

**PENGARUH AMPER TERHADAP CACAT LAS PADA
PENGELASAN BAJA LUNAK DENGAN
MENGUNAKAN PENGELASAN SMAW POSISI
PENGELASAN 2F**

*The Effect of Amperage on Weld Defects in Mild Steel Welding Using SMAW
Welding at 2F Welding Position*

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Adhie Saputra

NIM : 1041702



POLMAN BABEL

Tahun Kelulusan 2020/2021

**PENGARUH AMPER TERHADAP CACAT LAS PADA
PENGELASAN BAJA LUNAK DENGAN
MENGUNAKAN PENGELASAN SMAW POSISI
PENGELASAN 2F**

*The Effect of Amperage on Weld Defects in Mild Steel Welding Using SMAW
Welding at 2F Welding Position*

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Adhie Saputra

NIM : 1041702



POLMAN BABEL

Tahun Kelulusan 2020/2021

**PENGARUH AMPER TERHADAP CACAT LAS PADA
PENGELASAN BAJA LUNAK DENGAN
MENGUNAKAN PENGELASAN SMAW POSISI
PENGELASAN 2F**

Penulis :
Adhie Saputra
NIM : 1041702

Penguji :

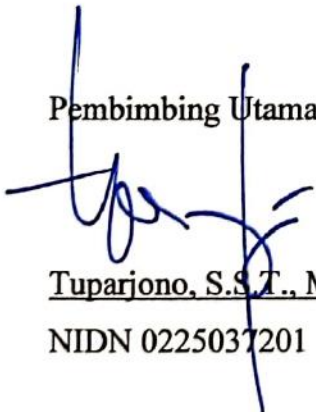
- | | |
|--------------|-------------------------------|
| 1. Ketua | : Tuparjono, S.S.T., M.T. |
| 2. Anggota 1 | : Zulfitriyanto, S.S.T., M.T. |
| 3. Anggota 2 | : Erwanto, S.S.T., M.T. |



Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 22 Februari 2021

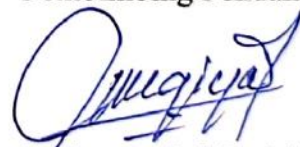
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

Pembimbing Utama,



Tuparjono, S.S.T., M.T.
NIDN 0225037201

Pembimbing Pendamping,



Sugiyarto, S.S.T., M.T.
NIDN 0230107301

Ketua Jurusan,



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.
NIDN 0024018802

MOTTO

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan

(Q.S Al Insyirah: 5)

Berbaktilah kepada orang tua karena tanpa doa dan dukungannya kita bukanlah
siapa – siapa

(Penulis)

ABSTRAK

Dalam proses pengelasan SMAW masih sering ditemukan persoalan cacat las. Hal ini dapat diakibatkan oleh penggunaan amper las yang tidak tepat. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengelasan dengan memanfaatkan variasi penggunaan amper las sesuai dengan diameter elektroda. Proses pengelasan menggunakan baja karbon rendah St 37 dengan sambungan pengelasan 2F. Elektroda yang digunakan AWS A5.1 E6013 diameter 3,2 mm dengan variasi amper 85, 95 dan 115. Dari hasil percobaan didapatkan untuk amper 85 ditemukan cacat las *porosity* dan kaki las menunjukkan hasil yang tidak baik dengan diperoleh tebal 5,7 mm dan pada amper 115 hasil pengelasan menunjukkan hasil lasan tidak rata dan kaki las menunjukkan hasil yang baik dibandingkan amper 85 dan 95 dengan diperoleh tebal 6,1 mm. Perbedaan kaki las pada setiap amper tersebut disebabkan adanya perbedaan kecepatan pengelasan. Pengamatan busur las pada waktu 10 detik, 13 detik, 15 detik dan 17 detik untuk amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115 didapatkan, amper 85 menunjukkan fenomena pergerakan busur las tidak normal pada detik 10 dan 13, dimana pada detik tersebut ketinggian *arc length* lebih dari normal yaitu sebesar 5 mm dan 4,9 mm dihasilkan cacat yaitu *porosity* pada hasil lasan. Pada detik 15 dan 17 menunjukkan tidak terjadi cacat pada hasil lasan amper 85. Amper 95 dan 115 menunjukkan fenomena pergerakan busur las normal pada detik 10, 13, 15 dan 17 dan tidak terjadi cacat. Pengamatan hasil lasan pada kaki las didapatkan bahwa, pada ketiga variasi amper terjadi fenomena kaki las yang berbeda – beda, fenomena tersebut menunjukkan kaki lasan yang tidak semetris pada setiap amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115. Kaki las yang tidak semetris pada setiap amper disebabkan kecepatan pengelasan yang berbeda pada layer 2 dan 3.

Kata Kunci : SMAW, Amper, Busur Las, Cacat Las.

ABSTRACT

In the SMAW welding process, the problem of welding defects is still often found. This can be the result of using an improper welding ampere. In this study, welding testing was carried out by utilizing variations in the use of a welding amper according to the electrode diameter. The welding process uses low carbon steel St 37 with 2F welding joints. The electrode used was AWS A5.1 E6013 with a diameter of 3.2 mm with a variation of amperage 85, 95 and 115. From the experimental results, it was found that for Amperes 85, it was found that the porosity welding defect and the welding leg showed poor results with a thickness of 5.7 mm and at Amperes 115 welding results showed uneven welds and welding feet showed good results compared to amperage 85 and 95 with a thickness of 6.1 mm. The difference in the welding feet at each ampere is due to the difference in welding speed. Observation of the welding arc at 10 seconds, 13 seconds, 15 seconds and 17 seconds for the amperage used, namely 85, 95 and 115 is obtained, the amperage 85 shows the phenomenon of abnormal arc movement at 10 and 13 seconds, where at that second the height of the arc length more than normal, which is 5 mm and 4.9 mm, the resulting defect is the porosity of the weld. At 15 and 17 seconds, there is no defect in the amperage 85. Amper 95 and 115 show the phenomenon of normal welding arc movement at 10, 13, 15 and 17 seconds and there is no defect. Observation of the results of the welds on the weld toe found that, in the three amperage variations, there was a phenomenon of different welding feet, this phenomenon showed that the weld feet were not as symmetrical in each ampere used, namely 85, 95 and 115. due to different welding speeds at layers 2 and 3.

Keywords: SMAW, Amper, Welding Arc, Welding Defect.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur bagi Allah subhana wa taala atas rahmat dan hidayahnya. Sholawat dan salam kepada Nabi Besar Muhammad shalallah alaihi wasalam beserta para sahabatnya. Makalah tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV pada program studi Teknik Mesin dan Manufaktur. Penulis menyadari bahwa menyelesaikan makalah tugas akhir ini memiliki banyak sekali rintangan dan tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sedalam - dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah banyak memberikan doa, dukungan dan motivasi semangat untuk menyelesaikan makalah tugas akhir ini.
2. Tuparjono, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
3. Sugiyarto, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan dukungan semangat dan masukan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
4. Serta semua pihak yang telah ikut membantu dan memberikan dukungan moral dalam penyelesaian makalah tugas akhir yang sebagai salah satu syarat kelulusan.

Penulis menyadari bahwa makalah tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun, diterima demi kemajuan penelitian ini bersama.

Sungailiat, 4 Februari 2021

Penyusun



Adhie Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN MOTO.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Pembatasan Masalah	I-2
1.3. Rumusan masalah	I-2
1.4. Tujuan Penelitian	I-3
1.5. Sistematika Penulisan.....	I-3
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1. Las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	II-1
2.1.1 SMAW mesin las arus AC (<i>Alternating Current</i>).....	II-2
2.1.2 SMAW mesin las arus DC (<i>Direct Current</i>)	II-2
2.2. Sambungan T <i>joint</i>	II-3
2.3. Elektroda.....	II-4
2.4. Pengaturan Ampere (Arus) Pengelasan.....	II-5
2.5. Cacat Las	II-6
2.6. Baja Karbon Rendah	II-8

2.7. Pengindraan Visual	II-10
2.8. Pengujian Visual	II-10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1. Pengumpulan data	III-1
3.2. Merancang Instrumen Penelitian	III-2
3.3. Uji Coba (Eksperimen).....	III-2
3.4. Analisis Hasil Uji Coba.....	III-4
3.5. Kesimpulan.....	III-5
BAB IV PEMBAHASAN.....	IV-1
4.1. Persiapan Percobaan.....	IV-1
4.2. Percobaan	IV-1
4.3. Pengamatan Hasil Percobaan.....	IV-3
4.4. Analisis Hasil Percobaan.....	IV-23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN	xv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaturan Amper Berdasarkan Diameter Elektroda	II-5
Tabel 2.2 Tingkat Setara St 37	II-9
Tabel 3.1 Data Uji Coba.....	III-3
Tabel 4.1 Parameter dan Persiapan Percoban Pengelasan	IV-1
Tabel 4.2 Data Percoba	IV-2
Tabel 4.3 Rata – Rata Kecepatan Pengelasan Amper 85, 95 dan 115	IV-4
Tabel 4.4 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 85	IV-5
Tabel 4.5 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 95	IV-11
Tabel 4.6 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 115	IV-17
Tabel 4.7 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan layer 3 Amper 85	IV-31
Tabel 4.8 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan Layer 3 Amper 95	IV-32
Tabel 4.9 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan Layer 3 Amper 115	IV-33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses SMAW	II-1
Gambar 2.2 Skema Kerja Las Busur Listrik Elektroda Terlindung	II-2
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2F.....	II-3
Gambar 2.4 Spesifikasi Elektroda Terbungkus Baja Lunak	II-4
Gambar 2.5 Cacat Las <i>Undercut</i>	II-6
Gambar 2.6 Cacat Las <i>Porosity</i>	II-7
Gambar 2.7 Cacat Las Distorsi.....	II-7
Gambar 2.8 Skematika Percobaan.....	II-10
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Proses Penelitian	III-1
Gambar 3.2 Proses Pengelasan Dengan Perekaman.....	III-4
Gambar 3.3 Proses Pengujian <i>Visual Test</i>	III-4
Gambar 4.1 Skematika Percobaan.....	IV-2
Gambar 4.2 Skematika Pengujian Visual.....	IV-3
Gambar 4.3 Penunjukkan Ukuran Sudut Elektroda dan <i>Arc Length</i>	IV-3
Gambar 4.4 Fenomena Nyala Busur Pada Amper 85, 95 dan 115	IV-23
Gambar 4.5 Fenomena Kaki Lasan Pada Amper 85, 95 dan 115.....	IV-23
Gambar 4.6 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 85	IV-24
Gambar 4.7 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 85	IV-25
Gambar 4.8 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 85	IV-25
Gambar 4.9 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 85	IV-26

Gambar 4.10 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 95	IV-26
Gambar 4.11 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 95	IV-27
Gambar 4.12 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 95	IV-27
Gambar 4.13 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 95	IV-28
Gambar 4.14 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 115	IV-29
Gambar 4.15 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 115	IV-29
Gambar 4.16 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 115	IV-30
Gambar 4.17 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 115	IV-30
Gambar 4.18 Kaki Las Amper 85.....	IV-31
Gambar 4.19 Kaki Las Amper 95.....	IV-32
Gambar 4.20 Kaki Las Amper 115.....	IV-33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sertifikat Plat	xv
Lampiran 2 Persiapan Percobaan.....	xvi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat pertumbuhan teknologi semakin berkembang pesat banyak teknologi yang dimanfaatkan untuk mempermudah pekerjaan. Salah satunya teknologi pengelasan. Pemanfaatan teknologi pengelasan ini merupakan hal penting di industri manufaktur karena pada proses penyambungan dua atau lebih bagian logam dapat dilakukan melalui proses pengelasan.

Salah satu teknologi pengelasan yang banyak digunakan adalah SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*). Teknologi pengelasan ini relatif lebih mudah dan murah pada penggunaannya jika dibandingkan dengan teknologi pengelasan lainnya. Pengelasan SMAW adalah proses penyatuan logam yang terjadi akibat mencairnya benda kerja dan elektroda disebabkan energi panas dari busur listrik. Dampak dari tidak sempurnanya pencairan elektroda dan benda kerja akan mengakibatkan cacat las sehingga produk yang dihasilkan rusak.

Cacat las merupakan suatu kegagalan dalam pengelasan. Dalam proses pengelasan SMAW masih sering ditemukan persoalan cacat las diantaranya *undercut*, *porosity* dan distorsi. Dalam pengelasan SMAW pada sambungan sudut T (*fillet*) cacat las yang sering terjadi dalam jenis sambungan ini yaitu *undercut* [1]. Hal ini dapat diakibatkan oleh penggunaan amper las yang tidak tepat. Untuk menghilangkan cacat las tersebut dapat dilakukan dengan mengikuti ketentuan penggunaan amper yang tertera pada informasi elektroda yang digunakan terutama pada ukuran diameter elektrodanya. Informasi amper yang tertera pada satu ukuran diameter elektroda memiliki variasi batasan amper yang dapat digunakan yaitu mulai dari batasan yang terendah hingga batasan tertinggi. Kondisi ini mengakibatkan juru las (*welder*) harus memilih alternatif amper las yang digunakan pada daerah batasan terendah hingga tertinggi pada saat mengelas. Dampak dari variasi pemilihan amper las ini akan mempengaruhi kualitas lasan.

Pada penelitian [2] menunjukkan bahwa proses pengelasan SMAW dengan penggunaan variasi amper berdasarkan ukuran diameter elektroda yaitu, 90, 100, 110, 120 dan 130 pada posisi pengelasan 2F ditemukan fenomena jenis cacat las yang berbeda untuk setiap ampernya yaitu, *undercut*, *weafing fault* dan *fault of elektrode*.

Berdasarkan kondisi tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian pengelasan dengan memanfaatkan variasi penggunaan amper las sesuai dengan elektroda yang digunakan. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah AWS A5.1 E6013 dengan diameter 3,2 mm. Sesuai ketentuan, elektroda ini dapat digunakan dengan batasan penggunaan amper sebesar 80 - 140. Untuk mengamati fenomena yang terjadi pada hasil lasan maka akan ditentukan variasi amper yang digunakan adalah 85, 95 dan 115. Hasil dari variasi penggunaan amper ini diharapkan dapat memberikan informasi hasil las yang paling baik, sehingga dapat ditentukan penggunaan amper yang paling sesuai untuk proses mengelas tersebut.

1.2 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui lingkup dari permasalahan yang terjadi dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengelasan dilakukan menggunakan proses SMAW.
2. Pengelasan dilakukan dengan variasi amper 85, 95 dan 115.
3. Benda kerja yang digunakan yaitu baja karbon rendah tipe baja St 37 setara dengan baja ASTM A36 dengan dimensi ukuran (80 mm × 90 mm × 10 mm).
4. Pengamatan busur las dilakukan pada waktu detik 10, 13, 15 dan 17.
5. Pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan sambungan sudut (*fillet joint*) pada posisi pengelasan horizontal 2F.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana dampak hasil lasan yang terjadi akibat dari pemilihan alternatif amper yang digunakan pada las SMAW?
2. Bagaimana menentukan pemilihan alternatif amper yang paling tepat untuk mendapatkan hasil lasan yang paling baik pada pengelasan SMAW?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka tujuan dari penelitian adalah Untuk mengetahui dampak yang terjadi dari hasil lasan berdasarkan alternatif pemilihan amper. Sehingga dapat ditentukan penggunaan amper yang terbaik dari hasil lasan tersebut.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini sistematika penulisannya sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan landasan teori yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode yang digunakan pada penelitian.

BAB 4 PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang hasil percobaan dan analisis yang dilakukan selama proses penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

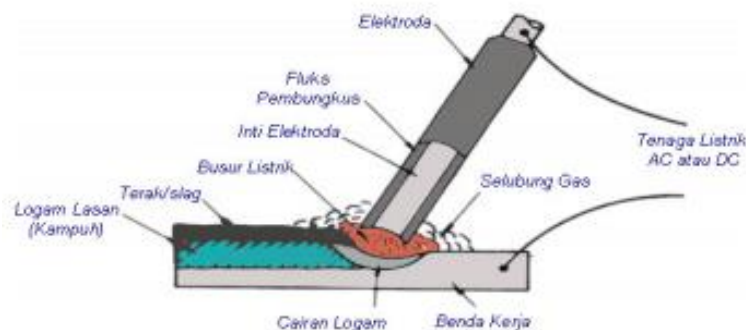
Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil proses penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

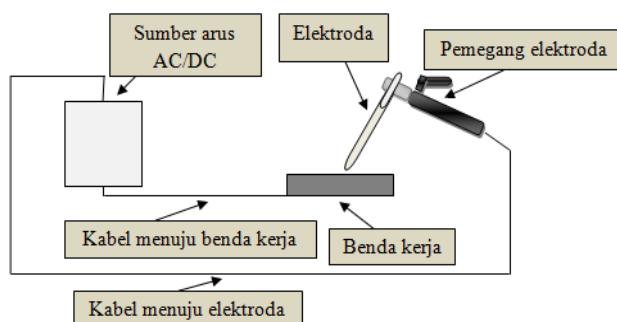
2.1 Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah *Manual Metal Arc Welding* (MMAW) atau las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa *fluks* [3]. Selama proses pengelasan bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi [4]. Proses pengelasan SMAW dapat ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses SMAW [3].

Proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dilakukan dengan menggunakan energi listrik (*Alternating Current AC/Direct Current DC*), energi listrik dikonversi menjadi energi panas dengan membangkitkan busur listrik melalui sebuah elektroda [5]. Skema kerja las busur listrik elektroda terlindung dapat ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Kerja Las Busur Listrik Elektroda Terlindung [5].

2.1.1 SMAW mesin las arus AC (*Alternating Current*)

Mesin las arus bolak – balik sebenarnya adalah transformator penurun tegangan. Transformator (trafo mesin las) adalah alat yang dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las. Tegangan yang diperlukan oleh mesin las bermacam-macam biasanya 110 V, 220 V, 380 V atau 420 V. Pengaturan arus pada pengelasan dapat dilakukan dengan cara memutar tuas, menarik atau menekan tergantung pada konstruksinya, sehingga kedudukan inti medan magnet bergeser naik turun pada transformator. Pada mesin las arus bolak-balik, kabel masa dan kabel elektroda dipertukarkan tidak mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala [6].

2.1.2 SMAW mesin las arus DC (*Direct Current*)

Mesin las arus searah mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah atau dari generator arus searah yang digerakkan oleh motor bensin atau motor diesel sehingga cocok untuk pekerjaan lapangan atau untuk bengkel-bengkel kecil yang tidak mempunyai jaringan listrik. Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur bolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara:

a. Pengkutuban Langsung (*Direct Current Straight Polarity*) DCSP

Pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan

yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 panas memanaskan benda kerja

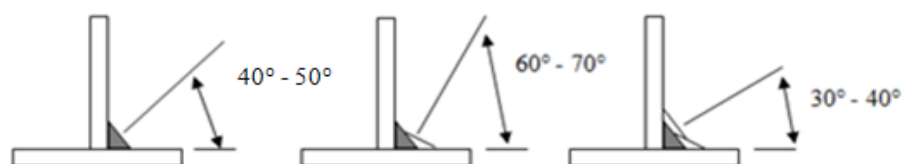
b. Pengkutuban Terbalik (*Direct Current Reverse Polarity*) DCRP

Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda [6].

Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam las SMAW adalah suatu proses pengelasan yang menggunakan energi panas listrik untuk mencairkan elektroda dan material sehingga pencairan keduanya mengakibatkan penyatuan. Energi panas listrik tersebut dapat dibangkitkan dengan menggunakan arus AC (*Direct Current*) dan DC (*Direct Current*).

2.2 Sambungan T Joint

Sambungan T adalah sambungan las yang dibuat dengan memotong dua bagian pada sudut (90°) dan satu bagian yang terletak ditengah – tengah bagian lainnya secara tegak lurus. Sambungan ini disebut dengan T joint karena dua bagian yang dilas berbentuk seperti huruf T [7]. Terdapat beberapa macam posisi pada sambungan T yaitu salah satunya posisi sambungan 2F. Posisi pengelasan 2F adalah posisi pengelasan horizontal dengan benda kerja tegak lurus seperti huruf T. Posisi pengelasan 2F dapat ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2F.

2.3 Elektroda

Dalam las SMAW elektroda terbungkus terdiri dari dua unsur yaitu inti elektroda dan *fluks* keduanya memiliki peranan penting. Inti elektroda berfungsi sebagai bahan tambah sedangkan *fluks* berfungsi sebagai pemantapan busur, pelindung logam dari pengaruh udara luar dan sebagai sumber paduan [4]. Standar di Amerika Serikat (ASTM) didasarkan pada standar asosiasi las Amerika (AWS) [4]. Berdasarkan *American Welding Society* (AWS) kode elektroda dinyatakan dengan E diikuti dengan 4 angka dibelakangnya [6]. Pengkelompokan spesifikasi penggunaan elektroda terbungkus dapat ditunjukkan pada gambar 2.4.

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi* ¹ pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Pipnis. j engan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titanias tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013	Kalium titanias tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014	Serbuk besi, titanias	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024	Serbuk besi, titanias	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Gambar 2.4 Spesifikasi Elektroda Terbungkus Baja Lunak (AWS A5.1) [4].

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah E6013 dengan Pembacaan simbol atau kode, dengan cara membaca yaitu:

- E = Elektroda untuk jenis las SMAW
- E60xx = Angka 60 menunjukkan kekuatan tariknya minimum 60 ksi (*Kilopound-Square-Inchi*).
- Exx1x = Angka 1 artinya pengelasan untuk semua posisi
- Exxx3 = Angka 3 menunjukkan jenis salutan *High Titanias Potassium* dan jenis arus AC (*Alternating Current*) \pm , DC (*Direct Current*) \pm yang dapat digunakan.

Pada penelitian [8] penelitian menggunakan elektroda E6013 dengan diameter 2,6 mm dan 3,2 mm, elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang, elektroda ini banyak digunakan di berbagai

bidang pengelasan baik di industri maupun bengkel – bengkel las kecil-kecilan, elektroda ini juga dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi. E6013 yang mengandung lebih banyak kalium memudahkan pemakaian pada voltage mesin yang rendah.

2.4 Pengaturan Arus (Amper) Pengelasan

Besar kecilnya amper las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya, tiap pabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda. di lain pihak, seorang operator las yang berpengalaman akan dengan mudah menyesuaikan arus las dengan mendengarkan, melihat busur las atau hasil las. Namun secara umum pengaturan amper las dapat mengacu pada ketentuan tabel 2.1 berikut [6]:

Tabel 2.1 Pengaturan Amper Berdasarkan Diameter Elektroda [6].

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 – 240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

Pada pengelasan SMAW pemilihan besarnya arus pengelasan yang digunakan dapat berdasarkan ukuran diameter elektroda, disebabkan untuk mengurangi permasalahan utama pada proses pengelasan yaitu terjadinya cacat las [9].

2.5 Cacat Las

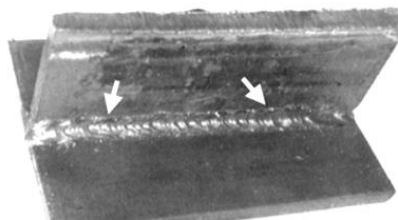
Weld defect atau cacat las adalah merupakan suatu kegagalan dalam pengelasan. Cacat hasil las SMAW pada bagian luar dan dapat diamati secara langsung antara lain:

a. *Undercut*

Yaitu terjadinya pengikisan/celah pada logam yang disambung karena tidak sempat terisi oleh bahan tambah atau karena pengaruh gravitasi membuat cairan turun kesisi bawah sambungan [1]. Cacat las *undercut* dapat ditunjukkan pada gambar 2.5.

Penyebab cacat las *undercut* [10]:

1. Amper pengelasan yang digunakan terlalu besar.
2. *Travel speed*/kecepatan las terlalu tinggi.
3. Panjang busur las terlalu tinggi.
4. Posisi elektroda kurang tepat.



Gambar 2.5 Cacat Las *Undercut* [11].

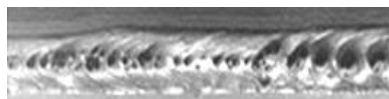
b. *Porosity*

Cacat las *porosity* adalah sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang-lubang kecil pada *weld metal*, dapat berada pada permukaan maupun didalamnya [10]. Resiko terperangkapnya gas hasil evolusi akan lebih besar pada sambungan T dari pada sambungan *butt joint* terutama saat pengelasan fillet dikedua sisi [12]. Cacat las *porosity* dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.

Penyebab cacat las *porosity* [10]:

1. Elektroda yang digunakan masih lembab atau terkena air.
2. Busur las terlalu panjang.

3. Amper pengelasan terlalu rendah.
4. *Travel speed* terlalu tinggi.
5. Adanya zat pengotor pada benda kerja (karat, minyak dan air).



Gambar 2.6 Cacat Las *Porosity* [12].

c. Distorsi

Pengertian distorsi pada pengelasan adalah sebuah perubahan bentuk material yang diakibatkan panas yang berlebihan saat proses pengelasan berlangsung [10]. Distorsi juga dapat didefinisikan sebagai setiap perubahan dari bentuk atau kontur yang didinginkan [13]. Sambungan *butt joint* dan *fillet* rentan terhadap distorsi [14]. Cacat las distorsi dapat ditunjukkan pada gambar 2.7.

