



**ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO PADA
MATERIAL SS 308 HASIL PROSES *WIRE ARC ADDITIVE
MANUFACTURING* (WAAM)**

SKRIPSI

MUHAMMAD ZHRAN ABDILLAH

2010311037

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO PADA
MATERIAL SS 308 HASIL PROSES *WIRE ARC ADDITIVE
MANUFACTURING* (WAAM)**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**MUHAMMAD ZAHRAN ABDILLAH
2010311037**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Zahran Abdillah

NIM : 2010311037

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO
PADA MATERIAL SS 308 HASIL PROSES *WIRE*
ARC ADDITIVE MANUFACTURING (WAAM)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.

(Muhammad Arifudin Lukmana S.T, M.T.)

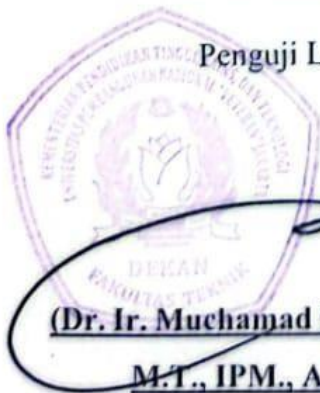
Penguji Utama

(Budhi Martana, S.T., M.M.)

Penguji Lembaga

(Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.)

Penguji III (Pembimbing)



(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN. Eng)

Plt. Dekan Fakultas Teknik

(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 24 Juli 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Zahran Abdillah

NIM : 2010311037

Program Studi : SI Teknik Mesin

Judul Skripsi : ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO
PADA MATERIAL SS 308 HASIL PROSES *WIRE*
ARC ADDITIVE MANUFACTURING (WAAM)

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai dengan arahan yang diberikan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.

Menyetujui



(Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D.)
Dosen Pembimbing I



(Nicky Yongkimandalan, S.T., M.M., M.T.)
Dosen Pembimbing II

Mengetahui



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)
Kepala Program Studi Teknik Mesin

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Zahran Abdillah
NIM : 2010311037
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul:

**“ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO PADA MATERIAL
SS 308 HASIL PROSES *WIRE ARC ADDITIVE MANUFACTURING*
(WAAM)”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 24 Januari 2025
Yang Menyatakan,



Muhammad Zahran Abdillah

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Zahran Abdillah

NIM 2010311037

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 24 Juli 2025



Muhammad Zahran Abdillah

ANALISIS KARAKTERISTIK STRUKTUR MIKRO PADA MATERIAL SS 308 HASIL PROSES *WIRE ARC ADDITIVE MANUFACTURING* (WAAM)

Muhammad Zahran Abdillah

ABSTRAK

Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) merupakan salah satu teknologi manufaktur aditif berbasis proses pengelasan yang memungkinkan pembuatan komponen logam secara bertahap dengan mencairkan kawat logam sebagai bahan pengisi. Metode ini menawarkan kecepatan produksi tinggi dan biaya yang relatif rendah, namun kualitas hasil akhir sangat bergantung pada parameter proses yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus dan kecepatan pengelasan terhadap struktur mikro dan kualitas interlayer bonding pada material stainless steel 308 yang diproses menggunakan metode WAAM berbasis pengelasan Metal Inert Gas (MIG). Eksperimen dilakukan dengan variasi arus 80 A dan 100 A, serta kecepatan pengelasan 2,5 mm/s dan 3,0 mm/s. Pengujian struktur mikro dilakukan melalui observasi mikroskopik terhadap tiga lapisan hasil deposisi. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi arus tinggi dan kecepatan rendah menghasilkan zona fusi yang baik dan interlayer bonding yang menyatu sempurna, meskipun diiringi pertumbuhan butir yang kasar. Sebaliknya, pada parameter dengan input panas rendah, terbentuk butir halus namun disertai porositas dan bonding yang kurang optimal. Parameter terbaik diperoleh pada kombinasi 100 A dan 2,5 mm/s.

Kata kunci: WAAM, MIG, stainless steel 308, struktur mikro

ANALYSIS OF MICROSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF SS 308 MATERIAL RESULTING FROM THE *WIRE ARC* *ADDITIVE MANUFACTURING* (WAAM) PROCESS

Muhammad Zahran Abdillah

ABSTRACT

Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) is one of the additive manufacturing technologies based on welding processes that enables the layer-by-layer fabrication of metal components by melting a filler wire as the primary material. This method offers high production speed and relatively low cost, but the quality of the final product strongly depends on the process parameters used. This study aims to analyze the effect of varying current and welding speed on the microstructure and interlayer bonding quality of stainless steel 308 processed using WAAM with the Metal Inert Gas (MIG) welding method. The experiment was conducted using current variations of 80 A and 100 A, and welding speeds of 2,5 mm/s and 3,0 mm/s. Microstructural examination was performed through microscopic observation of three deposited layers. The results show that the combination of high current and low welding speed produced a well-fused zone and strong interlayer bonding, although accompanied by coarse grain growth. On the other hand, low *heat input* parameters formed finer grains but were associated with porosity and weaker bonding. The optimal parameter was achieved with a combination of 100 A and 2,5 mm/s.

