

**STUDI STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN *BUTT JOINT* PADA MATERIAL BAJA
KARBON DENGAN LAS LISTRIK**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

YUSUF BUDI UTOMO

D 200 140 231

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN
BUTT JOINT PADA MATERIAL BAJA KARBON DENGAN LAS
LISTRIK**

PUBLIKASI ILMIAH

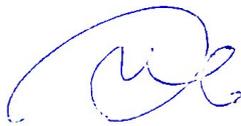
Oleh:

YUSUF BUDI UTOMO

D 200 140 231

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Joko Sedyono, S.T., M.eng., Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN
BUTT JOINT PADA MATERIAL BAJA KARBON DENGAN LAS
LISTRIK
OLEH**

YUSUF BUDI UTOMO

D 200 140 231

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 10 April 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Joko Sedyono, S.T , M.Eng, Ph.D.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Wijianto, S.T , M.Eng, Sc.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Agus Hariyanto, MT.

(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)
(.....)
(.....)

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Mei 2019

Penulis



Yusuf Budi Utomo

D 200 140 231

STUDI STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BUTT JOINT PADA MATERIAL BAJA KARBON DENGAN LAS LISTRIK

Abstrak

Definisi las menurut Deutche Inustrie Normon (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Penggunaan teknik pengelasan sangat luas pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan las ini di sebabkan konstruksi yang dibuat dengan teknik penyambungan las ini menjadi lebih ringan, prose pembuatannya lebih sederhana sehingga biaya keseluruhannya lebih murah di banding penyambungan dengan cara lain. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis sambungan butt joint pada material baja karbon dengan pegelasan SMAW yang biasanya di gunakan di masyarakat. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan arus yang berbeda yaitu 65 Ampere, 80 Ampere dan 95 Ampere dengan diameter elektroda 2,6 mm. Untuk arus 80 Ampere mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu 48,43 kgf/mm². Untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah las dengan arus 95 Ampere dengan nilai 177HVN. Semakin tinggi arusnya maka semakin besar nilai kekerasannya namun setiap elektroda juga mempunyai batas maksimum penggunaan arusnya. Jika melebihi batas akan menyulitkan saat pengelasan. Dari hasil foto mikro didapat bahwa semakin besar nilai arus maka semakin besar pula ukuran butirnya.

Kata kunci : las listrik (SMAW), baja karbon, elektroda, uji tarik, foto mikro, uji kekerasan.

Abstract

Definition of welding according to Deutche Inustrie Normon (DIN) is a metallurgical bond on a metal or alloy metal connection in a melted or liquid state. The use of welding techniques is very broad in steel building construction and machine construction. The extent of the use of welds is caused by the construction made with the technique of connecting these welds to be lighter, the manufacturing process is simpler so that the overall cost is cheaper compared to the connection in other ways. The purpose of this study was to determine the physical and mechanical properties of butt joint joints in carbon steel material with SMAW welding which is usually used in the community. Welding is carried out using different currents namely 65 Ampere, 80 Ampere and 95 Ampere with a diameter of 2.6 mm electrode. For 80 amperes the highest tensile strength is 48.43 kgf / mm². For the highest hardness value is found in the weld area with a current of 95 Ampere with a value of 177HVN. The higher the current, the greater the value of hardness, but each electrode also has a maximum limit of current usage. If it exceeds the limit it will

be difficult when welding. From the results of micro photographs it is found that the greater the current value, the greater the size of the grain.

Keywords: *electric welding (SMAW), carbon steel, electrode, tensile test, micro photo, hardness test.*

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Definisi las menurut *Deutche Inustrie Normon (DIN)* adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Penggunaan teknik pengelasan sangat luas pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan las ini disebabkan konstruksi yang dibuat dengan teknik penyambungan las ini menjadi lebih ringan, proses pembuatannya lebih sederhana sehingga biaya keseluruhannya lebih murah di banding penyambungan dengan cara lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000)

Selain faktor diatas yang mempengaruhi proses dan kualitas suatu pengelasan adalah pemilihan bahan dan jenis kampuh las merupakan hal yang sangat penting juga untuk mendapatkan sifat mekanik dalam hal kekuatan impak dan kekerasan. Pada pemilihan bahan untuk konstruksi las kebanyakan digunakan bahan yang terbuat dari baja khususnya baja karbon rendah. Alasan yang mendasar adalah harga yang terjangkau dan mudah di jumpai di pasaran. Baja karbon rendah mengandung unsur karbon (C) kurang dari 0,30%, kadar Si < 0,01 dan kadar Mn 0,25-0,45 (Wiryosumarto, 2000: 90). Penggunaan material baja karbon rendah dipilih karena baja karbon rendah memiliki kepekaan terhadap keretakan las yang tinggi. Baja karbon rendah adalah baja dengan kepekaan retak las yang tinggi (Wiryosumarto, 2000: 91)

Baja karbon rendah merupakan salah satu jenis baja karbon yang keberadaannya banyak digunakan dalam bidang konstruksi sederhana misalnya rangka atap rumah, pagar, kanopi dan lain sebagainya, yang kesemua itu sering dijumpai dan dilakukannya pengelasan untuk menyambung bagian-bagian tertentu. Supaya mendapat hasil pengelasan yang baik, kuat dan aman maka perlu diperhitungkan penggunaan jenis kampuh, metode pengelasan hingga analisa hasil pengelasan harus dilakukan dengan baik sehingga tidak terdapat cacat pada struktur mikro dan kerusakan pada bagian logam yang dilas (Arham, 2016)

