



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**REKAYASA DAN KARAKTERISASI MATERIAL BAJA
NIRKARAT 17-4 PH SEBAGAI MATERIAL BLADE TURBIN
PLTP UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN ENERGI**

MUHAMMAD ALVITO FAROS

320200304016

**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 SEMINAR HASIL SKRIPSI

Nama : Muhammad Alvito Faros
NIM : 320200304016
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Proposal
Skripsi : Rekayasa dan Karakterisasi Material Baja Nirkarat
17-4 PH sebagai material blade turbin PLTP untuk
mendukung Ketahanan Energi

Dosen Pembimbing I,



Dr. Riri Murniati, S.Si., M.Si.

NIP. 199001202022032002

Tanggal: 14/2/2025

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Agus Hadi Santoso W., S.T.,
M.Sc.

NIP. 195805121983091001

Tanggal: 14/2/2025

Mengetahui,

Kepala Program Studi Fisika



M. Zuhni P., S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657

Tanggal: 14/2/2025

Dekan Fakultas MIPA Militer



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya S., M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal: 14/2-2025

LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL SKRIPSI

Nama : Muhammad Alvito Faros

NIM : 320200304016

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam Militer

Judul : Rekayasa dan Karakterisasi Material Baja
Nirkarat 17-4 PH sebagai material blade turbin
PLTP untuk mendukung Ketahanan Energi

N o	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Dr. Riri Murniati, S.Si., M.Si. NIP. 199001202022032002		11/8 - 2025
2	Dosen Pembimbing II: Dr. Ir Agus Hadi Santosa W. NIP. 195805121983091001		7/8 - 2025
3	Dosen Penguji I: Kol Tek Anang Setiawan, S.T., M.T., IPM NRP. 518825		11/8 - 2025
4	Dosen Penguji II: Nur Asriyani, S.Si., M.Si NUPTK. 1144775676230153		11/8 - 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 di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab 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.



Muhammad Alvito Faros

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Alvito Faros
NIM : 320210304016
Program Studi : Sarjana Fisika
Fakultas : FMIPA Militer
Jenis Karya : Skripsi

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

Rekayasa dan Karakterisasi Material Baja Nirkarat 17-4 PH sebagai Material Blade Turbin PLTP untuk Meningkatkan Ketahanan Energi

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 Agustus 2025
Yang menyatakan



Muhammad Alvito Faros
NIM. 320210304016

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Rekayasa dan Karakterisasi Material Baja Nirkarat 17-4 PH sebagai Material Blade Turbin PLTP untuk Meningkatkan Ketahanan Energi” dapat diselesaikan. Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pertahanan RI. Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kadet Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Letnan Jenderal TNI Jonni Mahroza S.IP., M.A., M.Sc., CIQnR., CIQaR., Ph.D. selaku Rektor Universitas Pertahanan RI.
2. Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pertahanan;
3. M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Fisika Militer Universitas Pertahanan;
4. Dr. Riri Murniati, S.Si., M.Si. dan Dr. Ir. Agus Hadi Santosa, W., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dengan sabar dan teliti selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini;
5. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan baik secara moral dan materi;
6. Teman seperjuangan Fisika Angkatan 21 serta adik-adik Fisika 2022–2025, yang telah banyak membantu, menyemangati, dan menjadi bagian dari perjalanan penulis selama studi di Universitas Pertahanan RI;
7. Pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu dan telah banyak membantu dalam menyelesaikan kerja praktik ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi

perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang material teknik dan teknologi energi baru dan terbarukan.

Bogor, 28 Mei 2025

Muhammad Alvito Faros



ABSTRAK

Tingginya ketergantungan terhadap material impor untuk komponen turbin PLTP mendorong pengembangan material lokal yang memiliki performa setara. Evaluasi terhadap kemampuan PT SPVMB dalam memproduksi baja nirkarat 17-4 PH melalui metode investment casting menjadi penting guna mendukung substitusi material impor pada aplikasi geothermal. Penelitian ini bertujuan untuk merekayasa dan mengkarakterisasi baja nirkarat 17-4 PH sebagai material kandidat *blade* turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), guna meningkatkan ketahanan energi melalui pendekatan mikrostruktur dan sifat mekanik serta korosinya. Material difabrikasi menggunakan metode *investment casting* di PT SPVMB dan dilakukan empat variasi kondisi perlakuan panas, yaitu H900 (A), H1025 (C), nilai rata-rata keduanya (AVG/B), dan tanpa perlakuan panas (*as-cast*/D), berdasarkan standar ASTM A747. Karakterisasi dilakukan melalui uji kekerasan (HRC dan HB), tarik (UTS, YS, elongasi, modulus elastisitas), uji korosi elektrokimia menggunakan larutan brine PLTP Dieng, serta pengamatan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik. Hasil uji menunjukkan bahwa perlakuan H900 menghasilkan kekerasan dan *yield strength* tertinggi (48,46 HRC dan 939,25 MPa), namun memiliki laju korosi relatif tinggi (0,053 mm/tahun). Sebaliknya, perlakuan H1025 memberikan performa yang lebih seimbang dengan *yield strength* 860,91 MPa, kekerasan 43,88 HRC, dan laju korosi terendah sebesar 0,027 mm/tahun. Sampel H1025 juga menunjukkan mikrostruktur martensit-tempered yang lebih halus dan homogen, berkontribusi terhadap ketahanan korosi yang lebih baik. Berdasarkan perbandingan dengan standar minimum material *blade* turbin PLTP (laju korosi $<0,1$ mm/tahun, kekerasan 42–48 HRC, dan *yield strength* >800 MPa), sampel H1025 dinilai paling sesuai untuk digunakan dalam aplikasi tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa kontrol perlakuan panas dapat secara signifikan meningkatkan performa baja nirkarat 17-4 PH dalam lingkungan korosif geothermal.