Penyebab cacat las distorsi [10]:

1. Panas yang berlebihan.
2. Amper terlalu tinggi.
3. *Take weld* (las ikat) kurang kuat.
4. Persiapan pengelasan yang salah.



Gambar 2.7 Cacat Las Distorsi.

Pada penelitian [15] menunjukkan bahwa pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap cacat las pada posisi sambungan 1G dan baja ASTM SS400 menggunakan jenis elektroda E7018 diameter 2,6 mm dan 3,2 mm dengan arus

pengelasan 80, 90, 100 dan 110 amper diperoleh cacat las *porosity*, *over spatter* dan *undercut*.

2.6 Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang kandungan karbonnya tidak melebihi 0,30% . Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas [4].

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja St 37 dengan spesifikasi setara dengan baja ASTM A36. Plat ASTM A36 adalah baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang baik dan juga ditambah dengan sifat baja yang bisa dirubah bentuk menggunakan mesin dan juga dilakukan pengelasan [16]. Untuk komposisi kimia pada baja ASTM A36 dapat ditunjukkan pada lampiran 1. Material baja St 37 merupakan baja karbon rendah yang banyak digunakan untuk konstruksi, salah satunya proses penyambungan yang sering dilakukan ialah proses pengelasan [17].

Pada penelitian [18] menunjukkan bahwa proses pengelasan SMAW jenis sambungan *butt joint* 1G pada plat baja ST 37 dengan elektroda E6013 diameter 2,6 mm arus las 70, 90 dan 110 amper dengan pengujian *penetran test* karakteristik cacat las yang terjadi yaitu *spatter*, *lack of fusion*, *undercut* dan *cluster porosity* pada uji ultrasonic test karakteristik cacat las yaitu *crack* dan *lack of fusion*.

Pada penelitian [19] menunjukkan bahwa pengelasan SMAW terhadap material ST 37 menggunakan elektroda E6013 dengan pengujian radiografi, didapatkan cacat las (*external undercut*) pada spesimen tanpa lapisan dan lapisan air, cacat las (*elongated slug inclusion* dan *external concavity*) pada spesimen dengan lapisan oli dan cacat las (*slag inclusion* dan *external undercut*) pada spesimen dengan lapisan stempet.

Kelas setara material St 37, DIN 1.0037 (material St37-2) setara dengan US ASTM AISI SAE, EN standar Eropa, BSI standar Inggris, NF standar Prancis,

standar ISO, JIS standar Jepang, standar GB Cina, dan standar IS India [20]. Lembaran tingkat setara standar St 37 dapat dilihat pada tabel 2.2.

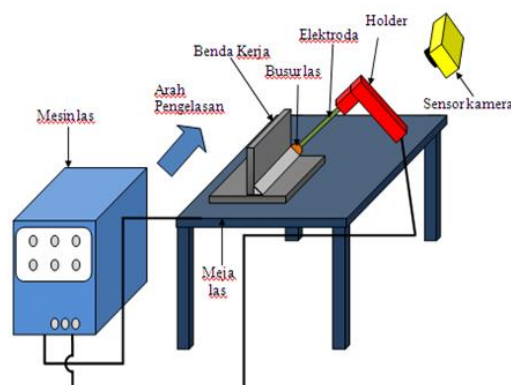
Tabel 2.2 Tingkat Setara St 37 [20].

St 37 Tingkat setara		
German	Standar	Baja (Nomor baja)
	DIN 17100: 1980 (EN 10025: 1993)	St 37-2 (1.0037)
US	Standar	Baja
	ASTM A36; A283 / A283M	ASTM A36; Kelas D
Uni Eropa	Standar	Baja (Nomor Baja)
	EN 10025-2: 2005	S235JR (1.0038)
Inggris	Standar	Baja
	BS 4360	40B
Perancis	Standar	Baja
	NF A35-501	E24-2
Jepang	Standar	Baja
	JIS G3101; JIS G3106	SS400; SM400A
Cina	Standar	Baja
	GB / T 700	Q235, Q235B
India	Standar	Baja
	IS 2062	E250B, E250
ISO	Standar	Baja
	ISO 630-2	S235B

Pada penelitian [21] menunjukkan dari hasil pengelasan TIG dengan variasi kampuh V hasil foto struktur mikro menunjukkan bahwa fasa yang terdapat pada baja karbon rendah St 37 adalah ferrit dan perlit. Pada logam hasil pengelasan, struktur mikro yang terbentuk cenderung memiliki butir yang lebih besar dibandingkan dengan logam induk. Hal ini dikarenakan terjadinya proses thermal pada saat pengelasan yang mengakibatkan struktur pada daerah logam las mengalami perubahan.

2.7 Pengindraan Visual

Untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada busur las, dapat dilakukan dengan cara pengambilan citra selama proses pengelasan dengan menggunakan kamera. Salah satunya pada penelitian [22] menunjukkan untuk melihat fenomena *arc blow* pada busur las yang terjadi diamati dengan menggunakan kamera dalam pengambilan gambar dan dilakukan pengolahan dari gambar tersebut. Skematika dari percobaan tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Skematika Percobaan [22].

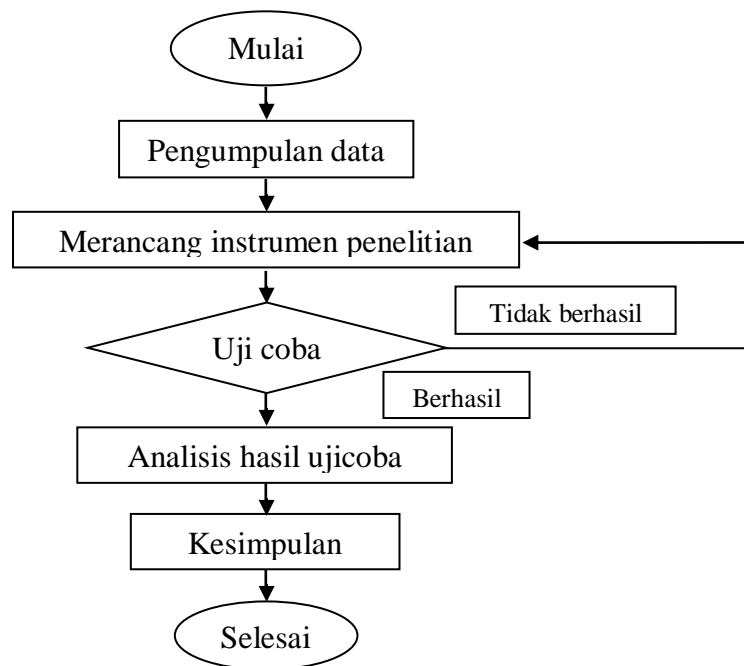
2.8 Pengujian Visual

Visual test (VT) merupakan teknik pemeriksaan yang paling banyak digunakan, seringkali penglihatan (mata) seorang inspektor merupakan satu-satunya peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan. VT hampir dapat

diaplikasikan pada semua jenis material pada semua tahapan manufaktur pada semua usia pakai suatu komponen atau struktur. Agar pengujian *visual test* berhasil, disyaratkan pencahayaan yang memadai dan penglihatan inspektur yang baik. Jika akses terhadap daerah tertentu dari benda yang diuji terbatas dapat digunakan alat bantu seperti *borescope*, *fiberscope* dan *videoscope*. Apabila tingkat pencahayaan pada permukaan pemeriksaan dianggap tidak memenuhi, sebaiknya dilakukan usaha untuk menambah pencahayaan dengan menggunakan lampu senter, lampu portabel dan lampu-lampu berintensitas tinggi atau memindahkan benda yang diuji ke daerah pemeriksaan yang lebih terang jika memungkinkan [23]. Pemeriksaan visual adalah cara termudah hanya dengan mata telanjang atau menggunakan kaca pembesar, pemeriksaan ini dapat dilakukan [24].

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Penelitian digunakan suatu metode untuk keberhasilan dalam pemecahan permasalahan sehingga dengan metode tersebut penelitian dapat mempunyai kerangka rancangan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental untuk melihat pengaruh amper terhadap cacat yang terjadi pada benda kerja yang diuji. Alur dari tahapan proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Proses Penelitian.

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode studi kepustakaan dalam mendapatkan informasi penelitian. Data – data tersebut diperoleh dari berbagai referensi yang berkaitan dengan penelitian. Kemudian dipelajari dan dilakukan pengkajian berdasarkan dari studi literatur yang dapat mendukung penelitian. Setelah itu dilakukan pengelompokan terhadap data yang berkaitan

dengan kebutuhan penelitian ini yaitu mengenai pengelasan SMAW, penggunaan amper, cacat las, dan pengujian *visual test*. Selanjutnya data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan diagram.

3.2 Merancang Instrumen Penelitian

Pada rancangan instrumen penelitian ini maka akan dijelaskan beberapa hal yang menyangkut antara lain sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan:
 - a. Mesin las SMAW.
 - b. Gerinda tangan.
 - c. Kamera handphone.
 - d. Jangka sorong.
 - e. Penggaris.
 - f. Gergaji besi.
 - g. Kaca pembesar.
2. Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja lunak St 37 dengan ukuran (80 mm × 90 mm × 10 mm).
3. Parameter penelitian yang digunakan:
 - a. Pengelasan dengan posisi 2F.
 - b. Penggunaan amper 85A, 95A dan 115A, kemiringan elektroda 40° - 50° layer pertama, 60° - 70° layer kedua dan 30° - 40° layer ketiga terhadap garis vertikal benda kerja.
 - c. Proses pengelasan menggunakan metode SMAW dengan penggunaan arus DCRP.
 - d. Penggunaan elektroda AWS A5.1 E6013 dengan diameter 3,2 mm.

3.3 Uji coba (eksperimen)

Uji coba dilakukan terhadap benda kerja dengan penggunaan amper yang berbeda. Data uji coba penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Uji Coba

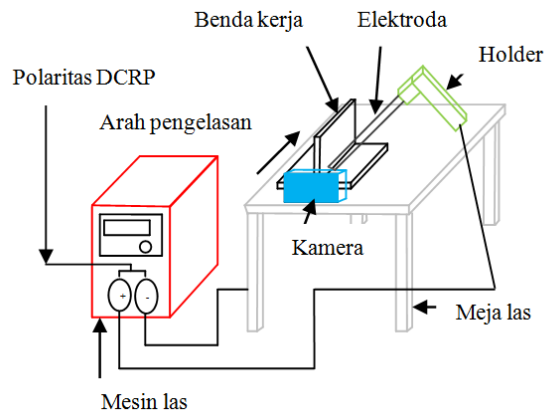
Jenis pengelasan	Pengkutuban	Variasi amper yang digunakan	Jumlah percobaan	Benda kerja
SMAW (<i>Shielding Metal Arc Welding</i>)	DCRP (<i>Direct Current Revers Polarity</i>)	85A, 95A, 115A	5 kali percobaan untuk masing – masing amper	Baja st 37

Pada kegiatan uji coba akan dilakukan 5 kali percobaan untuk masing – masing amper 85A, 95A dan 115A. Percobaan dilakukan dengan metode pengelasan SMAW pengkutuban DCRP pada mesin las. Uji coba dilakukan dengan mempersiapkan benda kerja yang dilas dan penggunaan posisi pengelasan 2F dengan kemiringan elektroda $40^\circ - 50^\circ$ layer pertama, $60^\circ - 70^\circ$ layer kedua dan $30^\circ - 40^\circ$ pada layer ketiga terhadap garis vertikal benda kerja las. Penggunaan elektroda AWS A5.1 E6013 diameter 3,2 mm, setelah itu dilakukan penyetelan amper dengan variasi penggunaan 85A, 95A dan 115A terhadap mesin las.

Bersamaan dengan proses pengelasan akan dilakukan rekaman terhadap busur las. Hasil dari rekaman tersebut akan melihat sudut kemiringan elektroda, *arc length* dan kecepatan dalam pengelasan. Untuk sudut kemiringan elektroda dan *arc length* dilakukan pengukuran dengan mengambil data dari hasil rekaman. Setelah proses pengelasan dan mendapat hasil percobaan maka akan dilakukan uji *visual test* terhadap hasil las untuk melihat jenis cacat las yang terjadi dari masing – masing amper. Pengujian dilakukan dengan melihat secara langsung oleh mata dengan bantuan kaca pembesar.

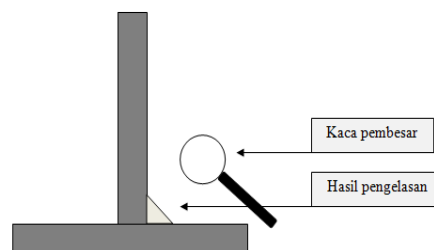
Untuk lebih memperjelas penelitian ini dapat dilihat dari gambar skematika proses pengelasan yang akan dilakukan pada uji coba tersebut sehingga dapat

terlihat percobaan yang dilakukan. Proses pengelasan dengan perekaman dapat ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Proses Pengelasan Dengan Perekaman.

Proses pengujian visual terhadap hasil pengelasan dapat ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses Pengujian *Visual Test*.

Apabila percobaan tersebut berhasil akan dilakukan proses selanjutnya yaitu analisis terhadap hasil percobaan dan apabila percobaan tidak berhasil maka akan dilakukan perbaikan pada perancangan instrumen penelitian untuk dapat melakukan keberhasilan terhadap hasil penelitian tersebut.

3.4 Analisis Hasil Uji Coba

Kegiatan dari analisis tersebut akan membahas tentang kondisi las yang terjadi pada masing – masing amper yang digunakan. Data yang diporelah dari

pengujian *visual test* akan dilihat dan dianalisis terhadap busur las dan cacat las. Untuk mengetahui proses pengelasan yang terjadi dapat diperoleh dari rekaman selama proses pengelasan.

3.5 Kesimpulan

Pada kesimpulan akan dijabarkan beberapa poin – poin penting dari hasil penelitian. Kesimpulan ini dapat dilihat dari uji coba dan analisis yang telah dilakukan sesuai dengan hasil percobaan sehingga cacat las dapat dilihat dari masing – masing amper yang digunakan. Selain itu hasil rekaman dan pengujian visual dapat mengidentifikasi proses pengelasan serta melihat cacat yang terjadi pada hasil lasan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Percobaan

Pada penelitian ini dilakukan persiapan percobaan untuk mendukung penelitian meliputi penggunaan mesin las tipe arus DC dengan polaritas DCRP dan elektroda E6013 diameter 3,2 mm. Parameter dalam persiapan percobaan dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter dan Persiapan Percobaan Pengelasan.

No	Uraian	Keterangan
1	Mesin las	Penggunaan arus DCRP
2	Elektroda	AWS E6013 diameter 3,2 mm
3	Benda kerja	Material baja ST 37 dengan dimensi ukuran 80 mm × 90 mm × 10 mm
4	Jenis sambungan pengelasan	Pengelasan sambungan sudut (<i>fillet joint</i>)
5	Posisi pengelasan	Posisi 2F (<i>Horizontal Fillet</i>)
6	Penggunaan arus	85, 95 dan 115 Amper

Persiapan percobaan untuk setiap amper 85, 95 dan 115 dapat dilihat pada lampiran 2.

4.2 Percobaan

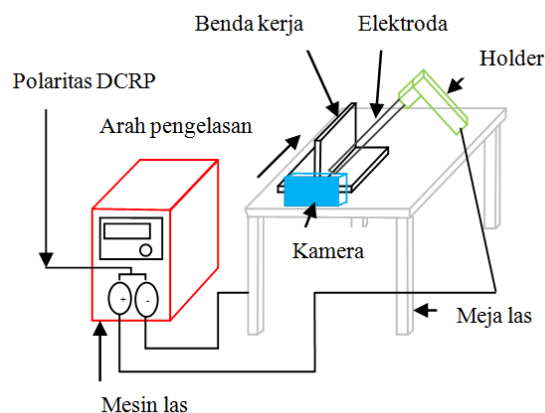
Pada kegiatan percobaan akan dilakukan terhadap benda kerja dengan penggunaan amper yang berbeda – beda, pengujian dilakukan dengan jumlah percobaan 5 (lima) kali terhadap masing-masing amper 85, 95 dan 115. Kegiatan uji coba menggunakan proses pengelasan SMAW pengkutuban DCRP pada mesin las. Data pada uji coba dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Uji Coba.

Jenis pengelasan	Pengkutuban	Variasi amper yang digunakan	Jumlah percobaan	Benda kerja
SMAW (<i>Shielding Metal Arc Welding</i>)	DCRP (<i>Direct Current Revers Polarity</i>)	85A, 95A, 115A	5kali percobaan untuk masing– masing amper	Baja st 37

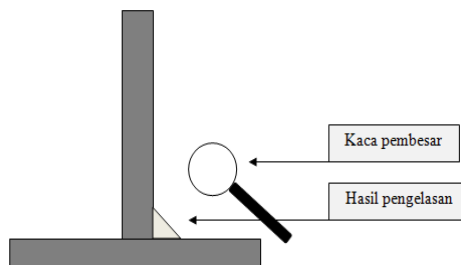
Bersamaan dengan proses pengelasan akan dilakukan rekaman terhadap busur las. Hasil dari rekaman tersebut akan melihat sudut kemiringan elektroda, *arc length* dan kecepatan dalam pengelasan. Untuk sudut kemiringan elektroda dan *arc length* dilakukan pengukuran dengan mengambil data dari hasil rekaman. Setelah proses pengelasan dan mendapat hasil percobaan maka akan dilakukan uji *visual test* terhadap hasil las untuk melihat jenis cacat las yang terjadi dari masing – masing amper. Pengujian dilakukan dengan melihat secara langsung oleh mata dengan bantuan kaca pembesar.

Skematika percobaan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skematika Percobaan.

Skematika dari pengujian visual dapat ditunjukkan pada gambar 4.2.

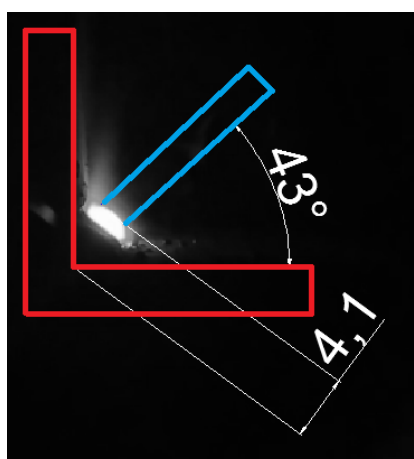


Gambar 4.2 Skematika Pengujian Visual.

4.3 Pengamatan Hasil Percobaan

Pada hasil percobaan ini akan dilakukan pengamatan sebagai berikut:

1. Pengamatan nyala busur las terhadap perbedaan amper yang digunakan yaitu 85 A, 95 A dan 115 A.
2. Pengamatan busur las pada waktu 10 detik, 13 detik, 15 detik dan 17 detik untuk setiap amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115. Penunjukkan ukuran sudut kemiringan elektroda dan *arc length* pada pengamatan ini dapat diperjelas pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Penunjukkan Ukuran Sudut Elektroda dan *Arc Length*.

3. Pengamatan pada hasil lasan yaitu kaki las.

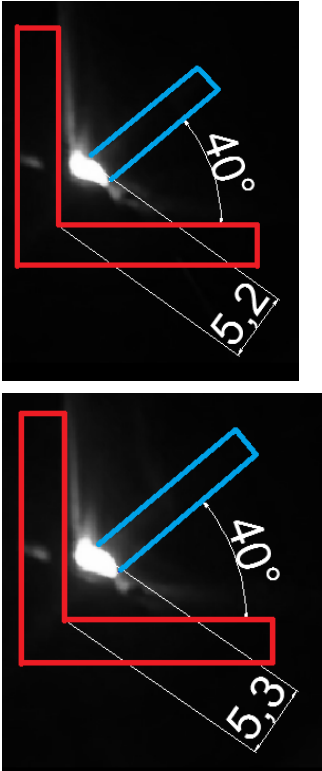
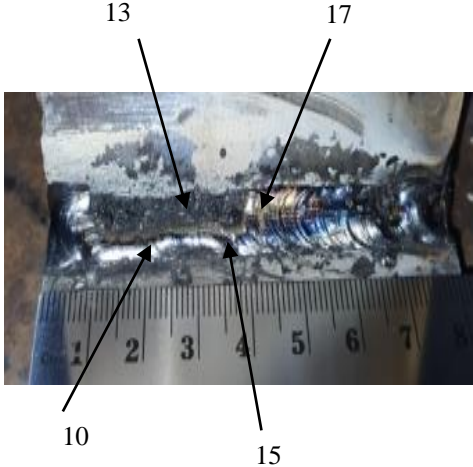
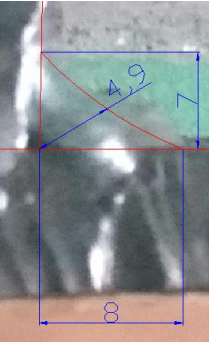
Pada hasil percobaan didapatkan rata – rata kecepatan pengelasan pada setiap amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115. Rata – rata kecepatan pada setiap amper dapat ditunjukkan pada tabel 4.3.

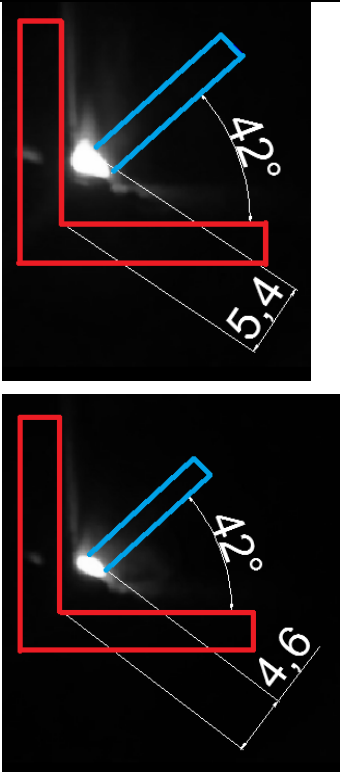
Tabel 4.3 Rata – Rata Kecepatan pengelasan Amper 85, 95 dan 115.

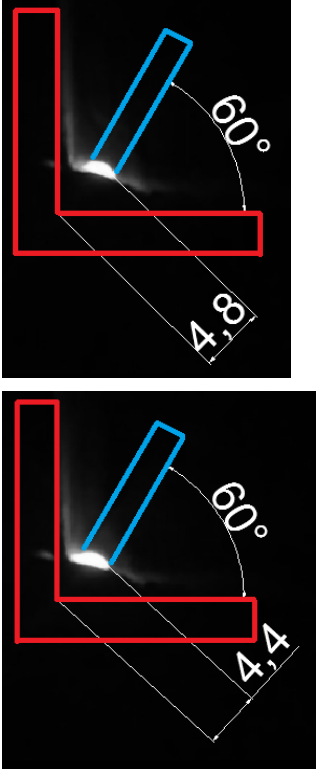
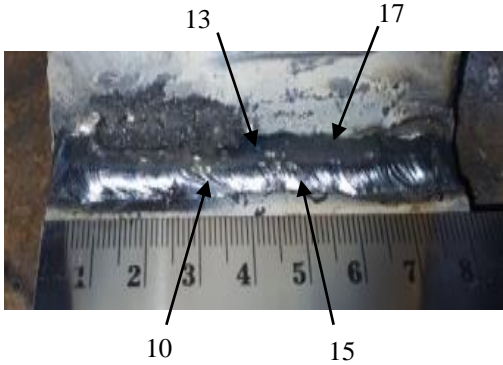
Amper Las	Kecepatan Pengelasan Per 1 cm
85	3,56 Detik
95	3,12 Detik
115	2,68 Detik

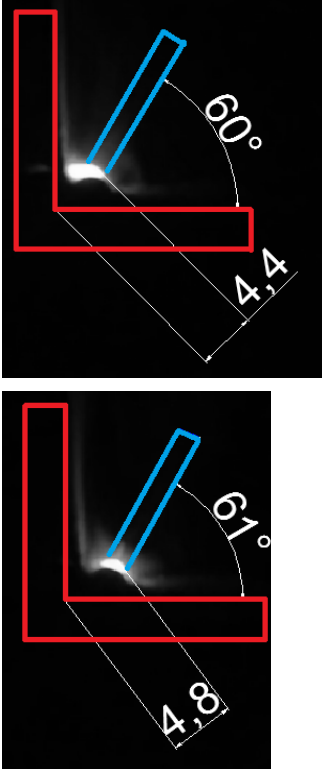
Pengamatan pada hasil percobaan dapat ditunjukkan pada tabel 4.4 amper 85, tabel 4.5 amper 95 dan tabel 4.6 amper 115.

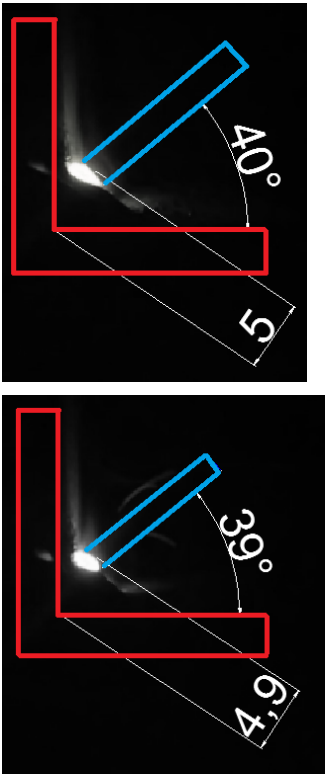
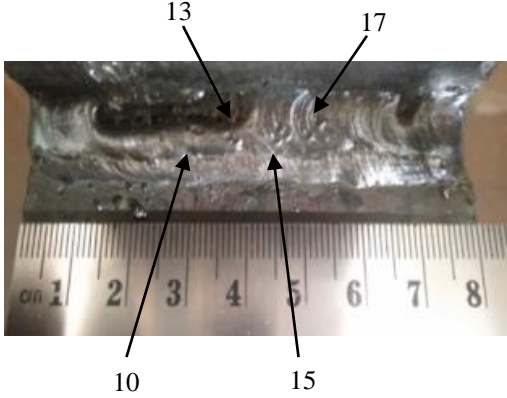
Tabel 4.4 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 85.

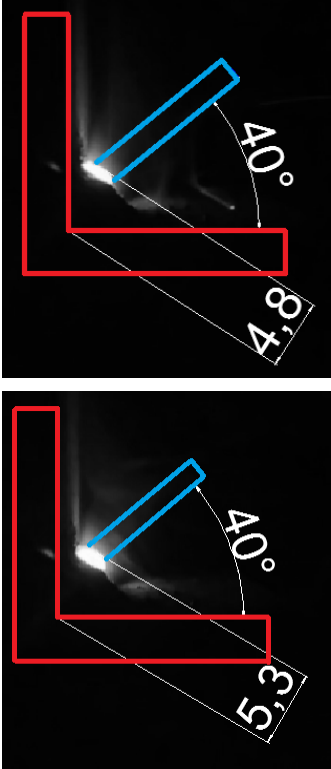
Jenis pengelasan	Polaritas kutub	Amper las	layer	Pengamatan busur las Pada waktu (detik) 10, 13, 15 dan 17	Pengamatan hasil las pada jalur las	Pengamatan hasil las pada kaki las
SMAW	DCRP	85	1			

				 <p>The image contains two diagrams of an L-shaped object with a blue rectangular feature. The top diagram shows a dimension of 5.4 and an angle of 42 degrees. The bottom diagram shows a dimension of 4.6 and an angle of 42 degrees.</p>		
--	--	--	--	--	--	--

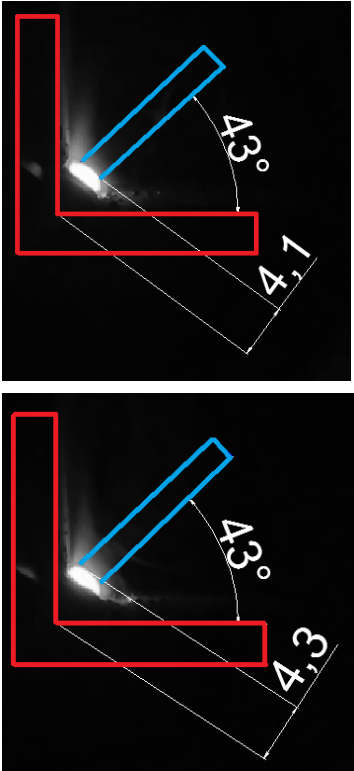
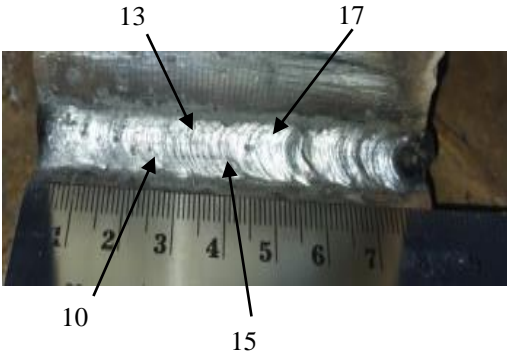
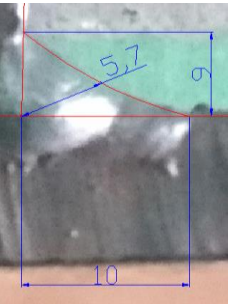
			2	 <p>The figure consists of two vertically stacked diagrams of an L-shaped part. Each diagram shows a red L-shaped outline with a blue angled feature. A white arc indicates a 60-degree angle. The top diagram has a dimension line labeled '4.8' pointing to the angled feature. The bottom diagram has a dimension line labeled '4.4' pointing to the same feature.</p>	 <p>The photograph shows a metal part with a ruler below it. The ruler is marked from 1 to 8. Four arrows point to specific features: arrow 10 points to a feature at approximately 3.2 on the ruler; arrow 13 points to a feature at approximately 4.2; arrow 15 points to a feature at approximately 5.2; and arrow 17 points to a feature at approximately 6.2.</p>	
--	--	--	---	--	--	--

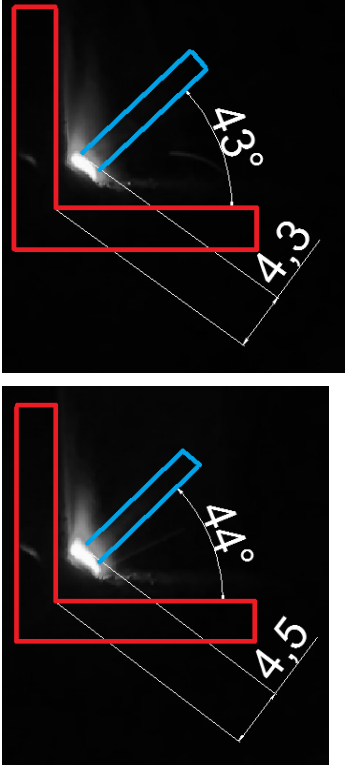
						
--	--	--	--	---	--	--

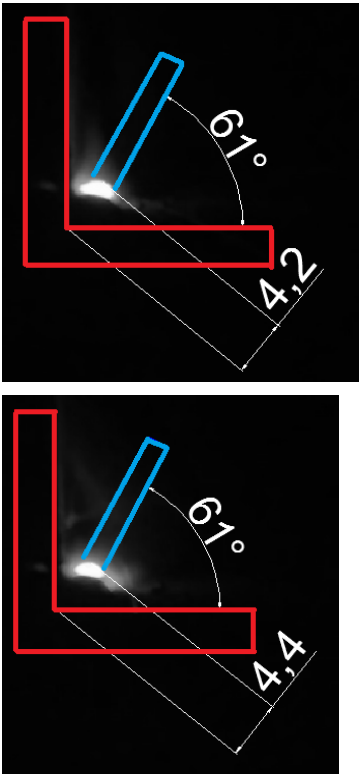
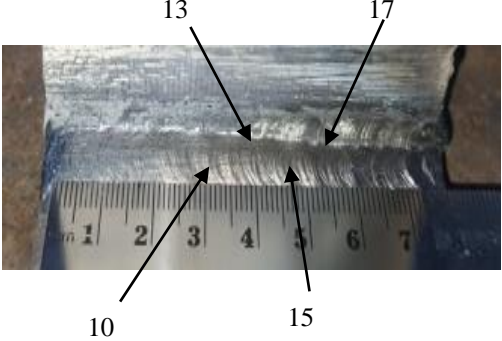
			3			
--	--	--	---	---	---	--

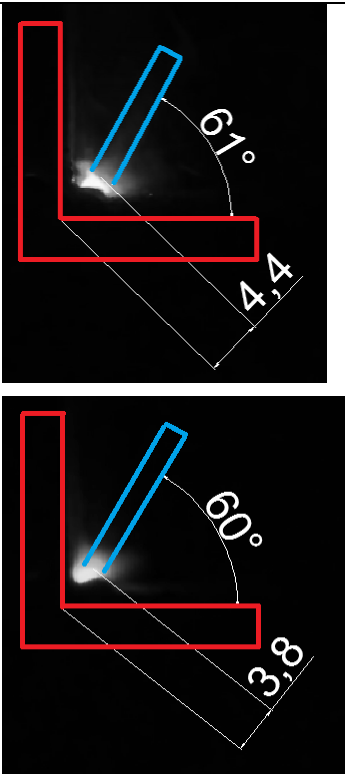
				 <p>The image contains two vertically stacked diagrams of an L-shaped object. Each diagram features a red L-shaped outline and a blue diagonal line segment. A white arc indicates a 40-degree angle between the horizontal and vertical segments of the L-shape. In the top diagram, a dimension line labeled '4.8' is shown along the diagonal. In the bottom diagram, a dimension line labeled '5.3' is shown along the diagonal. Both diagrams have a black background with a white light source at the vertex of the L-shape, creating a glow effect.</p>		
--	--	--	--	---	--	--

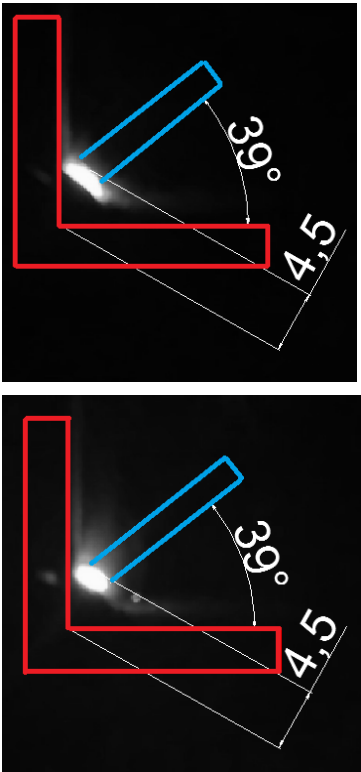
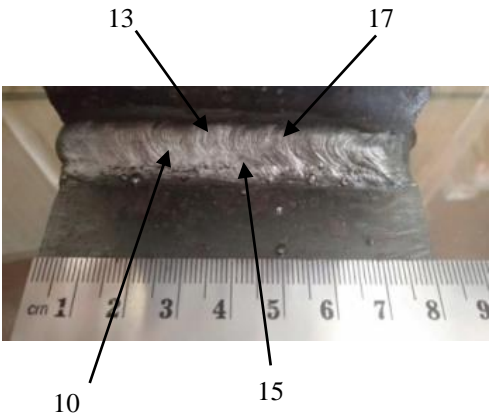
Tabel 4.5 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 95.

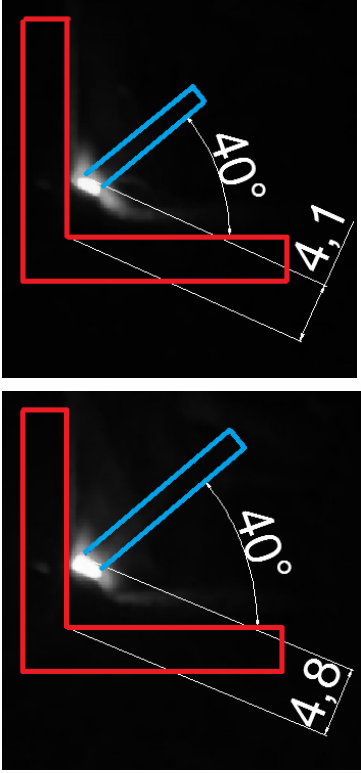
Jenis pengelasan	Polaritas kutub	Amper las	layer	Pengamatan busur las pada waktu (detik) 10, 13, 15 dan 17	Pengamatan hasil las pada jalur las	Pengamatan hasil las pada kaki las
SMAW	DCRP	95	1			

				 <p>The image contains two diagrams, one above the other, illustrating laser beam geometry. Each diagram shows a red L-shaped frame with a blue laser beam entering from the top. The beam is directed towards the corner of the L-shape. In the top diagram, the angle between the beam and the horizontal arm is labeled as 43°, and the distance from the corner to the beam's entry point is labeled as 4.3. In the bottom diagram, the angle is labeled as 44°, and the distance is labeled as 4.5. Both diagrams show a bright spot at the corner where the beam reflects.</p>		
--	--	--	--	---	--	--

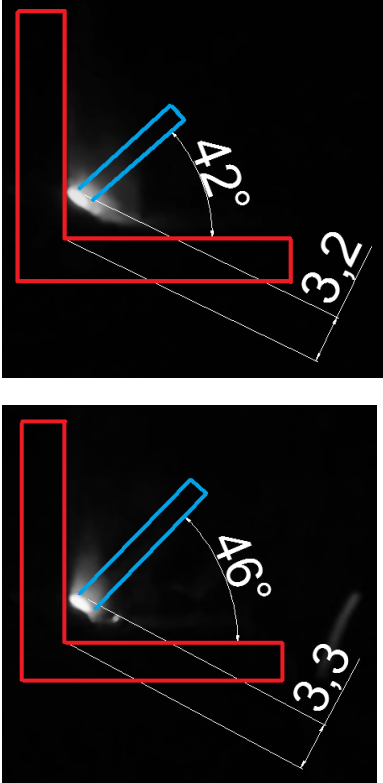
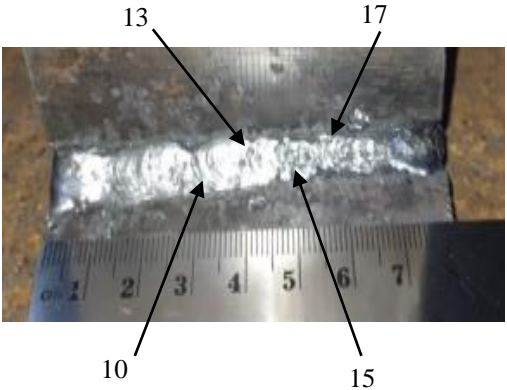
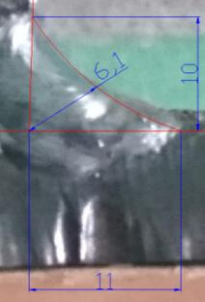
			2			
--	--	--	---	---	---	--

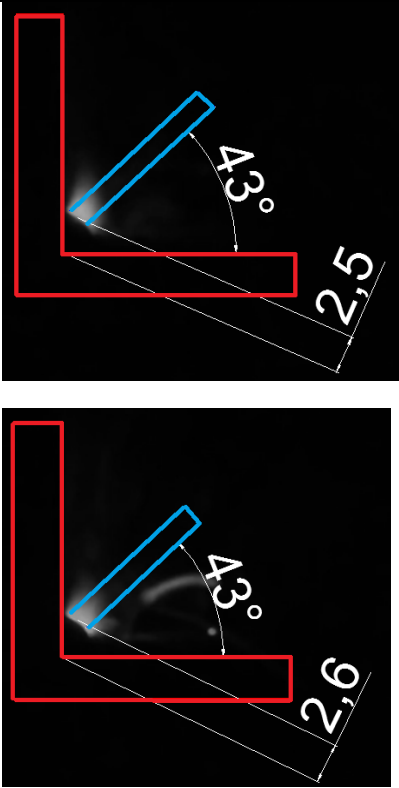
				 <p>The image contains two diagrams, one above the other, both set against a black background. Each diagram shows a red L-shaped object. A blue beam originates from the inner corner of the L-shape and points towards the top-right. In the top diagram, the angle between the horizontal arm of the L-shape and the blue beam is labeled as 61°. A dashed white line extends from the end of the horizontal arm to the tip of the blue beam, with the length of this line labeled as 4.4. In the bottom diagram, the angle between the horizontal arm and the blue beam is labeled as 60°. A dashed white line extends from the end of the horizontal arm to the tip of the blue beam, with the length of this line labeled as 3.8.</p>		
--	--	--	--	---	--	--

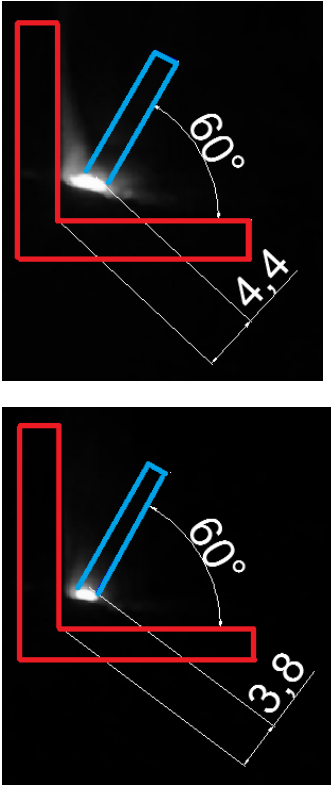
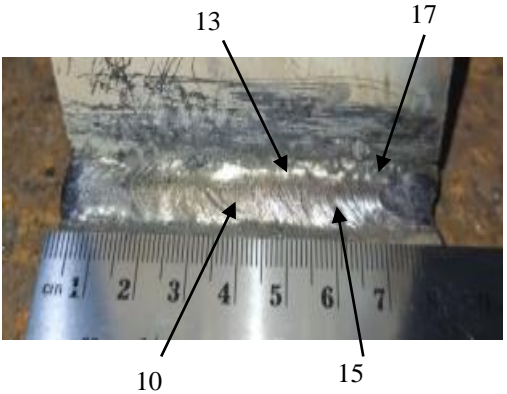
			3			
--	--	--	---	---	---	--

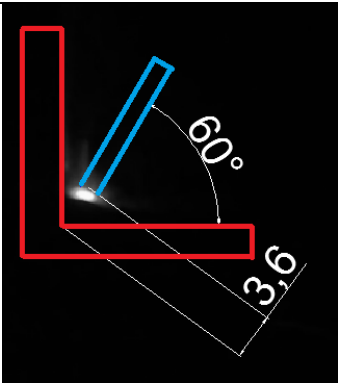
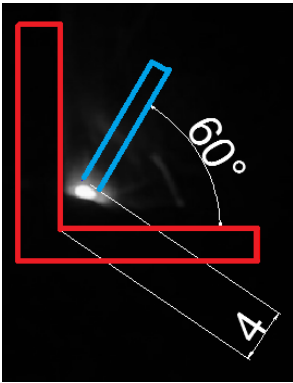
				 <p>The image contains two vertically stacked diagrams. Each diagram shows a red L-shaped frame on a black background. A blue line is drawn at a 40-degree angle from the vertex of the L-shape. In the top diagram, a white dashed line extends from the end of the blue line to the horizontal arm of the L-shape, with the dimension '4.1' labeled. In the bottom diagram, a similar construction is shown, but the dimension is labeled '4.8'.</p>		
--	--	--	--	---	--	--

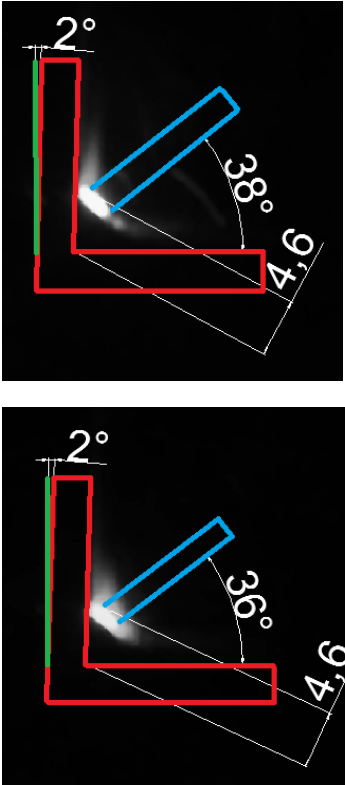
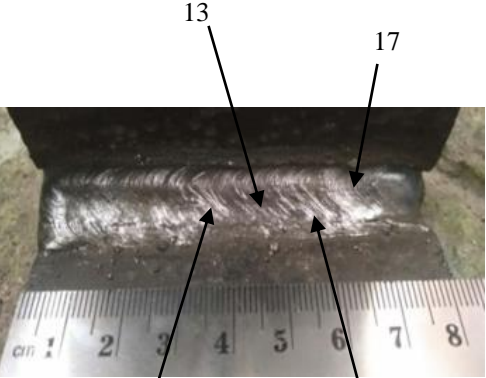
Tabel 4.6 Pengamatan Busur Las Terhadap Hasil Lasan Amper 115.

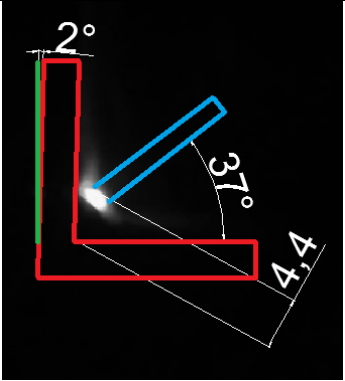
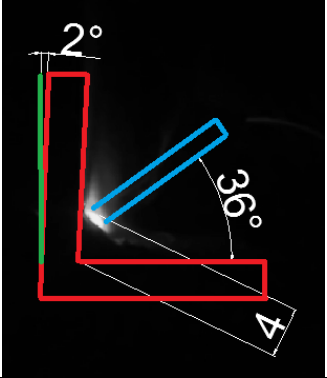
Jenis pengelasan	Polaritas kutub	Amper las	layer	Pengamatan busur las pada waktu (detik) 10, 13, 15 dan 17	Pengamatan hasil las pada jalur las	Pengamatan hasil las pada kaki las
SMAW	DCRP	115	1			

				 <p>The image contains two diagrams, one above the other, both set against a black background. Each diagram shows a red L-shaped frame with a vertical leg on the left and a horizontal leg on the bottom. A blue rod is positioned diagonally, touching the inner corner of the L-shape. In the top diagram, a white arc indicates an angle of 43° between the rod and the horizontal leg. A white dimension line below the horizontal leg is labeled '2,5'. In the bottom diagram, a similar white arc indicates an angle of 43°. A white dimension line below the horizontal leg is labeled '2,6'.</p>		
--	--	--	--	--	--	--

			2	 <p>Two diagrams illustrating a 60-degree V-groove. The top diagram shows a groove with a depth of 4.4. The bottom diagram shows a groove with a depth of 3.8. Both diagrams feature a red L-shaped part and a blue V-groove tool.</p>	 <p>A photograph showing a metal surface with a V-groove. A ruler is placed below the groove for scale. Arrows point to specific features: 10, 13, 15, and 17.</p>	
--	--	--	---	---	---	--

				 		
--	--	--	--	---	--	--

			<p data-bbox="734 639 757 663">3</p> 		
--	--	--	--	---	--

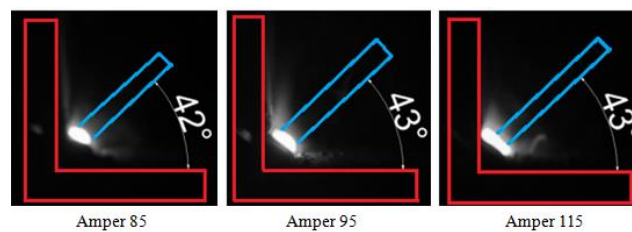
				 <p>2° 37° 4,4</p>		
				 <p>2° 36° 4</p>		

4.4 Analisis Hasil Percobaan

Data dari hasil percobaan akan dilakukan analisis dengan meliputi sebagai berikut:

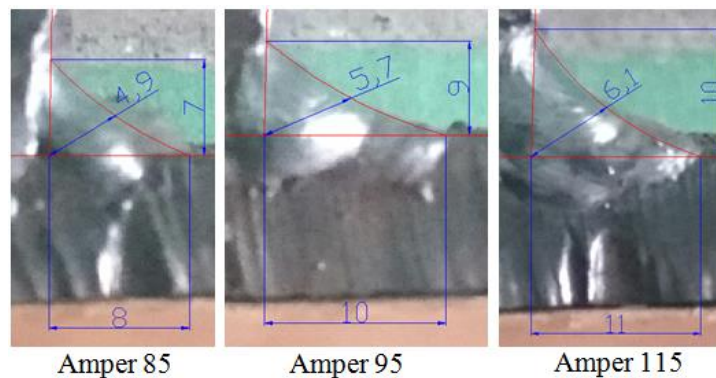
1. Analisis Pengamatan nyala busur las terhadap perbedaan amper yang digunakan yaitu 85 A, 95 A dan 115 A.

Analisis pada amper akan melihat perbedaan pada nyala busur pada setiap amper 85, 95 dan 115. Perbedaan nyala busur tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Fenomena Nyala Busur Pada Amper 85, 95 dan 115.

Pada fenomena busur las tersebut didapatkan perbedaan nyala busur pada setiap amper 85, 95 dan 115. Fenomena busur pada amper 85 menunjukkan penyalaan busur yang kecil, sedangkan pada amper 95 dan 115 menunjukkan penyalaan busur yang besar. Perbedaan fenomena nyala busur pada setiap amper tersebut akan berkaitan dengan kaki lasan yang dapat ditunjukkan pada gambar 4.5.



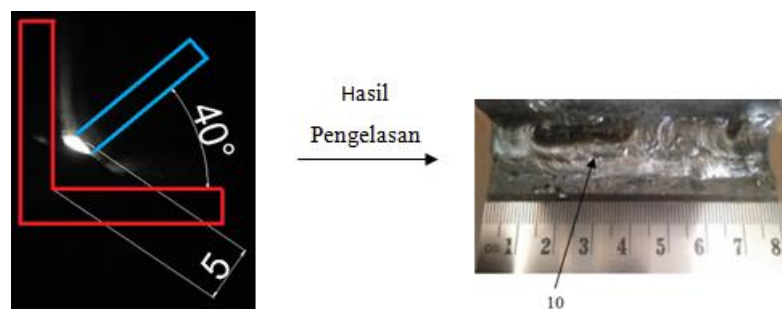
Gambar 4.5 Fenomena Kaki Lasan Pada Amper 85, 95 dan 115.

Pada fenomena nyala busur tersebut didapat kan kaki lasan yang berbeda pada setiap ampernya. Pada amper 85 penyalaan busur kecil menunjukkan kaki lasan yang dihasilkan kecil tetapi pada amper 95 dan 115 penyalaan busur yang besar menunjukkan tebal kaki lasan besar.

2. Analisis Pengamatan busur las pada waktu 10 detik, 13 detik, 15 detik dan 17 detik untuk setiap amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115.

Pada analisis akan ditunjukkan pengamatan busur las pada waktu detik 10, 13, 15 dan 17 untuk setiap amper 85, 95 dan 115.

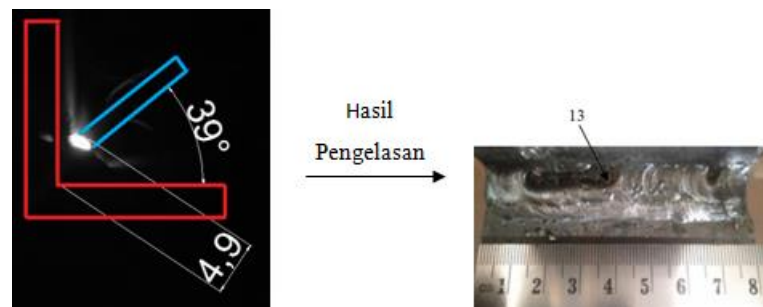
Fenomena busur las amper 85, pergerakan busur las pada detik 10 dapat ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 85.

Pada detik 10 didapatkan fenomena pergerakan busur las tidak normal, dimana pergerakan busur las condong lebih dekat ke permukaan benda kerja bagian samping. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda 40 derajat dan *arc length* sebesar 5 mm. Ketidak normalan pergerakan busur las pada detik 10 menunjukkan hasil lasan yang tidak baik, pada detik 10 ini terjadi cacat las *porosity*.

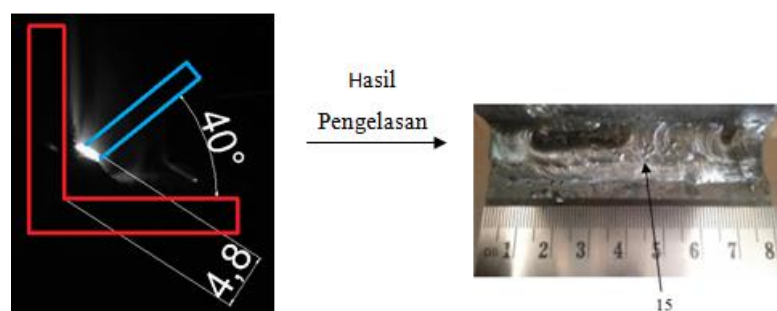
Pergerakan busur las pada detik 13 dapat ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 85.

Pada detik 13 fenomena pergerakan busur las kembali tidak normal, dimana pergerakan busur las condong lebih dekat ke permukaan benda kerja bagian samping. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda yang berubah sebesar 39 derajat dan *arc length* turun menjadi 4,9 mm. Ketidak normalan pergerakan busur las tersebut pada detik 13 menunjukkan hasil lasan yang tidak baik, pada detik 13 ini terjadi cacat las *porosity*.

Pergerakan busur las pada detik 15 dapat ditunjukkan pada gambar 4.8.

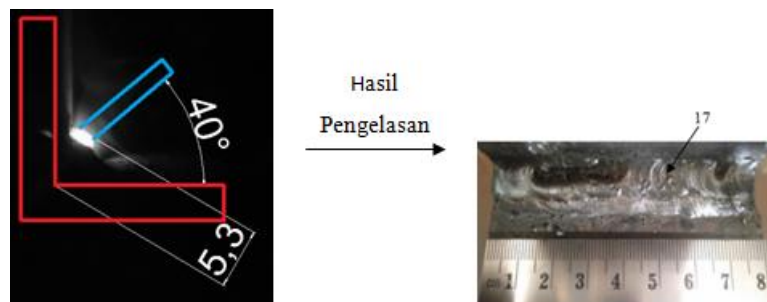


Gambar 4.8 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 85.

Pada detik 15 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini didapatkan kemiringan sudut elektroda yang berubah sebesar 40 derajat dan *arc length* turun menjadi 4,8 mm.

Pergerakan busur las tersebut pada detik 15 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

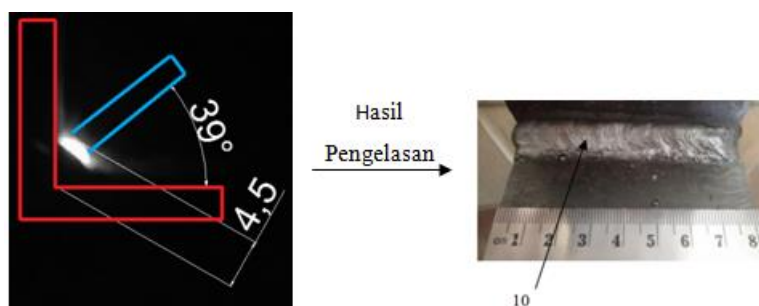
Pergerakan busur las pada detik 17 dapat ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 85.

Pada detik 17 fenomena pergerakan busur las terlihat kembali normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda tetap seperti detik 15 yaitu 40 derajat dan *arc length* kembali naik menjadi 5,3 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 17 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

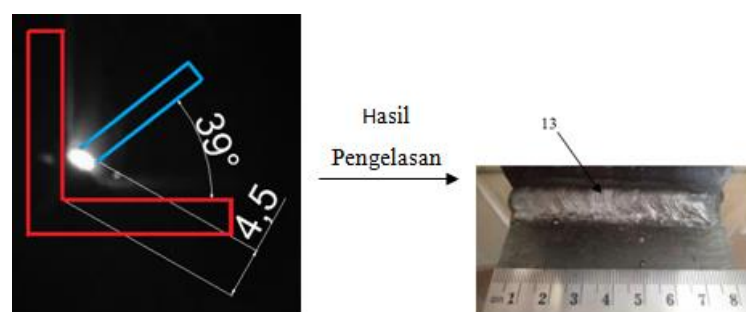
Pada fenomena busur las amper 95, pergerakan busur las detik 10 dapat ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 95.

Pada detik 10 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini didapatkan kemiringan sudut elektroda 39 derajat dan *arc length* sebesar 4,5 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 10 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

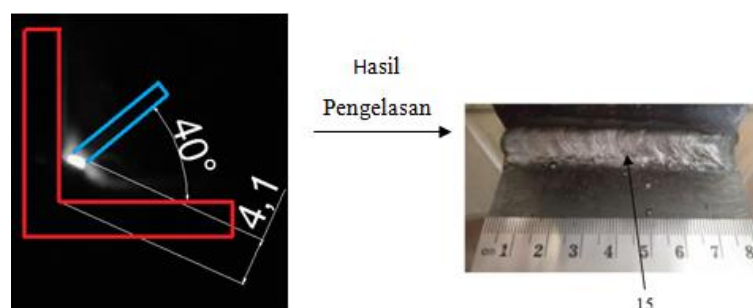
Pergerakan busur las pada detik 13 dapat ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 95.

Pada detik 13 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini didapatkan kemiringan sudut elektroda dan *arc length* tetap seperti pada detik 10. Pergerakan busur las tersebut pada detik 13 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Pergerakan busur las pada detik 15 dapat ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 95.

Pada detik 15 fenomena pergerakan busur las terlihat tidak normal, dimana pergerakan nyala busur las kecil. Pada detik ini didapatkan kemiringan sudut elektroda yang berubah sebesar 40 derajat dan *arc length* turun menjadi 4,1 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 15 menunjukkan hasil lasan baik dan tidak terjadi cacat.

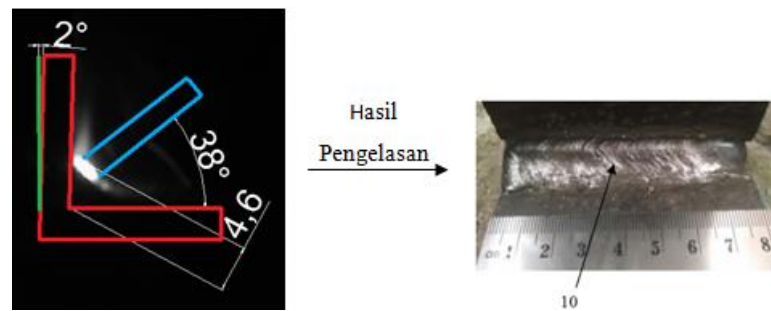
Pergerakan busur las pada detik 17 dapat ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 95.

Pada detik 17 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini didapatkan kemiringan sudut elektroda tetap seperti pada detik 15 yaitu 40 derajat dan *arc length* naik menjadi 4,8 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 17 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

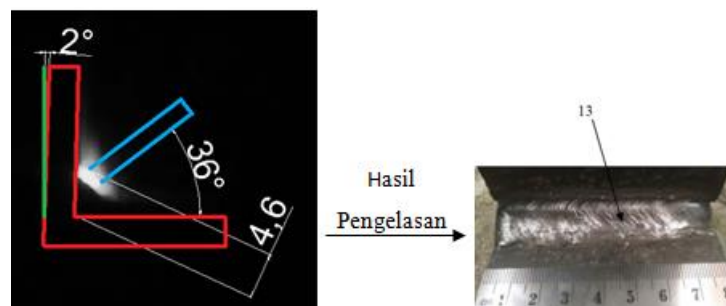
Percobaan amper 115, pergerakan busur las detik 10 dapat ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pergerakan Busur Detik 10 Amper 115.

Pada detik 10 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda yaitu 38 derajat dan *arc length* sebesar 4,6 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 10 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Pergerakan busur las pada detik 13 dapat ditunjukkan pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pergerakan Busur Detik 13 Amper 115.

Pada detik 13 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda berubah yaitu 36 derajat dan *arc length* tetap sebesar 4,6 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 13 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Pergerakan busur las pada detik 15 dapat ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Pergerakan Busur Detik 15 Amper 115.

Pada detik 15 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda kembali berubah yaitu 37 derajat dan *arc length* turun menjadi 4,4 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 15 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Pergerakan busur las pada detik 17 dapat ditunjukkan pada gambar 4.17.



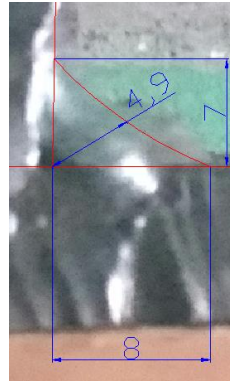
Gambar 4.17 Pergerakan Busur Detik 17 Amper 115.

Pada detik 17 fenomena pergerakan busur las terlihat normal, dimana pergerakan nyala busur las stabil. Pada detik ini kemiringan sudut elektroda kembali berubah yaitu 36 derajat dan *arc length* turun menjadi 4 mm. Pergerakan busur las tersebut pada detik 17 menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

3. Analisis hasil lasan pada kaki las

Pada analisis akan ditunjukkan pengamatan hasil lasan pada kaki las untuk setiap amper 85, 95 dan 115.

Pada amper 85 hasil lasan pada kaki las dapat ditunjukkan pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Kaki Las Amper 85.

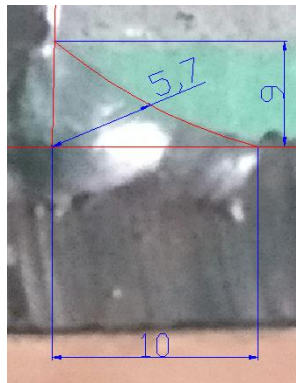
Pada amper 85 menunjukkan fenomena kaki las yang tidak semetris yaitu panjang 8 mm, tinggi 7 mm dan tebal 4,9 mm. Kaki las yang tidak semetris disebabkan terdapatnya perbedaan kecepatan pada layer 2 dan 3, perbedaan kecepatan tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan Layer 3 Amper 85.

Layer Pengelasan	Kecepatan Pengelasan Per 1 cm
Layer 2	3 Detik
Layer 3	3,25 Detik

Terdapatnya perbedaan kecepatan tersebut, hal ini menyebabkan kecepatan yang lambat pada layer 2 akan menghasilkan panjang kaki las lebar sedangkan pada kecepatan cepat pada layer 3 akan menghasilkan tinggi kaki las kecil.

Pada amper 95 hasil lasan pada kaki las dapat ditunjukkan pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Kaki Las Amper 95.

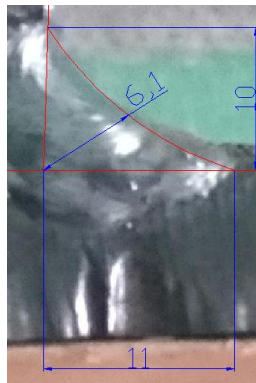
Pada amper 95 menunjukkan fenomena kaki las yang tidak semetris yaitu panjang 10 mm, tinggi 9 mm dan tebal 5,7 mm. Kaki las yang tidak semetris disebabkan terdapatnya perbedaan kecepatan pada layer 2 dan 3, perbedaan kecepatan tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan Layer 3 Amper 95.

Layer Pengelasan	Kecepatan Pengelasan Per 1 cm
Layer 2	3,125 Detik
Layer 3	3,375 Detik

Terdapatnya perbedaan kecepatan tersebut, hal ini menyebabkan kecepatan yang lambat pada layer 2 akan menghasilkan panjang kaki las lebar sedangkan pada kecepatan cepat pada layer 3 akan menghasilkan tinggi kaki las kecil.

Pada amper 115 hasil lasan pada kaki las dapat ditunjukkan pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Kaki Las Amper 115.

Pada amper 115 menunjukkan fenomena kaki las yang tidak semetris yaitu panjang 11 mm, tinggi 10 mm dan tebal 6,1 mm. Kaki las yang tidak semetris disebabkan terdapatnya perbedaan kecepatan pada layer 2 dan 3, perbedaan kecepatan tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kecepatan Pengelasan Layer 2 dan Layer 3 Amper 115.

Layer Pengelasan	Kecepatan Pengelasan Per 1 cm
Layer 2	2,375 Detik
Layer 3	2,625 Detik

Terdapatnya perbedaan kecepatan tersebut, hal ini menyebabkan kecepatan yang lambat pada layer 2 akan menghasilkan panjang kaki las lebar sedangkan pada kecepatan cepat pada layer 3 akan menghasilkan tinggi kaki las kecil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada ketiga variasi amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115 terjadi dampak cacat pada hasil pengelasan, yaitu untuk amper 85 terjadi cacat *porosity* dan kaki las menunjukkan hasil yang tidak baik dengan diperoleh tebal 4,9 mm, amper 95 kaki las menunjukkan hasil yang tidak baik dengan diperoleh tebal 5,7 mm dan pada amper 115 hasil pengelasan menunjukkan hasil lasan tidak rata dan kaki las menunjukkan hasil yang baik dibandingkan amper 85 dan 95 dengan diperoleh tebal 6,1 mm. Perbedaan kaki las pada setiap amper tersebut disebabkan adanya perbedaan kecepatan pengelasan.
2. Dampak cacat yang ditimbulkan pada ketiga amper tersebut menunjukkan bahwa pada ketiga variasi amper yang digunakan didapatkan hasil pengelasan yang dominan tidak terjadinya cacat las yaitu pada amper 95 sedangkan pada kaki las amper 115 menunjukkan hasil kaki las yang baik.
3. Pengamatan busur las pada waktu 10 detik, 13 detik, 15 detik dan 17 detik untuk setiap amper yang digunakan yaitu 85, 95 dan 115 didapatkan bahwa, amper 85 menunjukkan fenomena pergerakan busur las tidak normal pada detik 10 dan 15, dimana pada detik tersebut ketinggian *arc length* lebih dari normal yaitu sebesar 5 mm dan 4,9 mm dihasilkan cacat yaitu *porosity* pada hasil lasan. Tetapi pada detik 15 dan 17 pergerakan busur las terjadi normal sehingga menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Amper 95 menunjukkan pergerakan busur las normal pada detik 10, 13, 15 dan 17. Pergerakan busur las yang normal tersebut sehingga menunjukkan hasil lasan yang baik dan tidak terjadi cacat las.

Amper 115 menunjukkan pergerakan busur las normal pada detik 10, 13, 15 dan 17. Normalnya pergerakan busur las pada detik – detik tersebut menunjukkan tidak terjadinya cacat pada hasil lasan.

4. Pengamatan hasil lasan pada kaki las didapatkan bahwa, amper 85, 95 dan 115 terjadi fenomena hasil lasan pada kaki las yang berbeda – beda. Kaki las yang tidak simetris pada setiap amper disebabkan kecepatan pengelasan yang berbeda pada layer 2 dan 3. Perbedaan kecepatan ini mempengaruhi lebar kaki las yang akan dihasilkan, kecepatan yang cepat akan menghasilkan kaki lasan kecil sedangkan dengan kecepatan lambat akan menghasilkan kaki lasan lebar.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi kedepannya, penelitian ini dapat dilakukan berdasarkan posisi sudut dan tinggi *arc length* yang tepat dan stabil begitu pula kecepatan pengelasan yang sesuai dengan amper yang digunakan.

Daftar Pustaka

1. Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, (2004), Mengelas Tingkat Lanjut Dengan Proses Las Oksi Asetilen, Universitas Negeri Yogyakarta, diakses pada 13 September 2020, <<http://fdokumen.com/document/mengelas-tingkat-lanjut-dengan-proses-las-cacat-las-secar-visual-mengidentifikasi.html>>.
2. Ferry Budhi Susetyo, Ja'far Amirudin dan Very Yudianto, (2013), "Studi Karakteristik Pengelasan SMAW Pada Baja Karbon Rendah ST 42 Dengan Elektroda E 7018", *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, pp. 32-39.
3. Arif Marwanto, (2007), *Shield Metal Arc Welding*, Universitas Negeri Yogyakarta, diakses pada 6 Agustus 2020, <<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132299864/pengabdian/Materi+PPM+SMAW+pakem.pdf>>.
4. Wiryosumarto, H. dan Okumura, T., (1994), *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita Cetakan ke IV, Jakarta.
5. Awal Syahrani, Naharuddin dan Muhammad Nur, (2018), "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW Stainless Steel 312 dengan Variasi Arus Listrik", *Jurnal Mekanikal*, vol. 9, no. 1, pp. 814-822.
6. Karwan, D.H., (2011), *Diklat Las Busur Manual 3*, Jurusan Las dan Fabrikasi Dept. Teknik Mesin P4TK BMTI Bandung.
7. Ets Worlds, *Jenis Sambungan Las*, diakses pada 8 September 2020, <<https://www.etsworlds.id/2019/12/jenis-sambungan-las.html>>.
8. Muhsin Z, Suardy dan Suryadi, (2018), "Analisis Perbandingan Kualitas Las SMAW Kampuh V dengan Uji Bending pada baja ST 37", *Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 45-56.
9. Pandapotan, P.O.P., (2019), "Pengaruh Variasi Arus dan Jenis Elektroda Terhadap Cacat Las pada Baja ST 60 Hasil Proses Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding)", *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

10. Nugroho, W.S., (2018), *Buku Informasi Memperbaiki Hasil Pengelasan*, Kementerian Ketenagakerjaan R.I. Direktorat Jenderal Pembinaan Pelatihan Dan Produktivitas Direktorat Bina Standardisasi Kompetensi Dan Pelatihan Kerja, diakses pada 13 September 2020, <<http://blkserang.kemnaker.go.id/digilib/index.php?p=fstream-pdf&fid=231&bid=73>>.
11. Kobe Steel, LTD. (2015), *Weld Imperfections and Preventive Measures*, Kobe Steel, LTD, diakses pada 10 Agustus 2020, <https://www.kobelco.co.jp/english/welding/events/files/2015_KOBELCO_Defect.pdf>.
12. The Welding Institute Global, *Porosity in Welding – Defects/Imperfections in Weld*, diakses pada 10 Agustus 2020, <<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/defects-imperfections-in-weld-porosity-042>>.
13. Amir Arifin dan M Hendrianto, (2018), “Pengaruh Arus dan Jarak Kampuh Pengelasan Terhadap Distorsi Sambungan Pelat Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan SMAW”, *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. IV, no. 1, hal. 20-25.
14. The Welding Institute Global, *Distortion – Types And Cause*, diakses pada 13 September 2020, <<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/distortion-types-and-causes-033>>.
15. Ranu Yudistira Pratama, Minto Basuki dan Erifive Pranatal, (2020), “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Untuk Posisi Pengelasan 1G Pada Material Baja Kapal SS 400 Terhadap Cacat Pengelasan”, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMATAN II)*, vol. 2, no. 1, Juli 2020.
16. Andik Suprayogi dan Prantasi Harmi Tjahjanti, (2017), “Analisa *Surface Preparation* Pada Plat Baja ASTM A36”, *Seminar Nasional dan Gelar Produk UMM*, hal. 188-197.
17. Rienaldy Eka Hartanto, Sigit Yulianto dan Moch. Sugiri, (2020), “Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Material ST 37 Dengan Elektroda *Low Hydrogen* Pada Pengujian Visual, Radiografi, Struktur Makro Dan Mikro”, *Prosiding SNITT Poltekba*, vol. 4, hal. 271-277.

18. Didik Setiawan dan Imran, (2019), “Analisis Cacat Las Pada Pengelasan SMAW *BUTT JOINT* Dengan Variasi Arus”, *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 53-62.
19. Rahmatillah, S., (2017), “Pengaruh Variasi Lapisan Fluida pada Permukaan V Groove Baja ST 37 Terhadap Cacat Las dan Lebar Haz Hasil SMAW”, *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
20. The World Material, 1.0037 Material St37-2 Steel Equivalent, Composition, Properties, DIN 17100, diakses pada 16 September 2020, <<https://www.theworldmaterial.com/1-0037-material-st37-steel-din-17100/>>.
21. Yulistiawan, F., (2016), “Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada Baja Karbon Rendah ST 37”, *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
22. Ramli, Tuparjono dan Erwanto, (2014), “Analisis Fenomena *ARC BLOW* Pada Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) ”, *Jurnal Manutech*, vol. 6, no. 2, pp. 20-62.
23. Wahyudi, M.T. dan Kurniyanto, H.B., (2015), *Pengembangan Materi Pembelajaran Mata Kuliah Teori NDT*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, diakses pada 12 Agustus 2020, <<http://tl.ppns.ac.id/wp-content/uploads/2017/12/MODUL-TLMD-TEORI-NDT.pdf>>.
24. Ellyawan Setyo Arbintarso dan Agus Duniawan, (2019), “Pelatihan Inspeksi Visual Pengelasan SMAW (Las Busur Listrik) Untuk Warga RW 24 Notoyudan, Pringgokusuman, Gedongtengen, Yogyakarta”, *Jurnal Dharma Bakti-LPPM IST AKPRIND Yogyakarta*, vol. 2, no. 2, pp. 148-156.

LAMPIRAN 2

PERSIAPAN PERCOBAAN

Persiapan Percobaan Amper 85



Gambar besar arus 85 amper



Gambar elektroda AWS
E 6013



Gambar alat ukur penggaris



Gambar pengkutuban DCRP



Gambar benda uji 1 (85.A)
sebelum dilas



Gambar benda uji 2 (85.B)
sebelum dilas



Gambar benda uji 3 (85.C)
sebelum dilas



Gambar benda uji 4 (85.D)
sebelum dilas

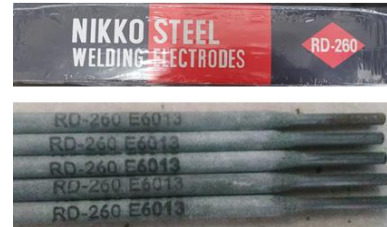


Gambar benda uji 5 (85.E)
sebelum dilas

Persiapan Percobaan Amper 95



Gambar besar arus 95 amper



Gambar elektroda AWS E 6013



Gambar alat ukur penggaris



Gambar pengkutuban DCRP



Gambar benda uji 1 (95.A) sebelum dilas



Gambar benda uji 2 (95.B) sebelum dilas



Gambar benda uji 3 (95.C)
sebelum dilas



Gambar benda uji 4 (95.D)
sebelum dilas

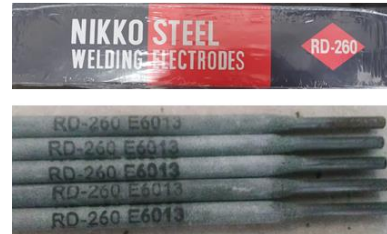


Gambar benda uji 5 (95.E)
sebelum dilas

Persiapan Percobaan Amper 115



Gambar besar arus 115 amper



Gambar elektroda AWS E 6013



Gambar alat ukur penggaris



Gambar pengkutuban DCRP



Gambar benda uji 1 (115.A) sebelum dilas



Gambar benda uji 2 (115.B) sebelum dilas



Gambar benda uji 3 (115.C)
sebelum dilas



Gambar benda uji 4 (115.D)
sebelum dilas



Gambar benda uji 5 (115.E)
sebelum dilas

