

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS
DAN KETEBALAN PELAT TERHADAP
KEKERASAN DAN MORFOLOGI
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN
PENGELASAN SMAW BAJA ASTM-A36**



Oleh :

NAMA : CHYN TA MAHARANI PUTRI

NPM : 21036010051

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS DAN KETEBALAN PELAT
TERHADAP KEKERASAN DAN MORFOLOGI STRUKTUR MIKRO
SAMBUNGAN PENGELASAN SMAW BAJA ASTM-A36**

Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu
Dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Oleh:

Nama : Chynta Maharani Putri
NPM : 21036010051
Konsentrasi : Manufaktur

Telah Dinilai Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Senin, 08 September 2025

Telah Disahkan Oleh:

Dosen Penguji 1



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 1993061 20202496 1 001

Dosen Pembimbing



Ndaru Advono, S.Si, M.T.
NIP. 19900125 202406 1 001

Dosen Penguji 2



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Koordinator Program Studi
Teknik Mesin



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains




Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Chynta Maharani Putri
NPM : 21036010051
Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~ / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA RENCANA (DESAIN)~~ / ~~SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode V, TA. 2024/2025.

Dengan judul: ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS DAN KETEBALAN PELAT
TERHADAP KEKERASAN DAN MORFOLOGI STRUKTUR MIKRO
SAMBUNGAN PENGELASAN SMAW BAJA ASTM-A36

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Ahmad Khairil Faizin, S.T., M.sc
2. Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.



Surabaya, 15 September 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Njaru Adyono, S.Si., M.T.
N.P. 199001252024061001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Chynta Maharani Putri
NPM : 21036010026
Program : Sarjana(S1)
Program Studi / Fakultas : Teknik Mesin / Teknik dan Sains
Judul Skripsi / Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS DAN KETEBALAN PELAT TERHADAP KEKERASAN DAN MORFOLOGI STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN PENGELASAN SMAW BAJA ASTM-A36

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 8 September 2025

Yang Membuat pernyataan



Chynta Maharani Putri
NPM.21036010051

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan, sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Ibu **Prof. Dr. Dra Jariyah, M.P.**, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.**, selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin UPN “Veteran” Jawa Timur
3. Bapak **Ndaru Adyono, S.Si., M.T.**, sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis sejak saya semester tiga sampai sehingga saya menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** dan Ibu **Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT.**, selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukkan pada penelitian tugas skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTS UPNVJT yang telah memberikan ilmu sehingga mencetak sarjana-sarjana yang berkualitas.
6. Bunda sebagai orang tua yang selama ini membesarkan dan mendukung penulis dengan kasih cinta, serta mendoakan, dan memberikan kasih sayang kepada penulis, serta terima kasih kepada mas Kiki sebagai salah satu donator kehidupan dan Razella keponakan *onty* yang selalu memberikan senyuman serta semangat ke penulis selama penulisan ini.
7. **Chima** sebagai teman seperjuangan, musuh dan segala lika-liku kehidupan sejak duduk di bangku SD hingga saat ini.
8. **Jejel, Om, dan Jalpa** sebagai teman seperjuangan penulis sejak duduk di bangku sekolah masa SMA hingga saat ini.
9. **Ima, Jida, Erga, dan Daru** sebagai teman seperjuangan yang selalu mendukung, mengapresiasi, dan mendengarkan keluh kesah penulis selama masa perkuliahan di Teknik Mesin UPNVJT.

10. **Mas Leo** sebagai teman dekat yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, serta motivasi penyemangat dan tidak lelah untuk menemani selalu terutama saat melewati proses penulisan skripsi ini.
11. Kawan-kawan Teknik Mesin yang telah memberikan segala dukungan dan mewarnai perjalanan perkuliahan selama empat tahun ini.
12. Semua pihak yang telah berjasa dalam kelancaran penyusunan laporan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
13. Dan terima kasih pada diri sendiri telah berjuang dari awal hingga akhir walaupun lika-liku tetapi akhirnya tuntas juga. Selamat dan semangat untuk masa depan yang indah supaya bisa *slow living* dengan *passive income* di masa tua nanti.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah berusaha menyusun dengan sebaik-baiknya, namun tidak menutup kemungkinan masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, penulis dengan sangat terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca sekalian. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Surabaya, 08 Agustus 2025

Chynta Maharani Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR BEBAS REVISI	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teori Umum.....	5
2.1.1 Baja Karbon	7
2.1.2 Diagram Fasa	8
2.1.3 Diagram CTT	9
2.2 Landasan Teori Pengelasan.....	11
2.2.1 Konsep Dasar Pengelasan	11