Keywords : MIG, WAAM, microstructure, stainless steel 308

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Struktur Mikro pada Material Hasil Proses *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi selama proses penelitian dan penulisan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Bapak Muhammad Sayed Romadhon dan Ibu Verayana yang senantiasa selalu mendoakan di setiap waktunya, memberikan nasihat, sehingga menjadi semangat bagi penulis untuk tetap melangkah sampai titik akhir.
2. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 penulis yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi secara selama menjalani masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini berlangsung.
3. Bapak Nicky Yongki Mandalan, S.T., M.M., M.T. selaku dosen pembimbing 2 penulis karena telah memberikan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Seluruh dosen dan civitas akademika Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
5. Bapak Sigit Pradana, S.T., M.T. selaku penguji 1 penulis karena telah memberikan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Budhi Martana, S.T., M.M. selaku penguji 2 penulis karena telah memberikan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
7. Raden Bhanu, Christian Jovie, Rahman Akbar, Rafif Fahrurroji, Bintang Al Akbar, Fandi Akbaridzki Zulkarnain, Samuel Ritonga, Revka Tamvan, Ganjar Dhafin, Evan Hadi, Iqbal Fadli, Naufal Dary, Muhammad Furqon, RM Athlon, Hafidz

Shiddiq, dan selaku sahabat yang telah memberikan, ide, tempat berkeluh kesah, dukungan, dan motivasi selama penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Jakarta, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Wire Arc Additive Manufacturing(WAAM).....	5
2.3. Material	7
2.3.1. Stainless Steel 308 (Filler Metal)	7
2.3.2. SS 400 (<i>Base metal</i>)	8
2.4. <i>Metal inert gas</i> (MIG) Welding	9
2.4.1. Karakteristik MIG (<i>Metal Inert Gas</i>) Welding	9
2.5. Uji Metalografi	10
2.5.1. Tahapan Uji Metalografi	11
2.6. Struktur Mikro pada Hasil WAAM.....	11
2.6.1. Cacat Mikro (Defect).....	12

2.6.2. Interlayer Bonding.....	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1. Diagram Alir.....	14
3.2. Prosedur Penelitian.....	15
3.2.1 Studi Literatur.....	15
3.2.2 Persiapan Laboratorium.....	15
3.2.3 Pembuatan Spesimen dengan WAAM.....	16
3.2.4 Persiapan Sampel Metalografi.....	17
3.2.5 Pengujian Metalografi	18
3.2.6 Analisis.....	18
3.2.7 Hasil Pengujian Metalografi.....	18
3.2.8 Kesimpulan.....	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.3.1. Sampel penelitian	22
4.4.1. Spesimen A (<i>travel speed</i> 2,5 mm/s, arus 80 A)	23
4.4.2. Spesimen B (<i>travel speed</i> 2,5 mm/s, arus 100 A).....	25
4.4.3. Spesimen C (<i>travel speed</i> 3 mm/s, arus 80 A).....	27
4.4.4. Spesimen D (<i>travel speed</i> 3 mm/s, arus 100 A)	29
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi proses WAAM.....	6
Gambar 2. 2 Mikrostruktur dari interlayer boundary, crack, dan porositas	13
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Ilustrasi bagian yang diamati dari spesimen penelitian	17
Gambar 4. 1 Mesin Las MIG dan CNC ROUTER 3 axis	19
Gambar 4. 2 Gas pelindung CO ₂ , Filler wire stainless steel 308.....	20
Gambar 4. 3 Proses produksi spesimen dengan WAAM	20
Gambar 4. 4 Sampel penelitian uji metalografi.....	22
Gambar 4. 5 Gambar tiap layer dan interlayer bonding spesimen A dengan parameter arus 80 A dan travel speed 2,5 mm/s dilakukan dengan perbesaran 200 μm	23
Gambar 4. 6 Defect pada spesimen A diamati melalui perbesaran 200 μm	24
Gambar 4. 7 Gambar tiap layer dan interlayer bonding spesimen B dengan parameter arus 100 A dan travel speed 2,5 mm/s dilakukan dengan perbesaran 200 μm	25
Gambar 4. 8 Defect pada spesimen B diamati melalui perbesaran 20 μm	26
Gambar 4. 9 Gambar tiap layer dan interlayer bonding spesimen C dengan parameter arus 80 A dan travel speed 3 mm/s dilakukan dengan perbesaran 200 μm	27
Gambar 4. 10 Defect pada spesimen C diamati melalui perbesaran 20 μm	28
Gambar 4. 11 Gambar tiap layer dan interlayer bonding spesimen D dengan parameter arus 100 A dan travel speed 3 mm/s dilakukan dengan perbesaran 200 μm	29
Gambar 4. 12 Defect pada spesimen D diamati melalui perbesaran 20 μm	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia SS 308.....	7
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia SS 400.....	8
Tabel 3. 1 Tabel Variasi Parameter Produksi Spesimen.....	17
Table 4. 1 Tabel Spesimen Penelitian Hasil Produksi WAAM	21