



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**PENGARUH *HEAT INPUT* PADA KARAKTERISASI
MATERIAL PENGELASAN ARMOR KENDARAAN MEDIUM
TANK HARIMAU 105 BERDASARKAN MIL-DTL-46100E**

ARDIMAN HASUDUNGAN

320200304003

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

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA**

BOGOR 2024

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Ardiman Hasudungan
NIM : 320200304003
Program Studi : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Militer
Judul Skripsi : Pengaruh *Heat Input* pada Karakterisasi Material
Pengelasan Armor Kendaraan Medium Tank Harimau
105 berdasarkan MIL-DTL-46100E

Dosen Pembimbing I,



Imastuti, S.Pd., M.Han.
NIDN 4701079401
Tanggal: 23 Juli 2024

Dosen Pembimbing II,



Dr. Eng. Rando Tungga Dewa, S.T., M. Eng.
NIP 199009042022031002
Tanggal: 23 Juli 2024

Mengetahui,

Kepala Program Studi Fisika



M. Zuhnir Piliang., S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek NRP. 522657
Tanggal : 23 Juli 2024





Dekan Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal :

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Ardiman Hasudungan
NIM : 320200304003
Program Studi : Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Militer
Judul Proposal
Skrripsi : Pengaruh *Heat Input* pada Karakterisasi Material
Pengelasan Armor Kendaraan Medium Tank Harimau
105 berdasarkan MIL-DTL-46100E

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I : Imastuti, S.Pd., M.Han. NIDN 4701079401		23/7-24.
2.	Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. Rando Tungga Dewa, S.T., M. Eng. NIP 199009042022031002		23/07/2024
3.	Dosen Penguji I : M. Zuhnir Piliang., S.Si., M.Eng. Kolonel Tek NRP. 522657		23/07/2024
4.	Dosen Penguji II : Anang Setiawan, S.T.,M.T.,MaK3. Kolonel Tek NRP. 518825		23/7-2024

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

Bogor, ...24 Juli 2024



Ardiman Hasudungan

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

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

Nama : Ardiman Hasudungan
NIM : 320200304003
Program Studi : Sarjana Fisika
Fakultas : FMIPA Militer
Jenis Karya : Skripsi

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

Pengaruh *Heat Input* pada Karakterisasi Material Pengelasan Armor Kendaraan Medium Tank Harimau 105 berdasarkan MIL-DTL-46100E

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif 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 : 24 Juli 2024

Yang menyatakan



Ardiman Hasudungan
NIM. 320200304003

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Pengaruh *Heat Input* pada Karakterisasi Material Pengelasan Armor Kendaraan Medium Tank Harimau 105 berdasarkan MIL-DTL-46100E” 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. Imastuti S.Pd., M.Han. dan Dr. Eng. Rando Tungga Dewa, S.T., M. Eng., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bantuan selama pembuatan skripsi;
5. Bapak Iwan Setiawan, selaku laboran industri PT. Pindad sekaligus pembimbing kerja praktik di PT. Pindad yang telah membina dan membantu dalam usaha memperoleh data yang diperlukan selama pembuatan skripsi;
6. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan baik secara moral dan materi;
7. Pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu dan telah banyak membantu dalam menyelesaikan kerja praktik ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi *stakeholder* terkait dalam upaya pengembangan kendaraan tempur militer di Indonesia.

Bogor, 23 Juli 2024

Ardiman Hasudungan

ABSTRAK

Penelitian dilakukan pada material baja MIL-DTL 46100E yang diterapkan pada industri pertahanan kendaraan Medium Tank Harimau 105. Pengelasan dilakukan dengan metode GMAW dengan logam austenitik ER307 yang menerapkan *heat input* bervariasi sebesar 1,185 kJ/mm; 1,245 kJ/mm; 1,285 kJ/mm. Karakterisasi struktur pengelasan dilakukan dengan pemeriksaan kekerasan dan struktur mikro (mikroskopik, SEM-EDS, dan XRD). Variasi nilai *heat input* yang ditunjukkan memiliki korelasi bahwa semakin rendah nilai *heat input* berpengaruh pada semakin rendahnya nilai kekerasan material. Kemudian, pada variasi nilai *heat input* memengaruhi bentuk mikrostruktur material. Ditemukan fasa martensite pada variasi *heat input* 1,185 kJ/mm, 1,245 kJ/mm, dan 1,285 kJ/mm. Pengaruh terbentuknya fasa berdampak pada kekerasan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan logam yang baik ditemukan pada variasi nilai *heat input* sebesar 1,285 kJ/mm dengan persentase ferrite yang lebih tinggi pada *weld metal*. Nilai kekerasan yang baik ditunjukkan dengan penerimaan nilai kekerasan pada *weld metal* sesuai spesifikasi standar militer yang diterapkan.

