



PENGARUH ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN TARIK, DAN STRUKTUR MIKRO HASIL LAS SMAW

Nitha

Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Sulawesi Selatan.

nithamaska@ukitoraja.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine how much influence the SMAW welding current has on E 6013 electrodes with a diameter of 3.2 mm on the hardness, tensile strength and microstructure of the welding results.

In this study the material used was low carbon steel then made the seam on each specimen where the seam used was a V and X seam which was welded with a current variation of 80 Ampere, 100 Ampere and 120 Ampere, with E 6013 electrode diameter 3.2 mm later testing of hardness and tensile strength.

The highest hardness results occur in the welding current of 120 A which is 77.00 N/mm² while the lowest hardness occurs at 80 A current which is 74.00 N/mm². The highest tensile strength value at 120 A current is 715,384 kg/mm² while the lowest tensile strength value occurs at 80 A current which is 673,076 kg/mm². Current variations greatly influence hardness and tensile strength.

Keywords: *Welding Flow, SMAW, E 6013 Electrode, Hardness, Tensile Strength, Micro Structure, Low Carbon Steel.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh berapa besar pengaruh arus pengelasan las SMAW dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro hasil pengelasan.

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah kemudian dilakukan pembuatan kampuh pada setiap spesimen dimana kampuh yang digunakan adalah kampuh V dan X yang diberi pengelasan dengan variasi arus 80 Ampere, 100 Ampere dan 120 Ampere, dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan kekuatan tarik.

Hasil kekerasan tertinggi terjadi pada arus pengelasan 120 A yaitu 77,00 N/mm² sedangkan kekerasan terendah terjadi pada arus 80 A yaitu 74,00 N/mm². Nilai kekuatan tarik tertinggi pada arus 120 A yaitu 715,384 kg/mm² sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada arus 80 A yaitu 673,076 kg/mm². Variasi arus sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan kekuatan tarik.

Kata Kunci: *Arus Pengelasan, SMAW, Elektroda E6013, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro, Baja Karbon Rendah.*

I. PENDAHULUAN

Fungsi pengelasan diantaranya 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 mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000). Berdasarkan klasifikasi kerjanya proses pengelasannya dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematian. Namun proses pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur *Shielding Metal Arc Welding* (SMAW) dan gas.

Proses ini juga tergantung dari material yang akan dilas, dimana tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah.

Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, dan las *Metal Inert Gas* (MIG) (Wiryosumarto, 2000).

Mutu pengelasan tergantung dari pengerjaan dan proses pengelasan. Secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan saat logam dalam keadaan cair.

Dalam penelitian yang dilakukan terhadap kekuatan las dimana benda kerja dilas dengan arus pengelasan 80 A, 100 A, dan 120 A disimpulkan bahwa arus yang semakin besar memberi nilai kekerasan dan kekuatan tarik maksimum yang besar.

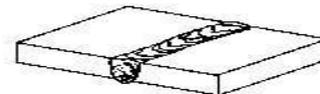
1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas yang menyebabkan logam disekitar lasan mengalami sirkulasi thermal, sehingga logam disekitar lasan mengalami perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan thermal. Hal ini erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las dan retak serta mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari kontruksi yang di las. Adanya energi panas yang diterima oleh logam pada proses pengelasan mengakibatkan perubahan-perubahan mulai dari struktur mikro sampai dengan ekspansi dan kontruksi secara mikro. Perubahan struktur mikro ini, akan berpengaruh pada sifat-sifat mekanik logam tersebut. Sifat-sifat mekanik ini diantaranya adalah kekuatan, keduletan, ketangguhan, dan kekerasan. Pada sambungan las, patah-getas menjadi lebih penting karena adanya faktor-faktor yang mendukungnya, seperti konsentrasi tegangan yang tidak sesuai dan adanya

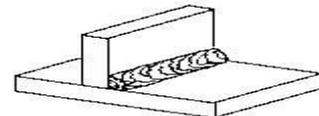
cacat lasan. Untuk mempertinggi keamanan las terutama pada sambungan las, diperlukan adanya penilaian kekuatan daerah las.

Kekuatan sambungan las dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan.

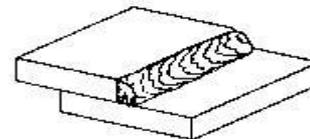
2. Tipe-Tipe Sambungan Las



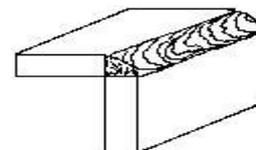
Gambar 1. Sambungan Temu (Butt Joint)



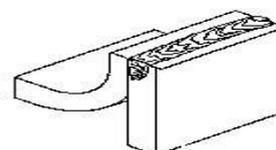
Gambar 2. Sambungan Tee (Tee Joint)



Gambar 3. Sambungan Tumpang (Lap Joint)



Gambar 4. Sambungan Sudut (Corner Joint)



Gambar 5. Sambungan Tepi (Edge Joint)

3. Las SMAW

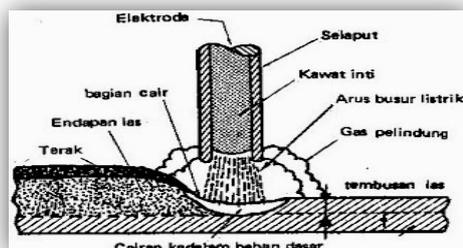
Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang juga disebut Las Busur Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau

logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Panas tersebut dihasilkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas).

Panas yang dihasilkan dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000°C sampai 4500°C. Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan SMAW ini ada dua macam yaitu AC (Arus bolak-balik) dan DC (Arus searah).

Proses terjadinya pengelasan ini karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek, saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas.

Panas akan mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairan elektroda dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (*weld metal*). Untuk menghasilkan busur yang baik dan konstan tukang las harus menjaga jarak ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama. Adapun jarak yang paling baik adalah sama dengan 1,5 x diameter yang dipakai.



Gambar 6. Skema Proses Pengelasan SMAW

4. Elektroda

Menurut Soedjono, (1994) elektroda adalah pengelasan dalam bentuk serbuk kawat yang dibungkus (berselaput +fluks). Saat pengelasan adalah batang logam yang terdiri dari dua bagian utama yaitu fluks dan kawat yang dipakai untuk penjepitan pada penjepitan elektroda berfungsi sebagai penerus poros dimana fluks mengalami pertukaran panas akan melebur dan

berfungsi sebagai bahan pengisi sambungan las.

5. Baja Karbon

Bahan instruksi yang banyak digunakan adalah besi atau baja hal ini disebabkan nilai ekonominya sangat tinggi disamping sifat-sifatnya yang bervariasi. Dari urutan utama baja yaitu, besi, berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, hal ini disebabkan karena bahan tersebut kaya akan sifat-sifat.

Baja karbon adalah paduan antara Besi (Fe) dengan karbon (C), disamping unsur-unsur lain seperti, Silikon (Si), Mangan (Mn), Sulfur (S). Sedangkan unsur-unsur tambahan atau paduan antara lain : Krom (Cr), Nikel (NI), Titanium (Ti), Wolfram (W) dan Tungsten (T). Unsur karbon adalah unsur utama yang ada dalam jumlah relatif kecil ditambahkan dengan maksud untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari baja. (Nitha, 2019)

6. Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan suatu logam terhadap deformasi plastik yaitu kemampuan dari atom didaerah pengujian mempertahankan kedudukannya. Jadi kalau atom-atom tersebut mudah bergerak, maka berarti logam tersebut mudah berdeformasi atau dapat dikatakan logam tersebut lunak, demikian pula sebaliknya. (Bontong & Nitha, 2017)

Jenis-jenis pengukuran kekerasan ada 3 cara yaitu :

1. Dengan cara goresan
2. Dengan cara dinamis/pantulan (elastic hardening)
3. Dengan cara penjejakan (indentor)

1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik biasanya dilakukan untuk melengkapi rancangan dasar suatu bahan pendukung bagi spesifikasi bahan pada uji tarik benda kerja dijepit dengan kuat salah satu ujungnya ditarik dengan tertentu. Regangan benda uji terlihat pada pergerakan relatifnya. Tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu tegangan diukur dengan menggunakan metode hidrolik atau elektromagnetik. Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai



ketahanan suatu bahan terhadap pengaruh beban yang memutuskan hubungannya. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan selama mengalami lenturan.

Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai kekuatan tertinggi material dalam menahan pembebanan yang diberikan sampai material tersebut putus. Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami bahan tersebut. Dalam pengujian tarik kita mengenal beberapa titik yang dialami bahan sampai bahan itu putus. Titik ini menentukan batas-batas dari tegangan yang diperoleh dari bahan tersebut. Batas-batas ini antara lain adalah batas proporsional, batas luluh, batas tegangan maksimum, dan batas dimana bahan mulai putus. Batas-batas inilah yang akan digunakan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki suatu logam berdasarkan hasil pengujian tarik. (Nitha & bontong, 2017)

Hukum Hook dinyatakan dalam harga modulus elastis:

$$E = \frac{\tau}{\epsilon} (N/mm^2)$$

Dimana :

$\tau = F/A$ (kg/mm^2) dan

$E =$ Modulus Elastis (kg/mm^2)

$\tau =$ Tegangan (N/mm^2)

$\epsilon =$ Regangan (mm/mm)

$F =$ Gaya (N)

$A =$ Luas Penampang (mm^2)

$L_0 =$ Perubahan Panjang (mm)

$$\sigma = \frac{F_u}{A_0}$$

Dimana :

$\sigma =$ Tegangan (N/mm^2)

$F_u =$ Beban Maksimum (N)

$A_0 =$ Luas Penampang Awal (mm^2)

2. Struktur Micro Baja

Struktur mikro logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal. Pada umumnya logam terdiri dari banyak krostas walaupun banyak ada diantaranya hanya terdiri dari satu kristal saja (tunggal). Tetapi logam dengan krisal majemuk memungkinkan

pengembangan berbagai sifat-sifat yang dapat memperluas ruang lingkup pemakainya.

Dalam logam, kristal sering disebut sebagai butiran. Batas pemisa antara dua kristal disebut batas butir (grain boundary). Baja dengan butiran yang kasar cenderung kurang tangguh, namun baja jenis ini lebih mudah untuk permesinan dan mempunyai kemampuan ketangguhan yang lebih baik. Untuk baja yang berbutir halus, disamping lebih tangguh juga lebih ulet dibandingkan dengan yang berbutir kasar.

Besar butir dapat dikendalikan melalui komposisi pada waktu proses pembuatan, akan tetapi setelah menjadi baja, pengendalian dilakukan dengan proses perlakuan panas. Tidak semua baja mengalami pertumbuhan butir yang berarti setelah pemanasan diatas daerah kritis, beberapa jenis baja dapat dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi tanpa mengalami perubahan ukuran butirnya. Hal ini merupakan karakteristik baja karbon sedang, suhu pengkasarannya tidak tetap dan dapat berubah-ubah, tergantung pada pengerjaan panas atau dingin sebelumnya.

Struktur mikro baja karbon merupakan suatu karakteristik bahan tersebut yang dapat menentukan sifat-sifatnya, struktur mikro ini dapat diketahui jika struktur tersebut dapat terlihat dibawah mikroskop metalurgi. Struktur mikro juga dikenal dengan ferit, perlit, sementit (karbida besi), dan austinit dengan variasi tertentu tergantung dengan tingkat perlakuan panas yang dialami.

Struktur dari logam biasanya terdiri dari kristal dengan sel unit yang disamping itu memiliki kristal dengan sel unit yang sama tergantung dari jumlahnya. Logam tersebut disebut logam fasa majemuk.

Adapun jenis-jenis dari struktur mikro baja karbon dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. *Ferit atau Besi*



Ferit adalah larutan padat interstisi dalam atom-atom pada besi murni. Ciri-cirinya:

1. Ferit mempunyai sifat lunak
2. Kubus satuan
3. Kelarutan karbonnya
4. Austenit

Yaitu larutan dalam interstisi antara karbon besi. Ciri-cirinya:

1. Sel satuannya (FFC)= kubus pusat muka.
2. Stabil pada suhu 723°C.
3. Sifat seperti ferit atau lunak dan liat.

b. Pearlit

Yaitu larutan yang terjadi dari dua fasa yaitu ferit dan sementit (FeC). Ciri-cirinya:

1. Terjadi pada temperatur 723°C.
2. Sifat seperti ferit dan sementit.
3. Kandungan karbonnya 0,87%.

c. Sementit

Yaitu logam yang mempunyai kekerasan tinggi. Ciri-cirinya:

1. Sementit bersifat keras dan getas.
2. Mengandung seng (Zn)=6,67%
3. Temperatur dibawah 1130°C
4. Sel satuannya adalah arhasebik.

d. Martensit

Merupakan fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel tetragonal pusat badan atau Body Centered Tetragonal (BTC). Makin tinggi derajat kelewatan jenuh karbon, makin tinggi derajat kelewatan jenuh karbon, makin besar perbandingan satuan sumbu sel satuannya dan makin keras, serta semakin getas martensit tersebut. Fasa martensit terbentuk dengan laju pendingin cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat.

e. Lade burit

Yaitu besi yang mempunyai kadar karbon 41% dan merupakan campuran halus antara pearlit dan sementit.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei- Juni 2018 di Laboratorium Metalurgi Fisik, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Bahan Penelitian

Bahan yang diteliti adalah material baja karbon rendah akibat arus listrik pada las SMAW dengan pengujian kekerasan dan ketangguhan dengan ukuran 200 mm sebanyak 21 batang. Material ini dibagi menjadi : batang untuk material normal, 18 batang untuk material dengan pengujian kekerasan dan ketangguhan dengan variasi arus yang digunakan mulai dari 80A, 100A, dan 120A.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mistar Geser
Digunakan untuk mengukur dimensi-dimensi dari benda yang akan diuji sesuai ukuran yang digunakan.
- b. Mesin Gergaji
Digunakan untuk memotong benda kerja.
- c. Mesin Gerinda
Digunakan untuk meratakan permukaan las setelah di las.
- d. Mesin Las
Digunakan untuk mengelas benda kerja yang akan diteliti.
- e. Sikat Baja
Digunakan untuk membersihkan kerak-kerak hasil pengelasan.
- f. Mesin kekerasan Rockwell.
- g. Mesin Kekuatan Tarik.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan tebal pelat 15 mm dipotong dengan panjang 200mm sebanyak 21 batang. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan mesin gergaji.
2. Pengelasan
Seluruh spesimen 21 batang dan 3 batang normal terlebih dahulu di las yang 18 batang, dengan variasi amper yang berbeda.
3. Setelah selesai pengelasan kerak-kerak yang ada pada pengelasan

dibersihkan dengan sikat baja, dan didinginkan dengan udara setelah itu dilanjutkan dengan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell C.

- Spesimen yang telah mengalami proses pengelasan rdengan variasi arus yaitu 80A, 100A, dan 120A dilanjutkan dengan pengujian kekerasan dan ketangguhan.

III. HASIL

3.1. Hasil Penelitian Uji Kekerasan

Penelitian yang dilakukan dalam pengujian kekerasan adalah metode Rockwell C yang menggunakan indentor intan dengan pembebanan 100 kg. Besarnya nilai kekerasan menggunakan metode Rockwell C maka didapat data seperti dibawah ini :

Tabel 1. Data pengaruh arus yang telah divariasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A. Load 100 kg, D=1,588 mm

Spesimen		HRc ₁	HRc ₂	HRc
Normal		1	52	72,00
V	80 A	1	47	74,50
		2	49	
	100 A	1	58	75,00
		2	52	
	120 A	1	58	77,50
		2	60	
X	80 A	2	50	74,00
		2	54	
	100 A	2	55	75,50
		2	55	
	120 A	2	60	77,00
		2	58	

Kampuh V Kedalaman penekanan dapat dilihat dengan rumus berikut:

$$H=(100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$$

- Untuk spesimen dengan bahan normal
 $H = (100 -HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-72,00) \times 0,02 \text{ mm}$
 $=28 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H= 0,56 \text{ mm}$
- Untuk spesimen dengan arus 80 A
 $H = (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-74,50) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 25,5 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H = 0,51 \text{ mm}$

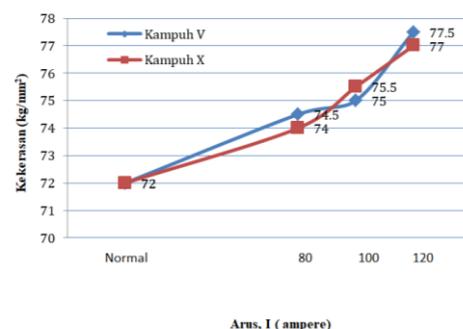
- Untuk spesimen dengan arus 100 A
 $H = (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100- 75,00) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 25 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H = 0,5 \text{ mm}$

- Untuk spesimen dengan arus 120 A
 $H = (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-75,50) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 24,5 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H= 0,49 \text{ mm}$

Pada kampuh X kedalaman penekanan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$H=(100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$$

- Untuk spesimen dengan bahan normal
 $H= (100 -HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-72,00) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 28 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H= 0,56 \text{ mm}$
- Untuk spesimen dengan arus 80 A
 $H= (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-74,00) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 26 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H=0,52 \text{ mm}$
- Untuk spesimen dengan arus 100 A
 $H= (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100- 75,50) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 24,5 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H=0,49 \text{ mm}$
- Untuk spesimen dengan arus 120 A
 $H= (100-HRB) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= (100-77,00) \times 0,02 \text{ mm}$
 $= 23 \times 0,02 \text{ mm}$
 $H= 0,46 \text{ mm}$



Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Arus Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah Kampuh X dan V

3.2.Data Hasil Uji Kekuatan Tarik

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik. Spesimen terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013. Data hasil pengujian tarik yang diperoleh pada kelompok variasi arus kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada.

Tabel 4.2 Pengujian Kekuatan Tarik Kampuh V

Arus Ampere		A ₀ (mm)	W ₀ (mm)	T ₀ (mm)	L ₀ (mm)	Beban (N)
Normal	1	78	13	6	35	33400
80 A	1	78	13	6	35	35000
	2	78	13	6	35	35800
100 A	1	78	13	6	35	36400
	2	78	13	6	35	35000
120 A	1	78	13	6	35	37200
	2	78	13	6	35	35600

Perhitungan Kekuatan Tarik (Kampuh V)

$$\sigma = \frac{F_u}{A_0}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

F_u = Beban Maksimal (N)

A₀ = Luas Penampang Awal (mm²)

Perhitungan Kekuatan Tarik Kampuh V

$$\sigma = \frac{F_u}{A_0}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

F_u = Beban Maksimal (N)

A₀ = Luas Permukaan

1. Untuk spesimen dengan bahan normal:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{33400}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 428,205 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Arus, I pada 80 Ampere:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{35000 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 448,717 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Arus, I pada 100 Ampere:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{36400 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 466,666 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

4. Arus, I pada 120 Ampere:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{37200 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 476,923 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Pengujian Kekuatan Tarik Kampuh X

Arus Ampere		A ₀ (mm)	W ₀ (mm)	W ₁ (mm)	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	Beban (N)
Normal	1	78	13	11,3	6	5,5	35	37	33400
80 A	1	78	13	12,5	6	5	35	37	36800
	2	78	13	13	6	5	35	37	37400
100 A	1	78	13	13	6	6	35	38	36000
	2	78	13	13	6	6	35	37	37800
120 A	1	78	13	13	6	5,8	35	37	38800
	2	78	13	13	6	6	35	35	37200

1. Untuk spesimen dengan bahan normal:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{33400}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 428,205 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Arus, I pada 80 Ampere:

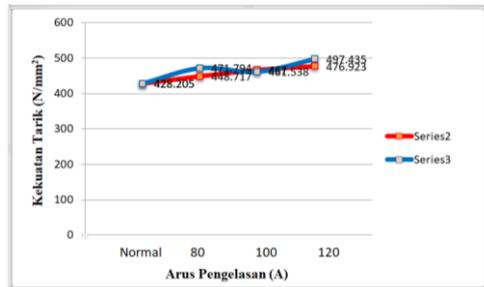
$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{36800 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 471,794 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Arus, I pada 100 Ampere:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{36000 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 461,538 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

4. Arus, I pada 120 Ampere:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_u}{A_0} \\ &= \frac{38800 \text{ N}}{78 \text{ mm}^2} \\ &= 497,435 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Pengaruh Arus Terhadap Nilai Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Kampuh X dan V

3.3. Hasil Penelitian Struktur Mikro Struktur Mikro Baja Karbon Normal.

Di bawah ini jelas dilihat bahwa pada specimen normal tidak ada perubahan molekul-molekul Ferit lebih banyak di banding molekul-molekul perlit.



Gambar 4.1 Hasil Foto Struktur Mikro Baja Karbon Normal

Struktur Mikro Baja Karbon 80 A

Dari gambar struktur mikro baja karbon sedang di bawah pada 80 Amper, memberikan penjelasan bahwa butir-butir yang terkandung dalam baja dapat mengalami perubahan setelah perlakuan pengelasan pada arus yang telah ditentukan, perubahan yang terjadi yaitu adanya perubahan butir yang terlihat pada permukaan baja tersebut.



Gambar 4.2 Hasil Foto Struktur Mikro Baja Karbon dengan Arus 80 A Struktur Mikro Baja Karbon 100 A

Dari gambar struktur mikro pada arus 100 A jelas terlihat bahwa mengalami perubahan yaitu semakin tinggi arus yang diberikan maka dapat terlihat molekul-molekul baja tersebut semakin halus.



Gambar 4.2 Hasil Foto Struktur Mikro Baja Karbon Arus 100 A

Struktur Mikro Baja Karbon 120 A

Pada Arus 120 A jelas terlihat bahwa semakin tinggi arus yang diberikan maka semakin halus pula struktur mikronya dan ketangguhan baja akan menurun.



Gambar 4.2 Hasil Foto Struktur Mikro Baja Karbon Arus 120 A

Dari hasil penelitian diketahui ada perbedaan kekerasan dan kekuatan tarik dari variasi arus pengelasan yang diberikan yaitu 80 Amper, 100 Amper, dan 120 Amper.

Dari hasil perhitungan jenis bahan dengan arus 80 Amper mempunyai nilai kekerasan paling rendah dibandingkan dengan kelompok variasi arus dan nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada kelompok variasi arus 120 Amper.

Pada jenis variasi arus 80 Amper, arus yang terjadi terlalu rendah menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik yang terjadi kurang stabil, panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda serta penembusan yang terjadi kurang maksimal.

Pada hasil tabel 4.1 data hasil perhitungan nilai kekerasan dengan arus pengelasan yang divariasi. Dengan menggunakan arus pengelasan antara 80 Ampere, 100 Ampere, dan 120 Ampere. Maka didapatkan nilai kekerasan untuk:

1. Spesimen benda uji yang tidak mengalami pengelasan mempunyai nilai kekerasan $72,00 \text{ kg/mm}^2$.
2. Spesimen benda uji dengan menggunakan arus pengelasan 80 A mempunyai nilai kekerasan $74,50 \text{ kg/mm}^2$.
3. Spesimen benda uji dengan menggunakan arus pengelasan 100 A mempunyai nilai kekerasan $75,00 \text{ kg/mm}^2$.
4. Spesimen benda uji dengan menggunakan arus pengelasan 120 A

mempunyai nilai kekerasan $77,50 \text{ kg/mm}^2$.

Dengan melihat hasil nilai kekerasan tersebut maka dalam pengujian ini didapatkan nilai kekerasan yang berbeda menurut arus pengelasan, sehingga pada arus 120 A kekerasannya semakin tinggi dibandingkan dengan bahan normal.

Pada tabel 4.2 didapatkan kekuatan tarik dengan menggunakan variasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A maka nilai kekuatan tarik yang didapatkan adalah :

Untuk spesimen yang mengalami pengelasan dengan menggunakan kampuh V yang telah divariasi arus antara 80 A, 100 A, dan 120 A adalah:

a. Arus 80 A

Dengan menggunakan arus 80 A maka nilai uji tarik = $673,076 \text{ N/mm}^2$.

b. Arus 100 A

Dengan menggunakan arus 100 A maka uji nilai tarik = 700 N/mm^2 .

c. Arus 120 A

Dengan menggunakan arus 120 A maka nilai uji tarik = $715,384 \text{ N/mm}^2$.

Arus pengelesan 120 A termasuk dalam arus yang diijinkan untuk elektroda E6013 dengan diameter 2,6 mm. Pada pengelasan ini busur yang terjadi lebih besar dibanding arus 80 A. Percikan busur terlihat lebih besar dan peleburan elektroda lebih cepat dan nilai yang dihasilkan dari pengujian tarik untuk kualitas hasil pengelasan lebih besar dibandingkan kelompok variasi arus 80 A dan 100 A.

IV.KESIMPULAN

1. Baja karbon rendah setelah mengalami pengelasan mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada arus 120 A dengan nilai $77,00 \text{ kg/mm}^2$ dan jika dibandingkan dengan normal nilai kekerasannya lebih rendah dengan nilai $74,00 \text{ kg/mm}^2$.
2. Baja karbon rendah setelah mengalami pengelasan mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi pada arus 120 A dengan nilai $715,384 \text{ N/mm}^2$ dan jika dibandingkan



dengan baja karbon rendah yang telah mengalami pengelasan untuk kekuatan tariknya lebih rendah yaitu $673,076 \text{ N/mm}^2$ dibandingkan dengan mengalami pengelasan.

3. Struktur mikro pada specimen normal tidak ada perubahan molekul-molekul Ferit lebih banyak dibanding molekul-molekul perlit sedangkan pada 80 Ampere, 100 Ampere, 120 Ampere, memberikan penjelasan bahwa butir-butir yang terkandung dalam baja dapat mengalami perubahan setelah perlakuan pengelasan.

V. REFERENSI

- Ambarura, Y. 2010. *Analisis Pengaruh Bentuk Kampuh Las Terhadap Kekuatan Sambungan Las Baja Karbon Rendah*. Tugas Akhir. Rantepao: Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- Bontong, Y., & Nitha. (2017). *Perilaku Mekanis Baja Karbon Akibat Pack Carburizing Dengan Media Arang Tulang Kerbau*. *Dynamic saint*, 3(2).
- Edward, Yustinus. 2005. *Pengertian Pengelasan*. Jakarta.
- Khurmi. 1984. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Nari, S. 2014. *Pengaruh Arus Pengelasan Menggunakan Metode SMAW Dengan Elektroda E7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Pada Baja Karbon Rendah*. Tugas Akhir. Rantepao: Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- Nitha, & bontong, yafet. (2017). *Behavior Of Low Carbon Steel Mechanical Properties Due Pack Carburizing Media Charcoal Buffalo Bone*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1097251>
- Nitha, N. (2019). *Pengaruh Pack Carburizing Arang Tulang Kerbau Mesh 30 Dan Temperatur 9500C Terhadap*

Keausan Baja Karbon Sedang. *Mechanical Engineering Science (MES)*, 1(1), 14–17.

Shigley, J. Mitchell, L.D. Harahap, G. 1991. *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: Erlangga.

