

**SKRIPSI**

**ESTIMASI PAPARAN RADIASI NEUTRON SELAMA  
KALIBRASI SURVEYMETER NEUTRON DENGAN SINETJA  
DIDALAM BUNKER MENGGUNAKAN SIMULASI PHITS**

*Neutron Radiation Exposure During Neutron Surveymeter Calibration With  
SINETJA Inside the Bunker Using PHITS*

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar**

**Sarjana Sains**



Oleh

**Krisna Dwi Cahyanto**

**197003516012**

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

**ESTIMASI PAPARAN RADIASI NEUTRON SELAMA KALIBRASI  
SURVEYMETER NEUTRON DENGAN SINETJA DIDALAM BUNKER  
MENGUNAKAN SIMULASI PHITS**

*Neutron Radiation Exposure During Neutron Surveymeter Calibration With SINETJA  
Inside the Bunker Using PHITS*



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

Oleh

**Krisna Dwi Cahyanto**  
**197003516012**

**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: **“Estimasi Paparan Radiasi Neutron Selama Kalibrasi Surveymeter Neutron Dengan SINETJA Didalam Bunker 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 mempertanggung jawabkannya dan diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sejujur-jujurnya.

Jakarta, 22 Februari 2024

Yang menyatakan



METERAI  
TEMPEL  
0E6ALX069025226

Krisna Dwi Cahyanto

19700351601

**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 prototypenya, yang berjudul: **“Estimasi Paparan Radiasi Neutron Selama Kalibrasi Surveymeter Neutron Dengan SINETJA Didalam Bunker 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

Krisna Dwi Cahyanto

197003516012

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**ESTIMASI PAPARAN RADIASI NEUTRON SELAMA KALIBRASI  
SURVEYMETER NEUTRON DENGAN SINETJA DIDALAM BUNKER**

**MENGGUNAKAN SIMULASI PHITS**

Ditulis dan dipersiapkan oleh:

**Krisna Dwi Cahyanto**

**197003516012**

Disetujui untuk diajukan pada sidang skripsi Program Studi Fisika Teknik dan Sains

22 Februari 2024

Disetujui oleh:

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Puji Hartoyo, M. Si**

**Drs. Bunawas, APU**

NIDN. 0328066102

NIP. 195608071986021001

Mengetahui

**Ketua Program Studi Fisika**



**Drs. Ari Mutanto, M.Pd**

NID. 0330076702

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**"ESTIMASI PAPARAN RADIASI NEUTRON SELAMA KALIBRASI  
SURVEYMETER NEUTRON DENGAN SINETJA DIDALAM BUNKER  
MENGUNAKAN PHITS"**

Ditulis oleh :

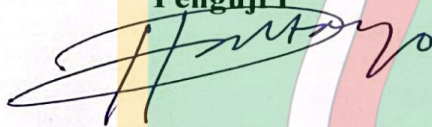
**Krisna Dwi Cahyanto**  
**197003516012**

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

**L U L U S**

Jakarta, 22 Februari 2024

**Ketua Dewan Penguji /  
Penguji I**



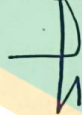
Drs. Puji Hartoyo, M. Si  
NIDN. 0328066102

**Penguji I**



Drs. Bunawas, APU  
NIP. 195608071986021001

**Penguji I**



Ni Larasari Kartika S, S.Pd., M.Si  
NIDN. 0323089001

**Penguji II**



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

**Penguji III**



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

## ABSTRAK

**Cahyanto, Krisna Dwi**, 2024. Estimasi Paparan Radiasi Neutron Selama Kalibrasi Surveymeter Neutron Dengan SINETJA Didalam Bunker Menggunakan Simulasi PHITS. Pembimbing : Drs. Puji Hartoyo, M.Si., dan Drs. Bunawas, APU

