

SKRIPSI

**TANGGAPAN SURVEIMETER NEUTRON PRESCILA
DI BELAKANG DAN DEPAN PINTU BUNKER LINAC 15 MV
MENGUNAKAN SIMULASI PHITS**

*Precila Surveymeter Neutron Response
Behind and Front Of The Linac 15 MV Bunker Door
Using PHITS Simulation*

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains**



Oleh

**Marini Dwi Fajrina
197003516003**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
Jakarta
2024**

**TANGGAPAN SURVEIMETER NEUTRON PRESCILA
DI BELAKANG DAN DEPAN PINTU BUNKER LINAC 15 MV
MENGUNAKAN SIMULASI PHITS**

*Prescila Surveymeter Neutron Response
Behind and Front Of The Linac 15 MV Bunker Door
Using PHITS Simulation*



Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar **Sarjana Sains** pada
Program **Studi Fisika**

Oleh

Marini Dwi Fajrina
197003516003

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL**

Jakarta
2024

**PERNYATAAN
BEBAS PRAKTIK PLAGIARISME**

Dengan ini saya nyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dan seluruh isinya berjudul: **“Tanggapan Surveimeter Neutron Prescila Di Belakang Dan Depan Pintu Bunker Linac 15 MV Menggunakan Simulasi PHITS”** adalah benar karya saya sendiri yang ditulis dibawah arahan dan bimbingan dosen pembimbing. Sepanjang pengetahuan saya, di dalamnya tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika penulisan karya ilmiah yang berlaku dari karya ilmiah sejenis yang pernah ditulis atau diajukan oleh penulis lain untuk memperoleh gelar kesarjanaan di lembaga Pendidikan lain, kecuali semua kutipan dan rujukan dalam karya ini baik yang terpublikasikan maupun tidak, telah dengan jelas saya sebutkan dalam daftar Pustaka.

Jika dalam karya tulis ini nantinya masih ditemukan adanya unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan dan diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sejujur-jujurnya.

Jakarta, 22 Februari 2024

nyatakan

Dwi Fajrina

197003516003

PERNYATAAN
PELIMPAHAN HAK PUBLIKASI SKRIPSI

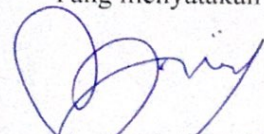
Untuk kepentingan penyebarluasan dan kemajuan ilmu pengetahuan, maka dengan ini saya menyatakan bersedia dan menyetujui untuk melimpahkan hak cipta atas karya tulis saya beserta perangkat prototype, yang berjudul: **“Tanggapan Surveimeter Neutron Prescila Di Belakang Dan Depan Pintu Bunker Linac 15 MV Menggunakan Simulasi PHITS”** kepada Program Studi Fisika Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional untuk menyimpan, mengalihmediakan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), dan merawat, serta memublikasikan skripsi saya sepanjang tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan tanpa tekanan dari pihak manapun.



Jakarta, 22 Februari 2024

Yang menyatakan


Marimi Dwi Fajrina
197003516003

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

TANGGAPAN SURVEIMETER NEUTRON PRESCILA
DI BELAKANG DAN DEPAN PINTU BUNKER LINAC 15 MV
MENGUNAKAN SIMULASI PHITS

Ditulis dan dipersiapkan oleh :

Marini Dwi Fajrina
197003516003

Disetujui untuk diajukan pada sidang skripsi Program Studi Fisika
22 Februari 2024

Disetujui oleh :

Pembimbing I


Pembimbing II


Drs. Puji Hartoyo, M.Si.
NIDN. 0328066102


Drs. Bunawas, APU
NIP. 195608071986021001

Mengetahui




Drs. Ari Mutanto, M.Pd.
NID. 0330076702

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

TANGGAPAN SURVEIMETER NEUTRON PRESCILA
DI BELAKANG DAN DEPAN PINTU BUNKER LINAC 15 MV
MENGUNAKAN SIMULASI PHITS

Ditulis oleh :

Marini Dwi Fajrina
197003516003

Telah dipertahankan di depan dan diuji oleh dewan penguji skripsi, dan dinyatakan:

LULUS

Jakarta, 22 Februari 2024

Ketua Dewan Penguji /
Pembimbing I

Drs. Puji Hartoyo, M.Si.
NIDN. 0328066102

Pembimbing II

Drs. Bunawas, APU
NIP. 195608071986021001

Penguji I

Purwathingsih, S.Si., M.Sc.
NIDN. 0613078501

Penguji II

Prof. Dr. H. Budi Santoso, M.Sc.
NIDN. 050090569

Penguji III

Samsun, S.Si., M.Si., M.Kom.
NIDN. 4002206502

ABSTRAK

Fajrina, Marini Dwi, 2024. Tanggapan Surveimeter Neutron Prescila di Belakang dan Depan Pintu Bunker Linac 15 MV menggunakan Simulasi PHITS. Pembimbing : Drs. Puji Hartoyo, M.Si., dan Drs. Bunawas, APU.