Proses pengelasan menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari logam yang dilas, perubahan itu di antaranya : sifat fisik, sifat mekanik dan sifat kimia. Perubahan ini disebabkan oleh variasi penggunaan arus las, pengaruh kecepatan pengelasan, komposisi kimia fluks dari elektroda yang digunakan, teknik pengelasan dan yang lainnya. Untuk mengetahui perubahan sifatnya tersebut maka dilakukan pengujian antara lain pengujian merusak (*destructive test*) yaitu dengan uji tarik, uji lengkung, dan uji kekerasan dengan menggunakan American Standard for Testing and Materials (ASTM). Pengujian tidak merusak (*non-destructive test*) yaitu dengan radiografi sinar x . Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ukuran 300x125x8 mm. Terlebih dahulu benda kerja dilaksanakan pengujian spektrometri yang bertujuan untuk mengetahui komposisinya. Elektroda yang digunakan adalah elektroda E7016 yang memiliki kandungan unsur hidrogen rendah (*low hydrogen*). Proses pengelasannya menggunakan proses las busur listrik atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanik dari hasil las menghasilkan kualitas yang baik, hal ini dibuktikan dengan hasil uji tarik yang daerah putusnya berada di luar dari daerah las dan kekuatan tarik maksimumnya melebihi kekuatan tarik dari bahan utamanya, hasil uji lengkung yang tidak mengalami retak dan hasil uji kekerasan yang daerah lasnya memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun di bagian dalam sulit dideteksi. Selain itu karena struktur yang dilas merupakan bagian integral dari seluruh badan material las, maka retakan yang timbul akan menyebar luas dengan cepat, bahkan bisa menyebabkan

kecelakaan yang serius. Pengujian dan pemeriksaan daerah las sangatlah penting untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu (Pamungkas,2009)

Kekuatan sambungan yang tinggi membutuhkan penembusan atau penetrasi yang cukup yang dihasilkan dari masukan panas las. Pada dasarnya besar kuat arus yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penembusan las yang semakin besar, karena dengan adanya penembusan yang besar mengakibatkan las bagian dalam semakin besar. Apabila las bagian dalam besar maka las bagian luar akan lebih semakin besar, sehingga berpengaruh besar pula terhadap kekuatan hasil pengelasan. Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut. Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien (Wiryosumarto, 2000: 159).

Bentuk alur sambungan tumpul (*butt joint*) sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan sambungan dan jaminan sambungan. Pemilihan besar sudut pada alur sangat penting, pada dasarnya pemilihan sudut alur pada bentuk sambungan kampuh V ini harus menuju kepada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Besar sudut sambungan akan mempengaruhi masukan panas yang selanjutnya berpengaruh pada siklus termal panas. Penggunaan jenis kampuh V pemilihan sudut kampuh juga akan berpengaruh terhadap kekuatan hasil lasan. Machmoed (2012: 17) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa nilai tegangan tarik maksimum dan regangan tarik maksimum terdapat pada spesimen alur V 70° sebesar 1938 MPa dan 25,3% pada sambungan baja karbon rendah dengan menggunakan las MIG, hal ini membuktikan bahwa perencanaan yang baik akan menghasilkan hasil yang optimal (Machmoed, 2012: 17).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dari baja yang digunakan, kekuatan tarik dari baja ST37, struktur mikro dan nilai kekerasannya dengan menggunakan las listrik tipe sambungan *buttjoint*. Dari penelitian ini

penulis berharap akan mendapatkan sebuah kesimpulan mengenai sifat mekanik dan struktur mikro dari sambungan *buttjoint* pada pengelasan SMAW atau las listrik.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

- 1) Mengetahui komposisi kimia dari baja karbon rendah ST37.
- 2) Mengetahui kekuatan tarik dari pengelasan SMAW dengan menggunakan bahan baja karbon rendah ST37 sambungan *butt joint* menggunakan standar ASTM E 8.
- 3) Mengetahui kekerasan *vickers* dari pengelasan SMAW dengan menggunakan bahan baja karbon rendah ST37 sambungan *butt joint*.
- 4) Mengetahui struktur mikro dari pengelasan SMAW dengan menggunakan bahan baja karbon rendah ST37 sambungan *butt joint*.
- 5) Mendapatkan parameter yang baik untuk pengelasan.

1.2 Batasan Masalah

- 1) Bahan benda kerja yang di las Baja Karbon Rendah ST 37
- 2) Material yang digunakan untuk penelitian diasumsikan homogen.
- 3) Kondisi mesin las, alat uji dan alat ukur diasumsikan terkalibrasi.
- 4) Kondisi lingkungan pada saat penelitian di danggap tetap.
- 5) Pengaruh panas akibat pemotongan material diabaikan.
- 6) Pengelasan menggunakan proses las busur listrik atau *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*.
- 7) Elektroda yang digunakan adalah elektroda AWS E7016 dengan diameter 2,6mm.
- 8) Sambungan yang dipilih adalah sambungan tumpul (*butt joint*).
- 9) Parameter lain yang tidak diamati di SMAW dianggap konstan.
- 10) Standar pengujian menggunakan *American Standar Testing Of Material (ASTM)*.

1.3 Tinjauan Pustaka

Fungsi pengelasan diantaranya adalah sebagai penyambung dua komponen yang berbahan logam. Selain itu fungsi pengelasan adalah sebagai media atau alat pemotongan (Yustinus Edward, 2005). Kelebihan lain dari pengelasan diantaranya biaya murah, proses relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif. Aplikasi pengelasan diantaranya dalam penyambungan rangka baja, perkapalan, jembatan, kereta api, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor-faktor pertimbangan dalam pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan; pemilihan las, pemilihan mesin las, penunjukan ahli las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh, (Wiryosumarto, 2000).

