



UNIVERISTAS PERTAHANAN RI

**DESAIN STRUKTUR *DRIFT TUBE LINAC* (DTL) PADA AKSELERATOR
LINEAR PROTON *COMPACT* UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN
ENERGI NASIONAL**

TRY RIDHO RAMADHAN

320210304024

**Skripsi yang Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA
BOGOR, 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

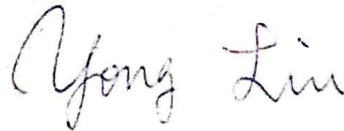
Nama : Try Ridho Ramadhan
NIM : 320210304024
Program Studi : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam Militer.
Judul Skripsi : Desain Struktur *Drift Tube Linac* (DTL) pada
Akselerator Linear Proton *Compact* untuk
Mendukung Ketahanan Energi Nasional

Pembimbing I,



Dr. Mutia Meireni, S.ST., M.Sc., M.Si.
NIP. 198905242022032003
Tanggal: 9 Juli 2025

Pembimbing II,



Prof. LIU Yong.
Tanggal: 10 Juli 2025

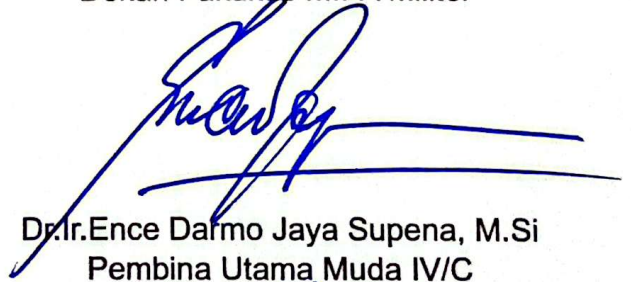
Mengetahui,

Kepala Program Studi Fisika



M. Zuhnir P. S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek/NRP. 522657
Tanggal: 7 Agustus 2025

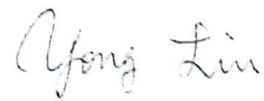
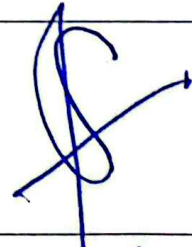
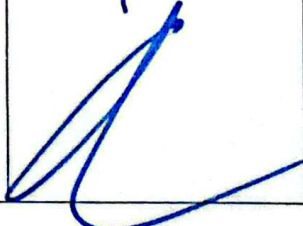
Dekan Fakultas MIPA Militer



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si
Pembina Utama Muda IV/C
Tanggal: 11/8- 2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Try Ridho Ramadhan
NIM : 320210304024
Program Studi : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam Militer
Judul Skripsi : Desain Struktur *Drift Tube Linac* (DTL) pada
Akselerator Linear Proton *Compact* untuk
Mendukung Ketahanan Energi Nasional

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I : Dr. Mutia Meireni, S.ST.,M.Sc.,M.Si NIP. 198905242022032003		9/7/2025
2	Dosen Pembimbing II : Prof. LIU Yong		9/7/2025
3	Dosen Penguji I : Syara Ilafirda, S.Si.,M.Si NIP. 199201292024212012		12/7/2025
4	Dosen Penguji II : Dr. Ir. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si. Marsekal Pertama TNI		23/7/2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun disuatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab, atau dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 13 Juli 2025



Try Ridho Ramadhan

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Try Ridho Ramadhan

NIM : 320210304024

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

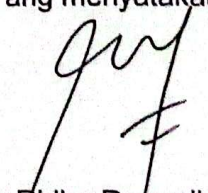
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Desain Struktur *Drift Tube Linac* (DTL) pada Akselerator Linear Proton Compact untuk Mendukung Ketahanan Energi Nasional

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 13 Juli 2025
Yang menyatakan


Try Ridho Ramadhan
NIM. 320210304024

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: *Desain Struktur Drift Tube Linac (DTL) pada Akselerator Linear Proton Compact untuk Mendukung Ketahanan Energi Nasional*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Letnan Jenderal TNI (Purn). Dr. Anton Nugroho M.M.D.S., M.A. Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
2. Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer (FMIPAM) Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
3. Kolonel Teknik M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng. Kepala Program Studi Fisika Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
4. Dr. Mutia Meireni, S.S.T., M.Sc., M.Si. dan Prof. LIU Yong. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan mendengarkan cerita penulis selama proses pengerjaan skripsi.
5. Kedua orang tua, keluarga, sahabat, dan rekan-rekan yang selalu memberikan motivasi, doa, serta dukungan moral dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari keterbatasan skripsi ini dan mengharapkan saran serta kritik untuk perbaikan dan penyempurnaan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan penelitian selanjutnya.

