



**PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN
BAJA AISI 1320 DENGAN LAS SMAW**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Sarjana Pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Program Pendidikan Strata-1 (S1)**



Disusun Oleh :

Nur Salam

0703035008

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA**

2014

**PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN
BAJA AISI 1320 DENGAN LAS SMAW**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Sarjana Pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA
Program Pendidikan Strata-1 (S1)**



Disusun Oleh :

Nur Salam

0703035008

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA**

2014

**PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN
BAJA AISI 1320 DENGAN LAS SMAW**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Sarjana Pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA**

Jenjang Pendidikan

Strata-1 (S1)

Disusun Oleh :

Nur Salam

0703035008

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi
Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA**

Tanggal 13 Februari 2014

Dosen Pembimbing I



(Agus Fikri, ST., MM)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Andi Saidah, MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik UHAMKA



(Drs. M. Yusuf D, MM)

**PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN BAJA AISI 1320 DENGAN
LAS SMAW**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Sarjana
Pada Jenjang Pendidikan Strata-1 (S1)**

Disusun Oleh :

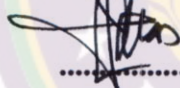
**Nur Salam
0703035008**

Telah diajukan dan dinyatakan lulus dalam Siding Ujian Skripsi

Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA

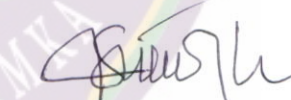
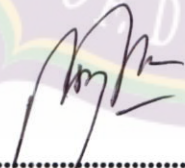
Jakarta, 19 Februari 2014

Pembimbing I



.....
(Agus Fikri, ST., MM)

Pembimbing II



.....
(Ir. Andi Saidah, MT)

Penguji I



.....
(Ir. Asyari Daryus, M.Sc)

Penguji II



.....
(PH. Gunawan, ST., MT)

Dekan

Fakultas Teknik UHAMKA



.....
(M. Mujirudin, ST., MT)



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya, Penulis menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini dengan judul :
PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN BAJA AISI 1320 DENGAN LAS SMAW

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Penulis,

Nur Salam
0703035008



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Baginda Yang Mulia Rasulullah Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. M. Mujirudin, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka.
2. Drs. M. Yusuf D, MM, selaku kepala program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka.
3. Agus Fikri, ST., MM selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.
4. Ir. Andi Saidah, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.
5. Ir. Muhammad Gunara, M.Sc, yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka yang telah membekali ilmu yang berguna bagi penulis untuk menyongsong masa depan.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

8. Bapak dan Ibuku serta Kekasihku yang telah memberikan dukungan moril dan materil didalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teknisi laboratorium uji konstruksi B2TKS BPPT Puspitek, Serpong.
10. Teman-teman Majelis Annur yang selalu memberikan semangat dan doanya untukku.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas jasa-jasa beliau yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bawa skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat dan tambahan ilmu bagi pembaca.

Jakarta, Februari 2014,

Penulis,

(Nur Salam)



ABSTRAK

Nur Salam, 2007. TM, FT, UHAMKA “PENGARUH ARUS LAS TERHADAP KETANGGUHAN DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN BAJA AISI 1320 DENGAN LAS SMAW”.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap ketangguhan dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7018. Penelitian ini menggunakan bahan baja paduan rendah yang mengandung kadar C = 0,031 %, Si = 0,27 %, Mn = 0,63 %, S = 0,031 %, P = 0,028 %, Ni = 0,051 %, Cr = 0,14 %, W = 0,065 %. Bahan diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A dengan menggunakan las SMAW DC polaritas terbalik dengan elektroda E7018 diameter 3,2 mm. DC polaritas terbalik yaitu pemegang elektroda dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 45° . Spesimen dilakukan pengujian ketangguhan dan struktur mikro. Ketangguhan pada daerah las tertinggi pada kelompok arus 175 Amper yaitu sebesar $3,325 \text{ Joule/mm}^2$, hal ini mengalami peningkatan $0,032 \text{ Joule/mm}^2$ dari kelompok material dasar. Kelompok variasi arus 95 A dan 135 A mengalami peningkatan terhadap kelompok material dasar yaitu masing-masing sebesar $0,030$ dan $0,015 \text{ Joule/mm}^2$.

Hasil uji struktur mikro memperlihatkan pada daerah logam induk (BM) berupa ferit dan perlit, pada daerah pengaruh panas (HAZ) dari arus 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A mempunyai struktur mikro yang sama yaitu berupa butir halus ferit dan perlit, sedangkan pada daerah logam lasan (WM) dari arus 95 A, 115 A, 135 A dan 175 A juga mempunyai struktur mikro yang sama yaitu berupa ferit-bainit, sedangkan arus 155 A mempunyai struktur mikro ferit-perlit. Dengan demikian dari penelitian ini didapatkan hasil pengelasan SMAW yang optimal khususnya pada rangka jembatan untuk tebal pelat 10 mm, kombinasi arus yang terbaik adalah 175 A, karena pada arus ini mempunyai ketangguhan tertinggi yaitu $3,325 \text{ Joule/mm}^2$, pada kombinasi ini ketangguhan las SMAW adalah paling besar dan terjadi perubahan fasa.

Kata kunci : Baja Paduan Rendah, Uji Ketangguhan dan Uji Struktur Mikro.



ABSTRACT

Nur Salam, 2007. TM, FT , UHAMKA "FLOW EFFECT ON LAS toughness and microstructure of AISI 1320 STEEL CONNECTION WITH WELDING SMAW".

This study aims to determine the effect of welding current on weld toughness and microstructure SMAW with E7018 electrodes. This study used a low alloy steel materials which contain high levels of C = 0.031 %, Si = 0.27 %, Mn = 0.63 %, S = 0.031 %, P = 0.028 %, Ni = 0.051 %, Cr = 0.14 %, W = 0.065 %. Material treated with a variety of welding current 95 A, 115 A, 135 A, 155 A and 175 A using reverse polarity DC SMAW welding electrode E7018 with a diameter of 3.2 mm. DC reverse polarity electrode holder is connected to the positive pole and a metal stem is connected to the negative pole. Type hem seam used is 45° V with an angle. Specimens tested toughness and microstructure. Toughness in the weld area highest in the group of 175 amperes flows amounting to 3,325 Joule/mm², this is an increase of 0,032 Joule/mm² basic material groups. A and group of 95 current variation increased to 135 A basic material groups are respectively 0.030 and 0.015 Joule/mm².

The test results show the microstructure in the base metal region (BM) in the form of ferrite and pearlite, the local influence of heat (HAZ) of the current 95 A, 115 A, 135 A, 155 A and 175 A have the same microstructure in the form of fine ferrite grain and pearlite, whereas the local weld metal (WM) from the current 95 A, 115 A, 135 A and 175 A also has the same microstructure in the form of ferrite - bainite, while the current 155 A has a ferrite - pearlite microstructure. Thus from this study showed that the optimal SMAW welding, especially in order to bridge 10 mm thick plate, which is the best combination of current is 175 A, because at this current has the highest toughness 3,325 Joule/mm², on this combination of toughness SMAW welding is the most large and phase change.

Keywords : Low Alloy Steel, Toughness Testing and Test Structures Micro.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Pengertian Las	4
2.1.1 Las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	5
2.1.2 Elektroda	7
2.1.3 Sambungan Las	10
2.1.4 Arus Listrik	12
2.2 Struktur Mikro Daerah Lasan	13
2.2.1 Daerah Logam Las	13
2.2.2 Daerah Pengaruh Panas.....	17

2.2.3 Daerah Logam Induk.....	18
2.2.4 Cacat Las	19
2.3 Klasifikasi Baja	19
2.3.1 Baja Paduan Rendah	20
2.4 Diagram Fasa	22
2.4.1 Fasa-Fasa Padat Pada Baja	24
2.5 Diagram TTT (<i>Time-Temperature-Transformation</i>)	26
2.6 Pengujian Material	30
2.6.1 Pengujian Komposisi	30
2.6.2 Pengujian Ketangguhan	31
2.6.3 Pengujian Metalografi	35
2.6.3.1 Perhitungan Besar Butir	36
2.7 Kampuh V.....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	38
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	38
3.2.1 Alat Penelitian	38
3.2.2 Bahan Penelitian	39
3.3 Diagram Alir Penelitian	40
3.3.1 Pengujian Komposisi	41
3.3.2 Pembuatan Sampel	41
3.3.2.1 Pembuatan Spesimen Pengujian Impak	41
3.3.2.2 Pembuatan Spesimen Pengujian Metalografi	42
3.3.3 Proses Pengelasan	43
3.3.3.1 Variasi Kuat Arus Penelitian	43
3.3.4 Proses Pengujian	44
3.3.4.1 Proses Pengujian Impak	44
3.3.4.2 Proses Pengujian Metalografi	46
3.3.5 Menghitung Ukuran Butir	48

BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	50
4.1.1 Hasil Uji Komposisi Kimia	50
4.1.2 Hasil Uji Ketangguhan	51
4.1.3 Hasil Uji Metalografi	52
4.1.3.1 Foto Makro Hasil Uji Impak Pada Sambungan Las	52
4.1.3.2 Foto Mikro Hasil Uji Impak Pada Sambungan Las	53
a. Foto Mikro Material Dasar	53
b. Foto Mikro Arus 95 A	53
c. Foto Mikro Arus 115 A	54
d. Foto Mikro Arus 135 A	55
e. Foto Mikro Arus 155 A	56
f. Foto Mikro Arus 175 A	57
4.1.4 Hasil Perhitungan Besar Butir	58
4.2 Pembahasan	59
4.2.1 Struktur Mikro	59
4.2.2 Ketangguhan	62
4.2.2.1 Tenaga Patah	62
4.2.2.2 Nilai Ketangguhan	63
4.2.3 Besar Butir	65
4.2.3.1 Daerah HAZ	65
4.2.3.2 Daerah WM	66

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	67
5.2 Saran	68

DAFTAR PUSTAKA	69
----------------------	----



DAFTAR GAMBAR

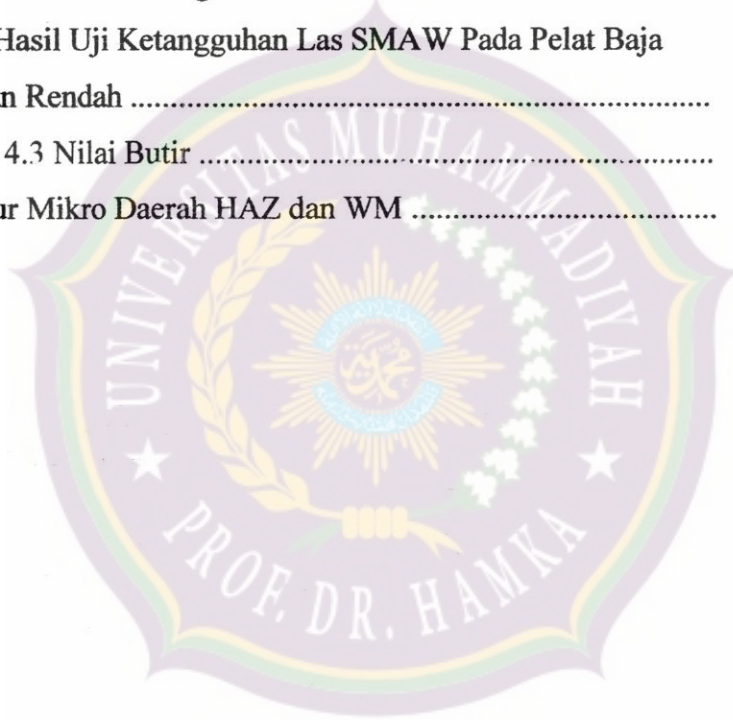
	Halaman
Gambar 2.1 Las SMAW.....	6
Gambar 2.2 Elektroda Terbungkus	10
Gambar 2.3 Arah pembekuan dari logam las	14
Gambar 2.4 Struktur mikro <i>acicular ferrite</i> (AF) dan <i>grain boundary ferrite</i> (GF) atau ferit batas butir	15
Gambar 2.5 Struktur mikro ferit Widmanstatten	15
Gambar 2.6 Struktur mikro martensit	16
Gambar 2.7 Struktur mikro ferit dan perlit.....	16
Gambar 2.8 Struktur mikro bainit	16
Gambar 2.9 Struktur mikro daerah <i>columnar</i>	17
Gambar 2.10 Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan	18
Gambar 2.11 Perubahan sifat fisis pada sambungan las cair.....	18
Gambar 2.12 Diagram Fasa Besi Karbida (Fe – Fe ₃ C)	23
Gambar 2.13 Diagram TTT untuk baja Karbon 1%C.....	29
Gambar 2.14 Metode Charpy	32
Gambar 2.15 Pengujian Ketangguhan <i>Charpy</i>	33
Gambar 2.16 Skema Perhitungan Jumlah Butir	36
Gambar 2.17 Kampuh V Standar JIS 2202 1980	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3.2 Spesimen JIS Z 2202 1980	42
Gambar 3.3 Spesimen yang sudah di- <i>mounting</i>	42
Gambar 3.4 Alat Pengujian Impak PSW 300	45
Gambar 3.5 Sampel Uji Metalografi	47
Gambar 3.6 Skema Perhitungan Jumlah Butir	48
Gambar 4.1 Sampel hasil uji impak sambungan las pada kondisi tanpa dilas (Material Dasar), 95A, 115A, 135A, 155A dan 175A	52

Gambar 4.2 Struktur mikro material dasar (<i>base metal</i>) berupa ferit (putih) dan perlit (hitam)	53
Gambar 4.3 Struktur mikro daerah HAZ berupa butir halus ferit-perlit...	53
Gambar 4.4 Struktur mikro daerah material las (WM) berupa ferit-bainit	54
Gambar 4.5 Struktur mikro daerah HAZ berupa butir halus ferit-perlit...	54
Gambar 4.6 Struktur mikro daerah material las (WM) berupa ferit- bainit	55
Gambar 4.7 Struktur mikro daerah HAZ berupa butir halus ferit-perlit...	55
Gambar 4.8 Struktur mikro daerah material las (WM) berupa ferit- bainit	56
Gambar 4.9 Struktur mikro daerah HAZ berupa butir halus ferit-perlit...	56
Gambar 4.10 Struktur mikro daerah material las (WM) berupa ferit- perlit	57
Gambar 4.11 Struktur mikro daerah HAZ berupa butir halus ferit-perlit..	57
Gambar 4.12 Struktur mikro daerah material las (WM) berupa ferit- bainit	58
Gambar 4.13 Diagram Hasil Tenaga Patah	62
Gambar 4.14 Diagram Hasil Ketangguhan Impak	63
Gambar 4.15 Cacat Porositas pada daerah las bagian tengah	64
Gambar 4.16 Ukuran butir pada daerah HAZ	65
Gambar 4.17 Ukuran butir pada daerah WM	66



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda	9
Tabel 2.3 Kandungan tipe logam las AWS A5.1 E7018	10
Tabel 3.1 Variasi Arus Penelitian	44
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Logam dalam % berat	50
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Ketangguhan Las SMAW Pada Pelat Baja Paduan Rendah	51
Tabel 4.3 Tabel 4.3 Nilai Butir	58
Tabel 4.4 Stuktur Mikro Daerah HAZ dan WM	60





DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Gambar Mesin Las SMAW	71
2. Gambar Alat Uji Komposisi	72
3. Gambar Spesimen Sebelum Pengelasan	72
4. Gambar Spesimen Sesudah Pengelasan	73
5. Gambar Proses Pengujian Impak	73
6. Gambar Spesimen Setelah Pengujian Impak	74
7. Mesin <i>grinding</i> dan <i>polishing portable</i>	74
8. Mikroskop makro "Leitz Wetzlar", perbesaran. 6 - 50x	75
9. Mikroskop Optik Skala Mikro Metalloplan <i>Microscope</i> <i>Leitz Wetzlar</i> , perbesaran 50x - 1000x	76
10. Gambar Alur Sambungan Las Tumpu	77
11. Gambar Sambungan T	78
12. Gambar Sambungan Sudut	78
13. Gambar Sambungan Sisi	78
14. Foto Tabel Hasil Pengujian Ketangguhan	79
15. Tabel Hasil Pengujian Ketangguhan	80



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan konstruksi dari logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan, khususnya pada bidang rancang bangun, karena sambungan las lebih ekonomis dan prosesnya cepat. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) dan gas. Jenis las busur listrik ada 4 yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO₂), las busur tanpa gas dan las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*). Las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *direct current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan

las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryo Sumarto, 2000).

Salah satu variabel penentu dalam proses pengelasan logam adalah besarnya arus pengelasan yang dipergunakan. Selanjutnya untuk mendapatkan efisiensi dan efektifitas pengelasan, khususnya pengelasan pada baja paduan rendah, maka perlu ditentukan arus pengelasan yang paling optimal, terutama dalam hubungannya dengan kekuatan mekanis sambungan las yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh arus pengelasan sebesar 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A terhadap ketangguhan hasil lasan baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW DC dengan elektroda E7018?
2. Apakah ada pengaruh arus pengelasan sebesar 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A terhadap struktur mikro baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW DC dengan elektroda E7018?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan bahan baja paduan rendah yang diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 95 Amper, 115 Amper, 135 Amper, 155 Amper dan 175 Amper dengan menggunakan las SMAW DC dengan elektroda E7018 diameter 3,2 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan

sudut 45° . Pengujian terhadap hasil lasan dilakukan melalui pengujian dampak dan pengamatan metalografi.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dilakukan penelitian untuk sambungan las SMAW pada pelat Baja Paduan Rendah adalah:

1. Untuk mengetahui adanya pengaruh arus pengelasan sebesar 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A terhadap ketangguhan hasil lasan baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW DC dengan elektroda E7018.
2. Untuk mengetahui adanya pengaruh arus pengelasan sebesar 95 A, 115 A, 135 A, 155 A dan 175 A terhadap struktur mikro baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW DC dengan elektroda E7018.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif kepada:

1. Bagi dunia akademis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan tentang hasil las dan ketangguhan hasil lasan yang optimal, khususnya pada pengelasan SMAW.
2. Bagi dunia industri, dengan didapatkannya hasil las dan ketangguhan yang optimal, maka diharapkan menjadi referensi dalam pelaksanaan kegiatan industri, terutama dalam industri yang membutuhkan proses penyambungan logam.



DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Arifin, S., 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- ASM, 1989, *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committee, Metal Park, Ohio.
- Bintoro, A. G., 2005, *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*, Kanisius, Yogyakarta.
- Kenyon, W., Ginting, D., 1985, *Dasar-Dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.
- Sonawan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.
- Suharto, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Supardi, E., 1996, *Pengujian Logam*, Angkasa, Bandung.
- Suratman, M., 2001, *Teknik Mengelas Asetilen, Brazing dan Busur Listrik*, Pustaka Grafika, Bandung.
- Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wirjosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.

