

ANALISA UJI TARIK MATERIAL BAJA SS400 PADA SAMBUNGAN LAS FCAW DENGAN VARIASI SETTING PARAMETER DAN VOLTASE

**Muhamad Sukis^{1*}, Galih Wibisono², Muhammad Ibnu Rusydi³, Ramadana Maulana
Putra⁴, Dedi Khoirul Akbar⁵.**

^{1,2}Universitas Al Hikmah Jepara

³Politeknik Gajah Tunggal

⁴Universitas Muria Kudus

⁵Mahasiswa Universitas Al Hikmah Jepara

*Korespondensi: sukis.muh.13@gmail.com

ABSTRAK

Baja SS 400 adalah jenis baja karbon rendah yang mempunyai kadar karbon dibawah 0,3%. Pada bidang perkapalan baja karbon rendah merupakan bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, seperti pada konstruksi lambung kapal. Salah satunya adalah pengelasan FCAW pada proses ini merupakan las busur gas yang masih masuk dalam kategori Pengelasan Metal Inert Gas Welding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil kekuatan uji Tarik dari sambungan las baja ss 400 dengan kampuh single V butt-joint dan posisi pengelasan vertical up 3G dengan beberapa settingan parameter Ampere dan Voltase yang bervariasi yakni (Ampere/Voltase) 130/20.0, 145/21.5, dan 160/23.5. Penerapan Variasi parameter 120 ampere, 140 ampere dan 160 ampere memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil las. Peningkatan parameter mengakibatkan penetrasi las yang lebih dalam. Uji Tarik 120 ampere memiliki yield stress terkecil sebesar 255.69 MPa, sedangkan untuk nilai yield stress tertinggi adalah 160 ampere dengan nilai yield stress sebesar 271.77 MPa.

Kata kunci: Baja SS 400, Pengelasan FCAW, Posisi Pengelasan, Jenis Kampuh, Tarik

ABSTRACT

SS 400 steel is a type of low carbon steel that has a carbon content below 0.3%. In the shipping sector, low carbon steel is the main material for making ship construction, such as in the construction of ship hulls. One of them is FCAW welding in this process is a gas arc welding which is still included in the Metal Inner Gas Welding category. This study aims to determine the comparison of the results of the tensile test strength of the ss 400 steel welded joint with a single V butt-joint weld and a vertical up 3G welding position with several varying Ampere and Voltage parameter settings, namely (Ampere / Voltage) 130 / 20.0, 145 / 21.5, and 160 / 23.5. The application of parameter variations of 120 amperes, 140 amperes and 160 amperes has a significant effect on the quality of the weld results. Increasing the parameters results in deeper weld penetration. The 120 ampere tensile test has the smallest yield stress of 255.69 MPa, while the highest yield stress value is 160 ampere with a yield stress value of 271.77 MPa.

Keywords: SS 400 Steel, FCAW Welding, Welding Position, Weld Type, Tensile

PENDAHULUAN

Pengelasan adalah tahap inti dari rangkaian proses fabrikasi. Berdasarkan definisi dari Deutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan merupakan proses menggabungkan dua potongan bajabersama-sama dengan memanaskannya ke titik dimana material pengisi (filler) melebur dengan logam dasar dan menjadi satu bagian yang tersambung.(S. Sidhu and S. S. Chatha, 2012.)

