ranging between 14% to 38%.

Keywords: Radiation protection, radiation protection guarantee, dose rate

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “Jaminan Proteksi Radiasi dari Pesawat Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi ”. terselesaikannya Skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya. Setelah sekitar satu semester penulis harus berjuang untuk bisa menyelesaikan Skripsi ini tepat waktu. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya Skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan Skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada :

1. Drs. Suharyana, M.Sc sebagai Pembimbing 1
2. Dra. Riyatun M.Si sebagai Pembimbing 2
3. Muhtarom, Fisikawan Medis di RSUD Dr. Moewardi
4. Rekan-rekan dalam tim Fisika Medis dan Reaktor

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Surakarta, 29 Februari 2016

Asih Rahmini Rahmat



## **PUBLIKASI**

Sebagian skripsi saya yang berjudul “Jaminan Proteksi Radiasi dari Pesawat Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi Surakarta” akan dipublikasikan pada Repository MIPA UNS.

## DAFTAR ISI

|                                                                                 | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                                      | i       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                                 | ii      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                                                 | iii     |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                                                      | iv      |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                                                | v       |
| <b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....                                                    | vi      |
| <b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....                                                   | vii     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                                     | viii    |
| <b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....                                                  | ix      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                                         | x       |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                                      | xii     |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                                       | xiii    |
| <b>DAFTAR SIMBOL</b> .....                                                      | xiv     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                                    | xvi     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                                  | 1       |
| 1.1. Latar Belakang Masalah .....                                               | 1       |
| 1.2. Batasan Masalah .....                                                      | 3       |
| 1.3. Perumusan Masalah .....                                                    | 4       |
| 1.4. Tujuan Penelitian .....                                                    | 4       |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                                                   | 4       |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                            | 6       |
| 2.1. Radioisotop Co-60 .....                                                    | 6       |
| 2.2. <i>Surveymeter</i> .....                                                   | 7       |
| 2.3. Interaksi Sinar $\gamma$ dengan Materi .....                               | 8       |
| 2.4. Interaksi Sinar $\gamma$ dengan Sel Tubuh .....                            | 9       |
| 2.5. Efek Radiasi pada Tubuh Manusia .....                                      | 10      |
| 2.6. Nilai Batas Dosis .....                                                    | 10      |
| 2.7. Proteksi Radiasi .....                                                     | 11      |
| 2.8. Besaran dan Satuan Radiasi yang Berkaitan<br>dengan Proteksi Radiasi ..... | 12      |
| 2.9. Pemodelan Simulasi Besaran Keselamatan<br>Kerja dengan MCNPX .....         | 15      |
| 2.9.1. <i>Vised</i> .....                                                       | 15      |
| 2.9.2. <i>Tally</i> MCNP5 .....                                                 | 15      |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                                      | 17      |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....                                          | 17      |
| 3.2. Alat dan Bahan .....                                                       | 17      |
| 3.3. Tahapan Penelitian .....                                                   | 18      |
| 3.3.1. Tahapan Pesiapan .....                                                   | 19      |
| 3.3.2. Tahapan Pengukuran Laju<br>Dosis di Instalasi Radioterapi .....          | 19      |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.2.1. Tahap Pengaturan Luas<br>Lapangan Radiasi .....              | 19 |
| 3.3.2.2. Tahap Pengecekan Sertifikat Kalibrasi .....                  | 20 |
| 3.3.2.3. Tahap Pengecekan Baterai .....                               | 20 |
| 3.3.3. Tahapan Simulasi Laju<br>Dosis di Instalasi Radioterapi .....  | 24 |
| 3.3.3.1. Membuat file input .....                                     | 24 |
| 3.3.3.2. <i>Running</i> Program .....                                 | 28 |
| 3.3.4. Analisa Hasil dan Kesimpulan .....                             | 28 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                              | 30 |
| 4.1. Hasil Pengukuran Secara Langsung dengan <i>Surveymeter</i> ..... | 30 |
| 4.2. Hasil Simulasi MCNPX untuk Laju Dosis .....                      | 33 |
| 4.3. Perbandingan Laju Dosis Hasil Pengukuran<br>dan Simulasi .....   | 41 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....                               | 45 |
| 5.1. Kesimpulan .....                                                 | 45 |
| 5.2. Saran .....                                                      | 45 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                           | 47 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....                                                 | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                              | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1. Skema Peluruhan Co-60 .....                                                                                                      | 6       |
| Gambar 2.2. Pesawat teleterapi Co-60 RSUD Dr. Moewardi .....                                                                                 | 7       |
| Gambar 3.1. <i>Surveymeter babyline</i> dan <i>virtual water phantom</i> .....                                                               | 17      |
| Gambar 3.2. Diagram pelaksanaan penelitian .....                                                                                             | 18      |
| Gambar 3.3. Diagram pengaturan luas lapangan radiasi .....                                                                                   | 19      |
| Gambar 3.4. Diagram pengecekan sertifikat kalibrasi .....                                                                                    | 20      |
| Gambar 3.5. Diagram pengecekan baterai .....                                                                                                 | 20      |
| Gambar 3.6. Peletakan <i>surveymeter</i> di Instalasi Radioterapi<br>RSUD Dr. Moewardi .....                                                 | 23      |
| Gambar 4.1. Tampilan geometri ruang operator, ruang tunggu dan<br>ruang <i>treatment</i> yang telah dibuat dari atas dan<br>dari depan ..... | 35      |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                   | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1. Nilai faktor bobot radiasi .....                                                                       | 14      |
| Tabel 2.2. Nilai faktor bobot berbagai organ tubuh .....                                                          | 15      |
| Tabel 2.3. Jenis <i>tally</i> Fn .....                                                                            | 16      |
| Tabel 3.1. Faktor kalibrasi <i>surveymeter</i> .....                                                              | 22      |
| Tabel 3.2. Spesifikasi material <i>virtual water phantom</i> .....                                                | 25      |
| Tabel 3.3. Spesifikasi material beton .....                                                                       | 27      |
| Tabel 4.1. Hasil pengukuran laju dosis di ruang<br>operator dan ruang tunggu .....                                | 30      |
| Tabel 4.2. Hasil pengukuran laju dosis di ruang <i>treatment</i> .....                                            | 32      |
| Tabel 4.3. Hasil <i>tally</i> F1 .....                                                                            | 34      |
| Tabel 4.4. Hasil <i>tally</i> F4.....                                                                             | 34      |
| Tabel 4.5. Hasil simulasi laju dosis di ruang <i>treatment</i> .....                                              | 36      |
| Tabel 4.6. Hasil <i>tally</i> F1 .....                                                                            | 37      |
| Tabel 4.7. Hasil <i>tally</i> F4.....                                                                             | 38      |
| Tabel 4.8. Hasil simulasi laju dosis di ruang <i>treatment</i> .....                                              | 38      |
| Tabel 4.9. Hasil simulasi MCNPX untuk efek fotolistrik, efek compton<br>serta produksi pasangan pada lorong ..... | 39      |
| Tabel 4.10. Perbandingan antara hasil pengukuran dan simulasi<br>ruang <i>treatment</i> .....                     | 41      |
| Tabel 4.11. Pemetaan laju dosis hasil pengukuran .....                                                            | 43      |
| Tabel 6.1. Hasil pengukuran cacah latar .....                                                                     | 51      |
| Tabel 6.2. Hasil pengukuran laju dosis di ruang operator dan<br>ruang tunggu .....                                | 51      |
| Tabel 6.3. Hasil pengukuran laju dosis di ruang <i>treatment</i> .....                                            | 51      |
| Tabel 6.4. Hasil pengolahan data pengukuran laju dosis ruang<br>dan ruang tunggu.....                             | 52      |
| Tabel 6.5. Hasil pengolahan data pengukuran laju dosis<br>di ruang <i>treatment</i> .....                         | 52      |
| Tabel 6.6. Koefisien KERMA untuk laju dosis gamma<br>Menurut ICRP 21 .....                                        | 53      |

