



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Kecepatan Pengelasan SAW terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Sambungan Baja SS 400

Diontius Nainggolan¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾

¹⁾Laboratorium Teknologi Material, Las dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : diontiusnainggolan02@gmail.com, parlin7421@gmail.com, arikapal175@gmail.com

Abstrak

Material Baja SS 400 sering digunakan dalam dunia perkapalan karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi karena mengandung sedikit karbon. Pengelasan SAW sering digunakan dalam industri perkapalan karena memberikan hasil akhir yang halus pada objek, dan juga karena produktivitas yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik dan struktur mikro pengelasan SAW pada baja SS 400 setelah proses pengujian dengan bentuk spesimen berdasarkan standar ASTM dan perlakuan kuat arus 300 A, 325 A, 350 A dan kecepatan las 20 m/h, 25 m/h, dan 30 m/h. Penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen dengan arus 350 A dan kecepatan las 20 m/h memiliki nilai tegangan tarik tertinggi yaitu sebesar 519 MPa, regangan tarik 28,9 % dan modulus elastisitas 47,97 GPa, spesimen dengan kuat arus 300 A dan kecepatan las 30 m/h memiliki nilai tegangan tarik terendah yaitu sebesar 399 MPa, regangan tarik 19,1 %, dan modulus elastisitas 55,23 GPa. Pada spesimen kuat arus 350 A dan kecepatan las 20 m/h memiliki struktur mikro yang lebih baik daripada spesimen lainnya. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah hasil lasan terbaik terdapat pada baja SS 400 dengan pengelasan SAW menggunakan kuat arus 350 A dan kecepatan las 20 m/h.

Kata Kunci : Arus Listrik, Kecepatan Pengelasan, SAW, Baja SS 400, Uji Tarik, Uji Mikrografi

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri saat ini, banyak produk manusia mengalami perkembangan yang signifikan. Banyak dari produk-produk tersebut terbuat dari bahan logam. Memberikan sentuhan akhir atau perlakuan permukaan yang sesuai pada barang-barang logam ini menjadi hal penting, baik untuk meningkatkan aspek estetis maupun ketahanan. Baja, sebagai salah satu jenis logam yang umum digunakan dalam industri teknik, memiliki berbagai jenis dengan karakteristik yang beragam. Penggunaan baja sangat luas dan mencakup berbagai sektor, termasuk industri perkapalan.

Baja karbon rendah SS 400 (ST 37) termasuk dalam kategori baja yang tidak memiliki tingkat kekerasan yang tinggi karena mengandung sedikit karbon. Baja ini disebut juga sebagai baja ringan

yang memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja SS 400 termasuk dalam kategori baja karbon rendah dan banyak digunakan dalam industri perkapalan yaitu untuk proses konstruksi pada perkapalan.[1]

Proses pengelasan adalah metode untuk menghubungkan logam dengan melelehkan sebagian dari logam dasar dan logam pengisi, dengan atau tanpa tambahan logam lainnya, untuk menghasilkan struktur logam yang bersatu.[2]

Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW) adalah salah satu metode pengelasan busur listrik di mana prosesnya melibatkan pemanasan dan peleburan material serta elektroda oleh busur listrik yang terjadi di antara material logam induk dan elektroda. Pengelasan SAW menawarkan produktivitas yang tinggi karena prosesnya bersifat otomatis, tetapi memiliki beberapa keterbatasan, yaitu hanya dapat dipakai pada posisi 1F, 2F dan

1G dengan sambungan panjang dan lurus. Selain itu, pengelasan ini tidak direkomendasikan untuk pelat dengan ketebalan di bawah 10 mm karena masukan panas yang tinggi dan dapat merusak material.[3]

Penelitian sebelumnya telah menguji pengaruh kuat arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada baja ST 40. Hasilnya menunjukkan bahwa arus las yang paling sesuai pada baja ST 40 dengan pengelasan SAW adalah 100 A, dengan rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi yang didapatkan 470,11 MPa dan nilai modulus elastisitas 45,80 GPa.[4]

Penelitian sebelumnya yang berjudul '*Effect of arc voltage, welding current and welding speed on fatigue life, impact energy and bead penetration of AA6061 joints produced by robotic MIG welding*' bertujuan untuk mengevaluasi umur fatik energi tumbukan dan penetrasi manik pada pelat AA6061 dengan parameter tegangan busur, arus pengelasan dan kecepatan pengelasan yang berbeda. Hasil yang diperoleh dari yaitu umur fatik dari logam las menurun secara jelas dengan meningkatnya tegangan busur antara 20 dan 26 V dan arus pengelasan antara 110 dan 150 A, sedangkan pengaruh kecepatan pengelasan terhadap umur fatik berbanding terbalik dengan parameter lainnya. Ketika kecepatan pengelasan meningkat, umur fatik logam las juga meningkat. Input panas pengelasan meningkat dengan meningkatkan tegangan busur, arus pengelasan dan menurunkan kecepatan pengelasan. Energi impact dari logam las sedikit meningkat dan kemudian turun secara signifikan seiring dengan meningkatnya masukan panas pengelasan. Nilai maksimum energi impact untuk logam las pada penelitian ini adalah 94,32 J yang diperoleh untuk kondisi $I = 130$ A, $V = 26$ V, dan $S = 60$ cm/menit.[5]

Penelitian lainnya yang berjudul "Pengaruh Perubahan Arus dan Kecepatan serta Kelembapan Flux Terhadap Hasil Impact dan Kekerasan serta Macrostructure Fillet Weld Hasil Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW)" melakukan beberapa kali percobaan dalam penelitiannya. Percobaan pertama, dilakukan dengan memvariasikan parameter arus dan kecepatan untuk menghasilkan heat input yang sama sedangkan potensial dibuat sama. Percobaan kedua, dilakukan dengan memvariasikan kecepatan sedangkan parameter lain dibuat konstan sehingga menghasilkan heat input yang berbeda. Sedangkan untuk percobaan ketiga, dilakukan dengan memvariasikan kelembapan. Dari pengujian didapatkan bahwa dengan memvariasikan arus dan kecepatan untuk mendapatkan heat input yang sama menghasilkan

dimensi HAZ yang berbeda. Dengan menggunakan flux yang lembap, maka akan terbentuk cacat berupa porositas. Hasil uji impact didapat impact strength tertinggi pengelasan terdapat pada kecepatan 33 cm/min, arus 350 A dan kelembapan flux 0 %. Nilai kekerasan di daerah weld metal dan HAZ untuk seluruh specimen menunjukkan tipikal yang sama kecuali pada specimen F2.[6]

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melihat perbedaan pada kekuatan tarik dan perubahan struktur mikro pada material baja SS 400 menggunakan tipe las SAW dengan perlakuan kuat arus dan kecepatan pengelasan yang berbeda.

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk buku referensi, jurnal, artikel modul, dan internet, serta melalui pengamatan di lapangan.

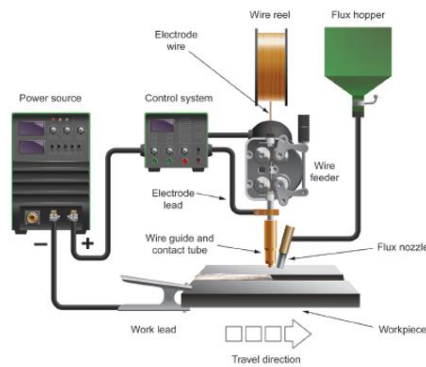
Objek yang digunakan adalah baja SS 400, baja karbon rendah yang umum dipakai dalam konstruksi perkapalan.



Gambar 1. Material Baja SS 400

Pengelasan merupakan metode penggabungan berbagai jenis material baik logam ataupun non-logam yang melibatkan pemanasan untuk melelehkan sebagian dari bahan material dan elektroda. Proses ini dapat menggunakan tekanan serta dengan atau tanpa elektroda, dan mendapatkan sambungan yang bersifat kontinu.[7]

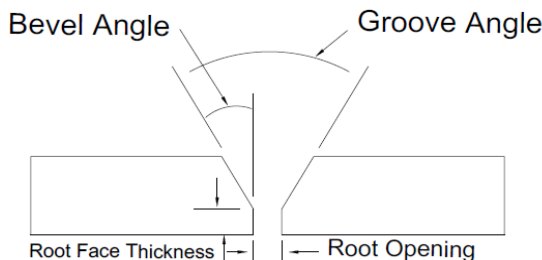
Las SAW adalah jenis metode pengelasan busur listrik yang melibatkan pemanasan serta pencelupan benda kerja dan logam pengisi atau elektroda oleh busur listrik yang terbentuk antara logam induk dan elektroda. Dalam proses ini, fluks berbentuk pasir digunakan untuk melindungi logam pengisi yang meleleh dari paparan udara luar, memastikan kualitas pengelasan yang baik. Pengelasan SAW sering diterapkan dalam industri perkapalan, terutama untuk pembangunan kapal baru, guna menyambung plat lambung dan komponen lainnya.



Gambar 2. Skema Las SAW

Las SAW memberikan produktivitas dan keefektifan yang tinggi karena bersifat otomatis. Meskipun demikian, ada beberapa batasan pada jenis pengelasan ini, termasuk hanya dapat digunakan pada posisi tertentu dan untuk sambungan lurus dan panjang. Selain itu, penggunaan SAW untuk plat dengan ketebalan di bawah 10 mm tidak direkomendasikan karena panas yang dihasilkan tinggi, yang dapat menyebabkan kerusakan pada material.[8]

Penelitian tugas akhir ini menggunakan jenis sambungan *Single V-Butt Joint 60°*, karena memiliki beberapa keuntungan teknis seperti efisiensi pengelasan, pengendalian aliran logam filler untuk mengurangi resiko terbentuknya cacat las, pengurangan resiko distorsi selama pengelasan, dan penerimaan cairan logam yang lebih baik



Gambar 3. *Single V-Butt Joint 60°*

Kualitas dan mutu pada sambungan las memiliki peran penting untuk menunjukkan kekuatan dari hasil sambungan las tersebut. Kualitas sambungan yang baik dapat dihasilkan dengan proses las yang tepat, yang menghasilkan masukan panas yang baik. Masukan panas dalam proses las ditentukan oleh berbagai faktor seperti, arus listrik, tegangan busur dan kecepatan las.

$$HI = \frac{60 \times E \times I}{v} \quad (1)$$

Dimana, HI adalah *Heat Input* (Joule/cm), E adalah Tegangan Busur (*volt*), I adalah Kuat Arus (*Ampere*) dan v adalah Kecepatan Las (cm/menit).

Uji tarik merupakan jenis metode uji destruktif yang digunakan untuk melihat kekuatan tarik dari material tersebut. Kekuatan tarik dapat diukur dengan memerhatikan saat gaya tarik berimpit dengan sumbu bahan, sehingga menghasilkan beban tarik yang seragam. Dalam pengujian tarik dihasilkan beberapa sifat yaitu :

1. Tegangan tarik maksimum (σ)
Menunjukkan nilai tegangan tarik maksimum yang sanggup diterima oleh spesimen sebelum terjadi patahan.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2)$$

Dimana , A_0 adalah Luas Penampang mula-mula (mm^2), P adalah Beban Maksimum (N), dan σ adalah tegangan tarik maksimum (N/mm^2).

2. Regangan maksimum (ϵ)
Yaitu nilai perubahan pada panjang pada spesimen terhadap panjang awal sesudah terjadi patahan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana, ϵ adalah Regangan (%), L_0 panjang awal (mm), dan L_i adalah panjang setelah patah (mm)

3. Modulus elastisitas (E)
Menunjukkan seberapa besar material mengalami deformasi.

$$E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_y} \quad (4)$$

Dimana, ϵ adalah Regangan (%), σ_p adalah batas proporsionalitas (KN/mm^2), dan E adalah modulus elastisitas (Mpa).[9]

Uji tarik mengungkapkan beberapa kejadian perpatahan ulet dan getas yang dapat diamati dengan mata secara langsung.[10]

Pengujian mikrofografi adalah metode visual yang digunakan untuk mengamati struktur mikro dari logam atau paduan. Dengan melakukan uji mikrofografi, kita dapat melihat struktur mikro dari suatu material dengan memperjelas fasa pada material, untuk dapat diamati didokumentasikan dan diamati menggunakan mikroskop.[11]

2.2. Tahap Penelitian

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

A. Pengumpulan Bahan

Dimensi baja yang dipesan 250 mm x 350 mm dan 50 mm x 350 mm

B. Pemotongan Pelat

Dilakukan pemotongan menjadi 2 bagian pada masing-masing pelat.

C. Pembuatan Kampuh

Menggunakan jenis kampuh *Single V-butt Joint* 60°.

D. Pengelasan Baja

Detail yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Jenis Las : *Submerged Arc Welding*
- Mesin Las : ARMADA 1000 K
- Elektroda : F7A6-EM12K 3,2 mm
- Material : Baja SS 400

E. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen untuk uji tarik dilakukan mengikuti standar ASTM E8, 9 buah spesimen, dimensi 20 cm x 2 cm x 1 cm. Sementara itu, spesimen untuk uji mikrografi berdasarkan standar ASTM E3-11, 9 buah spesimen dengan dimensi 2,5 cm x 2,5 cm x 1 cm.

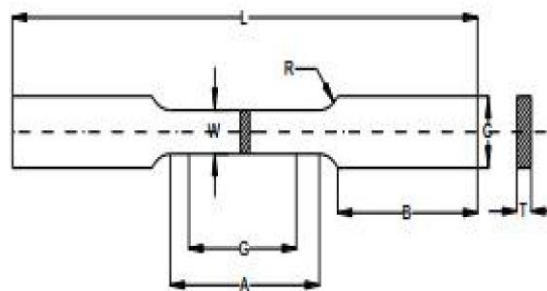
F. Proses Pengujian

Proses uji tarik dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal UNDIP Semarang. Mesin yang digunakan adalah "*Universal Tensile Machine*" yang terdapat di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Teknik Perkapalan, Semarang. Pengujian mikrografi dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin UNDIP Semarang. Mesin yang digunakan adalah "*Olympus BX53M*" yang terdapat di Laboratorium Material Teknik Mesin Undip, Semarang.

2.3. Parameter Penelitian

A. Parameter Tetap

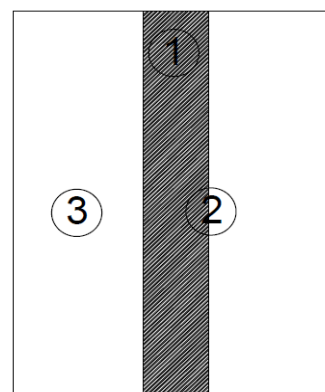
Menggunakan material baja SS 400, elektroda F7A6-EM12K 3,2 mm, tipe pengelasan SAW dengan ukuran spesimen:



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Tarik [12]

Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan	Panjang (m)
Width (W)	12,5
Length reduced section (A)	57
Thickness (T)	10
Overall length (L)	200
Width of grip section (C)	20
Radius of fillet (L)	12,5
Gage Length (G)	50



Gambar 5. Bentuk Spesimen Uji Mikro

Tabel 2. Spesimen Uji Mikro

Daerah	Keterangan
1	Las
2	HAZ
3	Base Metal

B. Parameter Perubahan

Parameter perubahan yang digunakan adalah variasi kuat arus 300 A, 325 A, 350 A, dan kecepatan las 20 m/h, 25 m/h, 30 m/h, pengujian tarik dan pengujian mikrografi

2.4. Lokasi Penelitian

Proses pengelasan SAW dilakukan di PT Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang. Sedangkan proses pengujian tarik dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal, UNDIP Semarang, dan uji mikrografi dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin UNDIP Semarang.

2.5. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu:

1. Mesin Las SAW
2. Mesin Uji Mikrografi
3. Mesin Uji Tarik
4. Elektroda F7A6-EM12K 3,2 mm
5. Baja SS 400
6. Kapur
7. Amplas
8. Penggaris
9. Gerinda

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Komposisi Bahan

Penting dilaksanakan untuk memvalidasi jenis material yang dipakai dalam penelitian tugas akhir ini.

Dalam penelitian ini, material yang dipakai adalah baja SS 400.

Tabel 3. Hasil Uji Komposisi

Unsur	Kandungan %	
Ni	Nickel	0,03
Mn	Mangan	0,53
P	Phosporus	0,10
C	Carbon	0,20
Si	Silicon	0,09
Cr	Chromium	0,03
S	Sulfur	0,04
Fe	Ferrum	98,98

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan unsur pembentuk utama yaitu Ferrum (Fe) = 98,98%, dan unsur mangan (Mn) = 0,53% berperan dalam peningkatan kekuatan dan kekerasan, unsur silisium (Si) = 0,09% berperan pada ketahanan terhadap karat dan panas. Selain itu, unsur-unsur lain yaitu: fosfor (P) = 0,100%, karbon (C) = 0,200%, nikel (Ni) = 0,030%, khrom (Cr) = 0,030%. sulfur (S) = 0,040%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa material baja SS 400 sesuai dengan kriteria baja yang dipakai dalam penelitian ini.

3.2. Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Uji tarik dilaksanakan pada tanggal 17 juni 2024 di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal, Teknik Perkapalan, UNDIP, Semarang dan mengikuti standar ASTM E8. Hasil yang diperoleh yaitu nilai tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dari sambungan las SAW dengan spesimen baja SS 400 menggunakan

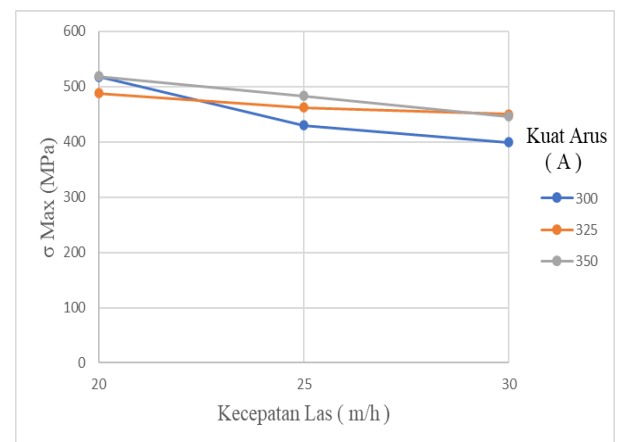
perlakuan kuat arus dan kecepatan las yang berbeda.

1. Tegangan Tarik

Setelah dilaksanakan pengujian pada spesimen uji diperoleh nilai tegangan tarik sebagai berikut:

Tabel 4. Data hasil pengujian tegangan tarik

Spesimen	Area (mm)	P Max (KN)	σ Max (MPa)	Upper Yield Strength (MPa)	Lower Yield Strength (MPa)
300 A 20 m/h	120	62,2	518	407	407
300 A 25 m/h	120	51,7	430	340	340
300 A 30 m/h	120	48	399	359	359
325 A 20 m/h	120	58,6	488	402	402
325 A 25 m/h	120	55,4	462	365	365
325 A 30 m/h	120	54,1	450	396	396
350 A 20 m/h	120	62,3	519	427	427
350 A 25 m/h	120	58	483	385	385
350 A 30 m/h	120	53,6	446	356	356



Gambar 6. Grafik Nilai Tegangan Tarik

Pada pengujian yang telah dilaksanakan, didapatkan bahwa baja SS 400 dengan perlakuan kuat arus 350 A dengan kecepatan pengelasan 20 m/h memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 519 MPa. Kemudian untuk nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu pada baja SS 400 dengan perlakuan kuat arus 300 A dan kecepatan 30 m/h dengan nilai kekuatan tarik sebesar 399 MPa.

Berdasarkan data yang telah diperoleh, juga didapatkan bahwa pada setiap penerapan variasi kuat arus yang sama pada setiap spesimen nilai kekuatan tariknya dipengaruhi oleh penerapan kecepatan las yang berbeda, semakin tinggi kecepatan las yang digunakan pada setiap spesimen

dengan penggunaan kuat arus yang sama semakin rendah nilai kekuatannya, berdasarkan data yang diperoleh baja SS 400 dengan kuat arus 300 A dan kecepatan las 20 m/h mempunyai kekuatan tarik sebesar 518 MPa, pada kuat arus 300 A dan kecepatan las 25 m/h kekuatan tariknya sebesar 430 MPa, dan pada kuat arus 300 A dan kecepatan las 30 m/h kekuatan tariknya 399 MPa, kemudian pada variasi kuat arus 325 A dengan kecepatan 20 m/h, kekuatan tariknya sebesar 488 MPa, pada kuat arus 325 A dan kecepatan las 25 m/h, kekuatan tariknya 462 MPa, dan pada kuat arus 325 A dan kecepatan las 30 m/h kekuatan tariknya 450 MPa, kemudian pada variasi kuat arus 350 A dan kecepatan las 20 m/h kekuatan tariknya 519 MPa, pada kuat arus 350 A dan kecepatan las 25 m/h, kekuatan tariknya 483 MPa dan pada kuat arus 350 A dan kecepatan las 30 m/h kekuatan tariknya sebesar 446 MPa.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang berjudul “*Effect of arc voltage, welding current and welding speed on fatigue life, impact energy and bead penetration of AA6061 joints produced by robotic MIG welding*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi umur fatik energi tumbukan dan penetrasi manik pada pelat AA6061 dengan parameter tegangan busur, arus pengelasan dan kecepatan pengelasan yang berbeda. Hasil yang diperoleh dari yaitu umur fatik dari logam las menurun secara jelas dengan meningkatnya tegangan busur antara 20 dan 26 V dan arus pengelasan antara 110 dan 150 A, sedangkan pengaruh kecepatan pengelasan terhadap umur fatik berbanding terbalik dengan parameter lainnya. Ketika kecepatan pengelasan meningkat, umur fatik logam las juga meningkat. Input panas pengelasan meningkat dengan meningkatkan tegangan busur, arus pengelasan dan menurunkan kecepatan pengelasan. Energi impact dari logam las sedikit meningkat dan kemudian turun secara signifikan seiring dengan meningkatnya masukan panas pengelasan. Nilai maksimum energi impact untuk logam las pada penelitian ini adalah 94,32 J yang diperoleh untuk kondisi I = 130 A, V = 26 V, dan S = 60 cm/menit.[5]

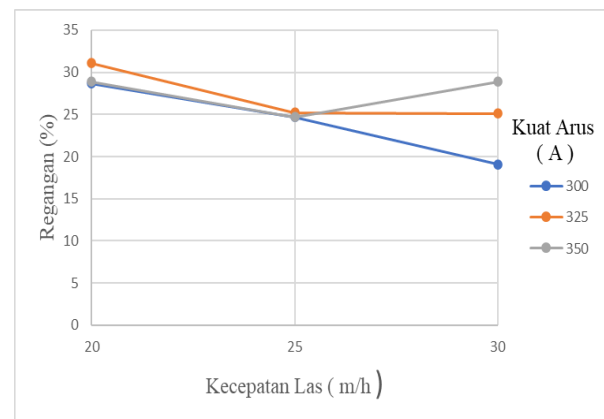
Arus listrik yang lebih tinggi pada material dapat meningkatkan kekuatan sambungan las, namun apabila terlalu banyak panas dapat menyebabkan distorsi atau bahkan retak pada material sehingga dapat mengurangi nilai kekuatan tariknya namun jika digunakan pada kecepatan yang pas maka akan didapatkan sambungan las yang baik dan memiliki nilai kekuatan tarik yang tinggi pula. Perlu diperhatikan pula, bahwa hasil pengelasan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti jenis elektroda yang digunakan, kebersihan permukaan dan teknik pengelasan yang digunakan.

2. Regangan Tarik

Setelah dilaksanakan pengujian diperoleh nilai regangan tarik sebagai berikut:

Tabel 4. Data hasil pengujian regangan tarik

Spesimen	ΔL (mm)	Lo (mm)	Regangan (%)
300 A 20 m/h	15,8	55	28,7
300 A 25 m/h	13,6	55	24,7
300 A 30 m/h	10,5	55	19,1
325 A 20 m/h	17,1	55	31,1
325 A 25 m/h	13,9	55	25,2
325 A 30 m/h	13,8	55	25,1
350 A 20 m/h	15,9	55	28,9
350 A 25 m/h	13,6	55	24,7
350 A 30 m/h	15,9	55	28,9



Gambar 7. Grafik Nilai Regangan Tarik

Regangan tarik adalah ukuran seberapa besar suatu material mengalami perubahan bentuk atau deformasi ketika diberikan beban tarik. Regangan tarik biasanya dinyatakan dalam bentuk rasio atau persentase perubahan panjang relatif terhadap panjang awal material tersebut.

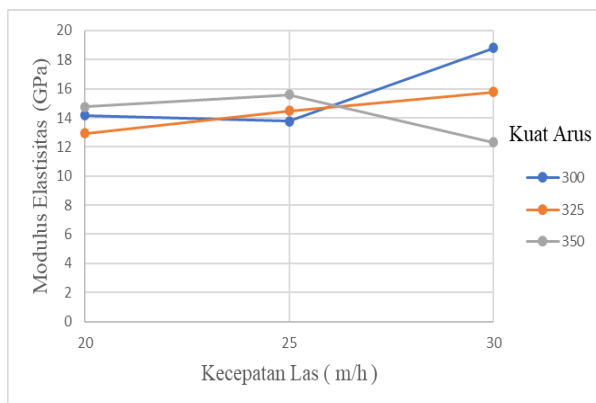
Berdasarkan data yang diperoleh nilai regangan tarik pada spesimen dengan perlakuan kuat arus 325 A dan kecepatan pengelasan 20 m/h memiliki nilai regangan tarik yang paling tinggi yaitu 31,1 % dan nilai regangan tarik terendah pada spesimen dengan perlakuan kuat arus 300 A dan kecepatan pengelasan 30 m/h yaitu sebesar 19,11 %.

3. Modulus Elastisitas

Setelah dilaksanakan pengujian pada spesimen, didapatkan nilai modulus elastisitas sebagai berikut :

Tabel 4. Data hasil pengujian modulus elastisitas

Spesimen	σ pro (MPa)	e pro (%)	E (GPa)
300 A 20 m/h	407	7,1	57.32
300 A 25 m/h	340	7,5	45.33
300 A 30 m/h	359	6,5	55.23
325 A 20 m/h	402	9,5	42.31
325 A 25 m/h	365	7,4	49.32
325 A 30 m/h	396	8,2	48.29
350 A 20 m/h	427	8,9	47.97
350 A 25 m/h	385	6,9	55.79
350 A 30 m/h	356	8,1	43.95



Gambar 8. Grafik Nilai Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas dari hasil uji tarik menggunakan spesimen baja SS 440 dengan variasi arus listrik dan kecepatan pengelasan menunjukkan bahwa nilai tertinggi ada pada pengelasan baja SS 400 dengan arus listrik 300 A dan kecepatan pengelasan 20 m/h, yaitu sebesar 57,32 GPa. Hal ini menunjukkan bahwa baja tersebut memiliki sifat kekakuan yang tinggi, dengan semakin tinggi nilai modulus elastisitas, semakin kaku dan ulet suatu bahan. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas yang paling rendah ada pada material dengan perlakuan kuat arus 325 A dan kecepatan pengelasan 20 m/h yaitu sebesar 42,31.

Modulus elastisitas adalah salah satu aspek penting dari karakteristik material, hasil uji tarik juga memberikan informasi lain seperti kekuatan tarik, regangan patah, dan sebagainya. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan berbagai parameter uji tarik untuk memperoleh data yang

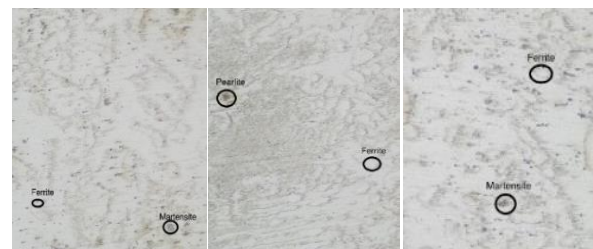
lebih tepat pada sifat mekanis material tersebut. itu, penting untuk mempertimbangkan berbagai parameter uji tarik untuk memperoleh data yang lebih tepat pada sifat mekanis material tersebut.

3.3. Hasil Pengujian Mikrografi

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk melihat perubahan yang terjadi pada struktur mikro sambungan las baja SS 400 menggunakan tipe pengelasan SAW dan perlakuan variasi kuat arus dan kecepatan las yang berbeda.

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

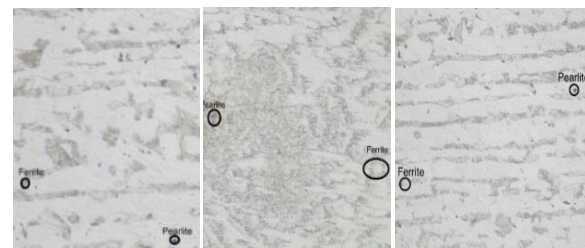
- **Kuat Arus 300 A , Kecepatan Las 20 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 9. Struktur Mikro Kuat Arus 300 A, Kecepatan Las 20 m/h

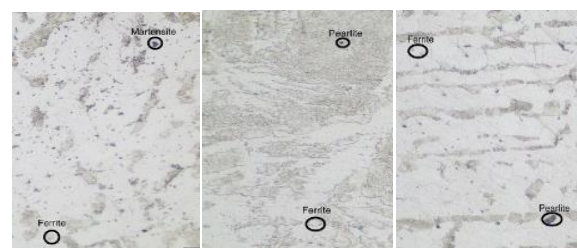
- **Kuat Arus 300 A , Kecepatan Las 25 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 10. Struktur Mikro Kuat Arus 300 A, Kecepatan Las 25 m/h

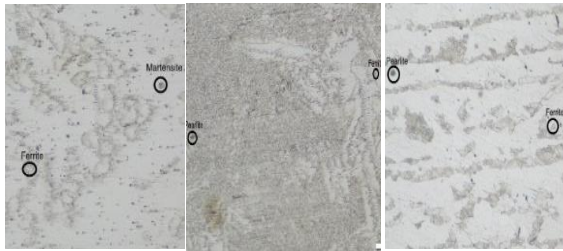
- **Kuat Arus 300 A , Kecepatan Las 30 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 11. Struktur Mikro Kuat Arus 300 A, Kecepatan Las 30 m/h

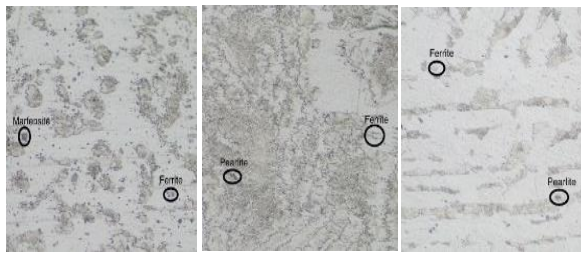
- **Kuat Arus 325 A , Kecepatan Las 20 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 12. Struktur Mikro Kuat Arus 325 A, Kecepatan Las 20 m/h

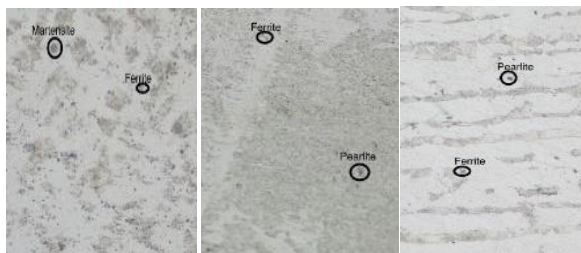
- **Kuat Arus 325 A , Kecepatan Las 25 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 13. Struktur Mikro Kuat Arus 325 A, Kecepatan Las 25 m/h

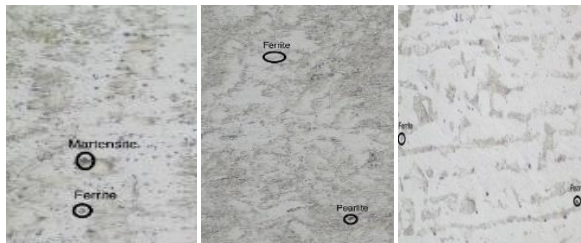
- **Kuat Arus 325 A , Kecepatan Las 30 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 14. Struktur Mikro Kuat Arus 325 A, Kecepatan Las 30 m/h

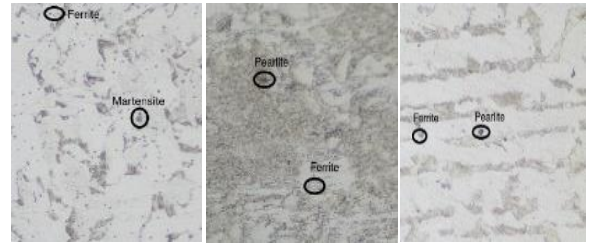
- **Kuat Arus 350 A , Kecepatan Las 20 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 15. Struktur Mikro Kuat Arus 350 A, Kecepatan Las 20 m/h

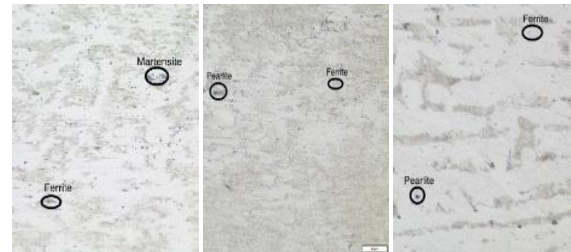
- **Kuat Arus 350 A , Kecepatan Las 25 m/h**



(1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 16. Struktur Mikro Kuat Arus 350 A, Kecepatan Las 25 m/h

- **Kuat Arus 350 A , Kecepatan Las 30 m/h**



1) Las (2) HAZ (3) BM

Gambar 17. Struktur Mikro Kuat Arus 350 A, Kecepatan Las 30 m/h

Dari tiga foto yang diberikan pada masing-masing spesimen, fasa yang dapat dilihat adalah ferrite dengan warna putih dan warna hitam (gelap) menunjukkan fasa pearlite, dan pada daerah las terdapat fasa martensite. Fasa ferrite memiliki keuletan yang baik tetapi kekuatan yang rendah. Fasa pearlite memiliki kekuatan tinggi. Fasa martensite, sebaliknya, memiliki sifat yang keras tetapi getas.

Berdasarkan data yang diperoleh melalui uji struktur mikro, diketahui baja SS 400 dengan perlakuan kuat arus 300 A dan kecepatan las 20 m/h memiliki sifat sifat keras dan ulet yang lebih besar dibandingkan pada material lainnya. Hal tersebut dikarenakan pada baja SS 400 dengan perlakuan kuat arus 300 A dan kecepatan las 20 m/h memiliki kerapatan struktur mikro yang dominan serta kepadatan yang merata serta memiliki fasa ferrite yang dominan. Jika terdapat tingkat kerapatan struktur mikro yang tinggi pada suatu spesimen maka menunjukkan bahwa spesimen tersebut semakin keras.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menerapkan tipe pengelasan SAW yang dinilai efektif dan menghasilkan hasil lasan yang lebih optimal menggunakan material baja SS 400 dengan kuat arus 300 A, 325 A, 350 A,

dan kecepatan pengelasan 20 m/h, 25 m/h, dan 30 m/h. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut;

1. Nilai tegangan tarik paling tinggi dan kerapatan struktur mikro yang paling dominan pada fase ferrite adalah spesimen dengan perlakuan variasi arus 350 A dan kecepatan pengelasan 20 m/h yaitu sebesar 519 Mpa, nilai tegangan tarik terendah dan kerapatan struktur mikro yang tidak terlalu dominan terdapat pada variasi arus 300 A dan kecepatan las 30 m/h dengan nilai sebesar 399 Mpa. Pada penelitian kali ini didapatkan bahwa setiap penerapan variasi kuat arus yang sama pada setiap spesimen nilai kekuatan tariknya dipengaruhi oleh penerapan kecepatan las yang berbeda. Arus listrik yang lebih tinggi pada material dapat meningkatkan kekuatan sambungan las, namun apabila terlalu banyak panas dapat menyebabkan distorsi atau bahkan retak pada material sehingga dapat mengurangi nilai kekuatan tariknya namun jika digunakan pada kecepatan yang pas maka akan didapatkan sambungan las yang baik dan memiliki nilai kekuatan tarik yang tinggi pula. Perlu diperhatikan pula, bahwa hasil pengelasan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti jenis elektroda yang digunakan, kebersihan permukaan dan teknik pengelasan yang digunakan.

2. Kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas sambungan las, yang mengakibatkan kekuatan tarik yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kurangnya waktu untuk pemanasan dan peleburan yang cukup, sehingga menghasilkan sambungan yang tidak optimal. Sebaliknya, kecepatan pengelasan yang lebih lambat memberikan waktu yang lebih baik untuk pemanasan dan peleburan, meningkatkan penetrasi dan kualitas sambungan, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik. Pada penelitian ini semakin tinggi kecepatan las yang digunakan pada setiap spesimen dengan penggunaan kuat arus yang sama semakin rendah nilai kekuatan tariknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa yang menjadi pembimbing utama penulis dalam menyusun artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang spesial kepada kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan dukungan yang sangat membantu dalam menyelesaikan artikel ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berperan baik secara moril maupun materil sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Insani, Melati Nurul. *Analisis Struktur Micro Material Baja Karbon Rendah (ST 37) SNI Akibat Proses Bending*. Diss. UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR, 2019.
- [2] Santoso, Trinova Budi, Solichin Solichin, and Prihanto Trihutomo. "Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016." *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang* 23.1 (2015): 141149.
- [3] Kurniawan, Rega, Muhamad Ari, and Dika Anggara. "Analisis variasi arus pengelasan Submerged Arc Welding pada proses build-up beam material SM490YA terhadap perubahan distorsi menggunakan metode eksperimen dan numerik." *Journal of Welding Technology* 3.2 (2021): 29-33.
- [4] Naufal, Shofwan Abdullah Mubarak Ihsan, Untung Budiarto, and Sarjito Joko Sisworo. "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Baja ST 40." *Jurnal Teknik Perkapalan* 9.2 (2021): 191-198.
- [5] Ghazvinloo, H. R., A. Honarbakhsh-Raouf, and N. Shadfar. "Effect of arc voltage, welding current and welding speed on fatigue life, impact energy and bead penetration of AA6061 joints produced by robotic MIG welding." *Indian Journal of Science and Technology* 3.2 (2010): 156-162.
- [6] Lestari, Famessa Fitria, and Putu Suwarta. "Pengaruh Perubahan Arus dan Kecepatan serta Kelembapan Flux Terhadap Hasil Impact dan Kekerasan serta Macrostructure Fillet Weld Hasil Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW)." *Jurnal Teknik ITS* 3.1 (2014): B130-135.
- [7] Wiryoso, H. "Teknologi Pengelasan Logam." (1996).
- [8] Perdana, Shandy, Untung Budiarto, and Ari Wibawa Budi Santosa. "Pengaruh Variasi Waktu Penahanan (Holding Time) pada Perlakuan Panas Normalizing Setelah Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW) pada Baja SS400 terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrofografi." *Jurnal Teknik Perkapalan* 8.1 (2019): 21-30.
- [9] Setiaji, R. "Pengujian Tarik." *Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI* (2009).

- [10] Naufal, Ahmad, Sarjito Jokosisworo, and Samuel Samuel. "Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Sudut Kampuh V Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Aluminium 5083 Pengelasan GTAW." *Jurnal Teknik Perkapalan* 4.1 (2016).
- [11] Vander Voort, George F., ed. *Metallography and microstructures*. ASM international, 2004.
- [12] ASTM, ASTM. "312/A 312M-09, Standard specification for seamless, welded and heavily cold worked austenitic stainless steel pipes." *ASTM International* (2009).