Kata Kunci : Baja MIL-DTL 46100, Fasa Material, *Heat Input*, Karakterisasi, Kekerasan, Material, Struktur Mikro

ABSTRACT

The research was conducted on MIL-DTL 46100E steel material applied to the defense industry Medium Tank Tiger 105 vehicle. Welding was carried out by GMAW method with ER307 austenitic metal applying varied heat input of 1.185 kJ/mm; 1.245 kJ/mm; 1.285 kJ/mm. Characterization of the welding structure was carried out by hardness and microstructure examination (microscopy, SEM-EDS, and XRD). The variation of heat input value shown has a correlation that the lower the heat input value affects the lower the hardness value of the material. Then, the variation of heat input value affects the shape of the material microstructure. Martensite phase was found in the heat input variations of 1.185 kJ/mm; 1.245 kJ/mm; 1.285 kJ/mm. The effect of phase formation has an impact on the hardness of the material. The results showed that a good metal hardness value was found in the variation of heat input value of 1.285 kJ/mm with a higher percentage of ferrite in the weld metal. Good hardness values are indicated by the acceptance of hardness values in the weld metal according to the specifications of the military standards applied.

Keywords : Characterization, Hardness, Heat Input, Material, Microstructure, MIL-DTL 46100 Steel, Phase of Matter

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN (<i>hard cover</i>)	
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
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. Batasan Penelitian	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.2. Hasil Penelitian Terdahulu	18
2.3. Kerangka Berpikir	21
2.4. Hipotesis	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Metode dan Desain Penelitian	23
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3. Alat dan Bahan	24
3.4. Variabel Penelitian	25
3.5. Prosedur Penelitian	26
3.6. Metode Analisis	29
BAB IV HASIL PENELITIAN	30

4.1. Hasil	30
4.2. Pembahasan	35
BAB V KESIMPULAN	45
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Baja.....	6
Gambar 2.2 Diagram Fasa Besi-Karbon	9
Gambar 2.3 Pengaruh Heat Input terhadap Laju Pendinginan.....	13
Gambar 2.4 Indentor Piramida Berlian untuk Uji Vickers.....	15
Gambar 2.5 Bilangan Kompleks	17
Gambar 2.6 Kondisi Refleksi-Hukum Bragg.....	18
Gambar 3.1 Peralatan Pengujian.....	24
Gambar 3.2 Spesimen Pengujian.....	25
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 4.1 Sampel Base Metal Perbesaran 200X.....	30
Gambar 4.2 Sampel Base Metal Perbesaran 800X.....	30
Gambar 4.3 Sampel HAZ Perbesaran 200X	31
Gambar 4.4 Sampel HAZ Perbesaran 800X	31
Gambar 4.5 Sampel Weld Metal Perbesaran 200X.....	321
Gambar 4.6 Nilai Kekerasan (HV) terhadap Jarak (mm)	32
Gambar 4.7 Grafik EDS pada Weld Metal.....	32
Gambar 4.8 Grafik EDS pada HAZ.....	33
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian XRD.....	34
Gambar 4.10 Struktur Unsur.....	41

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon Berdasarkan Kandungan Karbon	7
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Armor dan Filler Material	7
Tabel 2.3 Jenis Pengelasan pada Baja Armor	11
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1 Jadwal Penyusunan Tugas Akhir	23
Tabel 4.1 Persentase Kandungan Unsur pada Weld Metal.....	33
Tabel 4.2 Persentase Kandungan Unsur pada HAZ.....	33
Tabel 4.3 Pemetaan Peak terhadap Nilai 2θ	34
Tabel 4.4 Nilai d_{hkl} Unsur.....	42
Tabel 4.5 Penentuan Parameter Kisi Unsur.....	43
Tabel 4.6 Penentuan Struktur Kristal Unsur.....	44