Kata kunci: 17-4 PH stainless steel, heat treatment, turbin PLTP, korosi geothermal, karakterisasi material.

ABSTRACT

The high dependence on imported materials for PLTP turbine components encourages the development of local materials that have equivalent performance. Evaluation of PT SPVMB's ability to produce 17-4 PH stainless steel through the investment casting method is important to support the substitution of imported materials in geothermal applications. This study aims to engineer and characterize 17-4 PH stainless steel as a candidate material for geothermal power plant (GPP) turbine blades, in order to enhance energy durability through microstructural control and optimization of mechanical and corrosion properties. The material was fabricated using the investment casting method at PT SPVMB, followed by four different heat treatment conditions: H900 (A), H1025 (C), an intermediate treatment (AVG/B), and an untreated as-cast condition (D), based on ASTM A747 standards. Characterization involved hardness testing (HRC and HB), tensile testing (UTS, YS, elongation, Young's modulus), electrochemical corrosion testing using brine solution from the Dieng GPP, and microstructure observation via optical microscopy. The results showed that the H900-treated sample exhibited the highest hardness and yield strength (48.46 HRC and 939.25 MPa, respectively) but had a relatively high corrosion rate (0.053 mm/year). Conversely, the H1025-treated sample demonstrated the most balanced performance, with a yield strength of 860.91 MPa, hardness of 43.88 HRC, and the lowest corrosion rate of 0.027 mm/year. The H1025 condition also exhibited a fine, homogeneous tempered martensitic structure, contributing to superior corrosion resistance. Compared to the minimum requirements for GPP turbine blade materials (corrosion rate <0.1 mm/year, hardness 42–48 HRC, and yield strength >800 MPa), the H1025-treated sample was found to be the most suitable. These findings highlight that appropriate heat treatment can significantly enhance the performance of 17-4 PH stainless steel for geothermal environments.

Keywords: 17-4 PH stainless steel, heat treatment, geothermal turbine blade, corrosion resistance, material characterization.

DAFTAR ISI

LEMBAR SAMPUL	1
LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR HASIL SKRIPSI Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL SKRIPSI Error! Bookmark not defined.	
PERNYATAAN ORISINALITAS.....iv	
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....v	
KATA PENGANTAR.....vi	
ABSTRAK.....vii	
DAFTAR ISI..... x	
DAFTAR GAMBAR..... xii	
DAFTAR SINGKATAN..... 15	
BAB 1 PENDAHULUAN Error! Bookmark not defined.	
1.1 Latar Belakang Error! Bookmark not defined.	
1.2 Rumusan Masalah Error! Bookmark not defined.	
1.3 Tujuan Penelitian Error! Bookmark not defined.	
1.4 Manfaat Penelitian Error! Bookmark not defined.	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....Error! Bookmark not defined.	
2.1 Landasan Teori Error! Bookmark not defined.	
2.1.1 <i>Blade</i> Turbin PLTP Error! Bookmark not defined.	
2.1.2 Material Baja Nirkarat.....Error! Bookmark not defined.	
2.1.3 Perlakuan Panas (<i>Heat treatment</i>) Error! Bookmark not defined.	
2.1.4 Pengujian Material.....Error! Bookmark not defined.	
2.1.5 Karakterisasi Material Error! Bookmark not defined.	
2.2 Penelitian Terdahulu Error! Bookmark not defined.	
2.3 Kerangka Berpikir Error! Bookmark not defined.	
2.4 Hipotesis Error! Bookmark not defined.	
BAB III METODE PENELITIAN.....Error! Bookmark not defined.	

3.1 Metode dan Desain Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.4 Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.
3.5.2 Tahap Rekayasa Material	Error! Bookmark not defined.
3.5.3 Pengujian Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
3.5.4 Pengujian Kekuatan Tarik	Error! Bookmark not defined.
3.5.5 Pengujian Mikroskopik	Error! Bookmark not defined.
3.5.6 Uji Korosi	Error! Bookmark not defined.
3.6 Metode Analisis	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Pengujian Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Pengujian Tarik	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Pengujian <i>Metallography</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.4 Uji Korosi	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	112
LAMPIRAN 1	112
LAMPIRAN 2	114
LAMPIRAN 3	116
LAMPIRAN 4	118
LAMPIRAN 5	120
LAMPIRAN 6	121
LAMPIRAN 7	123
LAMPIRAN 8	125

