ANALISIS KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS BAJA ST 41 DENGAN ELEKTRODA E6013 METODE LAS SMAW

Catur Pramono[1], Endang Mawarsih[2], Teguh Budi Santoso[3]

Email [1]caturpramono@untidar.ac.id , [2]endfamous@gmail.com, [3]teguhsabilla@gmail.com

ABSTRAK

Ketika dua logam dilas bersama, baik logam dasar atau logam pengisi dilebur, baik di bawah tekanan maupun tidak. Teknologi proses yang terlibat dalam memodifikasi fitur dan karakteristik memainkan peran penting dalam memperluas penggunaan sambungan las baja. Keberhasilan pekerjaan pengelasan dan kualitas sambungan yang dihasilkan sangat bergantung pada peralatan dan perlengkapan yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan arus pengelasan terhadap kuat tarik baja ST 41 hasil las E6013. Baja karbon ST 41 digunakan dalam percobaan. Arus las 120, 130, dan 140 ampere digunakan dalam beberapa iterasi penelitian. Kami menjalankannya dengan serangkaian uji tarik dan struktur makro. Kekuatan tarik maksimum (347,99 MPa) saat pengelasan baja ST 41 pada 130 ampere, dan patah getas ditunjukkan oleh struktur makro retakan.

Kata kunci : ST 41, Elektroda 6013, SMAW, Kekuatan Tarik, Struktur Makro

ABSTRACT

When two metals are welded together, either the base metal or the filler metal is melted, either under pressure or not. The process technology involved in modifying features and characteristics plays a crucial role in the expanding use of steel welded joints. The success of the welding job and the quality of the resulting connection depend critically on the equipment and supplies used. The purpose of this research is to determine how different welding currents affect the tensile strength of E6013-welded ST 41 steel. ST 41 carbon steel was utilized in the experiments. Welding currents of 120, 130, and 140 amperes were used in the study's several iterations. We put it through its paces with a battery of tensile and macro-structure tests. Tensile strength was maximum (347.99 MPa) when welding ST 41 steel at 130 amps, and brittle fracture was indicated by the macro structure of the crack.

Keywords *: ST 41, electrode 6013, SMAW, Tensile Strength, Macro Structure*

PENDAHULUAN

Menyatukan potongan-potongan logam yang terputus-putus, baik dengan atau tanpa memasukkan logam pengisi, inilah yang kita sebut pengelasan [5]. Energi panas dalam pengelasan SMAW dihasilkan karena lompatan ion (katoda dan anoda), dan pelindung las SMAW jenis ini digunakan seperti membran fluks, yang terdapat pada elektroda, untuk mencegah benda kerja dan elektroda (bahan pengisi) meleleh. selama proses pengelasan. Selama pengelasan, fluks melindungi logam las cair dari kontaminasi. Pemanasan dan pendinginan logam selama pengelasan menyebabkan proses metalurgi dan deformasi yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan, antara lain jenis cacat, ketangguhan sambungan, kekuatan tarik (*tensile strength*), dan struktur mikro logam [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kekuatan tarik sambungan las. Saat ini tidak ada pengujian khusus untuk sambungan las, dan proses pengelasan tidak diatur secara ketat selama konstruksi dan perbaikan bangunan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mencoba beberapa variasi proses pengelasan SMAW, seperti mengubah elektroda atau tegangan listrik, untuk mengevaluasi bagaimana pengaruh variabel ini terhadap kekuatan mekanik las. Karena kelenturannya, pelat baja karbon rendah seri ST 41 digunakan untuk mempercepat prosedur pengujian. Baja profil yang terbuat dari baja karbon rendah ST 41 cocok digunakan untuk mendirikan rangka dan membangun jembatan. Badan truk kargo biasanya dibuat menggunakan baja ini karena lebih keras, lebih mudah digiling, dan lebih cepat diproduksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji bagaimana pengaruh perubahan kuat arus dan jarak las terhadap kuat tarik sambungan las berbahan baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda 6013. Sambungan las baja karbon rendah telah diuji dan dianalisis pada 70 amp, 80 amp, 90 amp, 100 amp, dan 110 amp dengan jahitan 1 mm dan 2 mm menggunakan elektroda 6013. Pada 110 amp dan jarak jahitan 1 mm, diperoleh kekuatan tarik maksimum tertinggi sebesar 507,33 N/mm2 selama pengujian kekuatan tarik. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan kekuatan tarik maksimum dari 469,33 N/mm2 untuk pengelasan 70 ampere dengan jarak jahitan 1 mm menjadi 472,99 N/mm2 untuk pengelasan 80 ampere dengan jarak jahitan 1 mm menjadi 472,99 N/ mm2 untuk pengelasan pada 90 ampere dengan jarak jahitan 1 mm sampai 484 N/mm2 untuk pengelasan pada 100 ampere dengan jarak jahitan Menurut studi yang dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tarik dan lentur sambungan las baja ST 41 menggunakan SAE 10W-40 minyak sebagai media pendingin. Temuan studi dan analisis dilakukan pada sambungan las yang terbuat dari baja ST 41 dengan cara uji tarik dan tekuk media minyak dan udara. Pengujian statik tarik menunjukkan tegangan tarik rata-rata sebesar 296,378 MPa dan regangan tarik sebesar 12,93% bila menggunakan oli sebagai media pendingin. Sedangkan tegangan lentur rata-rata ditemukan -1307,56 MPa dan regangan lentur rata-rata ditemukan -0,653% pada uji statis lentur. Sedangkan untuk uji tarik statik diperoleh rata-rata dengan media pendingin udara tegangan tarik sebesar 326,888 MPa dan regangan tarik sebesar 29,86%. Sedangkan regangan lentur rata-rata didapatkan sebesar -0,774% dan pada uji statik lentur didapatkan hasil sebesar -1549,701 MPa [3].