Dosis neutron yang dihasilkan dari komponen kepala Linac (*Linear Accelerator*) yang dioperasikan lebih dari 8 MV memberikan kontribusi tambahan dosis neutron pada pasien, pekerja radioterapi serta menimbulkan masalah dosimetri pelindung ruangan. Untuk mengukur risiko paparan dilakukan dengan pengukur dosis. Laju dosis neutron dapat ditentukan dengan pengukuran alat ukur radiasi (AUR) sebelum dilakukan pengukuran AUR dilakukan kalibrasi terlebih dahulu namun saat ini belum ada fasilitas kalibrasi sesuai ISO 12789. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan perhitungan metode simulasi numerik yaitu kode monte carlo yang bertujuan untuk menghasilkan fungsi respon detektor guna untuk mengetahui laju dosis neutron di ruang linac. Penelitian ini menggunakan aplikasi simulasi perangkat lunak kode monte carlo PHITS. Dengan memodelkan detektor neutron prescila terhadap energi penelitian ini menghasilkan data respon absolut dan dosis radiasi. Data ini digunakan untuk membentuk kurva fungsi respon detektor dan menghitung laju dosis radiasi sebelum dan sesudah pintu linac 15 MV. Dari simulasi didapatkan hasil simulasi fungsi respon detektor Prescila yang dihitung PHITS 3.17 lebih tinggi dibanding dengan Olsher (MCNP4C) sepanjang rentang energi maksimal sebesar 56% dan minimum sebesar 13%. Dari hasil simulasi ini dapat disimpulkan kecocokan yang baik telah diperoleh antara simulasi pekerjaan ini dengan literatur Olsher sehingga mempelajari karakterisasi respon prescila guna untuk dilakukan studi kasus sebelum dan sesudah pintu bunker linac 15 MV yang melibatkan energi neutron termal. Dimana nilai laju dosis hasil simulasi sesudah pintu bunker linac 15 MV tersebut terhitung melewati nilai batas dosis masyarakat yang diatur oleh PERKA BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwasanya terdapat keprihatinan pada perisai ruangan yang mana penelitian ini memberikan kontribusi mengevaluasi penerapan proteksi radiasi di ruang linac.

Kata kunci : Detektor prescila, Laju dosis neutron, *PHITS*

ABSTRACT

Fajrina, Marini Dwi, 2024. *Prescila Surveymeter Neutron Response Behind and Front Of The Linac 15 MV Bunker Door Using PHITS Simulation. Supervised by : Drs. Puji Hartoyo, M.Si., and Drs. Bunawas, APU.*

Neutron doses generated from Linac (Linear Accelerator) head components operated at more than 8 MV contribute additional neutron doses to patients, radiotherapy workers and pose a problem of room shielding dosimetry. To measure the risk of exposure, a dose meter is used. The neutron dose rate can be determined by measuring the radiation measuring instrument (AUR) before the AUR measurement is calibrated first but currently there is no calibration facility according to ISO 12789. Therefore, this research was conducted by calculating the numerical simulation method, namely the monte carlo code which aims to produce a detector response function to determine the neutron dose rate in the linac room. This research uses the PHITS monte carlo code software simulation application. By modeling the prescila neutron detector to energy, this research produces absolute response data and radiation dose. This data is used to form the detector response function curve and calculate the radiation dose rate before and after the 15 MV linac door. From the simulation, it was found that the simulation results of the Prescila detector response function calculated by PHITS 3.17 were higher than Olsher (MCNP4C) along the maximum energy range by 56% and minimum by 13%. From the results of this simulation, it can be concluded that a good match has been obtained between the simulation of this work and Olsher's literature so as to study the characterization of the prescila response in order to conduct a case study before and after the 15 MV linac bunker door involving thermal neutron energy. Where the simulated dose rate value after the 15 MV linac bunker door is calculated to exceed the community dose limit value regulated by PERKA BAPETEN. This shows that there is a concern about the shielding of the room which this research contributes to evaluating the application of radiation protection in the linac room.

Keywords: *Prescila detector, Neutron dose rate, PHITS*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
PERNYATAAN	iii
PELIMPAHAN HAK PUBLIKASI SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Landasan Teori.....	6
2.1.1 Radiasi.....	6
2.1.2 Neutron.....	6
2.1.3 Interaksi Neutron dengan Materi	6
2.1.4 Klasifikasi Neutron	9
2.1.5 Deteksi Neutron	10
2.1.6 Spektrum Neutron	14
2.1.7 Besaran Proteksi Radiasi.....	17
2.1.8 Surveymeter Neutron	19
2.1.8.1 Rem Meter Neutron Prescila	19
2.1.9 Keselamatan Radiasi	21
2.1.10 Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS).....	21