LAMPIRAN 9.....	126
LAMPIRAN 10.....	127
LAMPIRAN 11.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik <i>Investment Casting Proccess</i> Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2.2 Klasifikasi Baja	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 <i>Continuous Cooling Transformation Diagram</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Struktur Kristal (a) BCC, (b) FCC dan (c) BCT	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 <i>Stress Strain Curves</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 <i>Brinell Hardness Testing Machine</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Skematik <i>Brinell Hardness Test</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 Skema Uji OES	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 Semua Komponen SEM.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 Skematik dari <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Skematik cara kerja EDS	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 Kondisi Geometri untuk Difraksi dari bidang kisi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14 Kerangka Berpikir Penelitian .	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Gedung 224 Pusat Riset Material Maju.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Siklus <i>Heat treatment annealing</i>	Error! Bookmark not defined.

defined.

Gambar 3.4 Siklus Heat Treatment Tempering..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Metode pengujian kekerasan (Brinell)... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.6 Titik Indentasi.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.7 Standar bentuk sampel *roundbar* sesuai ASTM E8 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.8 Data komposisi larutan *Brine* PLTP Dieng... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Kekerasan Rata Rata Material **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian tarik SS 17-4 PH H900 (A)..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian tarik SS 17-4 PH AVG (B)..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Kurva Stress-Strain pada 4 kondisi heat treatment..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Grafik Perbandingan nilai UTS dan YS 4 kondisi material
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik Perbandingan nilai UTS dan YS 4 kondisi material
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Grafik perbandingan elongasi 4 kondisi material **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Mikrostruktur Sampel SS 17-4 PH Perbesaran 100X..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Mikrostruktur Sampel SS 17-4 PH Perbesaran 200X..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Mikrostruktur Sampel SS 17-4 PH Perbesaran 500X... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Kurva Open Circuit Potential (OCP) SS 17-4 PH As Cast

.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.12 Kurva Open Circuit Potential (OCP) SS 17-4 PH As Cast	
.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13 Kurva Open Circuit Potential (OCP) SS 17-4 PH “AVG”	
.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.14 Kurva Open Circuit Potential (OCP) SS 17-4 PH Sermetel Coated	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.15 Variasi Open Circuit Potential (OCP) terhadap waktu untuk SS 17-4 PH	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.16 Kurva Tafel SS 17-4 PH H900	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.17 Kurva Tafel SS 17-4 PH AVGE	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.18 Kurva Tafel SS 17-4 PH H1025	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.19 Kurva Tafel SS 17-4 PH As-Cast	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.20 Kurva Tafel SS 17-4 PH As-Cast Semertel Coated	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.21 Data Perbandingan Parameter utama pengujian tafel .	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.22 Data Perbandingan Laju Korosi kelima kondisi material	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.23 Kurva <i>potentiodynamic polarization</i> dari kelima jenis variasi material setelah terpapar carian <i>brine</i> PLTP Dieng ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.24 Grafik perbandingan nilai parameter pengujian tafel	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.25 Pengaruh Variasi Heat Treatment terhadap Karakteristik Sifat Mekanik Material SS 17-4 PH	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Karakteristik minimal material blade turbin PLTP **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2.2 Data Komposisi Kimia SS 17-4 PH PT SPVMB **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2.3 Data Standar *Precipitation Hardening* ASTM A747 **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.1 Rincian Waktu Penelitian Tugas Akhir.....55

Tabel 3.2 Standar ukuran sampel uji tarik (ASTM E8).....62

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Hardness* Brinell dan *Rockwell*.....66

Tabel 4.2 Data Variasi Heat Treatment.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Data pengujian tarik SS 17-4 PH 4 kondisi heat treatment **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Tabel Mechanical Properties 4 kondisi material **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Persentase Porositas **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Data perbandingan parameter korosi SS 17-4 PH 5 kondisi
..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Data Perlakuan Panas **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR SINGKATAN



<i>SEM</i>	<i>: Scanning Electron Microscopy</i>
<i>OES</i>	<i>: Optical Emission Spectroscopy</i>
<i>SS</i>	<i>: Stainless steel</i>
<i>BCC</i>	<i>: Body - Centered Cubic Lattice Structure</i>
<i>FCC</i>	<i>: Face - Centered Cubic Lattice Structure</i>
<i>BCT</i>	<i>: Body – Centered Tetragonal Lattice Structure</i>
<i>SE</i>	<i>: Secondary electrons</i>
<i>BSE</i>	<i>: Back-Scattered Electron</i>
<i>EDS</i>	<i>: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>
<i>XRD</i>	<i>: X – Ray Diffraction</i>
<i>ASTM</i>	<i>: America Society for Testing and Materials</i>
<i>PH</i>	<i>: Precipitation Hardening</i>
<i>SCC</i>	<i>: Stress Corrosion Cracking</i>
<i>PREN</i>	<i>: Pitting Resistance Equivalent Number</i>
<i>UTS</i>	<i>: Ultimate Tensile Strength</i>
<i>UTM</i>	<i>: Universal Testing Machine</i>
<i>HBN</i>	<i>: Hardness Brinell Number</i>