



## ANALISIS PENINGKATAN SUHU PLASMA UNTUK REAKSI FUSI D-T PADA TOKAMAK DENGAN PEMANASAN OHMIK

**DELVIA HARDANINGSIH**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN 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.



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 Peningkatan Suhu Plasma untuk Reaksi Fusi D-T pada Tokamak dengan Pemanasan Ohmik” 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, Agustus 2024

Delvia Hardaningsih  
G7401201021

- 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 mengurangi 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.



## ABSTRAK

DELVIA HARDANINGSIH. Analisis Peningkatan Suhu Plasma untuk Reaksi Fusi D-T pada Tokamak dengan Pemanasan Ohmik. Dibimbing oleh ABD DJAMIL HUSIN dan AGUS KARTONO

Reaksi fusi terkendali atau termonuklir terkendali merupakan reaksi penggabungan dua inti atom ringan menjadi inti atom yang lebih berat dengan melepaskan energi. Reaktor fusi hingga saat ini masih dalam pengembangan demi terwujudnya pembangkit listrik tenaga nuklir berbasis reaksi fusi. Biaya konstruksi menjadi salah satu faktor penghambat perkembangan reaktor fusi dunia. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung suhu yang dapat dicapai plasma yang dipanaskan secara ohmik dalam reaktor fusi bernama Tokamak dengan ukuran radius yang divariasikan. Ukuran radius mayor yang digunakan dalam perhitungan dengan rentang 2 m sampai 4 m serta radius minor 1 m sampai 3 m. Nilai tersebut ditetapkan lebih kecil dari Tokamak yang pernah ada demi terwujudnya penekanan pada biaya konstruksi. Ukuran radius mayor memiliki peranan dalam jumlah tumbukan partikel terjadi sehingga berbanding lurus dengan suhu yang dicapai plasma. Ukuran radius minor memiliki peranan dalam proses konversi panas melalui dinding reaktor sehingga hubungannya berbanding terbalik dengan suhu yang dicapai plasma.

Kata kunci: radius mayor, radius minor, reaksi fusi, Tokamak

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



## ABSTRACT

DELVIA HARDANINGSIH. Analysis of Increasing Plasma Temperature for D-T Fusion Reactions in Tokamaks with Ohmic Heating. Supervised by ABD DJAMIL HUSIN and AGUS KARTONO

Fusion control or controlled thermonuclear is a reaction that combines two light atomic nuclei into a heavier atomic nucleus by releasing energy. Fusion reactors are currently still being developed to realize nuclear power plants based on fusion reactions. Construction costs are one of the factors inhibiting the development of world fusion reactors. This research aims to calculate the temperature that can be reached by ohmically heated plasma in a fusion reactor called Tokamak with varying radius sizes. The size of the major radius used in the calculation ranges from 2 m to 4 m and the minor radius from 1 m to 3 m. This value is set to be smaller than existing Tokamaks in order to reduce construction costs. The size of the major radius plays a role in the number of particle collisions that occur so that it is directly proportional to the temperature reached by the plasma. The size of the minor radius plays a role in the heat conversion process through the reactor walls so that the relationship is inversely proportional to the temperature reached by the plasma.

*Keywords:* major radius, minor radius, fusion reaction, Tokamak.

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 mengurangi 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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024  
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.



## **ANALISIS PENINGKATAN SUHU PLASMA UNTUK REAKSI FUSI D-T PADA TOKAMAK DENGAN PEMANASAN OHMIK**

**DELVIA HARDANINGSIH**

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  
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.



Judul Skripsi : Analisis Peningkatan Suhu Plasma untuk Reaksi Fusi D-T pada Tokamak dengan Pemanasan Ohmik

Nama : Delvia Hardaningsih  
NIM : G7401201021

Disetujui oleh

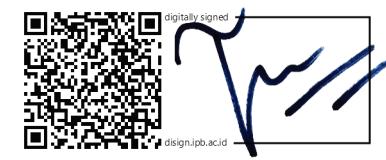
Pembimbing 1:  
Abd Djamil Husin, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:  
Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada W.P., S.Si., M.Si.  
NIP 197205191997021001



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 *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya, sehingga penulis berhasil menyelesaikan penelitian ini. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2023 sampai bulan Juni 2024 ini ialah Fisika Nuklir, dengan judul “Analisis Pengingkatan Suhu Plasma untuk Reaksi Fusi D-T pada Tokamak dengan Pemanasan Ohmik”. Adapun skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih mendalam kepada:

1. Bapak Abd Djamil Husin, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi ilmu, arahan serta saran kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Dr.rer.nat.Hendradi Hardhienata, S.Si., M.Si dan Ibu Rima Fitria Adiati, S.T., M.T selaku dosen penguji tugas akhir serta seluruh staff pengajar Departemen Fisika IPB yang telah membantu penulis selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
3. Orang tua tercinta yakni Ibu Nengsih dan Bapak Gusdi Hartono, Adik-adik tercinta Daaliyah Hardaningsih dan Azhka Hartono serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.
4. Puji Ambarwati, Puja Agesti, Imra Atun Helmi, Deswita Putri Salsabila, Fani Sri Noverti, Radhita Salsabila, Mumtaza Firsta Afdelia, Saskia Khairunnisa, Rahmi Agusnur Rizita yang senantiasa menemani dan memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis selama perkuliahan hingga mampu menyelesaikannya.
5. Rekan-rekan *Senior Resident* Asrama Minang Bogor periode 2023/2024, teman-teman KKN-T Inovasi IPB 2023 di Desa Nunuk, rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 57 IPB, keluarga besar Asrama dan Sekretariat Ikatan Pelajar dan Mahasiswa Minang Bogor.
6. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan penulis bantuan biaya pendidikan selama 8 semester perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Bogor, Agustus 2024

*Delvia Hardaningsih*



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.

<b>DAFTAR TABEL</b>	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xvi
<b>I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	3
2.1 Plasma	3
2.2 Reaksi Fusi Deuterium-Tritium	3
2.3 Pemanasan Ohmik	4
2.4 Tokamak	5
<b>III METODOLOGI PENELITIAN</b>	7
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	7
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	7
3.3 Prosedur Kerja	7
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	13
4.1 Persamaan Suhu	13
4.2 Data Keluaran Perhitungan Numerik Linear Berganda	13
4.3 Analisis dan Penyajian Data	16
<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b>	19
5.1 Simpulan	19
5.2 Saran	19
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	20
<b>LAMPIRAN</b>	21
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	28



1	Suhu plasma dalam keV dengan variasi radius mayor dengan rentang 2 m sampai 4 m, dan variasi radius minor dengan rentang 1 m sampai 3 m	14
---	---	----

Hasil konversi suhu plasma dalam Kelvin dengan variasi radius mayor dengan rentang 2 m sampai 4 m, dan variasi radius minor dengan rentang 1 m sampai 3 m	15
---	----

## DAFTAR GAMBAR

Skema konstruksi sederhana Tokamak	6
Skema sederhana Tokamak konvensional	6
Diagram alir perhitungan numerik linear berganda dengan variasi nilai radius minor (a) radius mayor (R)	12
Perbandingan grafik suhu plasma terhadap radius mayor dengan nilai radius minor tertentu (1 m, 1,25 m, 1,50 m)	16
Perbandingan grafik suhu plasma terhadap radius minor dengan nilai radius mayor tertentu (3,50 m, 3,75 m, 4 m)	17
Perbandingan skema sederhana torus yang menghasilkan suhu plasma paling rendah (A) dan paling tinggi (B)	17

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Parameter ITER 2001	20
2	Data hasil perhitungan numerik persamaan suhu dengan variasi radius torus	21
3	Konversi satuan suhu dari keV ke Kelvin	22