

STUDI PENGARUH *WELDING SEQUENCE* TERHADAP TEGANGAN
SISA DAN DISTORSI PENGELASAN MAG BAJA ASTM A516
GRADE 70

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin



Oleh

UNUGIRI
Siswanto
BOJONEGORO
2220190088

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA SUNAN GIRI BOJONEGORO

2021

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Hari/Tanggal : Senin, 27 September 2021
Nama : Siswanto
Nim : 2220190088
Judul : Studi Pengaruh *Welding Sequence* Terhadap Tegangan Sisa
Dan Distorsi Pengelasan MAG Baja ASTM A516 Grade 70

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis untuk memenuhi tugas akhir pada Program Studi Teknik Mesin ini tidak mempunyai persamaan dengan skripsi yang lain.

Dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Bojonegoro, 27 September 2021



Siswanto

NIM : 2220190088

HALAMAN PERSETUJUAN

Nama : Siswanto
Nim : 2220190088
Judul : Studi Pengaruh *Welding Sequence* Terhadap Tegangan Sisa Dan Distorsi
PengelasanMAG BajaASTM A516Grade 70

Telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian skripsi.

Bojonegoro, 27 September 2021

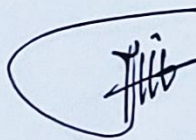
Pembimbing I



Togik Hidayat, S.Pd., M.T.

NIDN. 0730059004

Pembimbing II



Pelangi Eka Yuwita, M.Si.

NIDN.0715059004

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Siswanto
Nim : 2220190088
Judul : Studi Pengaruh *Welding Sequence* Terhadap Tegangan Sisa Dan Distorsi
Pengelasan MAG Baja ASTM A516 *Grade 70*

Telah dipertahankan dihadapan penguji pada tanggal 27 September 2021.

Dewan Penguji

Ketua

M. Jauharul Ma'arif., M. Pd.I

NIDN:2128097201

Tim Pembimbing

Pembimbing I

Togik Hidayat, S.Pd., M.T.

NIDN:0730059004

Anggota

Aprillia Dwi Ardianti, S.Si., M.Pd.

NIDN:0726048902

Pembimbing II

Pelangi Eka Yuwita, M.Si.

NIDN:0715059004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Sunni Wahyudi, M.Pd

NIDN:0709058902

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Togik Hidayat, S.Pd., M.T.

NIDN:0730059004

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Selalu berusaha tanpa mengenal putus asa
2. Selalu berusaha, dan berdoa untuk meraih cita - cita

PERSEMBAHAN

1. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:
2. M. Jauharul Ma'arif, M.Pd.I selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro
3. Sunu Wahyudhi, M.Pd. Sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro.
4. Togik Hidayat, S.Pd, M.T. sebagai dosen pembimbing skripsi pertama, yang telah membimbing dalam awal perencanaan sampai skripsi ini terselesaikan.
5. Pelangi Eka Yuwita M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi kedua, yang selalu sabar dalam membimbing penulisan skripsi.
6. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasehat serta doa yang tiada terputus sehingga skripsi ini dapat selesai.
7. Teman-teman seperjuangan Program studi Teknik Mesin 2017 yang telah ikut berjuang bersama-sama dari awal kuliah hingga terselesaikanya studi.
8. Seseorang teristimewa yang tidak bisa disebutkan namanya yang selalu menginspirasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

UNUGIRI
BOJONEGORO

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. M. Jauharul Ma'arif, M.Pd.I selaku Rektor UNU Sunan Giri Bojonegoro
2. Sunu Wahyudi, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UNU Sunan Giri Bojonegoro yang telah memberi izin dalam penulisan skripsi ini.
3. Togik Hidayat, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Pembimbing 1 yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik dan memberikan bimbingan terkait materi skripsi.
5. Pelangi Eka Yuwita, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2017 Teknik Mesin atas kerjasamanya dalam pengerjaan skripsi ini hingga dapat terselesaikan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Bojonegoro, 27 September 2021

Penulis

UNUGIRI
BOJONEGORO

Siswanto

NIM. 2220190088

ABSTRACT

Siswanto. 2021. *Study of the Effect of Welding Sequence on Residual Stress and Welding Deformation MAG ASTM A516 Grade 70 Steel. Scripts, SI Mechanical Engineering, Faculty of Science and Technology, Nahdlatul Ulama University, Sunan Giri Bojonegoro. Main Supervisor Togik Hidayat S.Pd, M.T. Supervising Assistant Pelangi Eka Yuwita, S.Si, M.Si.*

Residual stresses and deformations are unavoidable in the Metal Active Gas (MAG) welding process for ASTM A 516 Grade 70 steel. Residual stresses and deformations in welding can be minimized by reducing the amount of heat input, providing heat treatment, reducing the weld angle, and determine a good welding sequence. Residual stresses and deformations in welding are affected by many factors including geometry, material properties, and welding procedure. As an alternative to dealing with residual stresses and welding deformations, experimental methods with the finite element method can be used to predict residual stresses and deformations in the 3D plane that is carried out by welding. This study was conducted to determine the effect of welding sequence on residual stress and deformation in MAG welding ASTM A A516 Grade 70 Steel. The results of this study indicate structural analysis by conducting welding sequence simulations in 3 variations, namely continuous, symmetrical and dashed or locat welding sequences. The best result is the jump welding sequence variation with the axial stress value at the top of the chord is 308.98 MPa and at the bottom surface of the chord is 345.58 MPa. Structural analysis of the deformation value in this study obtained the deformation value that occurs at the connection of the plate and pipe after welding and cooling. The deformation results in the simulation of continuous, symmetrical and jumping welding sequences are known to be the maximum total deformation value for all variations of the welding sequence, which is 0.02 m.

Keywords: *ASTM A 516 Grade 70 Steel, Deformation, MAG Welding, Residual Stress.*

ABSTRAK

Siswanto. 2021. *Studi Pengaruh Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa Dan Distorsi Pengelasan MAG Baja ASTM A516 Grade 70*. Skripsi, S1 Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro. Pembimbing Utama Togik Hidayat S.Pd, M.T. Pembimbing Pendamping Pelangi Eka Yuwita, S.Si, M.Si.

Tegangan sisa dan distorsi merupakan hal yang tidak dapat dihindarkan dalam proses pengelasan Metal Active Gas (MAG) Baja ASTM A 516 Grade 70. Tegangan sisa dan distorsi pada pengelasan dapat diminimalisasi nilainya dengan cara mengurangi besarnya masukan panas, pemberian heat treatment, memperkecil sudut kampuh las, dan menentukan welding sequence yang baik. Tegangan sisa dan distorsi dalam pengelasan dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk geometri, sifat material, dan prosedur pengelasan. Sebagai alternatif untuk menangani tegangan sisa dan distorsi pengelasan dapat dilakukan metode eksperimental dengan metode elemen hingga untuk memprediksi tegangan sisa dan distorsi pada bidang 3 dimensi mahan yang dilakukan pengelasan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *welding sequence* terhadap tegangan sisa dan distorsi pada pengelasan MAG Baja ASTM A A516 Grade 70. Hasil penelitian ini menunjukkan analisis struktural dengan dilakukannya simulasi welding sequence dalam 3 variasi yaitu urutan pengelasan menerus, simetris dan putus-putus atau locat menunjukkan hasil terbaik adalah pada variasi welding sequence loncat dengan nilai tegangan aksial pada atas chord adalah sebesar 308.98 MPa dan pada permukaan *chord* bagian bawah adalah sebesar 345.58 MPa. Analisis struktural nilai distorsi dalam penelitian ini didapatkan nilai distorsi yang terjadi pada sambungan pelat dan pipa setelah pengelasan dan pendinginan. Hasil distorsi pada simulasi pengelasan *welding sequence* menerus, simetris dan meloncat diketahui nilai total distorsi maksimal untuk seluruh variasi welding sequence adalah sebesar 0.02 m.

Kata kunci: Baja ASTM A 516 Grade 70, Distorsi, Pengelasan MAG, Tegangan Sisa.

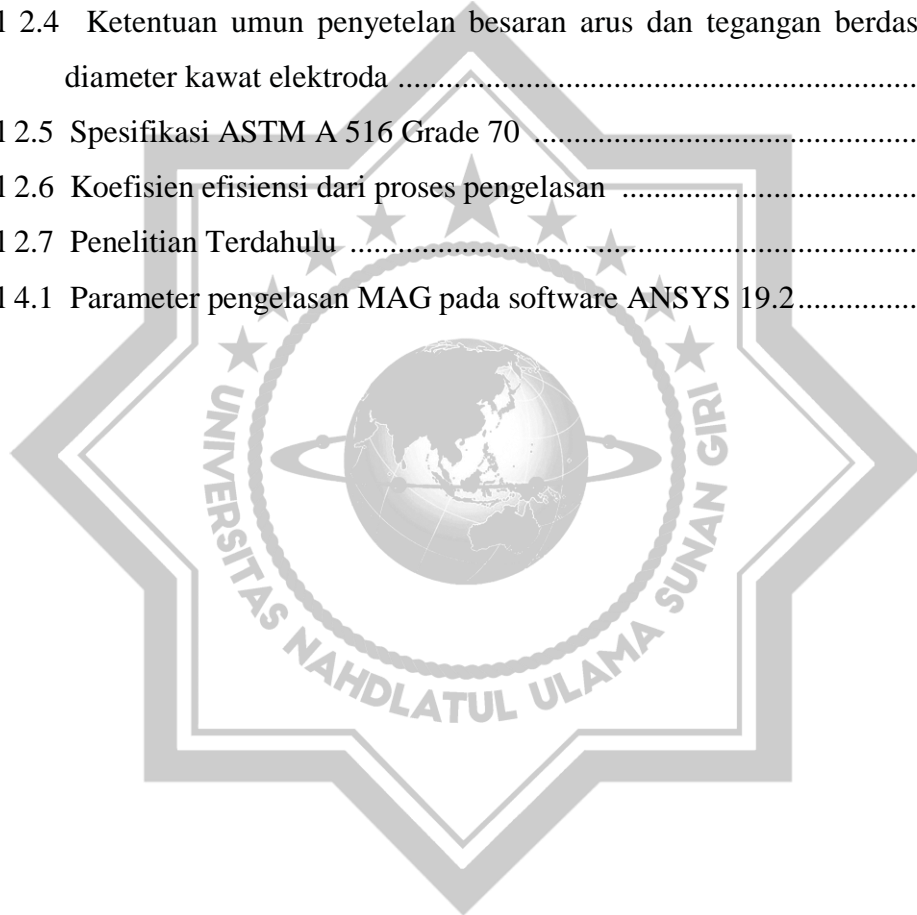
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR BAGAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Definisi Istilah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	8
2.1 Pengelasan.....	8
2.1.1 Pengertian Pengelasan	8
2.2 Baja Karbon	24
2.2.1 Klasifikasi Baja Karbon	25
2.3 Termal Las	27
2.3.1 Kondisi Awal	29
2.3.2 Siklus Termal Las	29
2.3.3 Distribusi Panas	30

2.4 Tegangan Sisa	30
2.4.1 Distribusi Tegangan Sisa	32
2.4.2 Perhitungan Tegangan Sisa	34
2.5 Distorsi Pada Struktur las	36
2.6 Urutan Pengelasan	38
2.7 Teori Metode Elemen Hingga	38
2.8 Keterbaharuan Penelitian Dan Kajian Pustaka	39
BAB III METODELOGI PENELITIAN	49
3.1 Desain Penelitian	49
3.2 Deskripsi Pemodelan Dan Simulasi	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Prosedur Pengelasan	54
4.1.1 Pembebanan Model.....	54
4.2 Analisis Thermal Kalor	56
4.2.1 Pemilihan Meshing	56
4.2.2 Meshing Sensitivity	56
4.2.3 Validasi Temperatur.....	57
4.3 Analisis Struktur	58
4.3.1 Validasi Tegangan Sisa.....	58
4.3.2 Hasil Distorsi	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kelebihan mesin las AC dan DC	11
Tabel 2.2 Komposisi kimia untuk elektroda karbon steel.....	14
Tabel 2.3 Sifat mekanik untuk elektroda besi karbon.....	14
Tabel 2.4 Ketentuan umum penyetelan besaran arus dan tegangan berdasarkan diameter kawat elektroda	15
Tabel 2.5 Spesifikasi ASTM A 516 Grade 70	26
Tabel 2.6 Koefisien efisiensi dari proses pengelasan	28
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu	39
Tabel 4.1 Parameter pengelasan MAG pada software ANSYS 19.2.....	55



UNUGIRI
BOJONEGORO

DAFTAR BAGAN

	Halaman
Bagan 3.1 <i>Flowchat</i> Pelaksanaan Penelitian	51



UNUGIRI
BOJONEGORO

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Daerah hasil pengelasan	9
Gambar 2.2 Mesin las arus AC	10
Gambar 2.3 Mesin las arus DC	11
Gambar 2.4 Pengelasan GMAW	12
Gambar 2.5 <i>Short circuit transfer</i>	17
Gambar 2.6 <i>Globular Transfer</i>	17
Gambar 2.7 <i>Spray Arc Transfer</i>	18
Gambar 2.8 Jenis-jenis sambungan las	18
Gambar 2.9 Posisi pengelasan	20
Gambar 2.10 Posisi-posisi pengelasan	21
Gambar 2.11 Posisi-posisi pengelasan untuk pengelasan pipa	21
Gambar 2.12 Cacat las yang mungkin terjadi	24
Gambar 2.13 Siklus termal las	29
Gambar 2.14 Pembentukan Tegangan Sisa	31
Gambar 2.15 Tegangan Sisa karena Penahan Luar pada Las	32
Gambar 2.16 Skema distribusi tegangan sisa sambungan las tumpul	32
Gambar 2.17 Skema distribusi tegangan sisa pada las berbentuk lingkaran	33
Gambar 2.18 Skema distribusi tegangan sisa pada alas melingkar pada pipa	33
Gambar 2.19 Urutan pengelasan	35
Gambar 2.20 Tegangan sisa pada urutan pengelasan	35
Gambar 2.21 Tegangan sisa pada beberapa urutan pengelasan	36
Gambar 4.1 Sensitivitas meshing	57
Gambar 4.2 Nodular temperature.....	57
Gambar 4.3 Validasi distribusi panas	58
Gambar 4.4 Validasi tegangan sisa	58