Adi Pamungkas dkk (2009) Sifat fisis dan mekanis material baja karbon rendah dari hasil pengelasan : Dari struktru mikro yang dihasilkan, terdapat dua fasa yaitu fasa ferit (α) dan fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$). ukuran butir terkecil terdapat pada daerah las, sedangkan ukuran butir terbesar terdapat pada daerah HAZ. sifat mekanis dari hasil pengelasan menunjukkan kualitas hasil las yang baik. Parameter penggunaan elektroda E7016 low hydrogen dan arus las yang dipilih menghasilkan sambungan las yang memiliki sifat mekanik yang baik walaupun tanpa dilakukan proses *preheat and post weld heat treatment* (PWHT). Berdasarkan definisi dari Deutche Industrie Normen (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini juga dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto).

Sujadmika (2017), melaporkan tentang pengaruh groove dan gap terhadap hasil pengelasan smaw *butt joint* baja aisi 1020 dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ, dengan lebar HAZ berkisar antara 3,75 sampai 6 mm, dan lebar HAZ

terkecil terjadi pada spesimen dengan variasi groove 60° dan gap 4 mm, sedangkan untuk yang terbesar terjadi pada spesimen dengan variasi groove 75° dan gap 4 mm. Tegangan sisa terkecil groove 75° dan gap 4 mm sebesar 5,343164 dan lebar HAZ terkecil pada groove 60° dan gap 4 mm sebesar 3,75 mm. Semakin besar groove yang ditentukan, maka semakin besar daerah HAZ yang terbentuk, semakin tinggi nilai kekerasan pada daerah HAZ, dan semakin kecil nilai dilusinya sehingga logam las banyak terbentuk dari elektroda, dan menurunkan nilai tegangan sisa. Semakin besar gap yang ditentukan, maka lebar daerah HAZ semakin bertambah, berpengaruh pada nilai kekerasan pada daerah HAZ dan *weld metal*, prosentase dilusi akan meningkat, dan berpengaruh juga terhadap nilai tegangan sisa seiring dengan bentuk groove yang ditentukan. Jika tidak ditentukan groove pada spesimen yang memiliki ketebalan lebih dari 6 mm sebelum proses pengelasan, maka dapat memperbesar lebar daerah HAZ, kualitas dari hasil lasan yang tidak layak, nilai tegangan sisa yang tinggi, dan prosentase dilusi yang besar atau dengan kata lain semakin banyak

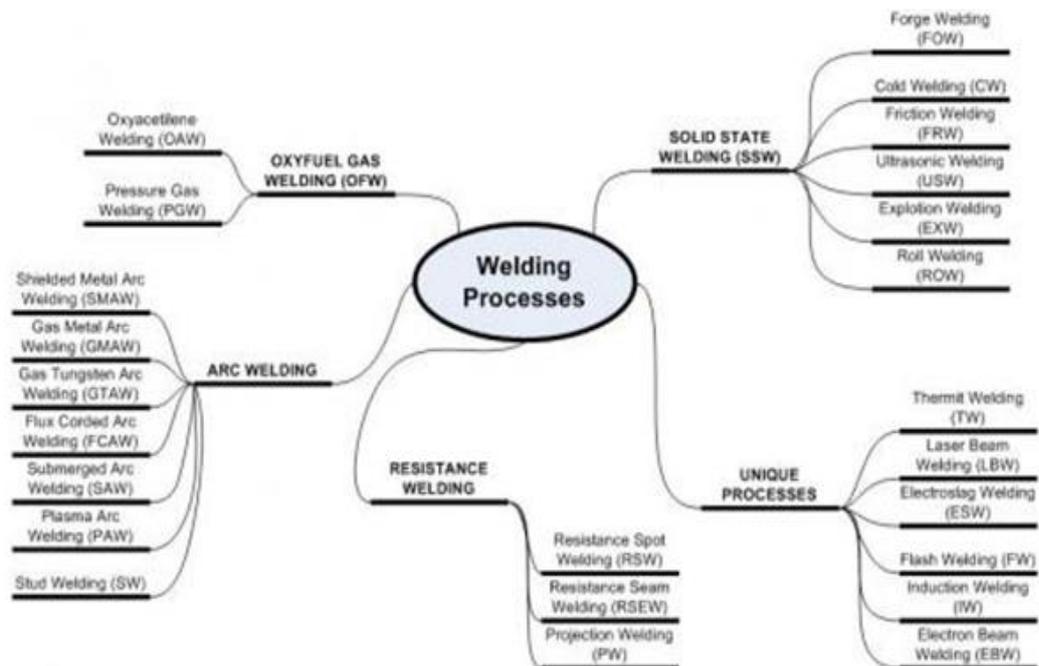
Rahardjo dkk (2012) melakukan penelitian tentang variasi arus listrik terhadap sifat mekanis sambungan *las shielding metal arc welding* (SMAW) elektroda yang digunakan E7013 serta variasi arus listrik; 95, 115 dan 130 ampere kemudian untuk setiap variabel dibuat 3 replika. Hasil penelitian menghasilkan bahwa semakin tinggi arus listrik semakin besar kekuatan sambungan. Kuat arus 130 mencapai kekerasan maksimum 67 HRA. Sedang kekuatan tarik maksimum diperoleh pada kuat arus 130 Ampere yakni sebesar 668,2 Mpa.

1.4 Landasan Teori

Pengelasan yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan busur nyala listrik (SMAW), di beberapa Industri yang mempergunakan teknologi canggih, telah menggunakan jenis las TIG, MIG dan las tahanan listrik (ERW). serta las busur terendam (SMAW). Pengelasan menurut Deutsche Industrie

Normon (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sambungan las merupakan penggabungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energy panas sehingga terjadi ikatan antara atom – atom atau molekul - molekul dari batang logam yang disambung (Wiryosumarto, H. T. Okumoro,.2000).

Ada beberapa jenis pengelasan , gambar 1. menunjukkan klasifikasi jenis pengelasan.