Estimasi radiasi neutron merupakan aspek penting dalam perancangan fasilitas nuklir, termasuk bunker SINETJA. Pengukuran langsung pada paparan neutron dapat membawa risiko keselamatan pekerja radiasi yang disebabkan oleh paparan radiasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan meminimalisir risiko paparan radiasi dengan cara mengetahui nilai paparan radiasi yang ada di dalam bunker SINETJA serta untuk mengetahui mayoritas jenis neutron yang dihasilkan oleh reaktor radiasi neutron didalam bunker untuk kepentingan kalibrasi alat. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan memanfaatkan perangkat lunak PHITS. Dengan memodelkan kondisi di dalam bunker SINETJA, penelitian ini menghasilkan data fluks dan laju dosis radiasi. Data ini digunakan untuk menghitung laju dosis radiasi di dalam bunker dan melakukan estimasi paparan radiasi yang mungkin diterima oleh pekerja radiasi. Simulasi menunjukkan hasil bahwa mayoritas paparan radiasi di dalam bunker SINETJA mayoritas berupa neutron cepat. Laju dosis radiasi yang dihitung dari simulasi didapati melewati nilai pembatas dosis yang ditetapkan oleh BAPETEN sebesar 0.0011 mSv/h. Hal ini menunjukkan adanya potensi risiko keselamatan yang perlu diperhatikan secara serius dalam operasional didalam bunker fasilitas kalibrasi SINETJA. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman tentang paparan radiasi neutron di dalam bunker SINETJA. Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan bahwa paparan radiasi yang dihasilkan pada fasilitas kalibrasi SINETJA mayoritas berupa neutron cepat dan paparan radiasi didalam bunker melewati nilai pembatas dosis yang ditentukan oleh BAPETEN. Solusi untuk penelitian ini merupakan perbaikan atau penambahan material berupa boron pada SINETJA dan efektif waktu kerja bagi pekerja radiasi didalam bunker SINETJA.

Kata kunci : PHITS, SINETJA, Laju paparan radiasi dosis neutron

## ABSTRACT

**Cahyanto, Krisna Dwi**, 2024. Estimation of Neutron Radiation Exposure During Neutron Surveymeter Calibration With SINETJA Inside Bunker Using PHITS Simulation. Supervisor: Drs Puji Hartoyo, M.Si. and Drs Bunawas, APU.

Neutron radiation estimation is an important aspect in the design of nuclear facilities, including SINETJA bunkers. Direct measurement on neutron exposure can bring radiation worker safety risks caused by radiation exposure. Therefore, this study aims to identify and minimise the risk of radiation exposure by knowing the value of radiation exposure in the SINETJA bunker and to determine the majority of neutron types produced by neutron radiation reactors in the bunker for the sake of tool calibration. This research was conducted in simulation by utilising PHITS software. By modelling the conditions inside the SINETJA bunker, this research produces flux data and radiation dose rate. This data is used to calculate the radiation dose rate inside the bunker and estimate the radiation exposure that may be received by radiation workers. The simulation shows the results that the majority of radiation exposure inside the SINETJA bunker is in the form of fast neutrons. The radiation dose rate calculated from the simulation was found to exceed the dose limiting value set by BAPETEN of 0.0011 mSv/h. This indicates a potential safety risk that needs to be taken seriously in operations within the SINETJA calibration facility bunker. This research contributes to the understanding of neutron radiation exposure in the SINETJA bunker. The conclusion of this study found that radiation exposure generated at the SINETJA calibration facility is mostly in the form of fast neutrons and radiation exposure in the bunker exceeds the dose limiting value determined by BAPETEN. The solution for this research is the improvement or addition of materials in the form of boron to SINETJA and effective working time for radiation workers in the SINETJA bunker.

