



ANALISIS EFEKTIVITAS MATERIAL KOMPOSIT SEBAGAI PERISAI RADIASI PROTON PADA SATELIT MENGUNAKAN SIMULASI PHITS

SITI KARMILAH SYAHRI FARTINI



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

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

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 Efektivitas Material Komposit sebagai Perisai Radiasi Proton pada Satelit menggunakan Simulasi PHITS” 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, Juni 2026

Siti Karmilah Syahri Fartini
G7401221015

- 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

SITI KARMILAH SYAHRI FARTINI. Analisis Efektivitas Material Komposit sebagai Perisai Radiasi Proton pada Satelit menggunakan Simulasi PHITS. Dibimbing oleh SITTI YANI dan POKI AGUNG BUDIANTORO.

Satelit di orbit rendah hingga geostasioner terpapar radiasi proton dari sabuk Van Allen dan partikel energetik matahari yang dapat merusak komponen elektronik. Penelitian ini bertujuan menilai efektivitas material tunggal dan komposit sebagai perisai radiasi proton menggunakan simulasi Monte Carlo dengan perangkat lunak *Particle and Heavy Ion Transport code System* (PHITS). Material yang diuji meliputi Graphene, SiO₂, hBN, dan Al₂O₃ pada geometri perisai 10 cm × 10 cm × 0,5 cm dengan variasi energi 25 MeV dan 50 MeV. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh material mampu menghentikan proton secara sempurna pada energi 25 MeV, sedangkan pada energi 50 MeV proton menembus seluruh lapisan perisai. Pada variasi material tunggal, SiO₂ unggul dalam kemampuan penyerapan proton dengan stopping power tertinggi (10.001.436 partikel tertahan), sedangkan Graphene unggul dalam meminimalkan kebocoran radiasi sekunder dengan neutron terendah (1.621 partikel) dan foton terendah (86.504 partikel). Pada variasi komposisi, komposit Al₂O₃/SiO₂ rasio 70/30 terbukti paling efektif menekan produksi dan kebocoran neutron sekunder dibandingkan rasio 80/20 dan 90/10. Pemilihan material dan rasio komposit yang optimal perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik misi, namun komposit Al₂O₃/SiO₂ rasio 70/30 direkomendasikan sebagai perisai radiasi yang efektif dan ringan untuk aplikasi satelit.

Kata kunci: material komposit, perisai radiasi, PHITS, proton

ABSTRACT

SITI KARMILAH SYAHRI FARTINI. Analysis of the Effectiveness of Composite Materials as Proton Radiation Shields on Satellites using PHITS Simulations. Supervised by SITTI YANI and POKI AGUNG BUDIANTORO.

Satellites in low Earth to geostationary orbits are exposed to proton radiation from the Van Allen belts and high-energy particles from the Sun, which can damage electronic components. This study aims to evaluate the effectiveness of single and composite materials as proton radiation shields using Monte Carlo simulations with the Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) software. The materials tested include graphene, SiO₂, hBN, and Al₂O₃ in a shield geometry of 10 cm × 10 cm × 0.5 cm with energy variations of 25 MeV and 50 MeV. Simulation results show that SiO₂ excels in stopping power (10,001,436 particles absorbed), while graphene excels in minimizing secondary radiation leakage with the lowest number of neutrons (1,621 particles) and photons (86,504 particles). The Al₂O₃/SiO₂ composite with a 70/30 ratio proved to be the most effective in suppressing secondary neutron production. SiO₂ and graphene are recommended as preferred materials, and the 70/30 composite as an effective and lightweight radiation shield for satellite applications.

Keywords: composite material, PHITS, proton, radiation shield



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, tahun 2026¹
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.

ANALISIS EFEKTIVITAS MATERIAL KOMPOSIT SEBAGAI PERISAI RADIASI PROTON PADA SATELIT MENGUNAKAN SIMULASI PHITS

SITI KARMILAH SYAHRI FARTINI

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 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Husin Alatas, S.Si, M.Si.**
- 2 Dr. Mersi Kurniati S.Si., M.Si.**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

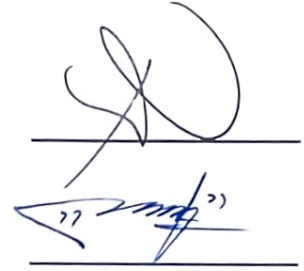
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Analisis Efektivitas Material Komposit sebagai Perisai Radiasi
Proton pada Satelit menggunakan Simulasi PHITS
Nama : Siti Karmilah Syahri Fartini
NIM : G7401221015

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Poki Agung Budiantoro, S.T., M.T.
NIP. 198108092008011008



Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian: 15 Juni 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian dengan judul “Analisis Efektivitas Material Komposit Sebagai Perisai Radiasi Proton pada Satelit Menggunakan Simulasi PHITS”. Usulan penelitian ini diajukan sebagai persyaratan untuk melakukan penelitian tugas akhir di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Ibu Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si. selaku pembimbing utama dan Bapak Poki Agung Budiantoro, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberi dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian ini. Selain itu, terima kasih kepada Pondok Inspirasi telah menjadi tempat bertumbuh dan berkembang, member JUARA, teman dekat dan Fisika angkatan 59 serta seluruh civitas akademika Fisika IPB yang selalu memberikan perhatian, dorongan dan motivasi yang menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat dilaksanakan sesuai dengan yang diharapkan dan memberikan hasil penelitian yang bermanfaat.

Bogor, Juni 2026

Siti Karmilah Syahri Fartini

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Perisai Radiasi	3
2.2 Proton	3
2.3 Interaksi Proton dengan Materi	4
2.4 Material Komposit	5
2.5 Monte Carlo	8
2.6 PHITS	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.4 Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Variasi Energi	11
4.2 Variasi Material	14
4.3 Variasi Komposisi Material	16
V SIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Simpulan	20
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	37

DAFTAR TABEL

1	Densitas dan daya henti material	5
2	Jumlah fluks proton pada variasi komposisi material komposit	17

DAFTAR GAMBAR

	Interaksi proton dengan materi meliputi (a) eksitasi dan ionisasi (b) pembelokan arah proton (c) pemancaran partikel sekunder atau foton	4
	Desain simulasi	9
	Perbandingan fluks proton pada material Al_2O_3 variasi energi (a) 25 MeV dan (b) 50 MeV	12
	Perbandingan produksi partikel sekunder pada material Al_2O_3 variasi energi 25 MeV dan 50 MeV	12
	Perbandingan produksi partikel sekunder pada variasi material	15
	Perbandingan produksi partikel sekunder pada variasi komposisi material	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Perbandingan fluks variasi energi pada variasi material	28
2	Perbandingan nilai fluks variasi energi pada variasi material	29
3	Perbandingan produk partikel sekunder variasi energi pada variasi material	30
4	Perbandingan stop partikel variasi energi pada variasi material	31
5	Perbandingan tingkat kebocoran partikel variasi energi pada variasi material	32
6	Perbandingan fluks komposisi material	33
7	Perbandingan produk partikel sekunder komposisi material	34
8	Perbandingan stop partikel sekunder komposisi material	35
9	Perbandingan tingkat kebocoran partikel sekunder komposisi material	36