



ANALISIS PENGARUH LOGAM TANAH JARANG PADA BETON SEBAGAI PERISAI RADIASI ION KARBON MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO

TRIO SELLIN NUR KHOLIS



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PEGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

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 Pengaruh Logam Tanah Jarang pada Beton sebagai Perisai Radiasi Ion Karbon Menggunakan 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, November 2024

Trio Sellin Nur Kholis
G7401201061

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 mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

TRIO SELLIN NUR KHOLIS. Analisis Pengaruh Logam Tanah Jarang pada Beton sebagai Perisai Radiasi Ion Karbon Menggunakan Simulasi Monte Carlo. Dibimbing oleh R. TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA dan SITI YANI.

Terapi ion karbon saat ini banyak dikembangkan di dunia karena memiliki tingkat kesembuhan pasien yang tinggi. Dinding ruangan instalasi terapi ini memerlukan material perisai radiasi yang menjamin ion karbon tidak dapat keluar dari ruangan instalasi tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh energi, ketebalan, dan persentase penambahan logam tanah jarang pada material perisai radiasi berbahan beton. Analisis ini menggunakan simulasi Monte Carlo dengan perangkat lunak *Particle and Heavy Ion Transport code System* (PHITS). Material perisai radiasi yang digunakan berupa beton yang ditambahkan logam tanah jarang seperti Cerium, Lantanum, Neodium, dan Itrium. Variasi persentase penambahan logam tanah jarang pada material perisai radiasi sebesar 2%, 5%, dan 10%. Adapun variasi energi ion karbon yang digunakan yaitu 50 MeV/u dan 100 MeV/un serta variasi ketebalan material yang digunakan, yaitu 5 cm, 15 cm, dan 30 cm. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa ion karbon dapat teratenuasi sepenuhnya. Namun, interaksi ion karbon dengan materi menghasilkan partikel sekunder yang tidak diinginkan, seperti proton, neutron, foton, dan elektron. Beton yang ditambahkan neodium 10% adalah bahan yang paling baik sebagai material perisai radiasi karena jumlah fluks partikel primer dan sekunder paling rendah dibandingkan dengan variasi material perisai lainnya.

Kata kunci: Ion Karbon, Logam Tanah Jarang, Monte Carlo, Perisai Radiasi, PHITS

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 mengujikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

TRIO SELLIN NUR KHOLIS. Analysis of the Effect of Rare Earth Metals on Concrete as a Carbon Ion Radiation Shield Using Monte Carlo Simulation. Supervised by R. TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA and SITI YANI.

Carbon ion therapy is currently widely developed in the world because it has a high patient recovery rate. The walls of this therapy installation room require a radiation shielding material that ensures carbon ions cannot leave the installation room. Therefore, this study aims to analyse the effect of energy, thickness, and percentage of rare earth metal addition on concrete-based radiation shielding material. This analysis uses Monte Carlo simulation with Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) software. The radiation shielding material used is concrete with rare earth metals such as Cerium, Lanthanum, Neodymium, and Itrium added. The percentage variation of rare earth metal addition to radiation shielding material is 2%, 5%, and 10%. The variation of carbon ion energy used is 50 MeV/u and 100 MeV/u and the variation of material thickness used, namely 5 cm, 15 cm, and 30 cm. The results obtained show that carbon ions can be fully attenuated. However, the interaction of carbon ions with the material produces unwanted secondary particles, such as protons, neutrons, photons, and electrons. Concrete added with 10% neodymium is the best material as a radiation shielding material because the amount of primary and secondary particle flux is the lowest compared to other shielding material variations.

Keywords: Carbon Ion, Monte Carlo, PHITS, Radiation Shielding, Rare Earth Metal



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 2024¹
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 PENGARUH LOGAM TANAH JARANG PADA BETON SEBAGAI PERISAI RADIASI ION KARBON MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO

TRIO SELLIN NUR KHOLIS

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

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PEGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

IPB University

Tim Pengaji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Faozan, S.Si., M.Si.
2. Nur Aisyah Nuzulia, 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 Pengaruh Logam Tanah Jarang pada Beton sebagai Perisai Radiasi Ion Karbon Menggunakan Simulasi Monte Carlo
Nama : Trio Sellin Nur Kholis
NIM : G7401201061

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya
Puspita, S.Si., M.Si.
NIP. 197205191997021001