## DAFTAR SIMBOL

|           |                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------|
| $I_0$     | : intensitas sebelum menembus bahan               |
| $I$       | : intensitas sesudah melewati bahan               |
| $x$       | : tebal bahan                                     |
| $\mu$     | : koefisien atenuasi linier                       |
| $D$       | : dosis serap                                     |
| $r$       | : jarak                                           |
| $\dot{D}$ | : laju dosis                                      |
| $X$       | : paparan                                         |
| $dQ$      | : pasangan ion                                    |
| $dm$      | : massa                                           |
| $dE$      | : energi rata – rata                              |
| $K$       | : kerma                                           |
| $dE_{tr}$ | : jumlah energi kinetik yang dilepaskan           |
| $H$       | : dosis ekivalen                                  |
| $W_r$     | : faktor bobot radiasi                            |
| $W_t$     | : faktor bobot berbagai organ tubuh               |
| $E_t$     | : dosis efektif                                   |
| $E$       | : medan listrik                                   |
| $V$       | : tegangan antara anoda dan katoda                |
| $d$       | : jarak antara anoda dan katoda                   |
| $P$       | : daya                                            |
| $A$       | : luas penampang                                  |
| $W$       | : usaha                                           |
| $t$       | : waktu                                           |
| $r$       | : jari – jari penampang                           |
| $\Phi$    | : jumlah radiasi per satuan waktu per satuan luas |
| $f$       | : faktor konversi dosis serap ke paparan          |

$i$  : arus  
 $A$  : aktivitas  
 $\lambda$  : konstanta peluruhan  
 $N$  : jumlah inti

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                    | Halaman |
|----------------------------------------------------|---------|
| Lampiran 1. Hasil pengukuran laju dosis .....      | 51      |
| Lampiran 2. Hasil pengolahan data pengukuran ..... | 52      |
| Lampiran 3. Koefisien kerma untuk gamma.....       | 53      |
| Lampiran 4. Script program sumber disk .....       | 54      |
| Lampiran 5. Script program sumber titik.....       | 61      |