



JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal

Nanda Julian¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Berlian Arswendo¹⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail : Juliannanda2@gmail.com, budiartountung@gmail.com, berlianarswendokapal@gmail.com

Abstrak

Baja SS400 termasuk jenis baja karbon rendah, baja jenis karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh sehingga sering digunakan untuk bahan konstruksi bangunan maupun konstruksi kapal. Pemilihan kuat arus pengelasan dan penambahan media pendingin yang tepat dapat menghasilkan sambungan las yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil uji kekuatan tarik dari sambungan las baja SS400 dengan pengelasan MAG, untuk mengetahui pengaruh beda kuat arus 90 A dan 100 A terhadap ketahanan uji tarik serta bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan media pendingin collent, air, udara terhadap ketahanan uji tarik sambungan las baja SS400. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimulai dari mempersiapkan baja SS400, pemotongan baja, pengelasan dengan kuat arus 90 A dan 100 A kemudian pendinginan dengan media pendingin collent, air, udara secara spontan. Proses selanjutnya adalah pembuatan spesimen kemudian pengujian tarik setiap spesimen. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi untuk meningkatkan mutu sambungan las baja. Setelah dilakukan pengujian menunjukkan bahwa RAW material baja SS 400 memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 391,02 MPa, rata-rata regangan sebesar 47,71%, rata-rata modulus elastisitas sebesar 202 Gpa. Pendinginan collent dengan kuat arus 90 A dan 100 A memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 396,18 Mpa dan 394,74 MPa, rata-rata regangan sebesar 44,04 % dan 43,04 %, rata-rata modulus elastisitas sebesar 245 Gpa dan 251GPa. Pendinginan air dengan kuat arus 90 A dan 100 A memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 409 Mpa dan 409,62 MPa , rata-rata regangan sebesar 46,65 % dan 48,4 %, rata-rata modulus elastisitas sebesar 254 Gpa dan 239 GPa. Pendinginan udara dengan kuat arus 90 A dan 100 A memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 391,15 Mpa dan 389,76 MPa , rata-rata regangan sebesar 48,79 % dan 47,6 %, rata-rata modulus elastisitas sebesar 224 Gpa dan 221 GPa. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa baja SS400 dengan media pendingin air dengan kuat arus pengelasan 90 A maupun 100 A memiliki kekuatan tarik terbesar dari jenis pendingin dan kuat arus lainnya. Untuk regangan tarik tertinggi ada pada variasi pendinginan udara pada kuat arus 90 A. Dan untuk media pendingin air 90 A memiliki harga modulus elastisitas tertinggi.

Kata Kunci : Baja SS 400, Pengelasan MAG, Kuat Arus, Media Pendingin, Kekuatan Tarik

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini baja adalah logam yang sering digunakan dalam suatu konstruksi bangunan, khususnya pada konstruksi kapal. Hampir semua konstruksi pada kapal menggunakan baja sebagai bahan baku utama.

Baja SS 400 adalah jenis baja carbon yang mempunyai kadar karbon rendah yaitu dibawah 0,3 % dan mempunyai sedikit kandungan silikon. Baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh, di bidang perkapalan baja karbon rendah

merupakan bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, seperti pada konstruksi lambung kapal.

Teknologi pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam proses ma-nufaktur, ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan meliputi rangka baja, perkapalan, jembatan, kereta api, pipa saluran dan lain sebagainya.[1]

Pengelasan merupakan penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan

menggunakan energi panas. Pengelasan memegang peranan penting dalam dunia industri. Di antara berbagai jenis pengelasan, las MIG/MAG merupakan pengelasan yang sangat efektif karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan pengelasan lainnya.[2]

Proses pendinginan bertujuan untuk mendapatkan struktur martensite, semakin banyak unsur karbon, maka struktur martensite yang terbentuk juga akan semakin banyak. Karena martensite terbentuk dari fase Austenite yang didinginkan secara cepat, sehingga kekerasannya meningkat.[3]

Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang Pengaruh Jenis Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Logam Las Plat Baja St-60 Dengan Pengelasan MIG/MAG yang menunjukkan penggunaan media pendingin udara sebesar 200,12 N/mm², serta memiliki regangan sebesar 3,11%. Sedangkan rata-rata kekuatan tarik terendah terdapat pada penggunaan media air sebesar 150,67 N/mm², serta regangan sebesar 2,33%. Kekuatan tarik dan regangan pada penggunaan media pelumas(oli) berada diantara media udara dan air sebesar 170 N/mm² dan 2,6%. Laju pendinginan berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik. semakin cepat laju pendinginan pasca pengelasan maka akan semakin menurunkan kekuatan tarik pada sambungan logam las palat baja St 60.[2]

Pada penelitian lainnya tentang Kajian Pengelasan MIG dan SMAW Dengan Varisi Pendingin (Air, Collent, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik dengan kuat arus listrik 85 A dan 90 A menunjukkan kekuatan tarik maksimal dihasilkan pada variasi pendingin es arus 90 A dengan nilai 33,77 kgf/mm² sedangkan nilai tegangan tarik yang paling rendah pada pendingin collent arus 85 A sebesar 32,64 kgf/mm². [3]

Pada penelitian lainnya tentang Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw menunjukkan kekuatan tarik baja dengan menggunakan media pendingin air garam didapatkan rata-rata nilai kekuatan tariknya yakni 52.396 kg/mm², dengan menggunakan media pendingin air kelapa didapatkan nilai rata-rata kekuatan tariknya yaitu 49.764 kg/mm², sedangkan untuk media pendingin oli bekas didapatkan nilai rata-rata kekuatan tariknya yaitu 53.158 kg/mm². [4]

Berdasarkan penjelasan diatas, maka rumusan masalah yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah bagaimana hasil uji kekuatan tarik yang terjadi pada material baja SS 400 setelah pengelasan MAG dengan pendingin

collent kuat arus 90 A dan 100 A, pengelasan MAG dengan pendingin air kuat arus 90 A dan 100 A, dan pengelasan MAG dengan pendingin udara kuat arus 90 A dan 100 A.

Tujuan dari peneitian ini adalah untuk mengetahui hasil kekuatan tarik sambungan las baja SS400 yang sudah dilas dengan pengelasan MAG. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari beda kuat arus pengelasan antara kuat arus 90 A dan 100 A terhadap hasil kekuatan tariknya, serta untuk mengetahui pengaruh dari media pendingin collent, air dan udara terhadap kekuatan tarik material baja SS400 setelah dilakukan pengelasan MAG.

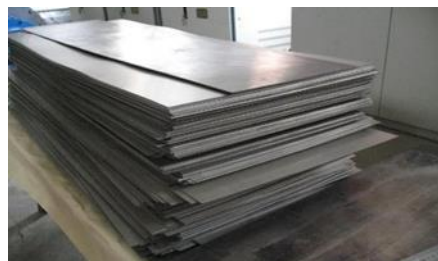
Manfaat penelitian ini adalah Untuk menambah ilmu pengetahuan di bidang teknologi material dan pengelasan terhadap dunia pendidikan, terutama di bidang perkapalan dan ilmu pengelasan. Penelitian ini digunakan untuk meningkatkan mutu dari sambungan las baja setelah dilakukan proses pengelasan dengan jenis yang tepat sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan bahan dan jenis pengelasan yang tepat. Penelitian ini dapat menjadi pemacu penelitian-penelitian yang lebih baik lagi tentang teknologi pengelasan, baik secara umum maupun secara khusus sebagai bahan material bangunan kapal

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari jurnal, buku-buku referensi, modul, artikel, internet, dan studi lapangan secara langsung dengan menggunakan metode eksperimen karena dapat memerikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan.

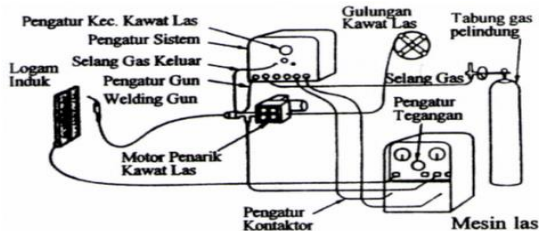
Objek yang diteliti pada penelitian tugas akhir ini adalah Baja SS 400, dimana jenis baja ini merupakan jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar 0,12-0,20% dan mempunyai *tensile strength* sebesar 400-560 MPa yang sering digunakan sebagai rangka konstruksi, termasuk rangka konstruksi dalam bangunan kapal seperti kontruksi lambung kapal. Kemudian baja jenis ini juga sangat mudah didapatkan di pasaran dengan harga yang murah.



Gambar 1. Plat Baja SS 400

las merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Sedangkan proses pengelasan adalah salah satu proses teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. [5]

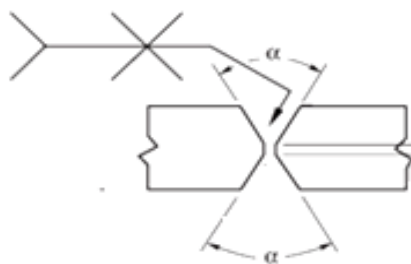
Pengelasan GMAW atau Metal Inert Gas/ Metal Active Gas (MIG/MAG) adalah proses pengelasan busur listrik (arc welding) dimana bahan tambah diumpungkan oleh satu gulungan kawat elektroda dan dicairkan oleh efek Joule dan busur listrik. Gas inert yang umumnya gas berbasis argon (pengelasan MIG) atau gas aktif yang umumnya gas berbasis CO₂ (pengelasan MAG) digunakan sebagai plasma untuk pencetus busur listrik dan sebagai gas pelindung untuk logam pada temperatur tinggi untuk menghindari kontaminasi dengan oksigen dan nitrogen. Generator pengelasan mensuplay energi listrik yang dibutuhkan untuk mencairkan logam dan pencetus busur dan menjaga kesinambungan aliran kawat dan benda kerja yang dilas. [6]



Gambar 2. Skema Pengelasan MIG/MAG

Proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar AWS NUMBER 3 dengan bentuk kampuh *Double V-butt joint* dengan sudut 60°.

Pengelasan GMAW untuk pelat yang tebal membutuhkan kampuh las berbentuk groove, baik V groove atau double V groove. Didapati bahwa groove dapat memfasilitasi aliran logam pengisi sepanjang dasar groove karena groove ini dapat memberikan saluran terbatas dan dapat memperoleh pola aliran yang lebih halus. [7]



Gambar 3. Tipe Sambungan Las *Double V-butt joint* dengan sudut 60°.

Kualitas dari sambungan las sangat menentukan kekuatan dari hasil sambungan las tersebut. Pengelasan yang baik akan menghasilkan kualitas sambungan dan masukan panas (*heat input*) yang baik.

Masukan panas (*heat input*) dalam pengelasan ditentukan oleh beberapa parameter pengelasan diantaranya adalah tegangan busur las, arus listrik, dan kecepatan pengelasan.

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

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

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Percobaan ini untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. [8]

Sifat-sifat yang dihasilkan dari pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*).

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

Dimana, σ adalah Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm²), P adalah Beban Maksimum (N), dan A₀ adalah Luas Penampang Mula-mula (mm²).

2. Regangan maksimum (e)

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

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

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

Dimana, L_i adalah Panjang sesudah patah (mm), L₀ adalah Panjang mula-mula (mm), e adalah Regangan (%).

3. Modulus elastisitas (E)

Merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan. Modulus

elastisitas tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastik yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (4)$$

Dimana, E adalah Modulus elastisitas (MPa), σ adalah Tegangan Maksimum (KN/mm²), dan e adalah Regangan (%). [9]

Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. [10]

2.2. Tahap Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tahap-tahap yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- A. Pengumpulan Bahan
Baja yang dipesan berukuran 20 cm x 70 cm x 10 cm.
- B. Pemotongan Pelat
Pelat dipotong menjadi 7 bagian berukuran 20 cm x 10 cm x 10 cm
- C. Pembuatan Kampuh
Double V- butt joint dengan sudut 60°.
- D. Pengelasan Baja
Setelah kampuh di bentuk lalu di las menggunakan pengelasan MIG/MAG dengan detail sebagai berikut:
 - a. Jenis pengelasan : GMAW-DC
 - b. Mesin Las : MIG PATENT 503
 - c. Jenis Elektroda : Elektroda ER 70S-6
 - d. Logam induk : Baja SS 400 (10 mm)
 - e. Kuat Arus : 90 A dan 100 A

E. Pendinginan Baja

Pendinginan baja setelah dilas, dilakukan secara cepat dan spontan dengan menggunakan media pendingin berupa Collent, Air, dan Udara.

F. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji tarik dibuat sesuai ukuran pada standar ASTM E8, dengan dimensi ukuran 200 mm x 20 mm x 10 mm sebanyak 28 buah. 4 spesimen untuk pendingin collent kuat arus 90 A dan 4 spesimen pada kuat arus 100 A, 4 spesimen untuk pendingin air kuat arus 100 A dan 4 untuk kuat arus 100 A, 4 spesimen pendingin udara kuat arus 90 A dan 4 spesimen kuat arus 100 A, 4 spesimen lagi sebagai RAW material.

G. Proses Pengujian

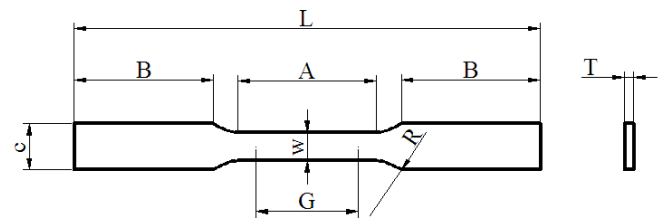
Pengujian spesimen Tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Mesin yang digunakan untuk pengujian tarik dan impak ini adalah mesin "ContraLab France" yang

tersedia di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

2.3. Parameter Penelitian

A. Parameter Tetap

Pada penelitian ini parameter tetap adalah spesimen baja SS 400, tipe pengelasan yang di gunakan adalah pengelasan MAG dengan besar arus 90 A dan 100 A tegang 20 V, elektroda yang digunakan adalah ER 70S-6 dengan diameter elektroda pengisi 0,8 mm dengan posisi pengelasan 1G dan dimensi ukuran spesimen sebagai berikut:



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Tarik [11]

Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji Tarik

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

B. Parameter Perubahan

Pada penelitian ini parameter perubahan adalah yang pertama adalah pendinginan yaitu pendinginan dengan collent, pendinginan dengan air dan pendinginan dengan udara, kemudian yang kedua adalah kuat arus pengelasan yaitu setiap pendingin ada dua kuat arus, yang pertama 90 A dan yang kedua 100 A..

Pada penelitian Tugas Akhir ini, proses pengelasan MAG dilakukan di laboratorium las "Inlastek Welding Institute" yang bertempat di Surakarta. Sedangkan proses pengujian tarik, dan impak pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

2.4. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen maupun pengambilan data dalam penelitian ini antara lain :

- 1) Gerinda
- 2) Penggaris
- 3) Kapur
- 4) Elektroda ER 70S-6
- 5) Mesin Las MAG
- 6) Mesin Uji Tarik
- 7) Baja SS400
- 8) Jangka Sorong

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. 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.[11]

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi

Unsur		Kandungan %
Fe	Ferrum	98,98
C	Carbon	0,200
Si	Silicon	0,09
Mn	Mangan	0,53
P	Phosporus	0,100
S	Sulfur	0,040
Cr	Chromium	0,030
Ni	Nickel	0,030

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%, sulfur (S) = 0,040%, khrom (Cr) = 0,030%. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sesuai dengan kriteria baja SS 400 (*Low Carbon Steel*).

3.2. Hasil Pengelasan dan Heat Input

Dalam pengelasan pada penelitian ini menggunakan metode pengelasan MAG dengan memperimbangan diameter elektroda, *voltage*, *ampere*, dan sudut kampuh mempunyai tujuan agar masukan panas (*heat input*) dan penetrasi sambungan las dapat maksimal. Dari pengelasan MAG yang sudah dilakukan didapatkan rata-rata

kecepatan pengelasan sebesar 12 cm/menit untuk kuat arus 90 A dan 15 cm/menit untuk kuat arus 100 A sehingga nilai heat input sebesar:

- Kuat Arus 90 A = $\frac{60 \times 20v \times 90A}{12 \text{ cm/menit}}$
= 9000 J/cm
- Kuat Arus 100 A = $\frac{60 \times 20v \times 100A}{15 \text{ cm/menit}}$
= 8000 J/cm

3.3. Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar uji ASTM E8 pada tanggal 18 Mei 2019 yang bertempat di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material baja SS 400 setelah dilakukan pengelasan menggunakan las MAG dengan variasi pendingin dan kuat arus .

1. Tegangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan, nilai tegangan tarik maksimum yang diperoleh dari material baja SS 400 dengan variasi kuat arus dan pendingin adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik

Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	σ max (MPa)	σ rata-rata (MPa)
RAW 1	9.87	14.41	391.42	389.30
RAW 2	9.90	14.35	391.51	
RAW 3	9.86	14.22	390.13	
RAW 4	9.85	14.05	384.12	
XC1 90	9.74	14.12	274.42	365.74
XC2 90	10.00	14.38	388.46	
XC3 90	10.05	13.69	389.94	
XC4 90	9.83	13.28	410.13	
XC1 100	10.01	14.39	386.90	400.04
XC2 100	9.84	12.94	407.84	
XC3 100	10.25	12.95	389.49	
XC4 100	9.76	14.28	415.93	
XA1 90	9.89	14.16	411.30	404.86
XA2 90	9.70	14.66	400.77	
XA3 90	9.97	14.04	414.92	
XA4 90	10.26	14.64	392.46	
XA1 100	10.03	13.01	425.86	413.68
XA2 100	9.83	14.63	414.22	
XA3 100	9.81	14.61	407.26	

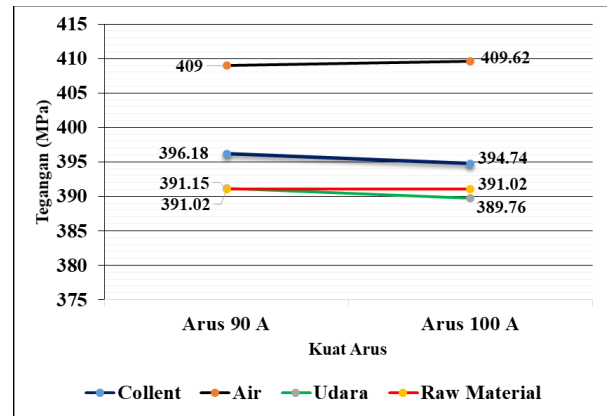
XA4 100	9.97	14.30	407.38	
XU1 90	9.82	13.66	394.14	399.34
XU2 90	10.04	13.93	382.25	
XU3 90	9.87	13.44	397.05	
XU4 90	9.71	14.09	423.93	
XU1 100	10.12	13.87	387.21	391.38
XU2 100	10.24	12.96	389.19	
XU3 100	10.04	12.96	392.87	
XU4 100	9.77	14.39	396.26	

Hasil dari pengujian tegangan Tarik kemudian di lakukan pengukuran simpangan baku atau standar deviasi untuk menentukan apakah nilai tegangan Tarik dari tiap specimen memenuhi standar deviasi. Standar deviasi merupakan standar statistic yang berguna untuk menentukan cara dalam menyebarkan data dalam sampel serta seberapa dekat titik data dari individu ke mean. Data tegangan Tarik yang tidak memenuhi standar deviasi akan di eliminasi agar penghitungan nilai rata – rata tegangan akan lebih valid.

Spesimen RAW 1 adalah specimen nomer satu untuk raw material tanpa pengelasan. Spesimen XC2 90 adalah specimen berpendingin collent nomer dua dengan kuat arus pengelasan 90 A. Spesimen XA1 100 sebagai specimen berpendingin air nomer satu dengan kuat arus pengelasan 100 A. Sedangkan XU1 90 berarti pendingin udara nomer specimen 1 dengan kuat arus pengelasan 90 A.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik yang Memenuhi Standar Deviasi

spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	σ MAX (MPa)	σ MAX rata-rata (MPa)
RAW 1	9.87	14.41	391.42	391.02
RAW 2	9.90	14.35	391.51	
RAW 3	9.86	14.22	390.13	
XC2 90	10.00	14.38	388.46	396.18
XC3 90	10.05	13.69	389.94	
XC4 90	9.83	13.28	410.13	
XC1 100	10.01	14.39	386.8959	394.74
XC2 100	9.84	12.94	407.84	
XC3 100	10.25	12.95	389.49	
XA1 90	9.89	14.16	411.30	409.00
XA2 90	9.70	14.66	400.77	
XA3 90	9.97	14.04	414.92	
XA2 100	9.83	14.63	414.22	409.62
XA3 100	9.81	14.61	407.26	
XA4 100	9.97	14.30	407.38	
XU1 90	9.82	13.66	394.14	391.15
XU2 90	10.04	13.93	382.247	
XU3 90	9.87	13.44	397.05	
XU1 100	10.12	13.87	387.21	389.76
XU2 100	10.24	12.96	389.19	
XU3 100	10.04	12.96	392.87	