2.2.2 Klasifikasi Pengelasan	11
2.2.3 Prinsip Kerja Mesin Las SMAW	15
2.2.4 Elektroda	18
2.2.5 Arus	20
2.2.6 Jenis Posisi Pengelasan	21
2.2.7 Jenis Kampuh	21
2.2.8 Struktur Mikro Daerah Las-lasan	22
2.3 Pengujian Visual	24
2.4 Pengujian Kekerasan	26
2.5 Pengujian Struktur Mikro Metalografi	28
2.6 Pengujian Statistik ANOVA	29
2.7 Hipotesis	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Diagram Alir	31
3.2 Lokasi Penelitian	31
3.3 Variabel Penelitian	32
3.3.1 Variabel Bebas	32
3.3.2 Variabel Terikat	32
3.3.3 Variabel Kontrol	32
3.4 Skema Penelitian	33
3.4.1 Alat	33
3.4.2 Bahan	35
3.5 Proses Pengumpulan Data	36
3.5.1 Persiapan Spesimen	36
3.5.2 <i>Testing</i> Alat dan Kalibrasi	37

3.5.3 Pengambilan Data	38
3.5.4 Persiapan Etsa	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Uji Visual.....	40
4.2 Hasil Uji Kekerasan	41
4.3 Hasil Struktur Mikro Metalografi	44
4.3.1 Struktur Mikro Pada Arus 70A Ketebalan 8 mm, 10 mm, 12 mm	44
4.3.2 Struktur Mikro Pada Arus 90A Ketebalan 8 mm, 10 mm, 12 mm	46
4.3.3 Struktur Mikro Pada Arus 110 Ketebalan 8 mm, 10 mm, 12 mm	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Fasa (Sumber: Callister and Rethwisch, 2018)	9
Gambar 2. 2 Diagram CCT (Sumber: Callister and Rethwisch, 2018).....	10
Gambar 2. 3 Klasifikasi Pengelasan.....	12
Gambar 2. 4 Proses SMAW (Sumber: Alkahla and Pervaiz, 2017)	16
Gambar 2. 5 Klasifikasi Penggunaan Jenis Elektroda (Sumber: Committee Activities, 2000)	18
Gambar 2. 6 Standar Ukuran Elektroda (Sumber: Committee Activities, 1998).....	19
Gambar 2. 7 Dasar posisi pengelasan (Sumber: Susanta and Syauqi, 2023).....	21
Gambar 2. 8 Kampuh Butt Joint Pengelasan I	22
Gambar 2. 9 Zona yang Terkena Panas (Sumber: Kumar and Chauhan, 2019) ...	22
Gambar 2. 10 Hasil Cacat Pengelasan (Sumber: Fu Quan Chen, 2024).....	25
Gambar 2. 11 Hasil Pengelasan yang Bagus (Sumber: Fu Quan Chen, 2024)	25
Gambar 2. 12 Pengujian Kekerasan (Sumber: Callister and Rethwisch, 2018)...	27
Gambar 2. 13 Fotomikrograf Baja C 0,38 wt% (Sumber: Callister and Rethwisch, 2018)	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir (Sumber: Dokumen Pribadi).....	31
Gambar 3. 2 Skema Diagram Pengelasan (Sumber: SANJAYA, 2013)	33
Gambar 3. 3 Hasil Uji Kalibrasi Data	38
Gambar 3. 4 Spesimen Ukuran Pengelasan (Sumber: Dokumen Pribadi).....	39
Gambar 3. 5 Proses Pengambilan Data (Sumber: Dokumen Pribadi)	39
Gambar 4. 1 Hasil Pengelasan Pada arus 70A dengan ketebalan yaitu (a) 8 mm, (b) 10 mm, dan (c) 12 mm, lalu pada arus 90A dengan ketebalan yaitu (d) 8 mm, (e) 10 mm, dan (f) 12 mm. Dan pada arus 110A terdapat pada ketebalan yaitu, (g) 8 mm, (h) 10 mm, (i) 12 mm.....	40
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell Terhadap Ketebalan Pelat Dengan Arus 70	42
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell Terhadap Ketebalan Pelat Dengan Arus 90	42

Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell Terhadap Ketebalan Pelat Dengan Arus 110.....	42
Gambar 4. 5 Hasil Struktur Mikro Pada Arus 70A dengan Ketebalan 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.....	44
Gambar 4. 6 Hasil Struktur Mikro Pada Arus 90A dengan Ketebalan 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.....	46
Gambar 4. 7 Hasil Struktur Mikro Pada Arus 110A dengan Ketebalan 8 mm, 10 mm, dan 12 mm	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia ASTM A36	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin Las	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin Brinell	34
Tabel 3. 3 Spesifikasi Mikroskop.....	35
Tabel 3. 4 Spesifikasi Elektroda.....	35
Tabel 3. 5 Spesifikasi Baja ASTM A36.....	36
Tabel 4. 1 Hasil Uji ANOVA <i>Three Way</i>	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Hasil Pengelasan.....	57
Lampiran 2. Lampiran Perhitungan Kalibrasi Alat.....	57
Lampiran 3. Perhitungan Uji Kekerasan (<i>Brinell Hardness Test</i>)	58
Lampiran 4. Perhitungan Konsentrasi Larutan Etsa	62
Lampiran 5. Data <i>Sheet</i> Material Baja ASTM A36	63
Lampiran 6. Hasil <i>Threshold</i> Arus 70 Pada Ketebalan 8, 10, 12 mm.....	64
Lampiran 7. Hasil <i>Threshold</i> Arus 90 Pada Ketebalan 8, 10, 12 mm.....	65
Lampiran 8. Hasil <i>Threshold</i> Arus 110 Pada Ketebalan 8, 10, 12 mm.....	66
Lampiran 9. Biodata Mahasiswa	667

DAFTAR NOTASI

BHN	= <i>Hardness Brinell Number</i> yaitu satuan angka kekerasan Brinell
P	= Beban (<i>force</i>)
D	= Diameter indentor bagian atas
d	= Diameter indentor bagian terkena permukaan
p-value (sig)	= Nilai signifikansi
V_{Kon}	= Volume konsentrasi
V_{pure}	= Volume murni

ABSTRAK

Pengelasan merupakan cara untuk menyambung logam yang umum digunakan dalam konstruksi baja termasuk baja karbon rendah ASTM A36. Pada industri perawatan dan perbaikan alat berat seperti *Grab Ship Unloader* (GSU) dan lengan ekskavator uji mekanik pada sambungan las sering tidak diterapkan sehingga kualitas sambungan belum sepenuhnya terjamin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus, ketebalan pelat, dan zona pengelasan terhadap nilai kekerasan sambungan las baja ASTM A36. Proses pengelasan dilakukan dengan metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan variasi arus 70 A, 90 A, dan 110 A serta ketebalan pelat baja 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Uji kekerasan Brinell dilakukan pada tiga zona utama yaitu *Base metal*, *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Weld metal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arus, ketebalan pelat, dan zona memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan dengan nilai p-value ($p < 0,05$) dari uji ANOVA *Three Way* dengan nilai hasil signifikansi sebesar 0,015. Dari ketiga variabel tersebut zona pengelasan memiliki pengaruh paling dominan terhadap nilai kekerasan. Sedangkan kondisi optimal diperoleh pada arus 90 A dengan ketebalan pelat 10 mm hal ini karena nilai kekerasan antar zona mendekati rasio 1:1:1. Kondisi ini penting karena perbedaan kekerasan yang terlalu kontras antar zona dapat menimbulkan *localized stress* etika sambungan menerima beban. Selain itu peningkatan arus juga menghasilkan percikan logam (*spatter*) yang lebih banyak sehingga memengaruhi kualitas permukaan dan keteraturan pola manik las.

Kata Kunci: SMAW, Uji keras, Struktur mikro

ABSTRACT

Welding is a method used to join metals commonly employed in steel construction, including low carbon steel ASTM A36. In the maintenance and repair industries for heavy equipment such as Grab Ship Unloaders (GSU) and excavator arms, mechanical Testing on welded joints is often not applied, thus the quality of the joints is not entirely guaranteed. This study aims to analyze the influence of variations in current, plate thickness, and the welding zone on the hardness value of ASTM A36 steel welded joints. The welding process was conducted using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method with current variations of 70 A, 90 A, and 110 A, as well as steel plate thicknesses of 8 mm, 10 mm, and 12 mm. Brinell hardness tests were performed on three main zones: Base Metal, Heat Affected Zone (HAZ), and Weld Metal. The research results indicate that variations in current, plate thickness, and zones significantly influence hardness values, with a p-value ($p < 0.05$) from the Three-Way ANOVA test yielding a significance result of 0.015. Among these three variables, the welding zone has the most dominant effect on hardness values. The optimal condition is achieved at a current of 90 A with a plate thickness of 10 mm, as this results in hardness values among the zones approaching a ratio of 1:1:1. This condition is important because excessive contrast in hardness between zones can lead to localized stress at the joints under load. Additionally, an increase in current also produces more metal spatter, which affects surface quality and the regularity of the weld bead pattern.

Keywords: SMAW, Hardness test, Microstructure