2.2. Hasil Penelitian Terkini.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Desain Penelitian	28
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.4. Metode Penelitian.....	29
3.4.1 Variabel Penelitian.....	29
3.4.2 Pengambilan Sampel Data.....	30
3.4.3 Metode Pengumpulan Data Sampel	33
3.4.4 Analisis Data Penelitian	33
3.4.5 Langkah Kerja Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah linac di Indonesia tahun 2018-2023.	1
Gambar 2. 1 (a) Hamburan elastis; (b) Hamburan inelastis.	7
Gambar 2. 2 Distribusi neutron termal, epitermal, dan cepat sebagai fungsi dari perubahan energi neutron.....	9
Gambar 2. 3 Reaksi penyerapan reaksi nuklir untuk deteksi slow neutron.....	11
Gambar 2. 4 Penampang lintang ^3He , ^{10}B dan ^6Li untuk peningkatan energi neutron. Semua penampang menunjukkan ketergantungan energi $1/v$	12
Gambar 2. 5 Penghalang primer dan sekunder.....	15
Gambar 2. 6 Spektrum neutron di Linac 10 dan 15 MV	16
Gambar 2. 7 Tampilan Rem meter neutron Prescila.....	20
Gambar 2. 8 Tim pengembangan PHITS.....	22
Gambar 2. 9 Fungsi respon relatif per satuan fluensi (dinormalisasi menjadi 2 MeV) sebagai fungsi energi neutron yang menggunakan perlakuan termal dan model Bertini Cascade	24
Gambar 2. 10 Hasil simulasi fungsi respon absolut WENDI-2.....	25
Gambar 2. 11 Hasil simulasi fungsi respon dosis WENDI-2 dibandingkan dengan konversi fluence-to- $H^*(10)$	26
Gambar 2. 12 Hasil simulasi studi kasus IBA Academy.....	26
Gambar 2. 13 Respon per unit fluence	27
Gambar 3. 1 Struktur detektor prescila (Proton Recoil Scintillator) (32).....	28
Gambar 3. 2 Hasil nilai respon absolut prescila pada simulasi PHITS (Sumber : Dokumen Pribadi).....	29
Gambar 3. 3 Geometri prescila dalam file input.....	30
Gambar 3. 4 Pemosisian jarak dan arah detektor terhadap sumber neutron monoenergi dalam simulasi tampak dalam 2 dimensi. (Sumber: Dokumen Pribadi).....	32
Gambar 3. 5 Ilustrasi pemosisian detektor prescila(34)	32
Gambar 3. 6 Diagram Langkah kerja penelitian.....	37
Gambar 4. 1 Kurva Fungsi Respon Detektor Prescila (simulasi PHITS).....	40
Gambar 4. 2 Perbandingan antara fungsi respon PHITS dan yang ditampilkan pada literatur Olsher	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat utama partikel neutron.....	6
Tabel 2. 2 Klasifikasi neutron.....	9
Tabel 2. 3 Data energi ambang foton beberapa inti atom.....	14
Tabel 2. 4 Perbandingan nilai fluks neutron di Linac 10 dan 15 MV.....	16
Tabel 2. 5 Faktor Bobot berbagai Jenis Radiasi (W_r).....	18
Tabel 2. 6 Faktor bobot jaringan (W_t).....	18
Tabel 4. 1 Respon Absolut detektor BPE terhadap energi neutron	38
Tabel 4. 2 Respon Absolut detektor ${}^6\text{Li}$ terhadap energi neutron.....	39
Tabel 4. 3 Respon Absolut detektor H-2 terhadap energi neutron	40
Tabel 4. 4 Laju Dosis Ekuivalen Ambien Linac 15 MV di Pusat Kanker Nayarit....	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Persebaran Pesawat Linac di Indonesia	47
Lampiran 2 : Input simulasi PHITS untuk respon absolut detektor terhadap energi neutron (sumber monoenergetik, setiap energi diubah pada input 'e0').....	48
Lampiran 3 : Lembar data hasil output simulasi fungsi respon absolut terhadap energi neutron	53
Lampiran 4 : Hasil perhitungan untuk respon absolut terhadap energi termal sampai 1 Mev yaitu penjumlahan total respon detektor BPE dan ${}^6\text{Li}$	55
Lampiran 5 : Hasil perhitungan untuk respon absolut terhadap energi cepat ($> 1 \text{ MeV}$) yaitu penjumlahan total respon detektor BPE dan H_2	56
Lampiran 6 : Data sekunder Spektrum Neutron di Bunker Linac 15 MV Pusat Kanker Nayarit	56
Lampiran 7 : Input simulasi PHITS untuk laju dosis neutron pada posisi di belakang pintu linac 15 MV	58
Lampiran 8 : Lembar data hasil output simulasi dan hasil perhitungan laju dosis pada posisi di belakang pintu linac 15 MV serta ketidakpastian	69
Lampiran 9 : Input simulasi PHITS untuk laju dosis neutron pada posisi di depan pintu linac 15 MV	69
Lampiran 10 : Lembar data hasil output dan hasil perhitungan simulasi laju dosis pada posisi di depan pintu linac 15 MV serta ketidakpastian	78
Lampiran 11 Besarnya selisih hasil simulasi PHITS dengan MCNP4C detektor PRESCILA.....	78