Keywords: PHITS, SINETJA, Neutron dose radiation exposure rate



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “Estimasi Paparan Radiasi Neutron Selama Kalibrasi Surveymeter Neutron Dengan SINETJA Didalam Bunker Menggunakan Simulasi PHITS” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains/Teknik pada Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional. Dengan terselesaikannya skripsi ini penulis menyadari bahwa tanpa pengetahuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini sulit terrealisasikan dengan baik. Maka pada kesempatan ini izinkan penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih setinggi-tingginya kepada:

1. Keluarga terkasih yaitu Bapak, Ibu, dan Andrean yang selalu memberikan dorongan agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sampai akhir.
2. Bapak Drs. Bunawas, APU, selaku pembimbing dua dan pembimbing lapangan dari NuklindoLab yang telah membantu penulis mendapatkan tempat, bimbingan, dan data penelitian.
3. Bapak Rasito Tursinah, selaku pembimbing teknis dari PSTNT BATAN Bandung yang telah membantu penulis dalam memahami mekanisme aplikasi simulasi paparan radiasi yaitu PHITS.
4. Bapak Drs. Puji Hartoyo, M. Si, selaku pembimbing satu yang telah membantu penulis dalam mengarahkan skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Drs. Ari Mutanto, M. Pd selaku Kepala Program Studi Fisika Universitas Nasional yang memberi arahan dan masukan kepada penulis sampai di titik akhir skripsi.
6. Kepada Bapak / Ibu dosen dan semua staf dosen Program Studi Fisika atas jasa-jasanya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan lancar.
7. Marini Dwi Fajrina, selaku teman penelitian yang membantu saya saat penelitian hingga akhir penelitian.
8. Semua sahabat seperjuangan yang telah banyak memberikan semangat bagi penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan sesuai waktunya.

Semoga Tuhan memberkati kita semua dan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi.

Jakarta, 22 Februari 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PRAKTIK PLAGIARISME.....	i
PERNYATAAN <u>PELIMPAHAN HAK PUBLIKASI SKRIPSI</u> .....	ii
<u>HALAMAN PERSETUJUAN</u> .....	iii
<u>HALAMAN PENGESAHAN</u> .....	iv
<u>ABSTRAK</u> .....	v
<u>ABSTRACT</u> .....	vi
<u>KATA PENGANTAR</u> .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Radiasi.....	6
2.1.2 Neutron .....	6
2.1.3 Sumber Radiasi .....	7
2.1.3.1 Akselerator Partikel .....	7
2.1.3.2 Radioisotop.....	8
2.1.3.3 Reaktor Nuklir .....	9
2.1.4 Interaksi Neutron Dengan Material.....	9
2.1.4.1 Reaksi Hamburan ( <i>Scattering</i> ) .....	10

2.1.4.2 Reaksi Tangkapan ( <i>Capture</i> ) .....	11
2.1.5 Klasifikasi Neutron .....	13
2.1.6 Dosimetri Radiasi Neutron.....	14
2.1.7 Deteksi Radiasi.....	16
2.1.8 Neutron Termalisasi .....	18
2.1.9 Kalibrasi Surveimeter Neutron.....	19
2.1.10 Proteksi Radiasi .....	20
2.1.10.1 Besaran Proteksi Radiasi.....	22
2.1.11 <i>Americium Beryllium</i> .....	23
2.1.12 <i>Particle and Heavy Ion Transport Code System</i> .....	25
2.2 Tinjauan Penelitian / Hasil Penelitian Terkini.....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Desain Penelitian.....	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.3.1 Perangkat Lunak .....	29
3.3.2 Perangkat Keras .....	29
3.4 Metode Penelitian.....	30
3.4.1 Variabel Penelitian .....	30
3.4.1.1 Variable Bebas .....	30
3.4.1.2 Variabel Terikat.....	30
3.4.2 Metode Pengambilan Data.....	30
3.4.3 Analisis Data Penelitian.....	33
3.4.3.1 Metode Pengumpulan Data.....	33
3.4.3.2 Analisa Data.....	33
3.5 Langkah Kerja Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan .....	42

5.2 Saran ..... 42

**DAFTAR PUSTAKA ..... 43**

**LAMPIRAN..... 47**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Pemanfaatan Tenaga Nuklir Bidang Industri Di Indonesia.....	1
Gambar 1.2 Peta Pemanfaatan Tenaga Nuklir Bidang Kesehatan Di Indonesia.....	2
Gambar 2.1 Hasil fisi $^{233}\text{U}$ dan $^{235}\text{U}$ .....	9
Gambar 2.2 (a) Hamburan elastis; (b) Hamburan inelastic .....	10
Gambar 2.3 Distribusi neutron termal, epitermal, dan cepat sebagai fungsi dari perubahan energi neutron .....	13
Gambar 2.4 Prinsip Deteksi Radiasi Detektor Recoil.....	18
Gambar 2.5 Penyerapan neutron pada moderator.....	19
Gambar 2.6 Metode kalibrasi alat ukur radiasi.....	20
Gambar 2.7 Desain Sumber Neutron Am-Be .....	24
Gambar 2.8 Medium Kapsul Sumber Am-be .....	24
Gambar 2.9 Sumber Am-Be yang dienkapsulasi.....	24
Gambar 2.10 peluruhan <i>Americium-241</i> .....	25
Gambar 2.11 Pengembang Aplikasi PHITS.....	26
Gambar 3.1 Desain SINETJA.....	31
Gambar 3.2 Geometri Desain Bunker SINETJA.....	31
Gambar 3.3 Simulasi dua dimensi dengan pancaran sumber neutron multienergi dalam bunker saat pintu bunker tertutup.....	32
Gambar 3.4 Simulasi dua dimensi dengan pancaran sumber neutron multienergi dalam bunker saat pintu bunker terbuka.....	32

Gambar 3.5 Diagram Langkah Kerja Penelitian.....36

Gambar 4.1 Kurva Nilai Laju Dosis Radiasi Pintu Tertutup SINETJA.....40

Gambar 4.2 Kurva Nilai Laju Dosis Radiasi Pintu Terbuka SINETJA .....41



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat utama partikel neutron .....	7
Tabel 2.2 Karakteristik <i>californium-252</i> .....	8
Tabel 2.3 Karakteristik <i>americium-241</i> .....	8
Tabel 2.4 Klasifikasi energi neutron .....	14
Tabel 2.5 Nilai Kualitas Faktor Bobot Neutron .....	15
Tabel 2.6 Nilai Batas Dosis .....	21
Tabel 4.1 Hasil Nilai Simulasi SINETJA Saat Pintu Reaktor Tertutup .....	37
Tabel 4.2 Hasil Nilai Simulasi SINETJA Saat Pintu Reaktor Terbuka .....	38
Tabel 4.3 Hasil Nilai Laju Dosis Radiasi Dalam Keadaan Pintu Tertutup SINETJA .....	40
Tabel 4.4 Hasil Nilai Laju Dosis Radiasi Dalam Keadaan Pintu Terbuka SINETJA .....	40





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil data simulasi .....	47
Lampiran 2 : Penyangga Berbahan <i>Stainless steel</i> tipe 304L.....	47
Lampiran 3 : bunker SINETJA .....	48
Lampiran 4 : dinding paraffin .....	48
Lampiran 5 : Moderator politilen.....	48
Lampiran 6 : Kamera dalam bunker .....	49
Lampiran 7 : Reaktor neutron .....	49
Lampiran 8 : Nilai Paparan Dosis Didalam Bunker SINETJA Terhadap Pekerja Radiasi	50
Lampiran 9 : Running PHITS Simulasi SINETJA dengan nilai number of history sebesar 10 juta .....	51
Lampiran 10 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka .....	51
Lampiran 11 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup.....	52
Lampiran 12 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka.....	52
Lampiran 13 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka.....	53
Lampiran 14 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka .....	53

Lampiran 15 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup..... 54

Lampiran 16 : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka..... 54

Lampiran 17 : : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Termal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup ..... 55

Lampiran 18 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka ..... 55

Lampiran 19 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup..... 56

Lampiran 20 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka..... 56

Lampiran 21 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup ..... 57

Lampiran 22 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka ..... 57

Lampiran 23 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup..... 58

Lampiran 24 : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka..... 58

Lampiran 25 : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Epitermal di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup ..... 59

Lampiran 26 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka ..... 59



Lampiran 27 : Hasil Data Dosis Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup.....	60
Lampiran 28 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka.....	60
Lampiran 29 : Hasil Data Spektrum Dosis Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup .....	61
Lampiran 30 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka .....	61
Lampiran 31 : Hasil Data Fluks Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup.....	62
Lampiran 32 : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Terbuka.....	62
Lampiran 33 : Hasil Data Spektrum Fluks Dari Simulasi Fasilitas Cepat di Bunker SINETJA Dalam Keadaan Pintu Bunker Tertutup .....	63



## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan / Arti
SINETJA	Simulasi Neutron di Tempat Kerja
BAPETEN	Badan Pengawas Tenaga Nuklir
$^{241}\text{AmBe}$	<i>Americium-Beryllium</i>
Tc-99m	<i>Technetium-99m</i>
PERKABATETEN	Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir
ISO	<i>International Standardization Organization</i>
IAEA	International Atomic Energy Agency
barn	Satuan luas penampang yang bernilai $10^{-28} \text{ m}^2$ (atau $100 \text{ fm}^2$ )
$\gamma$	<i>Gamma</i>
MeV	<i>Mega elektron volt</i>
$^{137}\text{Cs}$	<i>Cesium-137</i>
keV	<i>kiloelectronvolts</i>
$\bar{E}$	Energi rata-rata setara dosis ambien neutron
$\bar{h}_\phi$	Pengaruh terhadap koefisien konversi setara dosis
MAXED	<i>Maximum Entropy Deconvolution</i>
FRUIT	<i>Frascati Unfolding Interactive Tool</i>
BSS	<i>Bonner Sphere Spectrometer</i>
SSS	<i>Single Sphere Spectrometer</i>
HASS	<i>High Activity Sealed Source</i>
PGNAA	<i>Prompt Gamma Neutron Activation Analysis</i>

MBq	<i>Megabecquerel</i>
GBq	<i>Gigabecquere</i>
mCi	<i>MicroCurie</i>
Ci	<i>Curie</i>
<sup>241</sup> Am	<i>Amerisium-241</i>
$dE_{tr}$	jumlah energi kinetik
K	<i>Kerma</i>
Gy	<i>Gray</i>
$J kg^{-1}$	<i>Joule kilogram<sup>-1</sup></i>
GEANT4	<i>GEometry ANd Tracking version 4</i>
MCNPX	<i>Monte Carlo N-Particle Transport</i>
MARS	<i>Multi-dimensional Analysis of Reactor Safety</i>
FLUKA	<i>FLUktuierende KAskade atau fluctuating cascade</i>
MCNP6	<i>Monte Carlo N-Particle Transport Version 6</i>
NMTC/JAM	<i>High energy particle transport code</i>
HETC-CYRIC	<i>The High Energy Transport Code – Human Exploration and Development of Space</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Interchange Information</i>
GG	<i>general geometry</i>
CG	<i>combinatorial geometry</i>
DPA	<i>displacement per atom</i>
mrem	<i>milirem</i>
D20	<i>Air Berat</i>
<sup>252</sup> Cf	<i>Californium-252</i>
<sup>42</sup> Cm	<i>Curium-42</i>

$^{210}\text{Po}$	<i>Polonium-210</i>
$^{239}\text{Pu}$	<i>Plutonium-239</i>
$^{226}\text{Ra}$	<i>Isotop radium</i>
$^{233}\text{U}$	<i>Uranium-233</i>
$^{235}\text{U}$	<i>Uranium-235</i>
$^3\text{He}$	<i>Helium-3</i>
$\text{Bf}_3$	<i>Boron trifluoride 3</i>
$^6\text{Li}$	<i>Lithium-6</i>