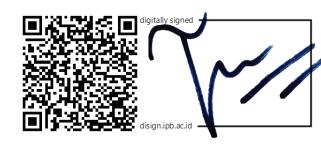


Pembimbing 2:
Dr. Sitti Yani S.Si., M.Si
NIP. 198606242019032019



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita,
S.Si., M.Si.
NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian: 29 November 2024

Tanggal Lulus:

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 mengujikan 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 subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul "Analisis Pengaruh Logam Tanah Jarang pada Beton sebagai Perisai Radiasi Ion Karbon Menggunakan Simulasi Monte Carlo" dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai persyaratan untuk kelulusan dan mendapat gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada:

1. Bapak Sumarsono dan Ibu Sumiatun selaku orang tua dari penulis, serta kakak-kakak penulis yang telah memberikan dukungan, do'a, kasih yang tak pernah henti.
2. Bapak Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Sitti Yani S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi arahan, waktu, semangat, dan kesabaran selama pelaksanaan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Faozan, S.Si., M.Si. dan Ibu Nur Aisyah Nuzulia, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Seluruh dosen Departemen Fisika yang selama empat tahun memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis serta kepada seluruh teknisi dan staff akademik yang telah membantu dan memberi banyak informasi selama perkuliahan.
5. Seluruh mahasiswa Departemen Fisika Angkatan 57 yang telah menjadi rekan untuk menemani selama masa perkuliahan.
6. Seluruh teman-teman Gasisma (Keluarga Mahasiswa Madura) 57.
7. Maul, Tomy, Vitro, Halim, dan teman-teman satu bimbingan lainnya yang telah menemani penulis selama penelitian.
8. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih. Mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan yang terdapat dalam penulisan ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, November 2024

Trio Sellin Nur Kholis

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 TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Ion Karbon	3
2.2 Interaksi Ion Karbon dengan Materi	3
2.3 Perisai Radiasi	4
2.4 Logam Tanah Jarang	4
2.5 Monte Carlo	6
2.6 PHITS	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Analisis Data	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Pengaruh Variasi Energi	10
4.2 Pengaruh Variasi Ketebalan Perisai	13
4.3 Pengaruh Penambahan Logam Tanah Jarang pada Beton	18
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
RIWAYAT HIDUP	26

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.



1 2 3 *Hak cipta milik IPB University*

1	Densitas variasi material beton yang ditambah LTJ	8
2	Perbandingan fluks partikel sekunder pada variasi energi	11
3	Perbandingan fluks proton, neutron, foton dan elektron pada variasi ketebalan	14
4	Perbandingan fluks proton pada variasi penambahan LTJ dengan energi 100 MeV/u dan ketebalan 30 cm	19
5	Perbandingan fluks neutron pada variasi penambahan LTJ dengan energi 100 MeV/u dan ketebalan 30 cm	19
6	Perbandingan fluks foton pada variasi penambahan LTJ dengan energi 100 MeV/u dan ketebalan 30 cm	20
7	Perbandingan fluks elektron pada variasi penambahan LTJ dengan energi 100 MeV/u dan ketebalan 30 cm	20

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 mengugikan kepentingan yang wajar IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Desain Simulasi	7
2	Perbandingan distribusi fluks ion karbon pada variasi energi (a) 50 MeV/u dan (b) 100 MeV/u	11
3	Perbandingan distribusi fluks proton akibat energi ion karbon (a) 50 MeV/u dan (b) 100 MeV/u	12
4	Perbandingan distribusi fluks neutron akibat energi ion karbon (a) 50 MeV/u dan (b) 100 MeV/u	12
5	Perbandingan distribusi fluks foton akibat energi ion karbon (a) 50 MeV/u dan (b) 100 MeV/u	12
6	Perbandingan distribusi fluks elektron akibat energi elektron (a) 50 MeV/u dan (b) 100 MeV/u	13
7	Perbandingan distribusi fluks ion karbon pada variasi ketebalan (a) 5 cm, (b) 15 cm, (c) 30 cm	14
8	Perbandingan distribusi fluks proton pada variasi ketebalan (a) 5 cm, (b) 15 cm, (c) 30 cm	15
9	Perbandingan distribusi fluks neutron pada variasi ketebalan (a) 5 cm, (b) 15 cm, (c) 30 cm	16
10	Perbandingan distribusi fluks foton pada variasi ketebalan (a) 5 cm, (b) 15 cm, (c) 30 cm	17
11	Perbandingan distribusi fluks elektron pada variasi ketebalan (a) 5 cm, (b) 15 cm, (c) 30 cm	18