Di sini saya akan menguji ulang dengan arus pengelasan lainnya, khususnya 120 Amps, 130 Amps, dan 140 Amps dengan elektroda E6013, untuk melihat apakah ada variasi yang terlihat. Pertanyaan saya adalah apakah uji tarik dan struktur makro dipengaruhi oleh penelitian yang saya lakukan dengan memvariasikan nilai ampere.

METODE

1. Pembuatan Spesimen

Dimensi baja karbon rendah seri ST 41 yang digunakan dalam penelitian ini adalah panjang 200 mm, lebar 20 mm, dan tebal 8 mm. Elektroda E6013 selebar 2,6 milimeter.

Secara khusus, standar ASTM E8 untuk pengujian kekuatan tarik. Prosedur berikut digunakan untuk

membuat benda uji tarik sesuai dengan ASTM E8 setelah pengelasan selesai:
a. Penggilingan alur pengelasan menjadi keselarasan yang tepat.
b. Bahan dipotong-potong dengan lebar 20 mm dan panjang 200 mm.
c. Spesifikasi ASTM E8 digunakan untuk pembuatan pola di pusat perbelanjaan.
d. Dengan menggunakan pisau frais berdiameter 6 mm, bahan digiling menjadi bentuk yang diinginkan setelah gambar atau mal direkatkan..
e. Setelah bentuk yang diinginkan tercapai, permukaan material dikikir halus dan diampelas hingga halus.

2. Pengujian Tarik

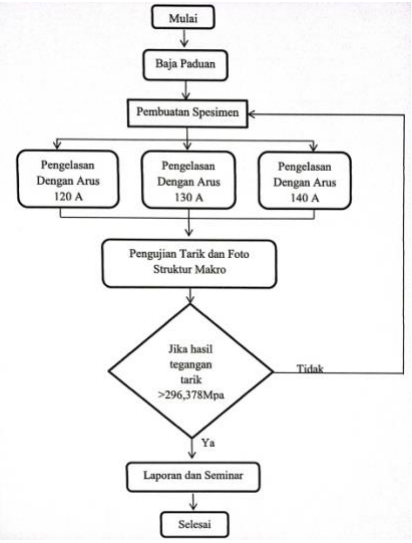
Di sini kita melihat bagaimana uji tarik mungkin terlihat dalam praktiknya. Item yang akan dievaluasi diamankan ke mesin uji tarik. Inilah cara kami melakukan pengujian:

a. Siapkan *plotter* dengan kertas blok milimeter.
b. Spesimen dikenai beban tarik progresif, mulai dari nol kilogram, hingga patah di bawah tegangan maksimum.
c. Setelah benda pecah, pengukuran panjang dan penampangnya dapat dilakukan
d. Gaya atau beban maksimum, seperti yang ditunjukkan oleh titik di mana benda uji patah, ditampilkan pada layar komputer dan dicatat sebagai hasil uji tarik.
e. Tabel *plotter* menggunakan kertas blok milimeter untuk mencetak diagram yang dihasilkan.
f. Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, dan pengurangan luas penampang menggunakan formula yang sudah ada sebelumnya.