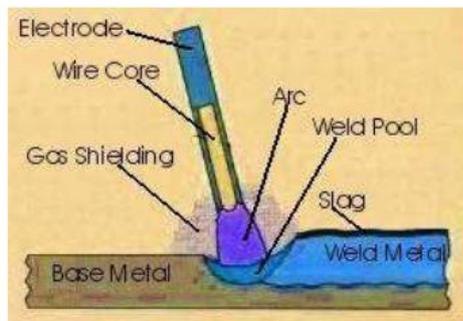
Gambar 1. Klasifikasi cara pengelasan

(http://sambas-me.blogspot.com/2012_03_01_archive.html)

1.4.1 Pengelasan Proses SMAW

Pengelasan ini menggunakan batang elektrode yang dibungkus dengan fluks atau disebut dengan *shielded metal arc welding (SMAW)* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Untuk panjang batang elektrode biasanya sekitar 230

sampai 460 mm dan diameter 2,5 sampai 9,5 mm. Logam pengisi yang digunakan sebagai batang elektrode harus sesuai dengan logam yang akan dilas, komposisinya biasanya sangat dekat dengan komposisi yang dimiliki logam dasar. Lapisan pembungkus terdiri dari serbuk selulosa yang dicampur dengan oksida, karbonat, dan unsur-unsur yang lain kemudian disatukan dengan pengikat silikat. Serbuk logam kadang-kadang juga digunakan sebagai bahan campuran untuk menambah logam pengisi dan menambah unsur-unsur paduan (*alloy*).



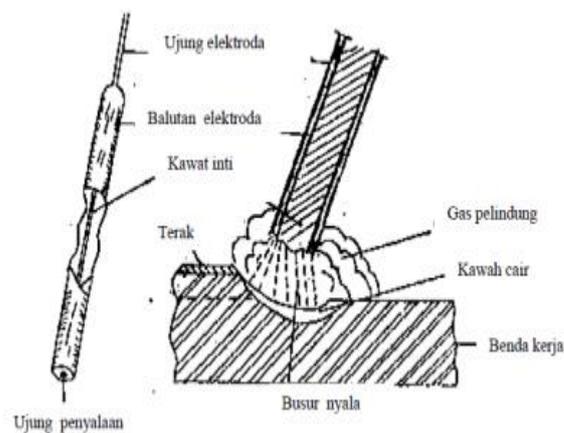
Gambar 2. Proses pengelasan busur logam terbungkus (Aljufri, 2008)

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart *American Welding Society (AWS)*, dengan contoh *AWS E6013* untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1. Hubungan diameter elektroda dengan kuat arus pengelasan (Howard, 1998)

Diameter kawat las (mm)	Kuat arus (Ampere)
1,6	25-45
2	50-75
2,6	65-95
3,2	95-130
4	135-180

1.4.2. Kawat las (Elektroda)

Kawat Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las, yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 Sedangkan fungsi fluks sendiri adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.



Gambar 3. Kawat las (Elektroda)

Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektrode, akibat panas busur listrik, mencair membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang menggenang di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Pemindahan logam elektrode terjadi pada saat ujung elektrode mencair membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Arus listrik yang digunakan sekitar 30 sampai 300 A pada tegangan 15 sampai 45 V. Pemilihan daya yang digunakan tergantung pada logam yang akan dilas, jenis dan panjang kawat elektroda, serta dalam penetrasi las-an yang diinginkan.

1.4.3. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya, untuk spesifikasi jenis baja karbon rendah sesuai dengan kadar karbon ditunjukkan pada Tabel 2. material ini digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon antara 0,1% - 1,7%. Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja digolongkan menjadi tiga tingkatan:

- a. Baja karbon rendah yaitu baja yang mengandung karbon kurang dari 0,30%. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lainlain.
- b. Baja karbon sedang adalah baja yang mengandung karbon antara 0,30% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum dan pegas.
- c. Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon antara 0,6% – 1,5%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor, bantalan peluru, dan sebagainya (Amanto,1999).

Tabel 2. Spesifikasi baja karbon rendah (Callister, 2007)

<i>Designation^a</i>		<i>Composition (wt%)^b</i>		
<i>AISI/SAE or ASTM Number</i>	<i>UNS Number</i>	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Other</i>
<i>Plain Low-Carbon Steels</i>				
1010	G10100	0.10	0.45	
1020	G10200	0.20	0.45	
A36	K02600	0.29	1.00	0.20 Cu (min)
A516 Grade 70	K02700	0.31	1.00	0.25 Si
<i>High-Strength, Low-Alloy Steels</i>				
A440	K12810	0.28	1.35	0.30 Si (max), 0.20 Cu (min)
A633 Grade E	K12002	0.22	1.35	0.30 Si, 0.08 V, 0.02 N, 0.03 Nb
A656 Grade 1	K11804	0.18	1.60	0.60 Si, 0.1 V, 0.20 Al, 0.015 N

1.4.4. Sambungan las

Penyambungan dalam pengelasan diperlukan untuk meneruskan beban atau tegangan diantara bagianbagian yang disambung. Karena meneruskan beban, maka bagian sambungan juga akan menerima beban. Oleh karenanya, bagian sambungan paling tidak memiliki kekuatan yang sama dengan bagian yang disambung. Untuk dapat menyambung dua komponen logam diperlukan berbagai jenis sambungan. Pada sambungan inilah nantinya logam tambahan diberikan, sehingga terdapat kesatuan antara komponenkomponen yang disambung. Berbagai jenis sambungan (diperlihatkan pada Gambar 4.) yang dimaksud adalah :

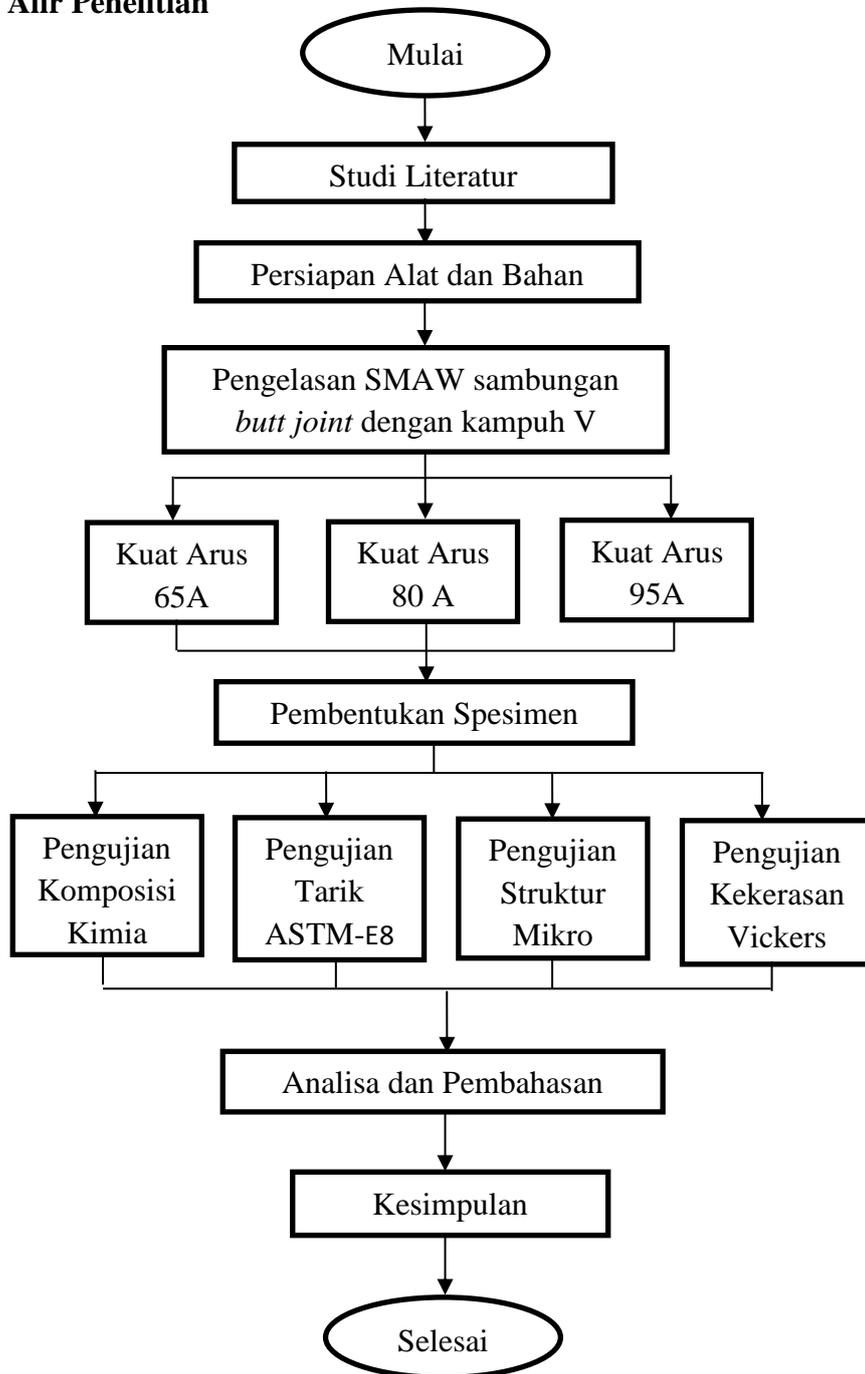
- 1) Sambungan Temu (Butt Joint)
- 2) Sambungan T (T-joint)
- 3) Sambungan Sudut (Corner joint)
- 4) Sambungan Saling Tumpang (Lap Joint)
- 5) Sambungan Sisi (Edge Joint)



Gambar 4. Jenis sambungan las

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

- Mesin las SMAW
- Topeng las
- Sarung tangan
- Tang
- Sikat baja
- Gerinda
- Penggaris dan spidol
- Cetakan
- Alat pembuat kumpuh
- Alat uji komposisi
- Alat uji tarik
- Alat uji foto mikro
- Alat uji kekerasan
- Baja ST37
- Elektroda E7016 diameter 2,6mm
- Resin dan katalis
- Amplas
- Kain bludru
- HNO₃

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui presentase unsur – unsur kimia yang terkandung dalam material logam. Berikut ini hasil komposisi kimia material yang digunakan dalam penelitian :

Tabel. 3. komposisi kimia baja st37

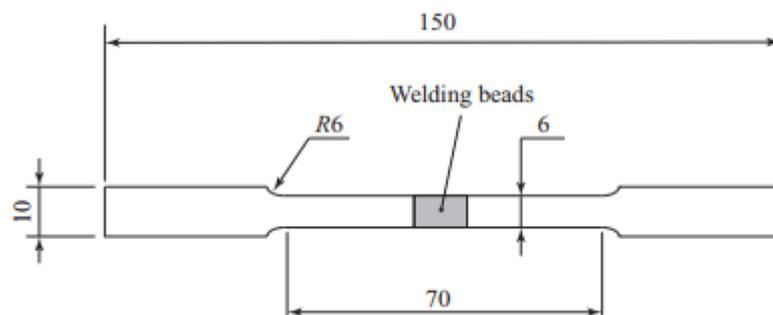
Unsur	%
-------	---

C	0,1352
Si	0,1727
S	0,0233
P	0,0238
Mn	0,4672
Ni	0,0650
Cr	0,1264
Mo	0,0110
Cu	0,1802
W	0,0003
Ti	0,0002
Sn	0,0186
Al	0,0004
Nb	0,0006
V	0,0036
Co	0,0072
Pb	0,0009
Ca	0,0001
Zn	0,0217
Fe	98,7400

Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan tersebut adalah baja karbon rendah dengan kandungan karbonnya 0,1% dan Fe 98,74%

3.2 Hasil Dan Pembahasan Uji Tarik

Pada pengujian tarik hasil pengelasan dengan sambungan *butt joint* dan *groove* 60° menggunakan material baja ST37 dengan elektroda E7013 diameter 2,6mm. Pada pengujian tarik ini menggunakan standar ASTM E8 yang di tunjukan pada gambar 3 dan 4 dan tabel 2 hasil uji tarik yang ada di bawah ini :



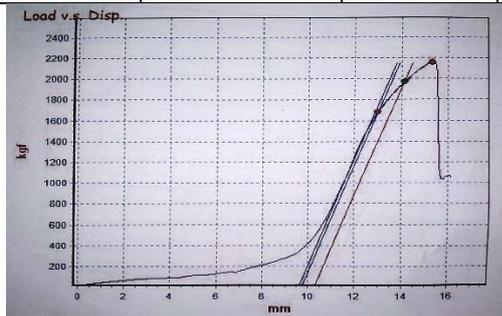
Gambar 6. Ukuran standar ASTM E8



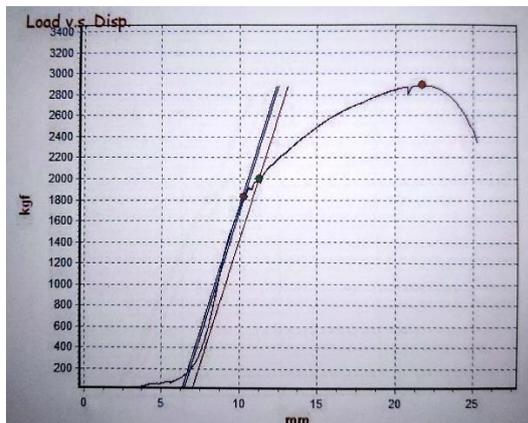
Gambar 7. spesimen uji tarik

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tarik

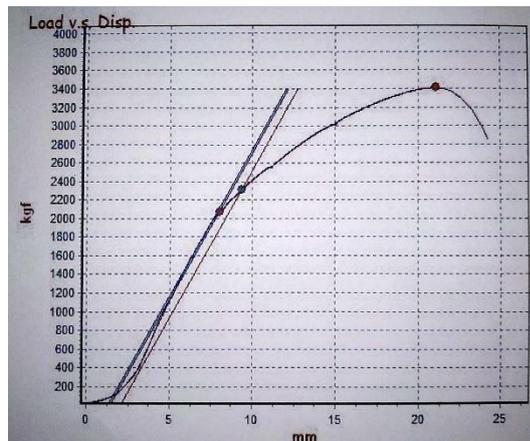
Kuat arus	A(mm ²)	F(kgf)	σ (kgf/mm ²)	ϵ (%)	E(kgf/mm ²)
65	60	2159	35,98	24	2158,8
80	60	2906	48,43	29	2905,8
95	60	2903	48,38	37	2903,4



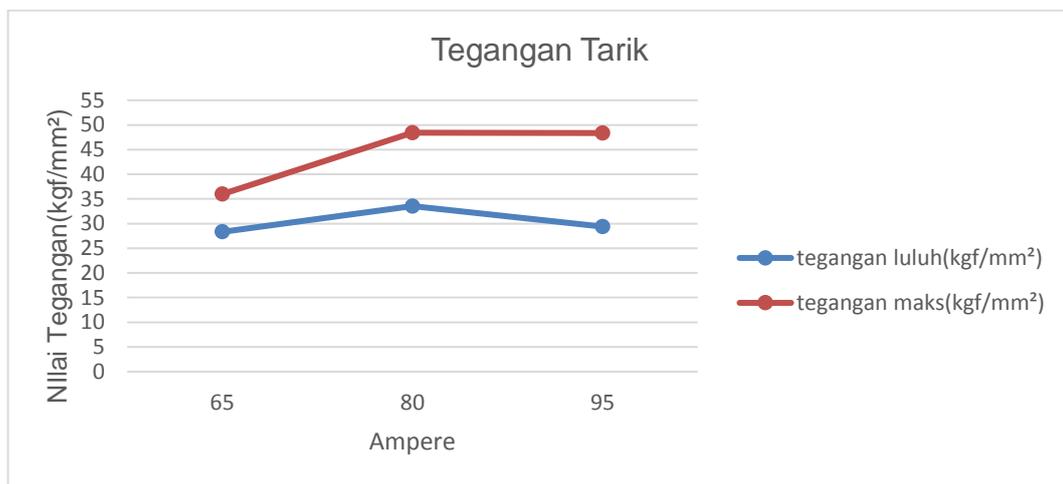
Gambar 8. kurva hasil uji tarik arus 65 ampere



Gambar 9. kurva hasil uji tarik arus 80 ampere



Gambar 10. kurva hasil uji tarik arus 95 ampere

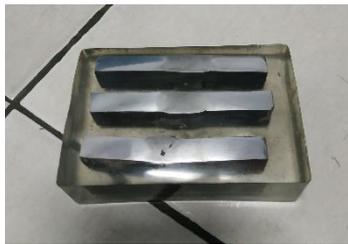


Gambar 11. Grafik uji tarik

Dari hasil pengujian tarik di dapat tegangan tarik terbesar pada ampere 80 ampere dengan nilai kekuatan tarik sebesar $48,43 \text{ kgf/mm}^2$ dan yang terkecil terdapat pada ampere 65 dengan nilai $35,98 \text{ kgf/mm}^2$ sedangkan untuk perpanjangan terbesar terdapat pada ampere 95 ampere dengan nilai perpanjangan sebesar 37% dan yang terkecil pada ampere 65 ampere dengan nilai perpanjangan 24%. untuk gaya tarik terbesar terdapat pada spesimen dengan ampere 80ampere dengan pembebanan maksimum yaitu 2906 kgf dan yang terkecil pada ampere 65 ampere dengan pembebanan maksimal 2159 kgf.

3.3 Hasil Pengujian Metalografi

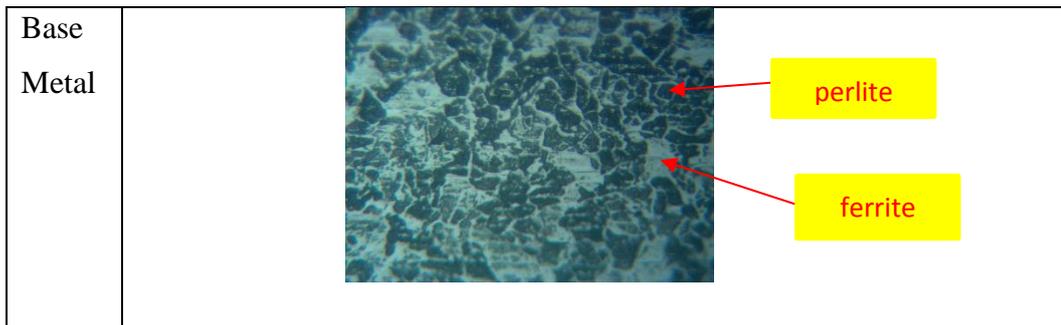
Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui sifat fisik suatu material. Sifat fisik tersebut terbagi atas daerah logam induk (Base Metal), logam las (Nugget), dan daerah terpengaruh panas (Heat Efactive Zone). Berikut hasil uji metalografi (foto mikro) untuk material baja ST37.



Gambar 12. spesimen uji struktur mikro dan uji kekerasan

Perbesaran 500x

Bagian	65 ampere	80 ampere	95 ampere
Las	<p>perlit</p>	<p>perlite</p> <p>ferit</p>	<p>perlite</p> <p>ferit</p>
HAZ	<p>perlite</p>	<p>perlite</p>	<p>perlite</p>



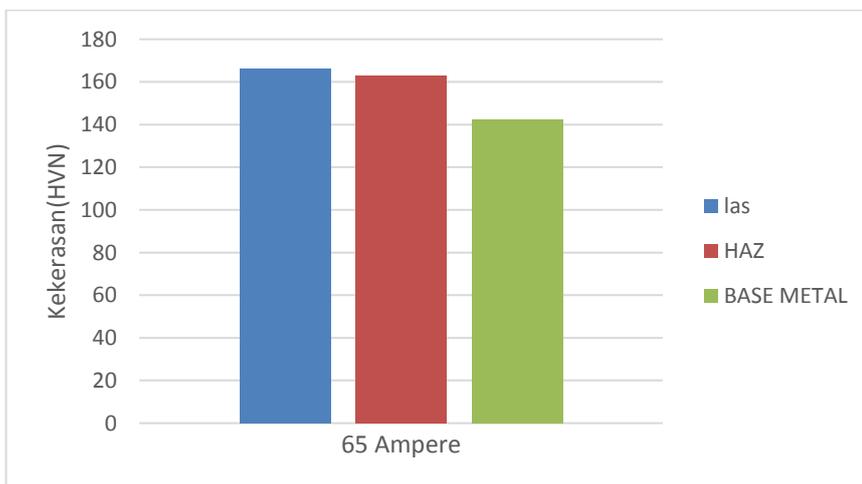
Gambar 13. Hasil Foto Mikro Perbesaran 500x

3.4 Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Kekerasan arus 65 ampere

Bagian	Ampere	d1	d2	d rata-rata	Kekerasan(HVN)	rata-rata kekerasan(HVN)
Las	65	107,19	104,07	105,63	166,3	166,3
HAZ		106,32	103,82	105,07	168	163
		107,57	108,69	108,13	158	
Base metal		110,88	112	111,44	149,4	142,55
		116,57	117,32	116,945	135,7	

diagram kekerasan baja ST37 arus 65 ampere



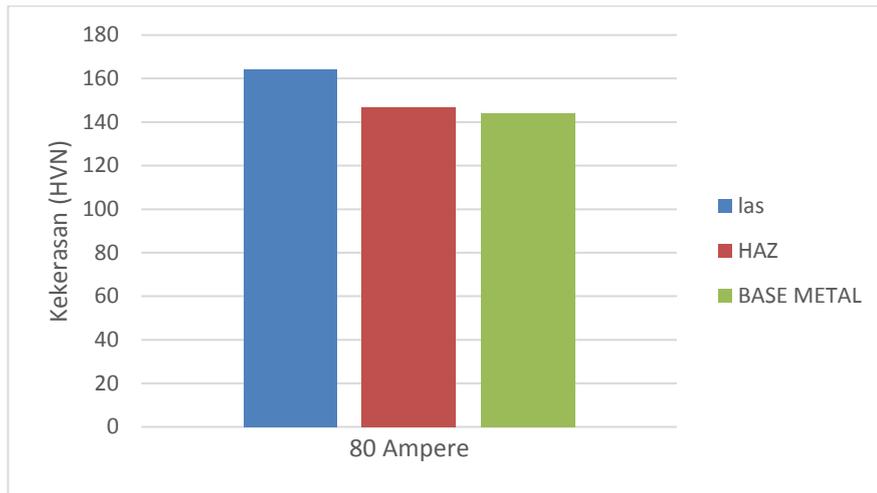
Gambar 14. Diagram kekerasan arus 65 ampere

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Kekerasan arus 80 ampere

Bagian	Ampere	d1	d2	d rata-rata	Kekerasan(HVN)	rata-rata kekerasan(HVN)
--------	--------	----	----	-------------	----------------	--------------------------

Las	80	105,88	106,82	106,35	164,1	164,1
HAZ		109,38	110,13	109,755	154	146,9
		116,69	113,75	115,22	139,8	
Base metal		112,5	114,19	113,345	144,5	144,1
		112,88	114,44	113,66	143,7	

diagram kekerasan baja ST37 arus 80 ampere

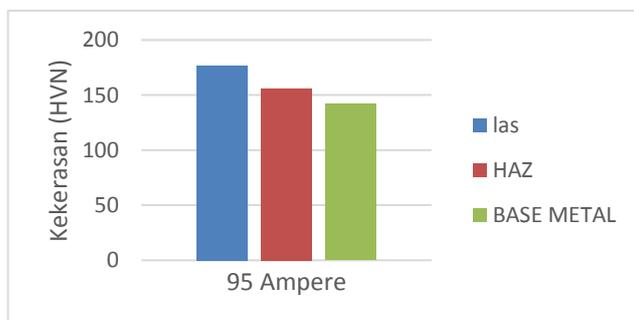


Gambar 15. Diagram kekerasan arus 80 ampere

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Kekerasan arus 95 ampere

Bagian	Ampere	d1	d2	d rata-rata	Kekerasan(HVN)	rata-rata kekerasan(HVN)
Las	95	102,44	102,32	102,38	177	177
HAZ		113,25	111,88	112,565	146,4	155,85
		104,57	107,32	105,945	165,3	
Base metal		112,57	114,44	113,505	144	142
		114,44	115,88	115,16	140	

diagram kekerasan baa ST37 arus 95 ampere



Gambar 16. Diagram kekerasan arus 95 ampere

Untuk daerah kekerasan dapat di lihat pada diagram. Untuk ampere 65 ampere kekerasan paling tinggi terdapat pada bagian las dengan nilai 166,3 HVN dan untuk yang paling kecil nilai kekerasannya terdapat pada base metal yaitu 135,7 HVN. Untuk ampere 80 ampere nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah las dengan nilai 164,1 HVN dan yang terendah terdapat pada daerah HAZ dengan nilai 139,8 HVN. Sedangkan untuk ampere sebesar 95 ampere nilai terbesar terdapat pada daerah las dengan nilai 177 HVN dan yang terkecil terdapat pada base metal yaitu 140 HVN.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di dapat beberapa kesimpulan yaitu:

- a Dari hasil penelitian uji komposisi dapat membuktikan bahwa baja ST37 termasuk baja karbon rendah karena kandungan karbonnya hanya 0,1%.
- b Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar terdapat pada ampere 80 dengan nilai 48,43 kgf/mm² dan yang terkecil terdapat pada ampere 65 dengan nilai 35,98 kgf/mm². Dari hasil uji kekerasan di peroleh bahwa daerah yang paling keras terdapat pada daerah las dan yang paling lunak terdapat pada daerah base metal.
- c Pada hasil foto mikro di peroleh hasil bahwa semakin besar nilai ampere maka semakin besar pula butiran yang terbentuk pada daerah HAZ.

4.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan masih terdapat beberapa kesalahan yang masih mungkin untuk diminimalisir, Untuk itu penulisan menyarankan untuk :

- a Proses pemotongan specimen atau material perlu diperhatikan ukuran yang akan dilakukan pengelasan atau penelitian.
- b Pada saat proses pengelasan kedua specimen harus diletakkan pada meja kerja yang rata agar dapat menyambung daerah lurus pada saat dilakukan pengelasan.

- c Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan variasi yang lebih baik lagi pada material yang akan di jadikan penelitian.
- d Untuk penelitian yang selanjutnya di sarankan agar lebih teliti lagi dalam melakukan persiapan dan saat pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arham,yusrik.2016. *Pengaruh Jenis Kampuh X Dan V Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Impak Pada Pengelasan Baja Karbon*. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo
- Buchely dkk.2015. *Effect Of SMAW Manufacturing Process In High-Cycle Fatigue Of AISI 304 Base Metal Using AISI 308L Filler Metal*. Journal of Manufacturing Processes
- Jokosisworo,sarjito.2009. *Pengaruh Besar Arus Listrik Dengan Menggunakan Elektroda Smaw Terhadap Kekuatan Sambungan Las Butt Joint Pada Plat Mild Steel*. Jurnal Program Studi S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UNDIP
- Karalis dkk.2009. *Mechanical Response Of Thin SMAW Arc Welded Structures: Experimental And Numerical Investigation*. Theoretical and Applied Fracture Mechanics.
- Pamungkas dkk.2009. *Studi Sifat Fisis Dan Mekanis Hasil Pengelasan Sambungan Kampuh V Pada Baja Karbon Rendah Menggunakan Elektroda Low Hydrogen*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
- Purwaningrum,yustiasih.2006. *Karakterisasi Sifat Fisis Dan Mekanis Sambungan Las Smaw Baja A-287 Sebelum Dan Sesudah PWHT*. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri UII Yogyakarta.
- Rahardjo,samsudi dkk.2012. *Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielding Metal Arc Welding (SMAW)*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Rangga,patrick.2017. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Dan Kuat Arus Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Bending Hasil Sambungan Las Smaw Baja Karbon Rendah*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

- Sudjarmika,hiro dkk.2017 *Analisa Pengaruh Groove Dan Gap Terhadap Hasil Pengelasan Smaw Butt Joint Baja Aisi 1020*. Jurnal Teknik Material Dan Metalurgi FTI-ITS.
- Winczeck,Jerzy dkk.2016. *Modelling Of Heat Affected Zone In Submerged Arc Welding Butt Joint With Thorough Penetration*. XXI International Polish-Slovak Conference
- Yunus dkk.2018. *Pengaruh Kuat Arus Las Smaw Terhadap Struktur Mikro, Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impact Sambungan V Baja Tahan Karat Aisi 304*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya