

ANALISA KUAT ARUS AC ARC WELDER TERHADAP BEBAN TARIK PADA PENGELASAN BAJA ST 60

Khairul Suhada

Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik UISU

HP: 085836484255

khairulsuhada80@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai kekuatan sambungan las pada plat baja ST 60 dengan variasi kuat arus, mengetahui hasil pengelasan terbaik dengan memvariasikan kuat arusnya, mengetahui perbandingan nilai kekuatan tarik pelat dengan sambungan las dan tanpa sambungan las. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja ST 60 sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang. Pengujian dengan menggunakan mesin ternotest pada skala beban 100 kN dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja karbon ST 60 hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013. Dari hasil pengujian pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 242,167 MPa, pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 345.633 Mpa dan pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 383,800 Mpa. Dari hasil pengujian pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan tarik rata-rata 338,867 MPa, pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan tarik rata-rata 447,133 Mpa dan pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 484,733 Mpa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kuat arus dinaikkan dari 100 A sampai 140 A sambungan pengelasan memiliki tegangan tarik yang semakin kuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai regangan terbesar adalah 28,187 % yaitu pada pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere dan nilai regangan terendah adalah 20,963 % yaitu pada pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kuat arus dinaikkan regangan (ϵ) semakin kecil, karena sifat sambungan pengelasan semakin getas bila kuat arus semakin ditambah.

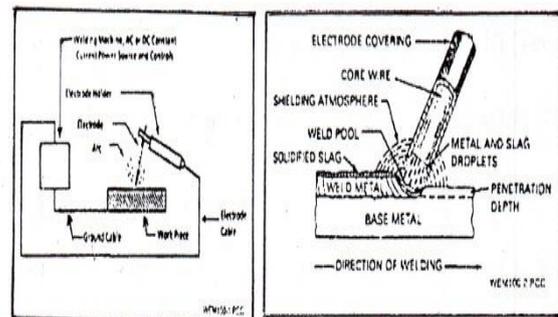
Kata Kunci : Pengelasan Smaw, Baja ST 60, Uji Tarik, Variasi Kuat Arus.

I. PENDAHULUAN

Penelitian Logam dalam bidang pengelasan sangat penting dilakukan, sebab pengelasan merupakan salah satu cara penyambungan logam yang paling sering digunakan di dunia *manufacturing*. Kualitas kekuatan sambungan pengelasan sangat mutlak harus diketahui untuk jaminan keselamatan suatu proses teknik, baik di bidang transportasi maupun instrumen-instrumen peralatan teknik. Perlakuan panas yang tinggi pada proses pengelasan tentunya akan mengakibatkan perubahan struktur mikro yang mempengaruhi sifat mekanis logam, parameter kuat arus, kecepatan pengelasan, tegangan dan hal-hal lainnya tentunya memiliki nilai yang mempengaruhi sifat mekanis suatu logam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

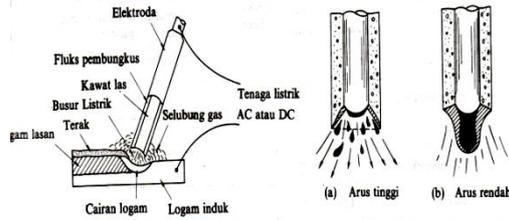
SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan cara pengelasan dengan menggunakan busur listrik untuk mencairkan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks dan logam induk pada daerah pengelasan.



Gambar 1. Pengelasan Dengan Cara SMAW (Shield Metal Arc Welding)

2.1. Las Elektroda Terbungkus

Shield Metal Arc Welding (SMAW) atau lasa busur listrik elektroda terbungkus merupakan proses pengelasan yang menggunakan elektroda yang dibungkus dengan fluks. Hampir setiap proses penyambungan dan perbaikan logam menggunakan pengelasan menggunakan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) busur listrik ini dalam produksinya.



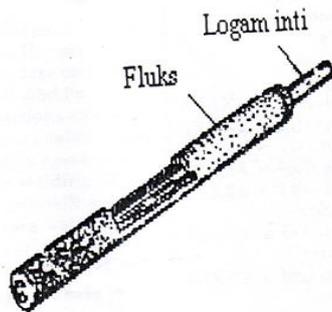
Gambar 2. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus Dan Pemindahan Logam Cair

2.2. Prinsip Kerja SMAW

Prinsip kerja SMAW seperti terlihat pada Gambar 2. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Panas busur listrik akan mencairkan sebagian logam induk dan ujung elektroda dan kemudian membeku. Logam cair tersebut terlindungi dari oksidasi oleh gas atau terak yang berasal dari fluks yang terbakar dan mencair pada saat proses pengelasan. Logam cair pada ujung elektroda dipindahkan oleh arus busur listrik ke logam induk. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair dari ujung elektroda yang dipindahkan ke logam induk akan lebih halus (Gambar 2.a), sebaliknya bila arusnya rendah maka butirannya berbentuk besar (Gambar 2.b).

2.3. Elektroda Las

Elektroda yang digunakan pada alas busur listrik ini adalah jenis elektroda yang terbungkus fluks (E 6013). Gambar 3 memperlihatkan contoh sebuah elektroda yang terdiri dari kawat yang terbungkus dengan fluks.



Gambar 3. Kawat Elektroda

2.4. Klasifikasi Elektroda

Menurut AWS (spesifikasi untuk SMAW) simbol untuk elektroda terbungkus beserta artinya dapat dilihat sebagai berikut :

- AWS EXXXX-X
- AWS = American Welding Society
- EXXXX = E adalah sebuah elektroda sebagaimana untuk brazing dan TIG rod
- E60XX = 60 adalah kekuatan tarik kawat elektroda sebesar 60.000 Psi
- E601X = 1 adalah desain untuk segala jenis posisi pengelasan

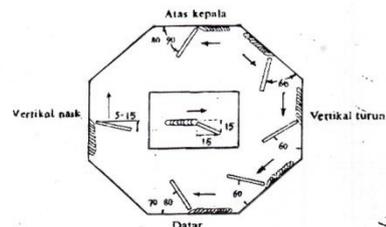
- E602X = 2 adalah pengelasan terbaik untuk pelat dan posisi horizontal
- E60XXX = digit terakhir adalah kode untuk jenis flux coating yang digunakan
- E60XXX0 = 0 adalah Cellulose-Sodium atau Iron Oxide mineral
- E60XXX1 = 1 adalah Cellulose-Potassium
- E60XXX2 = 2 adalah Titania-Sodium
- E60XXX3 = 3 adalah Titania_Potassium
- E60XXX4 = 4 adalah Iron Powder-Titania
- E60XXX5 = 5 adalah Low hidrogen lime-Sodium
- E60XXX6 = 6 adalah Low hidrogen lime-Potassium
- E60XXX7 = Iron Oxid plus Iron Powder
- E60XXX8 = 8 adalah Low Hidrogen lime iron powder

Tabel 1. Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak (JIS Z 3211-1978)

Klasifikasi JIS	Jenis Fluks	Posisi Pengelasan *	Jenis Listrik **	Sifat mekanik dari logam las			
				Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan tumbuk (kg-m)
D4301	Ilmenit	F, V, OH, H	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥4,0(0°C)
D4303	Titania-kapur	F, V, OH, H	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)
D4311	Selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)
D4313	Oksida Titan	F, V, OH, H	AC atau DC (-)	≥43	≥35	≥17	-
D4316	Hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥25	≥4,0(0°C)
D4324	Serbuk besi titania	F, H-S	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥17	-
D4326	Serbuk besi Hidrogen rendah	F, H-S	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥25	≥4,0(0°C)
D4327	Serbuk besi oksida	F, H-S	Untuk F, AC atau DC (±) Untuk H-S, AC atau DC (-)	≥43	≥35	≥25	≥2,8(0°C)
D4340	Khusus	Semua posisi	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)

Catatan: *Arti simbol: F = datar, V = vertikal, OH = atas kepala, H = horizontal, H-S = Las sudut horizontal.
**Arti simbol: (+) = polaritas balik, (-) = polaritas lurus, (±) = polaritas ganda

Untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata dan halus serta untuk menghindari taktikan dan percampuran terak, maka harus memperhatikan cara menggunakan elektroda dan mengusahakan agar sudut elektroda dan panjang busur tidak berubah-ubah / tetap.



Gambar 4. Sudut Elektroda Terhadap Permukaan Bidang Las

2.5 Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut :

- a. Besar arus las
 Besar arus las yang diperlukan tergantung dari pada bahan, dimensi logam induk, posisi pengelasan, jenis elektroda dan besar diameter elektroda. Arus pengelasan memberi pengaruh pada penetrasi logam las, bentuk manik las dan lebar HAZ.
- b. Tegangan pengelasan
 Tinggi tegangan busur tergantung pada panjang busur dan jenis elektroda. Selain itu tingginya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan logam las. Panjang busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan garis tengah elektroda.
- c. Kecepatan pengelasan
 Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan kuat arus pengelasan, oleh karena itu, kecepatan pengelasan yang tinggi memerlukan kuat arus yang tinggi. Kecepatan pengelasan mempengaruhi jumlah panas yang masuk pada daerah pada jumlah deposit logam cair yang terjadi.

Hubungan ketiga parameter diatas menghasilkan energi pengelasan yang dikenal dengan Head input (masukan panas). Masukan panas yang terjadi dari suatu proses pengelasan yang diterima logam las dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$H_{inet} = \frac{\eta \cdot V \cdot I}{D}$$

Dimana :

- H = Efisiensi pengelasan
- V = Tegangan listrik (volt)
- I = Arus pengelasan (Ampere)
- D = Kecepatan pengelasan (cm/s)

Untuk efisiensi masing-masing proses pengelasan dapat dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Efisiensi masing-masing proses pengelasan

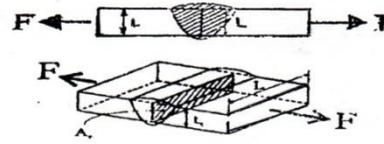
Proses Pengelasan	Efisiensi
SAW (Submerged arc Welding / las busur benam)	90 - 99
DMAW (Gas Metal Arc Welding)	65 - 85
FCAW (Fluks cored arc Welding)	50 - 85
SMAW (Shielded Metal Arc Welding)	20 - 50
GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)	

Besarnya tegangan tarik pengelasan yang terjadi dirumuskan dengan :

$$\sigma t = \frac{F}{A}$$

Dimana :

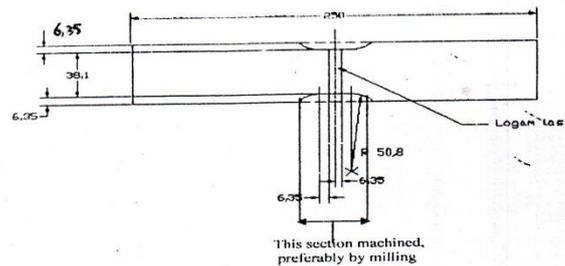
- σt = tegangan tarik (kg / mm²)
- t = tebal pelat (mm)
- l = lebar pelat (mm)



Gambar 5. Lasan Yang Menerima Beban Tarik

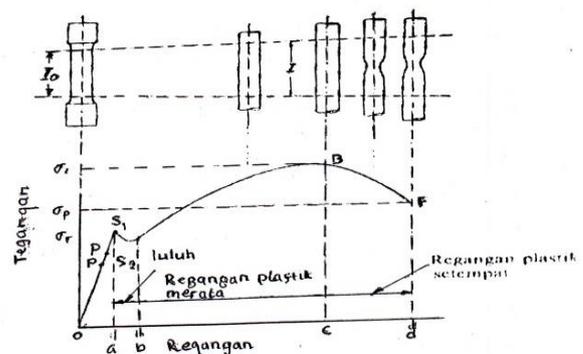
2.6. Kekuatan tarik logam las

Dalam sambungan las sifat tarik berhubungan dengan sifat dari logam jenis induk, jenis elektroda yang digunakan, sifat dari daerah HAZ, sifat logam las dan sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.



Gambar 6. Batang Uji Tarik

Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit batang uji pata. Untuk mengetahui kekuatan tarik dapat dilihat dengan bentuk kurva tegangan regangan teknik seperti Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Kurva Tegangan - Regangan

Tegangan tarik maksimum^(2.1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma t = \frac{P_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

- F maks = Beban maksimum (kg)

A_o = Luas mula dari penampang (mm^2)
 Kekuatan luluh (σ_y)

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o}$$

Dimana :
 P_y = Tegangan luluh pada regangan 0,2% (kg)
 A_o = Luas mula penampang (mm^2)
 Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana :
 L = Panjang batang uji setelah terbeban (mm)
 L_o = Panjang batang uji mula-mula (mm)
 Ketangguhan (U_t) :

$$U_t = \frac{\sigma_y + \sigma_{maks}}{2} \cdot \epsilon$$

2.7. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Dimana:
 σ_u = Tegangan nominal (kg/mm^2)
 F_u = Beban maksimal (kg)
 A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm^2)

Regangan (persentase penambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana :
 ϵ = Regangan (%)
 L = Panjang akhir (mm)
 L_o = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\% = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

Dimana :
 q = Reduksi penampang (%)
 A_o = Luas penampang mula (mm^2)
 A_1 = Luas penampang akhir (mm^2)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tabel 3. Tempat Kegiatan dan Instansi Pendukung Penelitian

No.	Kegiatan	Instansi Pendukung	Ket.
1.	Pembentukan Benda Uji	Bengkel Bahari Mahkamah Medan	UD. Jl.
2.	Pengelasan	Laboratorium Pengujian Proses Produksi Polyteknik USU	
3.	Pengujian Kekuatan Tarik	Laboratorium Uji Tarik Polyteknik USU	

3.2. Persiapan Penelitian

3.2.1. Bahan

Tabel 4. Komposisi Kimia Baja STT 60

Jenis Komposisi	% Komposisi
C	0.43-0.50
Mn	0.60-0.90
P	0.040
S	0.050

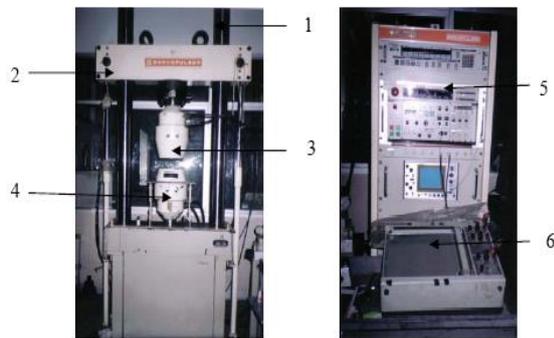
Tabel 5. Mechanical Propertise Baja ST 60

Mechanical Propertise	Treatment
Hardening Temperature	820 ⁰ -850 ⁰ C
Quenching	Oli
BHN	170-220 BHN
Tensile Strength	60-80kgf/mm ²

Spesimen yang akan diuji kekuatannya dengan proses pengelasan berjumlah tiga spesimen, tanpa proses pengelasan satu spesimen dengan variasi kuat arus pengelasan (100, 120, 140) Ampere.

3.2.2 Mesin Uji Tarik Universal

Digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik Spesimen.



Gambar 8. Mesin Uji Tarik

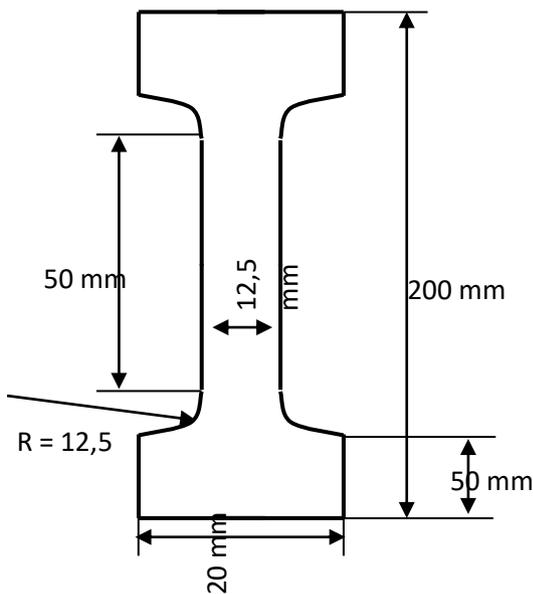
Keterangan gambar :

- 1. Batang hidrolik
- 2. Dudukan ragum
- 3. Ragum atas
- 4. Ragum bawah
- 5. Pembacaan skala
- 6. Meja *plotter*

3.2. Metode Pelaksanaan Pengujian

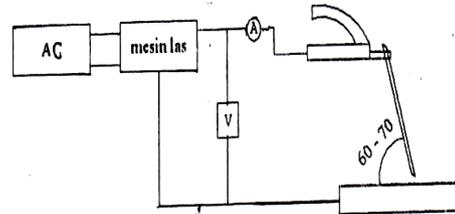
3.3.1. Spesimen Uji Tarik

Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik tanpa proses pengelasan ini mengacu pada ASTM E 8M-04.



Gambar 9. Spesimen Uji Tarik Tanpa Pengelasan

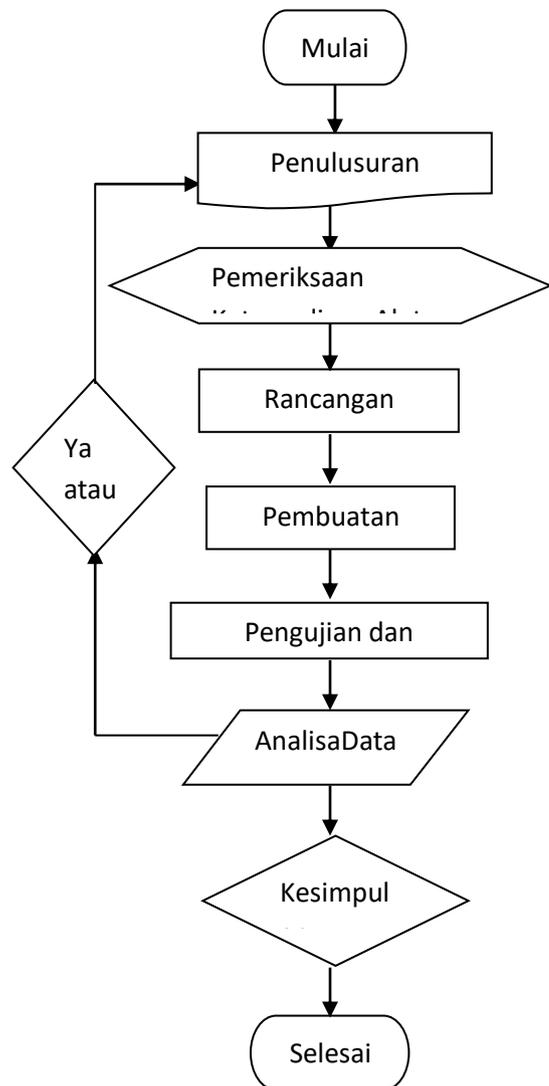
set-up alat pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 10. Set-up Alat Pengelasan

- Bahan Spesimen : Pelat Baja ST 60
- Tebal : 5 mm
- Jenis Mesin Las : Listrik AC
- Jenis Elektroda : E 6013/Ø 2,5 x 350 mm.
- Posisi Pengelasan : Datar
- Arah Pengelasan : Mundur
- Sudut torch terhadap sumbu Las: 70⁰

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja karbon sedang sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang. Pengujian dengan menggunakan mesin *Ternotest* pada skala beban 100 kN dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja karbon sedang hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013.



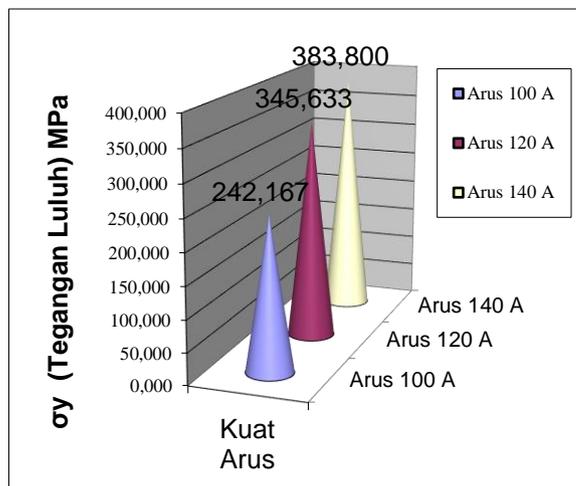
Gambar 12. Spesimen Uji Tarik Sebelum Diuji



Gambar 13. Spesimen Uji Tarik Setelah Diuji

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Tarik

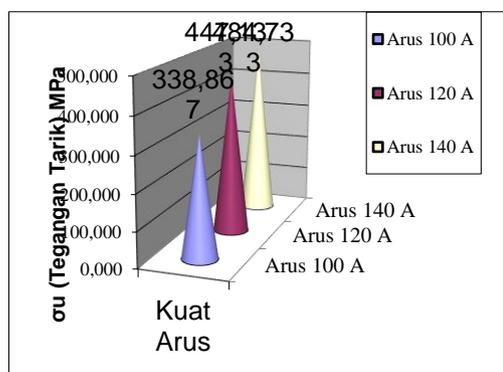
No.	KODE FILE	Thickness (mm)	F _y (N)	F _u (N)
1	W1-100	5	245.4	372.2
2	W2-100	5	240.6	312.8
3	W3-100	5	240.5	331.6
4	W1-120	5	326.1	445.9
5	W2-120	5	334.6	455.4
6	W3-120	5	376.2	440.1
7	W1-140	5	380.6	466.1
8	W2-140	5	382.6	463.6
9	W3-140	5	388.2	524.5



Gambar 14. Grafik Kuat Arus Versus Tegangan Luluh Rata-Rata

Dari hasil pengujian pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 242,167 MPa, pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 345.633 Mpa dan pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 383,800 Mpa.

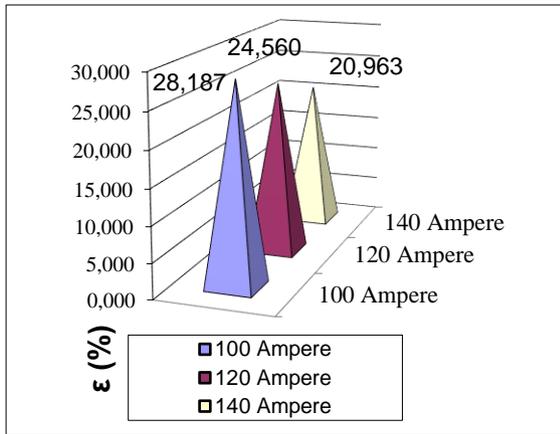
Dari Gambar 14, mengartikan bahwa semakin kuat arus dinaikkan dari 100 A sampai 140 A sambungan pengelasan memiliki tegangan luluh yang semakin kuat.



Gambar 15. Grafik Kuat Arus Versus Tegangan Tarik Rata-Rata

Dari hasil pengujian pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan tarik rata-rata 338,867 MPa, pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere memiliki nilai tegangan tarik rata-rata 447,133 Mpa dan pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere memiliki nilai tegangan luluh rata-rata 484,733 Mpa.

Dari Gambar 15 mengartikan bahwa semakin kuat arus dinaikkan dari 100 A sampai 140 A sambungan pengelasan memiliki tegangan tarik yang semakin kuat.



Gambar 16. Grafik Kuat Arus Versus Regangan (E)

Dari Gambar 16 terlihat bahwa nilai regangan terbesar adalah 28,187 % yaitu pada pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere dan nilai regangan terendah adalah 20,963 % yaitu pada pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere.

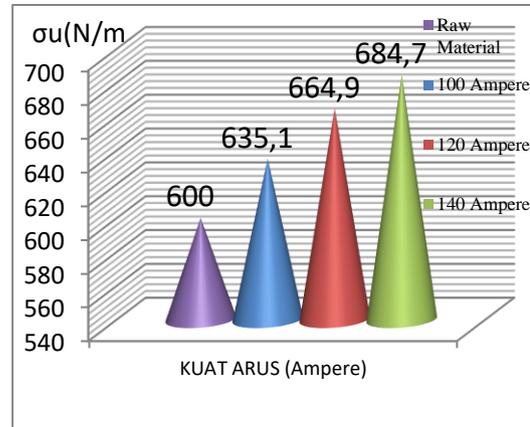
Dari Gambar 16 terlihat bahwa semakin kuat arus dinaikkan regangan (ϵ) semakin kecil, karena sifat sambungan pengelasan semakin getas bila kuat arus semakin ditambah.

4.2. Perbandingan kekuatan Tarik Baja Karbon Sedang Dengan Kekuatan Tarik Sambungan Pengelasan dengan Variasi Kuat Arus

Berdasarkan data referensi kekuatan tarik ST 60 yaitu 60 Kgf/mm², maka untuk perbandingan dengan hasil pengujian penulis mengambil nilai 60 Kgf/mm². Untuk memudahkan perbandingan kekuatan tarik baja ST 60 dengan kekuatan tarik sambungan pengelasan dengan variasi kuat arus berikut ini penulis membuat tabel kekuatan tarik rata-rata sambungan pengelasan.

Tabel 4.2 Kekuatan tarik rata-rata pengelasan

No.	Kuat Arus	σ_u (N/mm ²)	Kgf/mm ²
1	100	645.9	64.6
2	100	655.4	65.5
3	100	604.1	60.4
	Rata-rata	635.1	63.5
4	120	666.1	66.6
5	120	663.3	66.3
6	120	665.2	66.5
	Rata-rata	664.9	66.5
7	140	680.4	68.0
8	140	688.2	68.8
9	140	685.6	68.6
	Rata-rata	684.7	68.5



Gambar 17. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Dengan Variasi Kuat Arus Dan Tanpa Pengelasan

Dari gambar grafik diatas dengan jelas kita lihat bahwa kekuatan tarik pengelasan lebih kuat daripada tanpa pengelasan, hal tersebut disebabkan pengaruh kuat arus pengelasan yang mencairkan kawat elektroda dan kekuatan tarik elektroda yaitu 60.000 Mpa.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari seluruh kegiatan penelitian ini maka penulis memperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kekuatan tarik terbesar adalah pada pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere yaitu 688.2 MPa.
2. Nilai kekuatan tarik terkecil adalah pada pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere yaitu 604.1 MPa.
3. Nilai regangan terbesar adalah pada pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere yaitu 29.82 %.
4. Nilai regangan terkecil adalah pada pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere yaitu 20.02 %.
5. Semakin kuat arus ditingkatkan maka sambungan pengelasan semakin getas.
6. Semakin kuat arus diturunkan maka sambungan pengelasan semakin ulet.
7. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka cairan elektroda yang membeku semakin keras.
8. Kuat arus pengelasan mempengaruhi sifat mekanik sambungan pengelasan.
9. Kuat arus 140 Ampere memiliki kemampuan meresap lebih dalam ke dalam spesimen daripada kuat arus 100 Ampere.

5.2. Saran

1. Untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih luas, penelitian kedepan diharapkan dapat dilakukan dengan merubah variasi kuat arus.
2. Elektroda yang digunakan sebaiknya dengan mutu yang lebih baik.
3. Ketebalan spesimen dapat divariasikan untuk mengetahui pengaruh ketebalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amstead, B, H, Ostwald, P, F, Begemen, M.L, (1992). *Teknologi Mekanik*, Cetakan ke Tiga, Erlangga, Jakarta.
- [2]. Dieter, G, E, (1993), *Metalurgi Mekanik*, Edisi ke Tiga, Jilid Pertama, Erlangga, Jakarta.
- [3]. Grachino, W, Weeks, W, Johson, G, S, (1997), *Welding Teknologi*, 2nd Edition, American Technical Society, Chicago.
- [4]. N K Sriabivasan D, (1985), *Welding Teknologi*, 1st Edition, Khana Teac Publications, Delhi.
- [5]. Newby, J, R, Dkk, (1987), **Metal Hand Book Ninth Edition Volume 8 Mechanical Testing**, American Society For Metals, Metal Parks, OHIO, 44073.
- [6]. Mudjujana, (2006) *Failure Analisis III Engineering Alication*, Yogyakarta.
- [7]. PT. Momentun Raya, *Pedoman Untuk Las Listrik*, Jakarta.
- [8]. Resnik H, Haliday D, (1982) *Fisika*, Edisi Ketiga, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- [9]. Sonawan H, Suratman R, (2004), *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Cetakan Pertama, CV Alvabeta, Bandung.
- [10]. Van Vlack, L, H, (1994). *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Edisi Ke Lima, Erlangga Jakarta.
- [11]. Wiryosumanto H, Okumura T, (2000), *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan Kedelapan, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- [12]. Wiyono A D, (1998), *Welding Standart And Material Course July 20-24*, Iridia, Trainning Ang Technical Services.