3. Pengujian Struktur Makro

Makrostruktur patahan kemudian harus diuji, mengikuti uji tarik. Setelah snapshot diambil, fraktur diperiksa. Ada dua jenis patahan yang berbeda: ulet dan getas. Patah getas adalah patahan yang distorsi plastisnya cukup besar sehingga meninggalkan permukaan patahan yang kasar dan berserat. Permukaan patahan dari patahan getas halus, mengkilap, dan berbutir. Deformasi plastis jarang terjadi. Laju perambatan retakan lebih tinggi pada patahan getas dibandingkan pada patahan ulet [1].

Gambar 1 mengilustrasikan diagram alur.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Rumus

Perhitungan-perhitungan yang ada pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas (variasi 140 A)

Diketahui :

W (Lebar Spesimen) = 12,5 mm
T (Tebal Spesimen) = 8 mm
L_0 (Panjang Awal) = 50 mm
L_1(Panjang Akhir) =L_0+ ΔL
= 50 mm + 5,36 mm
= 55,36 mm

ΔL (Pertambahan Panjang / *displacement*) = $L_1 - L_0$

= 55,36 mm - 50 mm
= 5,36 mm

A_0 (Luas Penampang) = W (lebar) x T (tebal)

= 12,5 mm x 8 mm
= 100 mm^2

$\Delta L_{elastis}$ (Pertambahan Panjang Elastis)
=3,80 mm

F maks (Beban Maksimal) = 3447,61 Kgf

2. Kekuatan tarik maksimal
Kekuatan tarik maksimal(σ_{maks})

= …..(MPa)

$\sigma_{maks} = \frac{F_{maks}}{A_o}$

$= \frac{3447{,}61\ \text{Kgf}}{100\ \text{mm2}}$

= 34,4761 Kgf/mm^2

= = 338,095 MPa

Kekuatan tarik elastis ($\sigma_{elastis}$)

$= \frac{3100\ \text{Kgf}}{100\ \text{mm2}}$

= 31 Kgf/mm^2

= 304,006 MPa

Regangan total (ε_{total})

$= \frac{\Delta L}{L_0}$ x 100%

$= \frac{5{,}36\ \text{mm}}{50\ \text{mm}}$ x 100%

= 0,1072 x 100%

= 10,72%

Regangan ($\varepsilon_{elastis}$)

$= \frac{\Delta L_{elastis}}{L_0}$

$= \frac{3{,}80\ \text{mm}}{50\ \text{mm}}$ x 100%

= 0,076 x 100%

= 7,6 %

Regangan plastis ($\varepsilon_{plastis}$)

= (ε_{total}) - ($\varepsilon_{elastis}$)

= 10,72% - 7,6 %

= 3,12%

Modulus Elastisitas (E)

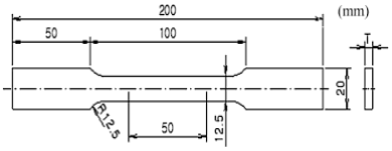
$= \frac{\sigma_{elastis}}{\varepsilon_{elastis}}$

$= \frac{304{,}006\ \text{MPa}}{0{,}076}$

= 4000,078 MPa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen menjadi sasaran pengujian tarik dengan tiga pengaturan arus listrik las yang berbeda. Gambar 2 menggambarkan dimensi benda uji tarik.



Gambar 2. Spesimen Uji ASTM E8

Di laboratorium pengujian material Universitas Tidar, digunakan alat uji tarik dengan kapasitas 6000 Kgf dan kecepatan pengujian 10 mm/menit untuk melakukan pengujian. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik kekuatan material. Bahan uji tarik yang telah selesai diproduksi dengan dimensi tebal 8 mm dan lebar 20 mm sesuai dengan spesifikasi ASTM E8. Diagram tegangan-regangan yang mewakili temuan tes mudah diinterpretasikan. Gaya maksimum (Fmax) dibagi dengan luas penampang asli (Ao) untuk menghitung tegangan (). Gaya maksimum diukur dalam Newton (1 kilogram gaya = 9,81 Newton), sedangkan berat jenis dinyatakan dalam kilogram per meter persegi (Mpa).

Persamaan untuk mencari kekuatan tarik maks dengan menggunakan persamaan seperti pada contoh perhitungan spesimen.

Fmaks = F (Kgf) x g

Dimana :

Fmaks = Tegangan Maksimal (N)
F = Gaya Tarik (Kgf)
g = 9,81

σmaks = Fmaks / A_o

Dimana :

σmaks = Kekuatan Tarik (MPa)
Fmaks = Tegangan Maksimal (N)
A_o = Luas Penampang

A_o = L (mm) x t (mm)

Dimana :

L = Lebar (mm)
t = Tebal (mm)

Kekuatan tarik elastis dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji sesuai persamaan (1).

$\sigma_{elastis} = \frac{F_{elastis}}{A_o}$…….(1)

Dimana :

$\sigma_{elastis}$ = Tegangan nominal (MPa).
$F_{elastis}$ = Beban elastis (Kgf).

A_o = Luas penampang mula batang (mm²)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji sesuai persamaan (2).

$$\varepsilon elastis = \frac{\Delta Lelastis}{L_o} \times 100\% \text{.....(2)}$$

Dimana :

E = Regangan (%).
L = Panjang akhir (mm).
L_o= Panjang awal (mm).

Untuk menghitung modulus elastisitas dilihat pada persamaan (3).

$$\text{Modulus} \quad : E = \frac{6elastis}{\varepsilon elastis} \text{.....(3)}$$

Dimana :

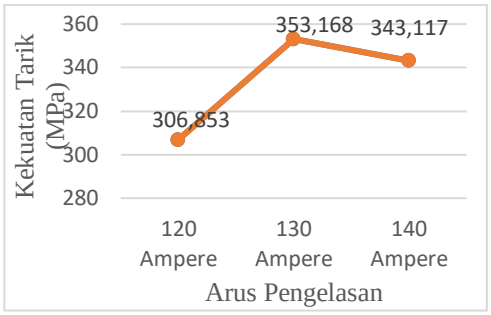
E = Modulus elastisitas (MPa)
Ϭ = Tegangan elastis (MPa)
ε = Regangan elastis

Hasil dari perhitungan dengan cara yang sama pada tiap spesimen di tulis pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Pengujian Tarik

No	Variabel specimen (Ampere)	Dimensi spesimen			Beban maksimal (F) (kgf)	Kekuatan tarik (Ϭmaks) (MPa)	Kekuatan tarik (Ϭelastis) (MPa)	Regangan total (εtotal) (%)	Regangan elastis (εelastis) (%)	Regangan plastis (εplastis) (%)	Modul elastisi (E) (MP
		b Lebar (mm)	d Tebal (mm)	A (mm²)							
1	120	12,5	8	100	3129,51	306,900	240,262	9,02	4,8	4,22	5005,4
2	120	12,5	8	100	2955,36	289,821	245,166	8,4	5,3	3,1	4625,3
3	120	12,5	8	100	3505,78	343,799	274,586	9,94	6,3	3,64	4358,5
4	120	12,5	8	100	3281,54	321,809	254,973	10,08	7,6	2,48	3354,5
5	120	12,5	8	100	2772,98	271,936	235,360	7,86	5,2	2,66	4526,1
Rata-rata		12,5	8	100	3129,03	306,853	244,669	9,06	5,84	3,22	4374,1
6	130	12,5	8	100	3503,97	343,622	294,199	10,6	6,8	3,8	4326,4
7	130	12,5	8	100	3651,68	358,107	284,393	12,4	6,5	5,9	4375,2
8	130	12,5	8	100	3745,13	367,271	294,199	11,74	6,7	5,04	4391,2
9	130	12,5	8	100	3616,94	354,700	294,199	10,8	6,5	4,3	4526,1
10	130	12,5	8	100	3488,90	342,144	274,586	10,8	6,6	4,2	4160,5
Rata-rata		12,5	8	100	3601,32	353,168	288,315	11,26	6,62	4,64	4355,1
11	140	12,5	8	100	3490,29	342,280	299,102	10,62	6,5	4,12	4601,2
12	140	12,5	8	100	3674,17	360,312	308,909	11,6	7,5	4,1	4118,7
13	140	12,5	8	100	3541,95	347,346	294,199	11,8	7,74	4,06	3801,6
14	140	12,5	8	100	3340,13	327,554	299,102	10,46	7	3,46	4272,8
15	140	12,5	8	100	3447,61	338,095	304,006	10,72	7,6	3,12	4000,6
Rata-rata		12,5	8	100	3498,83	343,117	301,063	11,04	7,26	3,77	4160,6

Nilai terbesar 353,168 MPa dicapai dengan arus pengelasan 130 ampere saat pengelasan baja karbon ST 41 menggunakan elektroda E6013 masing-masing pada 120 ampere, 130 ampere, dan 140 ampere, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Versi 120 volt memiliki nilai terendah nilai, 306,853 MPa. Gambar 3 adalah grafik yang menggambarkan hasil uji tarik.



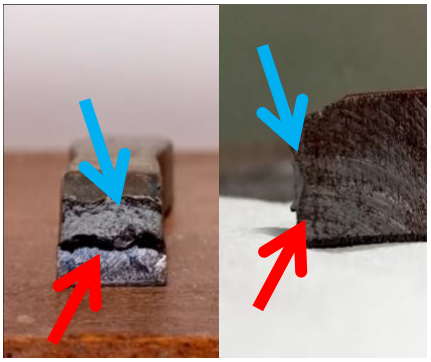
Gambar 3. Grafik hasil uji tarik

Kekuatan tarik suatu material merespon dengan kuat terhadap perubahan kekuatan arus las. Itu menjadi rapuh ketika terkena arus yang sangat kecil. Ukuran butiran turun akibat intensitas arus yang sangat rendah pada tahap ini, meningkatkan jarak antar butiran dan melemahkan ikatan [5].

Karena itu, pemisahan material membutuhkan sedikit usaha. Ukuran butir juga meningkat dengan meningkatnya arus pengelasan. Kekuatan tarik logam meningkat sebagai hasil dari proses ini karena kedekatan butiran, meskipun masih agak lemah. [5]. Kemudian, jumlah gaya maksimum yang diperlukan untuk menarik dan menghancurkan material juga terjadi ketika suhu zat mencapai nilai maksimumnya. [5]. Kemudian, jika Anda memanaskan material hingga titik lelehnya, Anda akan membutuhkan upaya yang terus meningkat untuk menarik dan menghancurkannya hingga mencapai titik putusnya [6].

Pengujian makro dilakukan selama uji tegangan untuk memeriksa permukaan retakan. Gambar 4-9 menunjukkan bagaimana gambar makro dapat digunakan untuk merekam pengamatan. Gambar juga dianalisis untuk menentukan modus fraktur selama uji tarik. Fotografi makro memerlukan pemosisian objek pada permukaan datar dan menggerakkannya hingga efek yang diinginkan tercapai. Hasilnya digambarkan dalam diagram berikut :

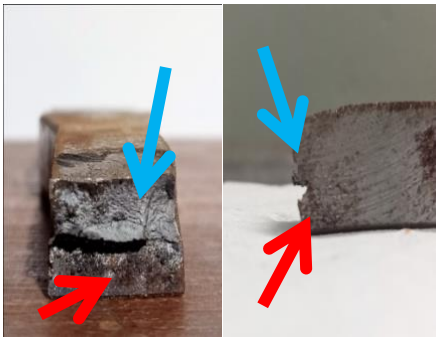
Gambar 4. Struktur Makro Pengelasan ST 41 dengan Arus 120 A



Gambar 5. Struktur Makro Patahan Variasi Arus 120 Ampere

Menurut data yang disajikan pada gambar di atas, saat mengelas spesimen pada 120 ampere, elektroda cair tidak sepenuhnya masuk ke dalam jahitan, mengakibatkan sambungan las yang lemah atau rapuh, dan jenis fraktur pada spesimen uji dengan pengelasan 120 ampere merupakan patahan getas karena permukaan patahan memiliki struktur yang rata. Area yang sudah di las diberi tanda panah berwarna biru, sedangkan area yang belum di las diberi tanda panah berwarna merah.

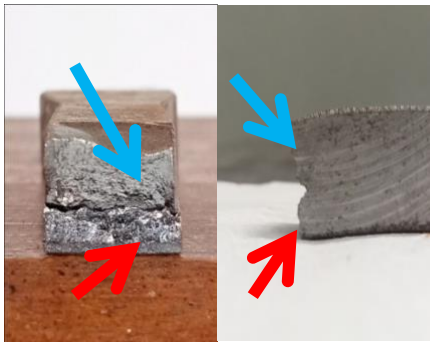
Gambar 6. Struktur Makro Pengelasan ST 41 dengan Arus 130 A



Gambar 7. Struktur Makro Patahan Variasi Arus 130 Ampere

Seperti dapat dilihat pada gambar di atas, ketika spesimen dilas dengan arus 130 ampere, patahan yang dihasilkan bersifat getas karena struktur permukaan yang rata dan penetrasi elektroda yang sangat baik pada lapisan. Panah A menunjukkan bagian yang dilas dan panah B menunjukkan area yang tidak dilas, atau logam dasar.

Gambar 8. Struktur Makro Pengelasan ST 41 dengan Arus 140 A



Gambar 9. Struktur Makro Patahan Variasi Arus 140 Ampere

Seperti dapat dilihat pada gambar di atas, struktur permukaan spesimen yang datar menyebabkan patah getas selama pengelasan pada 140 ampere. Panah A menunjukkan bagian yang dilas, sedangkan panah B menunjukkan area yang tidak dilas, atau logam dasar. Karena arus listrik terlalu tinggi, penetrasi elektroda lebur yang tinggi mengakibatkan elektroda cair tidak sepenuhnya menembus jahitan, sehingga mengakibatkan porositas (rongga) pada hasil las.

Terjadi penetrasi las yang sempurna pada foto makro rekahan pada Baja Karbon ST 41 yang telah dilas menggunakan SMAW pada 120 amp, 130 amp, dan 140 amp, sehingga menghasilkan patahan getas dengan struktur yang relatif datar pada permukaan patahan.

Hasil pengelasan sangat dipengaruhi oleh arus yang digunakan; arus listrik yang lebih tinggi menghasilkan lasan yang unggul. Jika arus las rendah, kawat elektroda hanya akan menempel pada permukaan logam dasar, tetapi jika arus dinaikkan, kawat elektroda akan menembus lebih jauh ke dalam logam dasar, menghasilkan las yang lebih kuat. Namun, patah getas, dengan struktur datarnya, dapat disimpulkan dari tiga sampel foto makro. Selain itu, deformasi bahan uji tidak menghasilkan penipisan di sekitar patahan. Berbeda dengan fraktur ulet, fraktur getas menyebabkan retak seketika pada permukaan material. Jenis patah getas ini lebih berbahaya daripada patah getas karena terjadi secara tiba-tiba dan tanpa peringatan, membuat bahan menjadi kuat dan getas. Bentuk rekahan yang terbentuk hampir konsisten, tanpa perbedaan mencolok yang terlihat pada foto makro.

SIMPULAN

Dari awal prosedur hingga hari ini, penelitian telah menghasilkan data uji yang telah diperiksa, yang mengarah pada hasil sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan arus 130 ampere nilai uji tarik las baja karbon ST 41 mencapai 353,168 MPa, sedangkan dengan menggunakan arus 120 ampere nilainya turun menjadi 306,853 Mpa.
2. Nilai pengujian tarik hasil lasan baja karbon ST 41 menggunakan kuat arus 140 ampere mengalami penurunan yaitu 343,117 Mpa, dikarenakan penggunaan arus yang terlalu besar menyebabkan penetrasi elektroda tinggi sehingga elektroda yang mencair tidak sepenuhnya masuk kedalam kampuh dan menyebabkan porositas (rongga) pada hasil lasan.
3. Foto makro spesimen hasil uji lasan pada baja ST 41 setelah di uji tarik menunjukkan bahwa karakteristik patahan yang getas. Karena struktur patahan setiap spesimen relatif rata.
4. Semakin besar arus pengelasan maka penetrasi kawat elektroda menembus logam induk lebih dalam.
5. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, proses pengelasan Baja ST 41 dengan elektroda E6013 menggunakan metode las SMAW dapat diaplikasikan untuk konstruksi jembatan. Karena tegangan tarik maksimal lebih dari 296,378MPa.

SARAN

Sebaiknya pengelasan menggunakan elektroda E6013 pada baja ST 41 menggunakan arus 130 ampere, karena hasil yang didapatkan akan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Agus Suprapto, Rudi Ismanto. (2010). *Mekanisme Kegagalan Roda Gigi*. Vol 6, Edisi 1.

[2] Fenoria. 2010. *Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Jarak Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik, Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda 6013*. Jurnal Austernit Vol 2, No 2.

[3] Hani Agustono. (2019). *Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Sambungan Las Baja ST 41 Dengan Media Pendingin Oli Sae 10W-40*. Skripsi Universitas Medan Area. Medan.

[4] Raharjo, Samsudi & Rubijanto J.P. 2012. Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*. Jurnal FT UMS, 1412-9612.

[5] Siswanto. 2011. *Konsep Dasar Teknik Las (Teori dan Praktik)*. Jakarta: P.T.Prestasi Pustakarya. 2011.

[6] Suherman. 2012. *Ilmu Logam I*. Institu Teknologi Sepuluh November: Surabaya.

[7] Teguh wiyono. (2012). *Penentuan Pengelasan Dissimiliar Allumunium Dan Pelat Baja*.