

**PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM *BEAD ON PLATE*
PADA BAJA A36**

SKRIPSI

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



Oleh:

Airlangga Putra Aridharma

NIM. I0416008

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
commit to user
2021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0902/TA/S1/01/2021**

Nama : **AIRLANGGA PUTRA ARIDHARMA**
 NIM : **10416008**
 Bidang : **Ilmu Bahan**
 Pembimbing 1 : **Prof. Dr. TRIYONO, ST., MT./197406251999031002**
 Pembimbing 2 : **DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT/197003231998021001**
 Penguji : **1. Dr. Ir. WIJANG WISNU RAHARJO, MT/
196810041999031002**
2. Dr. EKO SUROJO., ST,MT/ 196904112000031006
 Mata Kuliah Pendukung
 1. **Inspeksi Las(MS04103-15)**
 2. **Teknologi Pengelasan(MS05053-15)**
 3. ()

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM BEAD ON
PLATE PADA BAJA A36 "**



Surakarta, 2021-01-10 14:07:34
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP. 196904112000031006

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

commit to user

PERNYATAAN INTEGRITAS

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tugas akhir ini yang berjudul **Pengaruh Aliran Air Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Hasil Las Bawah Air Bergaram *Bead on Plate* pada Baja A36** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali tertulis diacu dalam laporan ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal-hal yang tidak sesuai, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surakarta, 22 Januari 2021



Airlangga Aridharma

Airlangga Putra Aridharma

PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM BEAD ON PLATE PADA BAJA A36

Disusun Oleh

AIRLANGGA PUTRA ARIDHARMA
NIM : **I0416008**

Dosen Pembimbing 1


Dosen Pembimbing 2

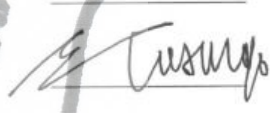

Prof. Dr. TRIYONO, ST., MT.
NIP. 197406251999031002


DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal 22-01-2021, pukul 09:00:00, bertempat di on line.

1. **Dr. Ir. WIJANG WISNU RAHARJO, MT**
196810041999031002
2. **Dr. EKO SUROJO., ST,MT**
196904112000031006
3. _____






Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta

Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP. 196904112000031006

Koordinator Tugas Akhir


DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

www.sijamut.net

commit to user

**PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM *BEAD ON PLATE*
PADA BAJA A36**

Airlangga Putra Aridharma

Program Studi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia

Email: airlanggaaridharma@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Dalam dunia teknologi kelautan, seperti kapal dan sistem perpipaan di bawah laut, pada pengoperasiannya berpotensi mengalami kerusakan. Hal itu seringkali memerlukan perbaikan yang harus dilakukan di dalam air, salah satunya dengan metode pengelasan bawah air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis aliran air terhadap sifat fisik dan mekanik hasil las bawah air basah bergaram dengan metode *bead on plate*.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja A36. Pengelasan bawah air basah dilakukan di dalam air laut dengan metode SMAW menggunakan elektroda E7018. Kecepatan aliran air yang digunakan dalam simulasi sebesar 0,6 m/s dengan kedalaman 0,5 m dari permukaan air kolam. *Travel speed* sebesar 0,4 cm/s. Pengelasan bawah air yang dilakukan dalam simulasi ini menggunakan tiga jenis aliran (tanpa aliran, aliran *non-uniform* dengan sekat, dan aliran *non-uniform* tanpa sekat). Pengujian yang dilakukan pada benda uji yaitu uji makro, uji mikro, uji keras, uji tarik, uji impak, dan uji tekuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran dan peningkatan laju aliran pada pengelasan bawah air basah bergaram menyebabkan timbul cacat porositas yang semakin besar dan banyak. Penetrasi paling dalam terdapat pada spesimen dengan aliran *non-uniform* dengan sekat. Karena *droplet* las yang terkumpul membuat energi panas terpusat. Struktur mikro di logam las seperti *acicular ferrite* dan *ferrite with second phase* meningkat seiring dengan ketidakseragaman aliran air. Selain itu, nilai sifat mekanik pada spesimen relatif meningkat seiring dengan kenaikan laju dan ketidakragaman aliran air.

Kata kunci: Pengelasan bawah air basah, SMAW, *Bead on Plate*, Aliran *Non-uniform*, *weld reinforcement*

THE INFLUENCE OF SALT WATER FLOWS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF UNDERWATER WELDING USING BEAD ON PLATE METHOD ON A36 STEEL

Airlangga Putra Aridharma

*Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia*

Email: airlanggaaridharma@student.uns.ac.id

ABSTRACT

Underwater welding (UWW) is a process of joining materials underwater. This method is often being used to repair piping systems and ships. This study is conducted to determine the effect of the type of water flow on the physical and mechanical properties of the underwater weld with bead on plate method.

The material used in this research is A36 steel. UWW is carried out in salt water using the SMAW method with E7018 electrode. The water flow velocity used in the simulation is 0.6 m/s with a depth of 0.5 m from the surface of the water. The travel speed is 0.4 cm/s. UWW carried out in this simulation uses three types of flow (no flow, non-uniform flow with partition, and non-uniform flow without partition). Tests carried out on the specimens are metallography, hardness test, tensile strength test, impact test, and bending test.

The results showed that the flow of the salt water caused greater porosity defects. The deepest penetration occurred in specimens with non-uniform flow with partitions. Due to droplets that accumulated in the weld area, the heat energy is concentrated. The microstructure in welding metals such as acicular ferrite (AF) and ferrite with second phase (FSP) increases along with the non-uniformity of the water flow. In addition, the value of the mechanical properties of the specimens relatively increased along with the variability of the water flow.

Keywords: *Underwater welding, SMAW, Bead on Plate, Non-uniform Flow, Weld Reinforcement*

commit to user

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT atas rahmat yang Allah limpahkan sehingga SKRIPSI dengan judul “Pengaruh Aliran Air Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Hasil Las Bawah Air Bergaram *Bead on Plate* pada Baja A36” ini dapat terselesaikan.

SKRIPSI ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin UNS. Penyusunan SKRIPSI ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada:

1. Prof. Dr. Triyono, S.T., M.T., selaku Pembimbing I yang memberikan bimbingan, dukungan, dan nasehat yang sangat berguna sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang memberikan bimbingan, dukungan, dan nasehat yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Eko Surojo, S.T., M.T., selaku kepala Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
4. Dr. Eko Surojo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
5. Dr. Eko Surojo, S.T., M.T., dan Dr. Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T., selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang bermanfaat.
6. Susy Herawati Martosoediro, Rakai Ganendra Aridharma, Rasi Qiara Putri Aridharma, dan Dimas Harimurti Aridharma selaku keluarga yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
7. Axton Salim, Mardi Wu, dan Gisneo Pratala selaku guru dan pembimbing yang memberikan dukungan dan nasehat mengenai karir kepada penulis.
8. Segenap teman yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi tepat waktu.

commit to user

Penulisan dan penyusunan SKRIPSI ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun agar menghasilkan karya yang lebih baik. Mohon maaf apabila dalam penulisan dalam penulisan terdapat kata yang kurang berkenan bagi pembaca. Semoga SKRIPSI ini dapat menambah khasanah keilmuan.

Surakarta, 22 Januari 2021



Airlangga Arihama

Penulis

DAFTAR ISI

PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM <i>BEAD ON PLATE</i> PADA BAJA A36	i
PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
..... Error! Bookmark not defined.	
PENGARUH ALIRAN AIR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL LAS BAWAH AIR BERGARAM <i>BEAD ON PLATE</i> PADA BAJA A36	v
<i>THE INFLUENCE OF SALT WATER FLOWS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF UNDERWATER WELDING USING BEAD ON PLATE METHOD ON A36 STEEL</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 <i>Shielded Metal Arc Welding</i>	8
2.3 Pengelasan Bawah Air	12
2.4 Metalurgi Las	14
2.5 Baja.....	17
2.6 Pengujian.....	18

2.6.1	Pengujian Metalografi.....	19
2.6.2	Pengujian Tarik.....	19
2.6.3	Pengujian Kekerasan.....	23
2.6.4	Pengujian Impak.....	24
2.6.5	Pengujian Tekuk.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Tempat Penelitian.....	28
3.2	Material Penelitian.....	28
3.2.1	Baja Karbon Rendah A36.....	28
3.2.2	Elektroda E7018.....	29
3.2.3	Air Bergaram.....	29
3.3	Alat Penelitian.....	30
3.4	Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1	Variabel Penelitian.....	32
3.4.2	Proses Pengelasan.....	33
3.4.3	Pembuatan Spesimen.....	34
3.4.4	Proses Pengujian.....	35
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.6	Tabel waktu pelaksanaan peneltian.....	39
BAB IV DATA DAN ANALISIS.....		40
4.1	Data Pengamatan Hasil Las.....	40
4.1.1	Identifikasi Cacat Las.....	40
4.1.2	Pengamatan Data Foto Makro.....	44
4.1.3	Pengamatan Data Foto Mikro.....	47
4.2	Analisis Pengujian Kekerasan.....	52
4.3	Analisis Pengujian Kekuatan Tarik.....	55
4.4	Analisis Pengujian Impak.....	58
4.5	Analisis Pengujian Tekuk.....	60
BAB V PENUTUP		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN		73

commit to user

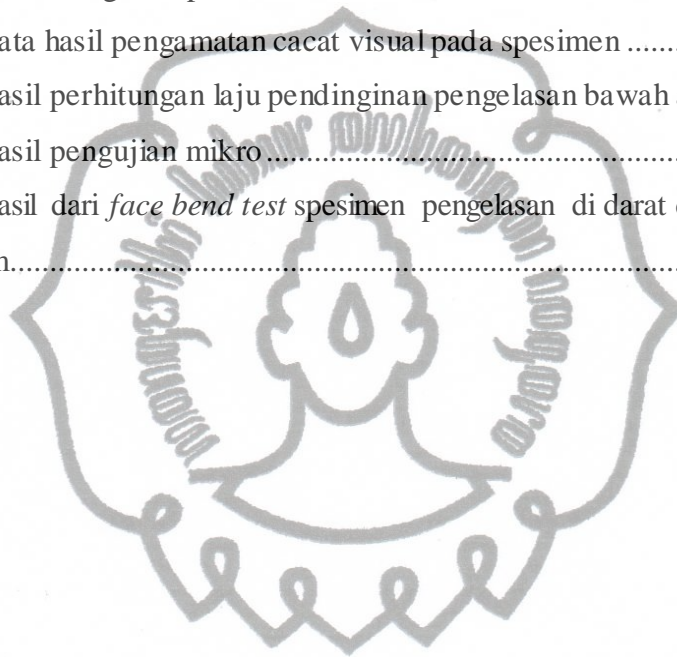
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja SMAW	9
Gambar 2.2 Rangkaian SMAW	10
Gambar 2.3 <i>Macrograph</i> dari hasil las yang menggunakan polaritas (a) DCSP, (b) DCRP, dan (c) AC	11
Gambar 2.4 Proses pengelasan bawah air basah	13
Gambar 2.5 Proses pengelasan bawah air kering	14
Gambar 2.6 Daerah las <i>butt weld</i>	15
Gambar 2.7 <i>Optical micrograph</i> pada daerah las yang menunjukkan <i>fusion line</i> , <i>heat affected zone</i> , <i>weld metal</i> , dan <i>parent metal</i>	15
Gambar 2.8 Diagram CCT dan efek dari kecepatan pendinginan terhadap struktur mikro	16
Gambar 2.9 Diagram fase Fe-Fe ₃ C	18
Gambar 2.10 Skema alat uji tarik	20
Gambar 2.11 Grafik tegangan regangan	21
Gambar 2.12 Pengukuran regangan setelah patah	21
Gambar 2.13 Rekomendasi jarak pengujian kekerasan metode Knoop dan Vickers	24
Gambar 2.14 Pengujian impak menggunakan metode <i>Charpy</i>	25
Gambar 2.15 Perbedaan posisi penyokong spesimen pada metode <i>Charpy</i> dan <i>Izod</i>	26
Gambar 3.1 Struktur mikro baja A36	28
Gambar 3.2 Tingkat salinitas air laut	29
Gambar 3.3 Kotak kaca simulasi aliran air	30
Gambar 3.4 Dimensi kotak kaca simulasi aliran air	31
Gambar 3.5 Dimensi spesimen (mm)	33
Gambar 3.6 Sistematika pengelasan	33
Gambar 3.7 Posisi busur las saat proses pengelasan	34
Gambar 3.8 Potongan melintang spesimen	34
Gambar 3.9 Spesimen uji tarik (mm)	35
Gambar 3.10 Standar tes kupon uji impak	35

Gambar 3.11 Standar tes kupon uji tekuk dengan metode <i>face bend</i>	35
Gambar 3.12 Diagram alir penelitian	38
Gambar 4.1 Hasil pengelasan (a) darat, (b) bawah air bergaram tanpa aliran, (c) bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> dengan sekat, (d) bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> tanpa sekat	40
Gambar 4.2 Skema perpindahan logam las cair secara globular	42
Gambar 4.3 Proses <i>transfer droplet</i> menjadi <i>spatter</i>	43
Gambar 4.4 Skema timbulnya porositas pada pengelasan	44
Gambar 4.5 Foto makro spesimen hasil pengelasan di (a) darat, (b) basah bawah air bergaram tanpa aliran, (c) basah bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> dengan sekat, (d) basah bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> tanpa sekat	45
Gambar 4.6 Grafik kedalaman penetrasi pengelasan pada spesimen hasil pengelasan di darat dan pengelasan bawah air basah bergaram	46
Gambar 4.7 Skema perpindahan droplet saat transfer logam las cair	47
Gambar 4.8 Diagram transformasi fasa CCT elektroda 0,05% C	49
Gambar 4.9 Grafik pengujian kekerasan spesimen hasil pengelasan	53
Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian kekuatan tarik	56
Gambar 4.11 Foto hasil pengujian kekuatan tarik pada spesimen hasil pengelasan (a) darat, (b) basah bawah air bergaram tanpa aliran, (c) basah bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> dengan sekat, (d) basah bawah air bergaram tanpa aliran	57
Gambar 4.12 Simulasi distribusi beban pengujian tarik pada spesimen yang memiliki <i>weld reinforcement</i>	58
Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian impak pada spesimen pengelasan	59
Gambar 4.14 Hasil pengujian tekuk pada pengelasan (a) darat, (b) basah bawah air bergaram tanpa aliran, (c) basah bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> dengan sekat, (d) basah bawah air bergaram dengan aliran <i>non-uniform</i> tanpa sekat	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Diameter elektroda dan besar arus elektroda E7018	12
Tabel 2.2 Teknik uji keras	23
Tabel 3.1 Komposisi kimia ASTM A36	28
Tabel 3.2 Komposisi kimia elektroda E7018	29
Tabel 3.3 Variabel penelitian	32
Tabel 3.4 Jadwal kegiatan penelitian	39
Tabel 4.1 Data hasil pengamatan cacat visual pada spesimen	41
Tabel 4.2 Hasil perhitungan laju pendinginan pengelasan bawah air	50
Tabel 4.3 Hasil pengujian mikro	50
Tabel 4.4 Hasil dari <i>face bend test</i> spesimen pengelasan di darat dan basah bawah air bergaram.....	61



DAFTAR RUMUS

2.1	Persentase elongasi EL	21
2.2	Reduksi penampang	22
2.3	Persamaan tegangan	22
4.1	Jumlah masukan panas	49
4.2	Kecepatan pendinginan	49
4.3	Laju pendinginan	49



DAFTAR NOTASI

EL	=	Persentase elongasi	%
l_i	=	Panjang sesudah patah	m
l_0	=	Panjang awal	m
$.RA$	=	Reduksi penampang	m
A_0	=	Luas penampang mula	m ²
A_i	=	Luas penampang sesudah patah	m ²
F	=	Gaya	N
H	=	Masukan panas	kJ/mm
U	=	Tegangan busur	V
I	=	Arus	A
v	=	Kecepatan	mm/s
Rc	=	Kecepatan pendinginan	mm
t	=	Tebal plat	mm
$\Delta t_{8/5}$	=	Laju pendinginan	s
σ	=	Tegangan	Pa