Dalam konstruksi kapal baja ss 400 sangat diperlukan karena merupakan bahan utama dari konstruksi kapal tersebut. Baja Karbon Rendah merupakan jenis baja yang sering digunakan untuk pembuatan konstruksi yang memerlukan sifat keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Dengan kekerasan 95-145 Brinell dan kekuatan tarik 320 550 MPa, baja karbon rendah sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kapal, jembatan, rangka dan struktur konstruksi bangunan dan juga mesin.(Primasatya, A. F. 2009)

Dalam pengelasan ada penggolongan posisi dalam pengelasan. Posisi pengelasan tersebut adalah 1G, 2G, 3G, dan 4G. Dari penggolongan tersebut pada dasarnya posisi pengelasan secara garis besar digolongkan pada posisi down hand, horizontal, vertical, dan over head. Terlebih lagi pada proses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu konstruksi memerlukan pengelasan yang berurutan yang cepat dengan posisi yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi tersebut, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan. (Qomari Dkk. 2015)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa baja SS 400 dengan jenis kampuh V dan posisi pengelasan 1G memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 410 MPa, rata-rata regangan sebesar 41,67%, dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 6,79 GPa. Dan memiliki tegangan tekuk sebesar 569,41 MPa. Baja SS 400 dengan jenis kampuh V posisi pengelasan 2G memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 411,66 MPa, rata-rata regangan sebesar 42,66%, dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 6,83 GPa. Dan memiliki tegangan tekuk sebesar 541,68 MPa. Baja SS 400 dengan jenis kampuh U posisi pengelasan 1G memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 377 MPa, rata-rata regangan sebesar 39,33%, dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 6,45 GPa. (Mathews Yose Pratama, Dkk 2019)

Penelitian sebelumnya yang lainnya ialah penelitian tentang sambungan T-Joint las baja SS 400 (mild steel) menggunakan jenis pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding) dengan variasi posisi pengelasan yang menunjukkan hasil bahwa kekuatan tekan maksimal yang dihasilkan sebesar 436,36 MPa pada posisi pengelasan 3F dan hasil pengujian visual adanya perbedaan dari kedalaman penembusan dan luasan kampuh las yang terbentuk.(Jokosisworo, Sarjito. 2010)

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah bagaimana hasil uji kekuatan tarik, tekuk, dan mikrofografi yang terjadi pada material baja SS 400 setelah pengelasan FCAW dengan jenis kampuh single V butt-joint dan posisi pengelasan Vertical Up 3G. Sebagai acuan dalam penelitian ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan maka batasan masalah yang digunakan adalah baja yang digunakan adalah tipe baja SS 400 dengan tebal pelat baja SS 400 10 mm dan jenis

pengelasan menggunakan las FCAW. Sambungan pengelasan menggunakan jenis sambungan single V-Butt joint 60° Vertical Up 3G. Untuk logam pengisi/elektroda (Filler metal) yaitu AWS A5.20 E71-T dan gas pelindung CO₂. Pengujian tarik dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muria Kudus pengujian tarik ASTM E8, pengujian tekuk dengan standar ASTM E190-14. Pengujian di laboratorium menggunakan sampel dengan total 3 buah spesimen, dan penelitian ini hanya dilakukan dengan pengujian tanpa analisis dengan software. Hasil akhir penelitian yang di harapkan adalah di dapatkan variabel settingan parameter ampere dan voltase pada proses pengelasan FCAW dengan material baja SS400 yang paling tepat dan proporsional untuk di terapkan, sehingga di dapat ketangguhan dan visualisai hasil pengelasan yang baik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan pengumpulan data dari jurnal, buku-buku referensi, modul, artikel, internet, dan studi lapangan secara langsung. Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah Baja SS 400, dimana jenis baja ini merupakan jenis baja karbon rendah yang sering digunakan untuk rangka konstruksi, termasuk rangka konstruksi dalam bangunan kapal seperti kontruksi lambung kapal



Gambar 1. Plat Baja SS 400

Menurut DIN (Deutch Industrie Normen) las adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat di artikan bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Pengelasan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, yaitu SMAW (Shield Metal Arc Welding), GTAW (Gas Metal Arc Welding), GMAW (Gas Metal Arc Welding), FCAW (Flux Cored Arc Welding), dan metode - metode lainnya.

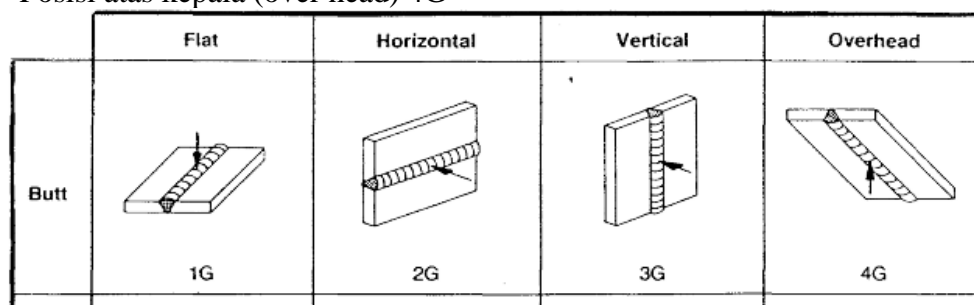
Proses pengelasan FCAW memiliki beberapa keuntungan yaitu tingkat deposisi yang tinggi, lebih sederhana dari SAW, tidak membutuhkan skill operator yang tinggi seperti GMAW, produktifitas lebih tinggi dari SMAW, dan wujud permukaan yang bagus. (T. Kannan and N. Murugan, 2006.)

Pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas CO₂ sebagai pelindung busur. Las FCAW adalah proses

otomatis yang memanfaatkan elektroda wire roll untuk mencairkan logam (Dora, R. S. P., 2011.)

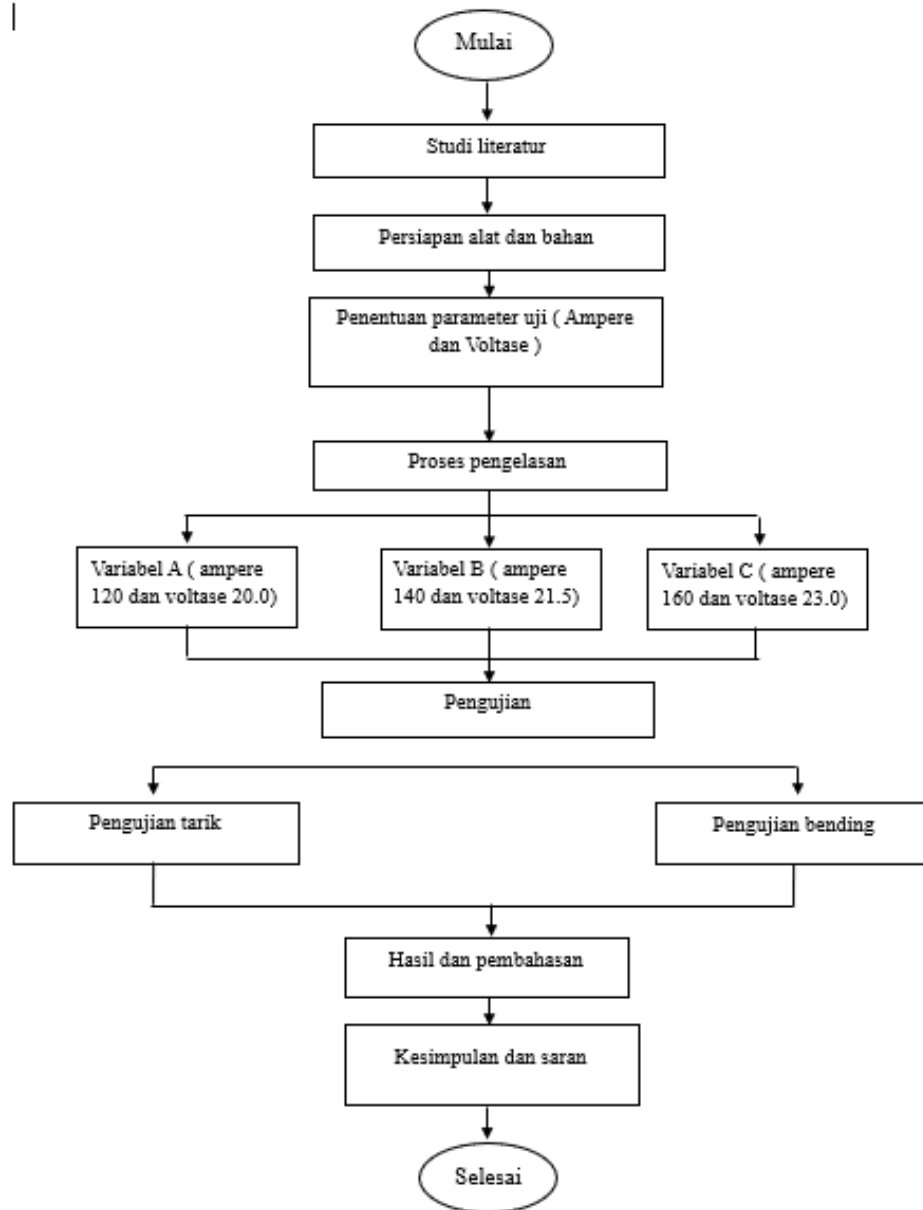
Secara umum posisi pengelasan ini dibedakan berdasarkan posisi material, jalur las, elektroda dan juru las. Pada keterangan berikut akan disebutkan macam posisi pengelasan beserta gambar.

1. Posisi bawah tangan (down hand) 1G
2. Posisi mendatar (horizontal) 2G
3. Posisi tegak (vertical) 3G
4. Posisi atas kepala (over head) 4G



Gambar 2. Posisi Pengelasan

Diagram Penelitian



Variabel Penelitian

Ada beberapa Variabel dalam penelitian yang di lakukan oleh penulis. Beberapa Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variable bebas, variable tetap, dan variable control.

a. Variabel Bebas

Variable bebas adalah variable yang sengaja dipelajari pengaruhnya terhadap variable terikat. Dalam hal ini variable bebasnya adalah variasi penerapan parameter ampere dan voltase pada proses pengelasan FCAW, yaitu :

1. Ampere 120, Voltase 20.0
2. Ampere 140, Voltase 21.5

3. Ampere 160, Voltase 23.0

b. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah semua faktor yang mempengaruhi Karakteristik benda kerja yang dikenai perlakuan tetapi diabaikan. Faktor-faktor yang dimaksud adalah

1. Pengelasan yang akan digunakan yakni Fluks Cored Arc Welding (FCAW).
2. Posisi pengelasan yang akan di terapkan yakni 3G Vertical UP.
3. Wire Elektroda yang akan digunakan yakni E 71T-1 dengan diameter 1,2mm.
4. Gas pelindung busur las yang akan digunakan yakni Karbon dioksida (CO₂).

c. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah suatu variable yang ditentukan atau dipengaruhi oleh variable bebas. Dalam penelitian ini variable terikatnya adalah uji Tarik.

Persiapan Penelitian

Beberapa alat dan material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Alat dan material untuk proses pengelasan

1. Mesin las tipe MIG/MAG support FCAW dan perlengkapan pendukung lainnya meliputi holder gun, tang massa, consumable part, dll.
2. Meja Kerja Pengelasan berikut dengan pencekam media kerja.
3. Gas Karbon dioksida (CO₂) sebagai pelindung busur Las.
4. Wire Elektrode tipe E 71T-1 dia.1,2mm (support gas) sebagai elektroda sekaligus logam pengisi area pengelasan,
5. Material Baja Karbon SS400 dengan spesifikasi ukuran yang telah di tentukan sebagai material utama dalam penelitian.
6. Backing ceramic dengan ukuran 10mm sebagai penahan penetrasi logam las.
7. Alat support pekerjaan meliputi Gerinda dengan beberapa macam mata cutting, palu terak, sikat baja, tang potong, tang pelintir, alat ukur, majun, dll.
8. Alat pelindung Diri untuk Juru Las yang meliputi wearpack pengelasan, kedok las, apron set , masker respirator, earplug, sepatu safety, dll.

b. Alat untuk mempersiapkan specimen uji

1. Jangka sorong dan mistar digunakan untuk memastikan dimensi specimen yang dibuat telah sesuai.
2. Laser cutting digunakan untuk memotong lembaran pelat material sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan.
3. Mesin Skrap digunakan untuk membuat bevel kampuh jenis V (single V-butt joint) dengan sudut kemiringan yang telah di tentukan.
4. Mesin gerinda digunakan untuk support finishing material, seperti menghaluskan sisa pemotongan laser cutting atau permukaan bevel yang masih kasar seusai di skrap.

Persiapan Pengujian

Langkah – langkah dalam menyiapkan spesimen pengujian pengelasan adalah sebagai berikut..

1. Mempersiapkan semua alat dan bahan sampai dengan lengkap
2. Memakai APD lengkap dan berdoa sebelum memulai pekerjaan
3. Membersihkan material dari kotoran sisa cutting, karat, gemuk, dll sebelum di joint
4. Joint tack weld total 24 material plat menjadi 12 specimen pengelasan dengan atau tanpa jig pembantu dan di beri celah gap untuk penetrasi 4-5mm
5. Memasang backing ceramic pada bagian belakang celah gap untuk menahan penetrasi
6. Setelah semua material di joint tack weld, di lanjut mempersiapkan mesin las yang akan di pakai, memastikan regulator gas terbuka dengan settingan flow 12 L/mnt
7. Mencekam material pada meja kerja sesuai dengan posisi pengelasan yang telah di tentukan.
8. Mulai pengelasan specimen pertama, diawali dengan settingan parameter variable terkecil yang telah di tentukan yakni Ampere/Voltase 130/20.0
9. Di lanjut pada specimen kedua dan ketiga dengan variable settingan parameter yang telah di tentukan.
10. Memberi tanda pada setiap spesimen sebagai acuan saat pengujian.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan september 2025. Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material sebelum di lakukan pengelasan akan dilaksanakan di Welding Shop SMK NU Ma'arif Kudus
2. Proses pengelasan untuk pembuatan spesimen akan di laksanakan di Welding Shop SMK NU Ma'arif Kudus
3. Pengujian *Tensile Strenght* akan dilakukan di laboratorium Uji Mekanik Universitas Muria Kudus

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi Bahan

Uji komposisi bahan sangat penting dilakukan sebagai validasi untuk menentukan tingkat kesesuaian jenis bahan yang digunakan pada penelitian ini. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Baja karbon rendah SS 400. Hasil yang didapatkan dari proses pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi

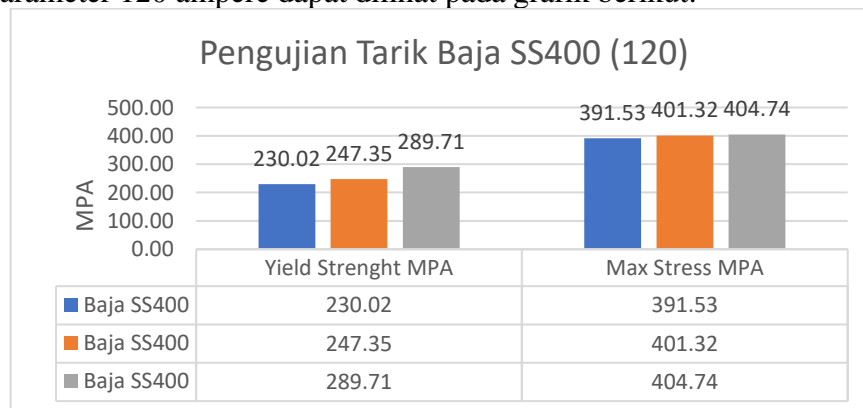
NO	Unsur	Kandungan %
1	Fe Ferrum	98,98
2	C Carbon	0,20
3	Si Silikon	0,09
4	Mn Mangan	0,53

5	P Phosporus	0,10
6	Si Sulfur	0,04
7	Cr Chromium	0,03
8	Ni Nickel	0,03

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen tersebut mengandung unsur penyusun utama besi (Fe) = 98,98%, mangan (Mn) = 0,53% yang berguna untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan, silisium (Si) = 0,09% yang berpengaruh meningkatkan kemampuan keseluruhan, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan karat. Sedangkan unsur-unsur lain yang didapatkan yaitu : karbon (C) = 0,200%, fosfor (P) = 0,100%, nikel (Ni) = 0,030%, sulphur (S) = 0,040%, khrom (Cr) = 0,030%. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sudah sesuai dengan kriteria baja SS 400 (Low Carbon Steel).

Hasil Pengujian Tarik baja SS400 120 Ampere

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik yang menghasilkan nilai kekuatan tarik. Dimana nilai kekuatan tarik akan diolah untuk mendapatkan data yang sesuai. Di bawah ini adalah gambar hasil dari specimen yang sudah di bentuk dan di uji sesuai dengan standar ASTM E-8 Data pengujian di bawah ini di dapatkan dari hasil pengujian Tarik dengan parameter yang di terapkan pada specimen adalah 120 ampere dan 3 kali percobaan pada sampel yang sama. Nilai kekuatan Tarik pada parameter 120 ampere dapat dilihat pada grafik berikut.



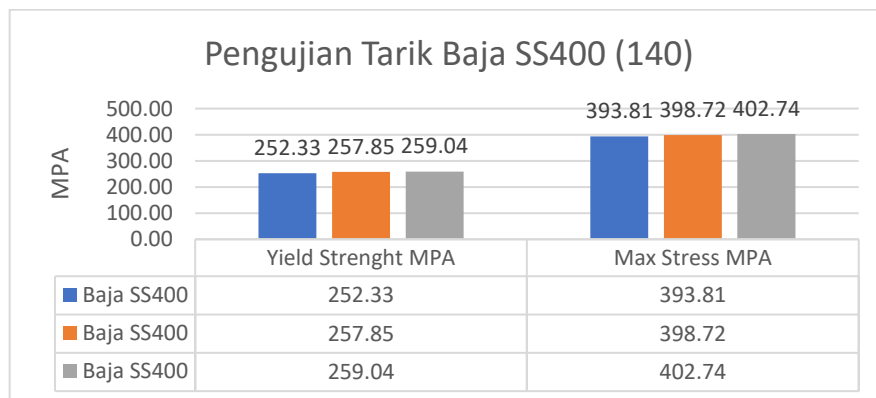
Gambar 4. Hasil Pengujian Tarik 120 Ampere

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa Sampel No. 1 dengan warna biru memiliki keuletan dan daya tahan tarik terbaik, dengan yield strenght (230.02), Max. Stress sebesar 391.53 MPa, menjadikannya material yang paling optimal dalam hal deformasi plastis dan ketahanan terhadap beban tarik. Sampel No. 2 dengan warna orange memiliki Yield Stress tertinggi 247.35 Mpa. Dan Max. Stress tertinggi 401.32 MPa, menunjukkan kekuatan tarik terbaik, namun dengan Elongation yang sedikit lebih rendah (10.709%), menjadikannya lebih kaku dibandingkan Sampel 1. Sementara itu, Sampel No. 3 dengan silver memiliki kekuatan tarik dan keuletan paling tinggi, dengan Yield Stress 289.71 MPa, Max. Stress 404,74 MPa, menunjukkan bahwa material ini paling kuat diantara sampel 1 dan 2 dan memiliki

kemampuan deformasi paling besar sebelum patah. Perbedaan karakteristik ini kemungkinan disebabkan oleh variasi dalam struktur mikro, distribusi panas selama perlakuan, atau ketidaksempurnaan dalam material itu sendiri.

Hasil pengujian Tarik baja SS400 140 Ampere

Data pengujian di bawah ini di dapatkan dari hasil pengujian Tarik dengan parameter yang di terapkan pada specimen adalah 140 ampere dan 3 kali percobaan pada sampel yang sama. Nilai kekuatan Tarik pada parameter 120 ampere dapat dilihat pada grafik berikut.

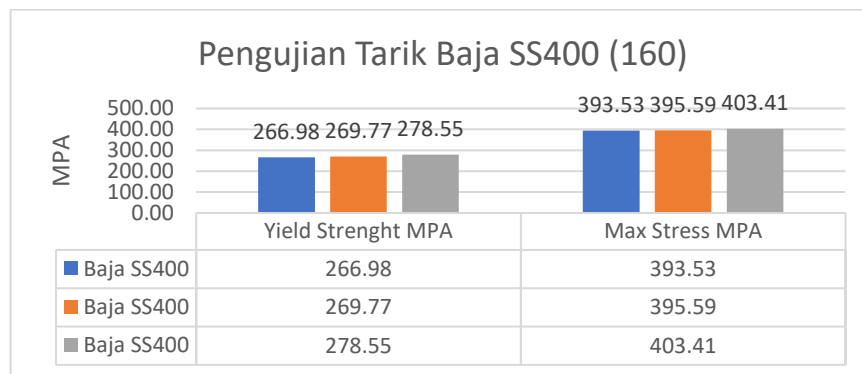


Gambar 5. Hasil Pengujian Tarik 140 Ampere

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa Sampel No. 1 dengan warna biru memiliki keuletan dan daya tahan tarik terbaik, Max. Stress sebesar 393.81 MPa, dan yield strength 252.33 menjadikannya material yang paling optimal dalam hal deformasi plastis dan ketahanan terhadap beban tarik. Sampel No. 2 dengan warna orange memiliki Yield Stress tertinggi 257.85 Mpa. Dan Max. Stress tertinggi 398.72 MPa, menjadikannya lebih kaku dibandingkan Sampel 1. Sementara itu, Sampel No. 3 dengan silver memiliki kekuatan tarik dan keuletan paling tinggi, dengan Yield Stress 259.04 MPa, Max. Stress 402,74 MPa, menunjukkan bahwa material ini paling kuat diantara sampel 1 dan 2 dan memiliki kemampuan deformasi paling besar sebelum patah. Perbedaan karakteristik ini kemungkinan disebabkan oleh variasi dalam struktur mikro, distribusi panas selama perlakuan, atau ketidaksempurnaan dalam material itu sendiri.

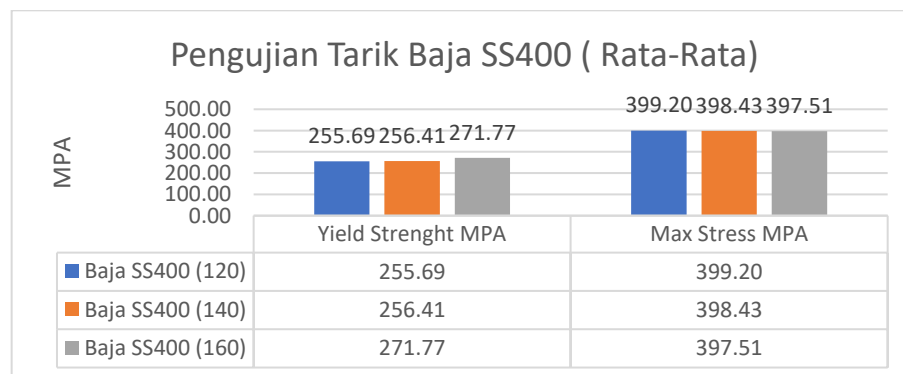
Hasil pengujian Tarik baja SS400 160 Ampere

Data pengujian di bawah ini di dapatkan dari hasil pengujian Tarik dengan parameter yang di terapkan pada specimen adalah 120 ampere dan 3 kali percobaan pada sampel yang sama. Nilai kekuatan Tarik pada parameter 120 ampere dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 6. Hasil Penguujian Tarik 160 Ampere

Hasil Rata – rata Penguujian Tarik



Gambar 7. Nilai Rata Rata hasil dari penguujian Tarik

Berdasarkan data gambar uji tarik diatas pada material dengan variasi perlakuan (120, 140, dan 160 Ampere). Uji Tarik 160 Ampere memiliki yield strenght tertinggi sebesar 271.77 MPa, diikuti oleh Uji Tarik 140 Ampere sebesar 256.41 MPa, dan yang terendah adalah Uji Tarik 120 Ampere sebesar 255.69 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa material pada kondisi Uji Tarik 120 Ampere memiliki ketahanan awal terhadap deformasi yang paling tinggi. Tegangan maksimum tertinggi terdapat pada Uji Tarik 120 Ampere dengan 399.20 MPa, disusul Uji Tarik 140 Ampere dengan 398.43 MPa, dan yang terendah pada Uji Tarik 160 Ampere sebesar 397.51 MPa. Ini mengindikasikan bahwa material pada Uji Tarik 120 Ampere mampu menahan tegangan yang terbaik sampai sebelum putus namun 160 Ampere lebih baik karena memiliki ketahanan luluh sebelum deformasi yang paling tinggi dan memiliki kemampuan menahan tegangan sebelum putus yang nilainya tidak jauh dari 2 spesimen lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Pengaruh Setting Parameter Ampere Dan Foltase Pada Proses Pengelasan FCAW Dengan Material Baja SS400, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penerapan Variasi parameter 120 ampere, 140 ampere dan 160 ampere memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil las. Peningkatan parameter mengakibatkan penetrasi las yang lebih dalam,
2. Uji Tarik 120 ampere memiliki yield stress terkecil sebesar 255.69 MPa, sedangkan untuk nilai yield stress tertinggi adalah 160 ampere dengan nilai yield stress sebesar 271.77 MPa.
3. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa ukuran butir logam hasil las cenderung lebih padat dan halus pada parameter 160 ampere, sedangkan pada arus 120 ampere terlihat sedikit berongga atau tidak rapat dan kasar.

DAFTAR PUSTAKA

- S. Sidhu and S. S. Chatha, 2012.. Role of shielded metal arc welding consumables on pipe weld joint,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng*, vol. 2,, pp. pp. 746–750.
- Primasatya, A. F. 2009. Pengukuran Besarnya Distorsi Angular dan Tegangan Sisa Pada Baja JIS G3101-SS 400 dengan Menggunakan Proses Pengelasan FCAW.
- Qomari, Achmad Nurul, Solicin dan Prihanto Tri Hutomo. 2015. Pengaruh Pola Gerakan Elektrode dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekerasan Hasil Las Pada Baja ST60. *Jurnal Teknik Mesin – Tahun 23 No.2 – Universitas Negeri Malang*.
- Jokosisworo, Sarjito. 2010. Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan T-Joint Pengelasan Fillet Dengan Las FCAW Pada Plat Mild Steel. *Jurnal Perkapalan Vol. 7, No 2. Universitas Diponegoro. Semarang*.
- Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Sarjito Jokosisworo. 2019. Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan *Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 7, No. 4 Juli 2019*.
- Dora, R. S. P., 2011. Analisa Kekuatan Material SS400 Pengaruh Preheat dan PWHT dengan menggunakan Metode Simulasi dan Uji tarik. *Metallography and Microstructure. 2004. ASM Metals Handbook, Vol 9*.
- ASTM E8/E8M-09. 2009. Standard Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate. USA.
- ASTM E190-14. 2014. Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds