

**PENGARUH ARUS AC DAN DC TERHADAP HASIL PENGELASAN
PADA LAS BUSUR LISTRIK**



**DESPA WANDRI
2011 / 1102217
PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN JURNAL SKRIPSI

PENGARUH ARUS AC DAN DC TERHADAP HASIL PENGELASAN
PADA LAS BUSUR LISTRIK

Nama : Despa Wandri
NIM/BP : 1102217 / 2011
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin

Padang, 9 Februari 2016

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Waskito, MT
NIP.19610808 198602 1 001

Pembimbing II



Drs. Purwantono, M. Pd
NIP. 19630804 198603 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



PENGARUH ARUS AC DAN DC TERHADAP HASIL PENGELASAN PADA LAS BUSUR LISTRIK

EFFECT ON CURRENT AC AND DC WELDING RESULTS LAS IN ELECTRIC ARC

Despa Wandri⁽¹⁾, Waskito⁽²⁾, dan Purwantono⁽³⁾

(1), (2), (3) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

despawandri@yahoo.com

waskitosyofia@yahoo.com

purwantonomesin@gmail.com

Abstrak

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh polaritas arus AC dan DC terhadap hasil pengelasan pada las busur listrik yang dilakukan adalah penelitian jenis eksperimen, dimana hasil penelitian didapatkan dari pengukuran langsung pada spesimen. Pengukuran yang dilakukan adalah kedalaman penetrasi, lebar jalur las, dan tinggi hasil pengelasan. Pengelasan dilakukan dengan polaritas arus AC dan DC, dengan variasi besar arus yang berbeda. Spesimen didapatkan dari bahan yang berupa plat baja ST37 yang telah dilas menggunakan elektroda E-6013 dengan diameter 2,6 dan 3,2. Untuk pengukuran kedalaman penetrasi plat telah di las ukuran 100 mm dipotong, dan dilakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong, Untuk mengukur tinggi jalur menggunakan alat ukur welding gauge, dan untuk lebar jalur pengelasan menggunakan jangka sorong. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat hasil pengukuran kedalaman penetrasi, lebar jalur pengelasan, dan tinggi jalur pengelasan dengan menggunakan polaritas arus AC jauh berbeda dengan hasil pengelasan menggunakan arus DC. Hal ini membuktikan bahwa hasil penetrasi, lebar, dan tinggi jalur pengelasan las DC lebih Baik dibandingkan las AC.

Kata Kunci : *Measurement, penetration, width, height welds, electrodes, steel ST37.*

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of the polarity of Alternating Current and Direct Current to the weld on a weld electric arc is research the kinds of experiments, in which the results obtained from the measurements directly on the specimen. Measurements made is the penetration depth, the width of the weld lines, and high-yield welding. Welding is done with the polarity of Alternating Current and Direct Current, with a large variety of different currents. Specimens obtained from materials such as steel plate welded ST37 uses E-6013 electrodes with a diameter of 2.6 and 3.2. For the measurement of the depth of penetration of the plate has been welded measures 100 mm cut, and measurement by using calipers, to measure the height lines using a measuring instrument gauge welding, and welding lines for wide use sorong. Dari term results of research that has been done, the result of measurement penetration depth, width of welding lines, and high welding lines by using Alternating Current polarity is far different from the results of welding using Direct Current. It is proved that the result of penetration, width, and steeper path Direct Current welding Better than Alternating Current welding.

Keywords: Pengukuran, penetrasi, lebar, tinggi hasil las, elektroda, baja ST37.

I. Pendahuluan

A Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang berkembang pada saat ini salah satunya adalah bidang pengelasan. Ruang lingkup teknik pengelasan pada era industrialisasi saat ini banyak dipergunakan pada bidang konstruksi suatu pemukiman, bangunan, perkapalan, pesawat terbang dan bidang lainnya. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan ini disebabkan karena konstruksi bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik pengelasan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana dalam proses pembuatannya. Dalam hal ini didasarkan pada biaya yang murah, hemat tenaga dan penghematan energi.

Pengelasan yang sering ditemui dilapangan adalah las oksidasi asetilin dan las listrik. Pengelasan SMAW (Sindokou, 1987) banyak dipergunakan dalam proses pengelasan busur. Proses ini mempunyai fleksibilitas maksimum dan mampu untuk pengelasan berbagai macam logam, pada api, industri otomotif, perkapalan dan lain-lain sebagainya. Las busur listrik termasuk salah satu jenis pengelasan yang banyak dipakai dalam proses pengelasan konstruksi baja. Besarnya arus listrik dalam pengelasan ini sangat berpengaruh pada hasil pengelasan. Arus listrik yang tinggi dalam pengelasan makin tinggi pula kedalaman penetrasi serta kecepatan pencairan logam induk, tetapi arus listrik yang besar juga dapat memperbesar daerah HAZ (*Heat Affected zone*). Akibat pemanasan yang tinggi pada proses pengelasan juga akan merubah sifat dan struktur material, di samping menghasilkan pengelasan yang cacat.

Pengelasan pada besi cor harus diberikan pemanasan awal agar tidak terjadinya retak dan cacat las, hal ini sejalan dengan pendapat Daryanto (2012:16) yang mengemukakan tujuan dari pemanasan mula disini adalah agar tidak terjadinya pendinginan cepat, sehingga tidak mudah retak. Dalam praktek pengelasan benda kerja dengan arus AC (*Alternating Current*) dan arus DC (*Direct Current*) sangat penting diperhatikan. Karena dengan penggunaan arus listrik dan prosedur pengelasan yang tepat akan mempengaruhi kualitas lasan. Penggunaan las busur arus AC ataupun DC ketika pengelasan, hal tersebut memiliki pengaruh terhadap kekuatan las.

Kekuatan sambungan las juga dipengaruhi beberapa faktor antara lain : proses pengelasan, jenis kampuh, jenis elektroda, diameter elektroda dan arus listrik yang digunakan dalam pengelasan. Keahlian juru las dalam pemakaian arus listrik atau diameter elektroda. Juru las yang ditunjuk dalam proses pengelasan haruslah mempunyai pengetahuan, keterampilan dan kualifikasi yang sesuai. Pemilihan arus pengelasan yang tepat akan menentukan pemilihan diameter elektroda, tebal benda, kampuh las, dan posisi pengelasan.

Setelah melihat permasalahan diatas, maka dirasa sangat berpengaruhnya pengaturan arus listrik dan juga penentuan pemakaian elektroda dalam pengelasan maka penulis memberi judul tugas akhir ini ” **Pengaruh Arus AC Dan DC Terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik**”.

II. Kajian Teori

A. Arus AC (*Alternating Current*) dan DC (*Direct Current*)

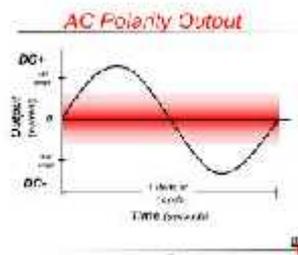
1. Mesin las arus bolak-balik (mesin AC)

Arus listrik bolak-balik atau arus AC yang dihasilkan pembangkit listrik (PLN atau generator AC), dapat digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Tegangan listrik yang berasal dari pembangkit listrik belum sesuai dengan tegangan yang digunakan untuk pengelasan. Bisa terjadi tegangan terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga besarnya tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan cara menurunkan atau menaikkan tegangan. Alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan disebut *transformator* atau *trafo*. Kebanyakan *trafo* yang digunakan pada peralatan las adalah *trafo step-down*, yaitu *trafo* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Hal ini disebabkan listrik dari pembangkit listrik mempunyai tegangan yang tinggi (110 volt sampai 240 volt), padahal kebutuhan tegangan yang dikeluarkan oleh mesin las untuk pengelasan hanya 55 volt sampai 85 volt.

Travo yang digunakan untuk pengelasan mempunyai daya yang cukup besar. Untuk mencairkan sebagian logam induk dan elektroda dibutuhkan energi yang besar. Untuk menghasilkan daya yang besar maka perlu arus yang besar. Dengan aliran arus yang besar

maka perlu kabel lilitan sekunder yang berdiameter besar. Arus yang digunakan untuk pengelasan busur listrik berkisar antara 10 *ampere* sampai 500 *ampere*. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan pengelasan.

Las listrik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu listrik menggunakan arus AC (Alternating Current). Arus AC adalah arus yang sifatnya mempunyai dua arah atau lebih dikenal dengan sebutan arus bolak-balik yang tidak memiliki sisi negatif, dan hanya mempunyai ground (bumi). Proses terjadinya pengelasan menggunakan arus AC dimulai dari digoreskannya elektroda ke material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut pengelas menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas.