Bogor, 13 Juli 2025

Try Ridho Ramadhan

ABSTRAK

DESAIN STRUKTUR *DRIFT TUBE LINAC* (DTL) PADA AKSELERATOR LINEAR PROTON *COMPACT* UNTUK Mendukung KETAHANAN ENERGI NASIONAL

Penelitian ini bertujuan untuk merancang struktur *Drift Tube Linac* (DTL) pada akselerator linear proton (LINAC) berukuran *compact* sebagai upaya mendukung ketahanan energi nasional. Akselerator partikel, khususnya LINAC, memiliki potensi untuk menghasilkan energi nuklir secara efisien dan berkelanjutan. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan akselerator proton adalah merancang struktur DTL yang *compact* namun tetap efisien dalam mempercepat partikel bermuatan. Pendekatan simulasi komputasi digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung parameter utama, meliputi akselerasi energi proton, panjang struktur DTL, dan nilai *Transit Time Factor* (TTF). Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai β relativistik pada setiap tahap akselerasi guna menjaga sinkronisasi fase partikel terhadap medan listrik RF. Hasil simulasi menunjukkan bahwa struktur DTL mampu mengakselerasi proton dari 5 MeV menjadi 50,8 MeV, dengan panjang total struktur sebesar 10,14 meter. Nilai TTF yang diperoleh berkisar antara 0,84 hingga 0,85 mendekati nilai asumsi desain sebesar 0,85, yang menunjukkan efisiensi transfer energi tetap terjaga sepanjang lintasan akselerasi. Desain struktur DTL yang dihasilkan menunjukkan karakteristik efisien, stabil, dan *compact*, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi strategis dalam bidang teknologi nuklir, industri, dan kesehatan sebagai bagian dari penguatan ketahanan energi nasional.

Kata kunci: Akselerator Linear, *Drift Tube Linac*, *Transit Time Factor*, Proton, Ketahanan Energi

ABSTRACT

DESIGN OF A DRIFT TUBE LINAC (DTL) STRUCTURE FOR A COMPACT PROTON LINEAR ACCELERATOR TO SUPPORT NATIONAL ENERGY RESILIENCE

This study aims to design the structure of a Drift Tube Linac (DTL) for a compact linear proton accelerator (LINAC) as part of an effort to support national energy resilience. Particle accelerators, particularly LINACs, hold significant potential for generating nuclear energy efficiently and sustainably. One of the key challenges in developing a proton accelerator is to create a DTL structure that is compact while maintaining high acceleration performance. A computational simulation approach was applied to calculate key design parameters, including proton energy gain, total DTL length, and the Transit Time Factor (TTF). The calculations are based on the relativistic β (beta) value at each acceleration stage, ensuring that the proton remains in phase with the oscillating electric field throughout the acceleration path. Simulation results show that the proposed DTL structure can accelerate protons from 5 MeV to 50,8 MeV, with a total structure length of 10,14 meters. The calculated TTF values range from 0,84 to 0,85 closely matching the initial design assumption of 0,85. This indicates that efficient energy transfer is maintained throughout the structure. The resulting DTL design demonstrates compactness, stability, and efficiency, making it a promising foundation for future development of compact proton accelerators in nuclear technology, medical applications, and industrial use, all contributing to a stronger and more sustainable national energy system.

Keywords: Accelerator Linear, Drift Tube Linac, Transit Time Factor, Proton, Energy Resilience.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Akselerator Partikel	5
2.1.2 Akselerator Partikel Linear Proton	8
2.1.3 Relativitas Energi.....	9
2.1.4 <i>Drift Tube Linac</i>	10
2.1.5 <i>Transit Time Factor</i>	13
2.1.6 Program <i>Python</i>	14
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	17
2.3 Kerangka Berpikir	19
2.4 Hipotesis	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	21

3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.3 Alat dan Bahan	23
3.4 Variabel Penelitian	23
3.5 Prosedur Penelitian.....	24
3.6 Metode Analisis.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Analisis Hasil Akselerasi Energi Proton	27
4.2 Analisis Hasil Nilai Beta (β)	28
4.3 Panjang Struktur <i>Drift Tube Linac</i>	30
4.3.1 Panjang Struktur <i>Drift</i>	31
4.3.2 Panjang Struktur <i>Quadrupole</i>	32
4.3.3 Panjang Struktur Sel.....	34
4.4 Nilai <i>Transit Time Factor</i> (TTF)	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Akselerator Partikel Linear	6
Gambar 2.2 Akelerator Partikel Siklotron	7
Gambar 2.3 Akselerator Partikel Sinkrotron.	8
Gambar 2.4 Pemfokusan Kisi FODO	11
Gambar 2.5 Struktur <i>Drift Tube Linac</i> (DTL).....	12
Gambar 2.6 Program <i>Python</i> pada <i>Windows</i>	15
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir	18
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1 Hasil Akselerasi Energi Proton pada DTL.....	26
Gambar 4.2 Hasil Nilai Beta (β) pada DTL.....	28
Gambar 4.3 Skema Struktur DTL.....	29
Gambar 4.4 Nilai Total Panjang Struktur <i>Drift</i> pada DTL	31
Gambar 4.5 Nilai Total Panjang Struktur <i>Quadropole</i> pada DTL	32
Gambar 4.6 Nilai Total Panjang Struktur Sel pada DTL	33
Gambar 4.7 Hasil Perbandingan Nilai Panjang Struktur Sel.....	34
Gambar 4.8 Hasil Nilai <i>Transit Time Factor</i>	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	21
Tabel 3.2 Parameter Desain Akselerator Linear Proton <i>Compact</i>	24
Tabel 4.1 Total Hasil Struktur <i>Drift Tube Linac</i>	30