



# **ANALISIS PARTIKEL SEKUNDER PERISAI RADIASI PROTON BERENERGI 20, 40, DAN 60 MEV PADA SATELIT CUBESAT DENGAN SIMULASI MONTE CARLO**

**MUHAMMAD VITRO RAMADHAN**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



### *@Hak cipta milik 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.

## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Partikel Sekunder Perisai Radiasi Proton Berenergi 20, 40, dan 60 MeV pada Satelit Cubesat dengan Simulasi Monte Carlo” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Maret 2026

Muhammad Vitro Ramadhan  
G7401201063

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





### @Hak cipta milik 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.

## ABSTRAK

MUHAMMAD VITRO RAMADHAN. Analisis Partikel Sekunder Perisai Radiasi Proton Berenergi 20, 40, dan 60 MeV pada Satelit Cubesat dengan Simulasi Monte Carlo. Dibimbing oleh SITTI YANI dan TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

Radiasi kosmik di luar angkasa terdiri dari partikel berenergi tinggi yang berpotensi merusak komponen satelit. Perlindungan terhadap radiasi diperlukan melalui perisai dengan material dan konfigurasi yang tepat. Penelitian ini menganalisis distribusi partikel sekunder yang terbentuk akibat interaksi proton dengan perisai satelit menggunakan metode simulasi Monte Carlo berbasis perangkat lunak *Particle and Heavy Ion Transport code System* (PHITS). Model satelit yang digunakan berupa CubeSat dengan perisai setebal 5 mm berbahan aluminium alloy 6061-O, serta variasi konfigurasi dua lapis dengan tambahan polyethylene (PE) dan timbal (Pb). Simulasi dilakukan dengan sumber proton berenergi 20 MeV, 40 MeV, dan 60 MeV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perisai aluminium tunggal mampu menahan proton primer, namun menghasilkan partikel sekunder berupa elektron, foton, dan neutron dengan intensitas signifikan. Penambahan lapisan PE 1 mm tidak efektif dalam mereduksi fluks partikel sekunder karena interaksi neutron berenergi tinggi dengan hidrogen dalam PE justru meningkatkan produksi foton sekunder. Sebaliknya, lapisan Pb 1 mm terbukti lebih efektif dalam menurunkan fluks elektron dan foton, meskipun terjadi sedikit peningkatan fluks neutron. Analisis dosis serap menunjukkan bahwa variasi material dan energi sumber radiasi berpengaruh terhadap fluks serta distribusi radiasi yang diterima komponen satelit

Kata kunci: radiasi kosmik, partikel sekunder, perisai satelit, monte carlo, PHITS



## ABSTRACT

MUHAMMAD VITRO RAMADHAN. Analysis of Secondary Particles from 20, 40, and 60 MeV Proton Radiation Shielding on a CubeSat Satellite Using Monte Carlo Simulation. Supervised by SITTI YANI and TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

Cosmic radiation in outer space consists of high-energy particles that can damage satellite components. Effective protection requires shielding materials and configurations that minimize radiation exposure. This study analyzes the distribution of secondary particles generated by proton interactions with satellite shielding using the Monte Carlo simulation method implemented in the Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS). The satellite model employed is a CubeSat with a 5 mm shield made of aluminum alloy 6061-O, with additional multilayer configurations using polyethylene (PE) and lead (Pb). Proton sources with energies of 20 MeV, 40 MeV, and 60 MeV were simulated. The results show that a single aluminum shield effectively blocks primary protons but produces significant secondary particles, including electrons, photons, and neutrons. The addition of a 1 mm PE layer was not effective in reducing secondary flux, as high-energy neutrons interacting with hydrogen in PE increased photon production. In contrast, a 1 mm Pb layer reduced electron and photon fluxes, respectively, although neutron flux slightly increased. Absorbed dose analysis confirmed that both shielding material and proton energy strongly influence flux and radiation distribution within satellite components.

**Keywords:** cosmic radiation, secondary particles, satellite shielding, monte carlo, PHITS

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

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.





**@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.

# **ANALISIS PARTIKEL SEKUNDER PERISAI RADIASI PROTON BERENERGI 20, 40, DAN 60 MEV PADA SATELIT CUBESAT DENGAN SIMULASI MONTE CARLO**

**MUHAMMAD VITRO RAMADHAN**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

@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.



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.

**Tim penguji pada Ujian Skripsi:**

1. **Dr. Faozan, S.Si., M.Si.**
2. **Nur Aisyah Nuzulia, S.Si., M.Si.**

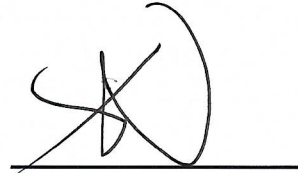
Judul Skripsi : Analisis Partikel Sekunder Perisai Radiasi Proton Berenergi 20, 40, dan 60 MeV pada Satelit Cubesat dengan Simulasi Monte Carlo

Nama : Muhammad Vitro Ramadhan

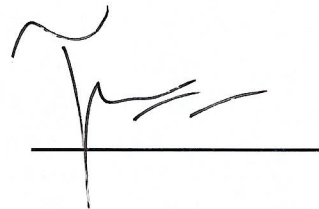
NIM : G7401201063

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si.  
NIP 198606242019032019



Pembimbing 2:  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita,  
S.Si., M.Si.  
NIP 198606242019032019



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:  
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.  
NIP 196809161994031001



Tanggal Ujian: 12 Maret 2026

Tanggal Lulus:



### @Hak cipta milik 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.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Partikel Sekunder Perisai Radiasi Proton Berenergi 20, 40, dan 60 MeV pada Satelit dengan Simulasi Monte Carlo”. Proses penulisan skripsi ini sama sekali bukan tanpa hambatan. Banyak kesulitan, keluh kesah, dan keraguan pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Mama dan papa tersayang, Ibu Sri Rahayu dan Bapak Agus Sucahya, yang selalu mendukung dan mendoakan saya selama proses penelitian yang dilakukan.
2. Ibu Dr. Sitti Yani, S.Si, M.Si. dan Bapak Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu penulis dalam menyusun skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan staff Departemen Fisika yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
4. Nia yang selalu menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian, serta menjadi tempat berkeluh kesah selama penulis menyelesaikan skripsi.
5. Trio, Tomy, Halim, serta teman-teman seperbimbingan yang menjadi tempat berdiskusi dan saling bantu selama penelitian.
6. Teman-teman di fisika 57 dan 56 yang telah menemani masa perkuliahan penulis.
7. Serta seluruh pihak lainnya yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga karya tulis ini bermanfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 12 Maret 2026

*Muhammad Vitro Ramadhan*





### @Hak cipta milik 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.

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xv
I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Sumber Radiasi Kosmik .....	4
2.1.1 <i>Galactic Cosmic Rays</i> .....	4
2.1.2 <i>Solar Particle Events</i> .....	4
2.1.3 <i>Van Allen Belt</i> .....	5
2.2 Efek Radiasi pada Satelit .....	5
2.3 Proteksi Radiasi .....	5
2.4 Monte Carlo .....	6
2.5 PHITS .....	6
III METODE .....	7
3.1 Waktu dan <i>Tempat</i> .....	7
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	7
3.3 Prosedur Penelitian .....	7
3.3.1 Pembuatan Geometri .....	7
3.3.2 Persiapan Simulasi .....	8
3.3.3 Parameters .....	8
3.3.4 Source.....	8
3.3.5 Material .....	8
3.3.6 Tally.....	9
3.4 Analisis Data .....	9
3.4.1 <i>Track.out</i> .....	9
3.4.2 <i>Deposit.out</i> .....	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	10
4.1 Fluks Partikel .....	10
4.1.1 Variasi Material .....	10
4.1.2 Variasi Energi .....	15



4.2 Dosis Serap.....	18
4.2.1 Variasi Material.....	18
4.2.2 Variasi Energi.....	23
V SIMPULAN DAN SARAN.....	25
5.1 Simpulan.....	25
5.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA.....	26

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
@Hak cipta milik IPB University

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 GAMBAR

1	Ilustrasi paparan radiasi pada satelit di luar angkasa (ESA 2012) .....	1
2	Ilustrasi satelit CubeSat di luar angkasa.....	4
3	Ilustrasi proteksi radiasi menggunakan perisai radiasi.....	5
4	Model geometri satelit cubesat.....	7
5	Distribusi fluks partikel proton (a), elektron (b), foton (c), dan neutron (d) dengan perisai aluminium alloy sumber energi 20 MeV.....	11
6	Distribusi fluks proton (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV.....	12
7	Distribusi fluks elektron (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV .....	12
8	Distribusi fluks foton (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV.....	13
9	Distribusi fluks neutron (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV.....	14
10	Distribusi dosis partikel proton (a), elektron (b), foton (c), dan neutron (d) dengan perisai aluminium alloy sumber energi 20 MeV.....	19
11	Distribusi dosis proton (a) perisai A, (b) perisai B, (c) perisai C sumber energi 20 MeV.....	19
12	Distribusi dosis elektron (a) perisai A, (b) perisai B, (c) perisai C sumber energi 20 MeV.....	20
13	Distribusi fluks foton (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV.....	21
14	Distribusi fluks neutron (a) perisai Al alloy, (b) perisai Al alloy + PE, (c) perisai Al alloy + Pb sumber energi 20 MeV .....	21

## DAFTAR TABEL

1	Komposisi material perisai.....	8
2	Konfigurasi perisai variasi material .....	9
3	Perbandingan fluks partikel pada variasi material dengan tebal 5 mm dengan energi sumber 20 MeV .....	14
4	Perbandingan fluks partikel pada variasi energi sumber radiasi 20 MeV, 40 MeV, dan 60 MeV .....	16
5	Perbandingan jumlah dosis serap pada variasi material dengan tebal 5 mm dengan energi sumber 20 MeV.....	22
6	Perbandingan jumlah dosis serap pada variasi energi 20 MeV, 40 MeV, dan 60 MeV.....	23