Gambar 1.1 Grafik Polaritas Arus AC yang Keluar
Sumber: (Tom Myers
Senior Application Engineer, Lincoln Electric
7 Articles)

Grafik diatas sering disebut sebagai Grafik sinus gelombang arus AC. Perhatikan bahwa arus las yang keluar setiap 120 kali/detik melintasi garis tengah, mewakili nol ampere atau tidak ada arus keluar. Hasilnya dengan banyak elektroda, busur cenderung *pop out* (memadam pada AC polaritas).

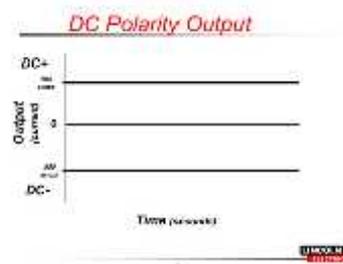
2. Mesin las arus searah (mesin DC)

Arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin las yang berupa dinamo listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, motor diesel, dan penggerak mula lainnya. Mesin arus searah yang menggunakan penggerak mula memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah atau *rectifier* berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC).

Arus DC (Direct Current) adalah merupakan arus searah dimana arus ini harus benar-benar searah dan memiliki kutub positif dan negatif atau lebih dikenal lagi plus minusnya dengan simbol + dan simbol (-), Arus DC disini benar-benar sudah disearahkan dengan menggunakan rangkaian penyearah seperti adaptor, fungsi penyearah disini dipakai untuk

komponen-komponen elektronika seperti: IC, Resistor, Capacitor, Transistor dan lainnya yang semuanya itu menggunakan arus searah.

Perlu adanya pengaturan kecepatan pengumpanan kawat las yang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan panjang busur yang diperlukan. Bila menggunakan sumber listrik DC dengan tegangan tetap, kecepatan pengumpanan dapat dibuat tetap dan biasanya menggunakan polaritas balik (DCRP). Mesin las dengan listrik DC memiliki percikan api yang lebih kecil bila dibandingkan dengan mesin las listrik AC. Sehingga las listrik DC sangat cocok untuk pengelasan konstruksi bangunan, karena memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi.



Gambar 2.1 Grafik Polaritas Arus DC yang Keluar
Sumber: (Tom Myers
Senior Application Engineer, Lincoln Electric
7 Articles)

B. Pengelasan

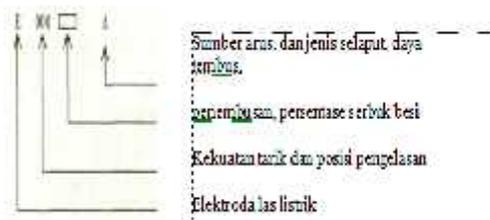
Menurut *Welding handbook*, dalam Daryanto (2012:3) proses pengelasan adalah “Proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi”. Mengelas menurut Muhammad Alip (1989:34) adalah “Suatu aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh”.

Sri Widharto (2006:1) mengemukakan las (*welding*) adalah “Suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan”.

A. Elektroda

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:97) “Pemilihan elektroda harus didasarkan pada jenis dan sifat logam induk serta kegunaan sambungannya”. Elektroda berfungsi sebagai logam pengisi pada bahan logam yang akan dilas, untuk itu pemilihan jenis elektroda harus disesuaikan dengan bahan logam yang akan dilas.

Contoh penulisan jenis elektroda :



Gambar 3.1 Penulisan Jenis Elektroda

Cara pembacaanya sebagai berikut:

1. E menyatakan elektroda.
2. Dua dan tiga angka pertama menyatakan kekuatan tarik.
3. Angka tiga dan keempat menyatakan posisi pengelasan yang dapat di pakai.
4. Angka keempat atau kelima menunjukkan jenis selaput, jenis sumber arus (AC atau DC), sifat busur listrik, daya tembus, dan persentase serbuk besi yang terkandung pada selaput elektroda.
5. Akhiran (bila dipakai). Ditulis setelah angka keempat atau kelima. Akhir ini menunjukkan komposisi logam panduan (*alloy steel*), jadi tidak berlaku untuk golongan E 60 xx.

C. Baja St 37

Baja 37 merupakan salah satu baja karbon rendah atau sering juga disebut baja lunak. St 37 menunjukkan bahwa baja ini memiliki kekuatan tarik maximum 37 kg/mm². Baja St 37 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %

Tabel 1.1 Komposisi baja karbon rendah tipe St 37

Unsur	Kandungan %	Unsur	Kandungan %
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,118	Co	0,007
C	0,284	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,005
Ni	0,026	Al	Max 0,002
Cr		V	Max 0,001
P		-	-

(sumber: Rusianto dan Sigit,2002)

Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, bahan baku pengelasan dan penggunaan yang hampir sama (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

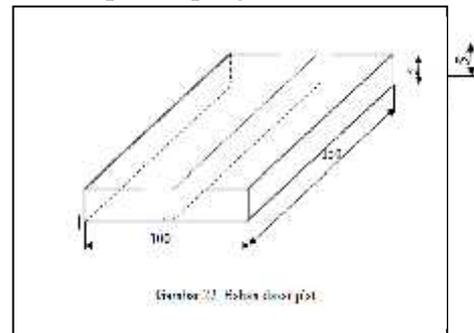
III. Metode Penelitian

A. metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen, dimana hasil pengujian diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap spesimen hasil pengelasan.

B. Objek Penelitian

Penelitian ini mengamati dan mengukur hasil pengelasan terhadap material baja ST 37 dengan posisi pengelasan pelat untuk sambungan I dengan menggunakan elektroda E 6013. Pembuatan spesimen dimulai dengan mengukur dan memotong bahan yang telah di ditentukan, selanjutnya dilakukan pengelasan dengan menggunakan arus dan diameter elektroda yang berbeda dengan arus AC dan DC. untuk mengetahui bagaimana pengaruh arus AC dan DC terhadap hasil pengelasan las busur listrik.



Gambar 4.1 Bahan Dasar Plat

C. Jenis dan sumber data

- a. Jenis data primer
2. Sumber data sumber data diperoleh dari hasil pengukuran pada spesimen yang peneliti lakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin UNP.

D. peralatan dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Welding gauge
2. Mesin las
3. Mesin potong
4. Mesin gergaji besi
5. Kikir.
6. Jangka sorong
7. Alat tulis

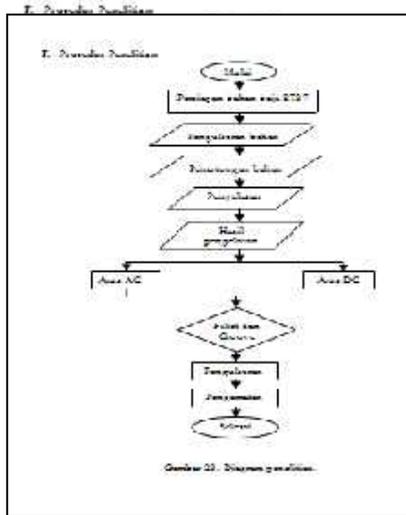
Bahan:

1. Plat Baja lunak (St 37) dengan ketebalan 5 mm
2. Elektroda E6013 dengan ϕ 2.6 mm
3. Elektroda E6013 dengan ϕ 3.2 mm.

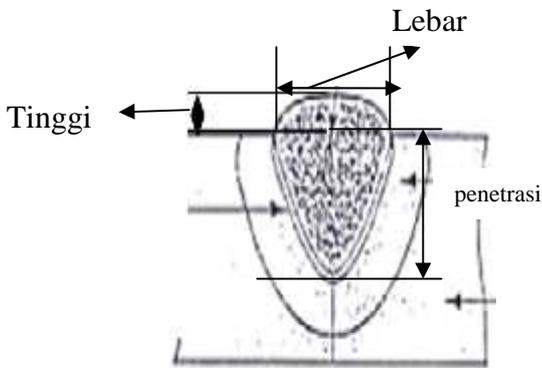
E. Metode Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Dan Pengukuran Bahan
2. Pemotongan Bahan
3. Pelaksanaan pengelasan
4. Pemotongan spesimen uji
5. Polising

F. Prosedur Penelitian



Gambar 5.1 Prosedur Penelitian



Gambar 6.1 Pengukuran Spesimen

IV. Hasil Penelitian

A. Objek Penelitian

Bahan yang dipakai dalam pengujian ini adalah baja ST37 yang telah dilas dengan menggunakan arus AC dan DC, dan elektroda E-6013 dengan diameter 2.6 dan 3.2.

B. Data Hasil Penelitian

Tabel 2.1 Data pengukuran pelat untuk arus las AC dengan Ø elektroda 2,6.

No	Polaritas arus AC (Ampere)	Diameter elektroda	Hasil pengelasan		
			Lebar jahat las (mm)	Tinggi jahat las (mm)	Penetrasi
1	60	2,6	9,3	1,2	2,3
2	70	2,6	10	1,2	2,7
3	80	2,6	10,9	1,3	2,8
4	90	2,6	11,6	1,4	3
5	100	2,6	12,3	1,5	3,2

Tabel 3.1 Data pengukuran pelat untuk arus las AC dengan Ø elektroda 3,2.

No	Polaritas arus AC (Ampere)	Diameter elektroda	Hasil pengelasan		
			Lebar jahat las (mm)	Tinggi jahat las (mm)	Penetrasi
1	60	3,2	8,8	1,3	1,5
2	70	3,2	9,3	1,8	2,2
3	80	3,2	10,3	2	2,3
4	90	3,2	11	2,2	2,9
5	100	3,2	11	2,4	3

Tabel 4.1 Data pengukuran pelat untuk arus las DC dengan Ø elektroda 2,6.

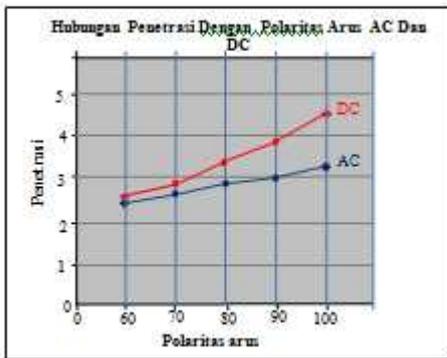
No	Polaritas arus DC (Ampere)	Diameter elektroda	Hasil pengelasan		
			Lebar jahat las (mm)	Tinggi jahat las (mm)	Penetrasi (mm)
1	60	2,6	6,8	0,7	2,8
2	70	2,6	8,3	0,7	2,8
3	80	2,6	9	0,8	3,2
4	90	2,6	9,3	0,9	3,5
5	100	2,6	9,8	1	4,2

Tabel 5.1 Data pengukuran pelat untuk arus las DC dengan Ø elektroda 3,2

No	Polaritas arus DC (Ampere)	Diameter elektroda	Hasil pengelasan		
			Lebar jahat las (mm)	Tinggi jahat las (mm)	Penetrasi
1	60	3,2	8,3	1,4	2
2	70	3,2	9	1,5	2,5
3	80	3,2	9,3	1,5	2,7
4	90	3,2	9	1,7	3,4
5	100	3,2	10,3	1,9	4,1

C. Grafik dan Hasil Penelitian

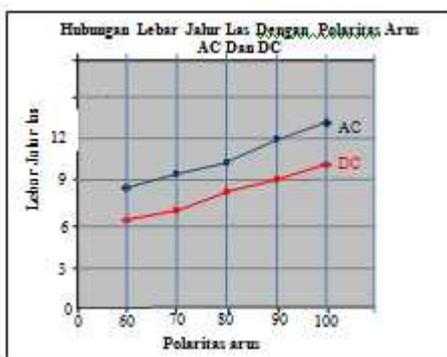
Grafik hubungan kedalaman penetrasi dengan polaritas arus AC Dan DC.



Gambar 2.6, Grafik Hubungan Penetrasi Dengan Polarisasi Arus AC

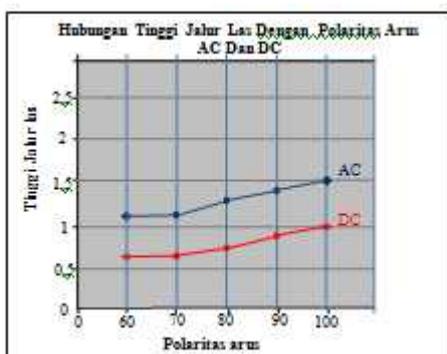
Gambar 5.1 Hubungan Penetrasi

Grafik hubungan lebar jalur pengelasan dengan polaritas arus AC Dan DC.



Gambar 6.1 Hubungan Lebar Jalur

Grafik hubungan tinggi jalur pengelasan dengan polaritas arus AC Dan DC.



Gambar 7.1 Hubungan Tinggi Jalur

D. Pembahasan

1. Kedalaman penetrasi

Setelah dilakukan pengukuran dan pengamatan maka penulis dapat menjelaskan secara rinci bahwa pada masing-masing spesimen mengalami penetrasi yang berbeda-beda antara spesimen tersebut. Pada spesimen Las AC kedalaman penetrasi sangat rendah dan tidak merata pada jalur pengelasan, hal ini akan mengakibatkan cacat pada las. Pada polaritas arus

DC kedalaman penetrasi hasil las berbeda dengan kedalaman penetrasi polaritas arus AC, kedalaman arus DC lebih dalam dibandingkan arus AC.. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara spesimen las AC dan spesimen las DC.

2. Lebar jalur pengelasan

Setelah dilakukan pengukuran dan pengamatan maka penulis dapat menjelaskan secara rinci bahwa pada masing-masing spesimen mengalami penetrasi yang berbeda-beda antara spesimen tersebut. Pada saat pengelasan specimen dengan polaritas AC ujung elektroda melebur terlalu cepat, hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan lebih banyak terjadi pada ujung elektroda.dengan demikian cairan elektroda cenderung melebar, sehingga hal ini akan menyebabkan:

- Elektroda cepat melebur
- Cairan elektroda menyebar
- Cairan kawat las tidak menyatu dengan benda kerja
- Kedalaman penetrasi bagus

Pada polaritas arus DC kedalaman penetrasi hasil las berbeda dengan Pada pengelasan Arus DC Panas ujung elektroda berimbang dengan panas logam induk. Hal ini tentunya akan menghasilkan lebar jalur , tinggi jalur, dan kedalaman penetrasi yang bagus.Pada gambar 29 pengukuran lebar jalur las dengan menggunakan jangka sorong.

3. Tinggi jalur pengelasan

Dari data yang diperoleh terdapat perbedaan tinggi busur hasil las AC dan DC. Hal ini disebabkan karena pengaruh diameter elektroda, arus pengelasan dan juga ketebalan benda. Hasil tinggi jalur las AC lebih besar daripada las DC, hal ini disebabkan karena elektroda pada las AC lebih cepat melebur maka terjadi penumpukan cairan elektroda. Pengukuran tinggi jalur las digunakan alat ukur welding gauge. Gambar 30 pengukuran tinggi jalur pengelasan.

V. Kesimpulan dan Saran

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dapat menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh jenis arus AC dan DC terhadap kualitas pengelasan sebagai berikut:

- Kedalaman penetrasi Las DC lebih bagus daripada Kedalaman penetrasi las AC.
- Lebar busur las yang dihasilkan polaritas arus DC lebih kecil dibandingkan lebar busur las AC.
- Tinggi busur las yang dihasilkan polaritas arus DC lebih kecil dibandingkan polaritas las AC.

B. SARAN

1. Sebaiknya dalam melakukan penelitian harus ada teman diskusi agar mendukung suksesnya penelitian.
2. Adanya penelitian selanjutnya tentang Pengaruh Arus AC Dan DC Terhadap Hasil Pengelasan Las Busur Listrik.
3. Jika ingin melakukan penelitian tentang las sebaiknya lakukan terlebih dahulu penelitian terhadap benda yang akan dilas agar kita bisa mendapatkan data hasil penelitian yang valid.

Sindokou. (1987). *Proses Pengelasan* : Jakarta : Erlangga.

Suharno, (2008). *Pengelasan Logam*. Surakarta: UNS Press

Sunari. (2007). *Teknik Pengelasan Logam*. Jakarta: Ganeca Exact.

Solih Rohyana dan Eka Yogaswara. (2000). *Pekerjaan Las Busur Manual Tingkat 3*. Bandung: CV. ARMICO.

IV. Daftar Pustaka

Buku Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Skripsi/Tugas Akhir dan Proyek

Akhir 2011, Padang: FT. UNP.

Daryanto. (2006). *Mesin Perkakas Bengkel*. Jakarta: Rineka Cipta

Daryanto. (2012). *Teknik Las*. Bandung : Alfabeta.

Heri Sunaryo. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradya Paramita.

Hery Sonawan dan Rochim Suratman. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Cetakan Ke-2. Bandung: Alfabeta

Irwan Yusril. (2005), *Teori Pengelasan* , Ghalia Indonesia, Jakarta

Mochamad Alip. (1989). *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: Dep. Pendidikan & Kebudayaan DIKTI.

Myers, Tom. (2015). *Arus AC dan DC* (Agustus 2015)

Maman Suratman. (2007). *Teknik Mengelas*. Bandung: Pustaka Grafika.

Messeler. (1999). *Prosedur Pengelasan* : Jakarta : Erlangga.