Gambar 5. Grafik Rata-rata Tegangan Tarik

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa Raw material baja SS 400 memiliki kekuatan Tarik rata-rata sebesar 391,02 MPa, sedangkan kekuatan Tarik terbesar ada pada pengelasan dengan variasi pendingin Air kuat arus 100 A dan memiliki rata- rata tegangan Tarik sebesar 409,62 MPa. Sedangkan pada kuat arus 90 A dengan pendingin sama adalah 409 MPa. Tegangan Tarik baja SS 400 dengan pendingin collent dan kuat arus 100 A sebesar 394,74 MPa, selanjutnya 391,15 MPa dengan pendingin udara kuat arus 90 A dan turun menjadi 389,76 MPa di kuat arus 100 A. Untuk tegangan Tarik pada variasi pendinginan collent kuat arus 90 A sebesar 396,18 MPa.

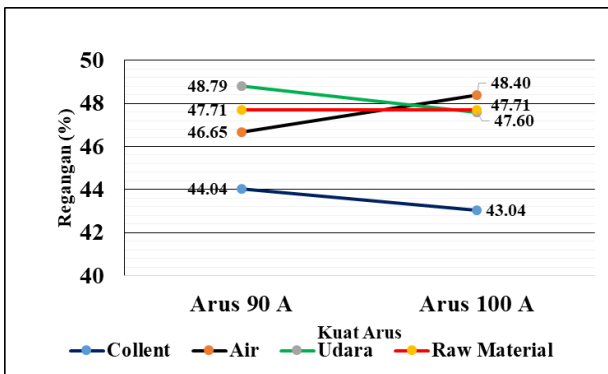
2. Regangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan variasi kuat arus dan pendingin adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data hasil pengujian regangan tarik

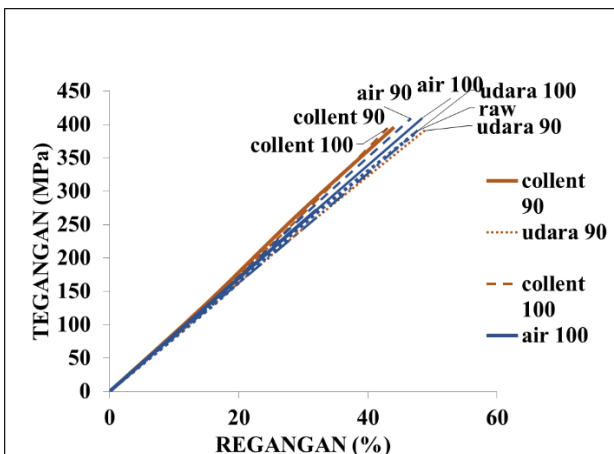
spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Δl (mm)	REG. (%)	REG. rata-rata (%)
RAW 1	9.87	14.41	23.41	46.82	47.71
RAW 2	9.90	14.35	24.22	48.44	
RAW 3	9.86	14.22	23.94	47.88	
XC2 90	10.00	14.38	18.90	37.80	44.04
XC3 90	10.05	13.69	25.52	51.04	
XC4 90	9.83	13.28	21.64	43.28	
XC1 100	10.01	14.39	23.29	46.58	43.04
XC2 100	9.84	12.94	19.53	39.06	
XC3 100	10.25	12.95	21.74	43.48	
XA1 90	9.89	14.16	22.88	45.76	46.65
XA2 90	9.70	14.66	21.32	42.64	
XA3 90	9.97	14.04	25.78	51.56	
XA2 100	9.83	14.63	23.92	47.84	48.40
XA3 100	9.81	14.61	25.00	50.00	
XA4 100	9.97	14.30	23.68	47.36	
XU1 90	9.82	13.66	24.04	48.08	48.79
XU2 90	10.04	13.93	23.94	47.88	
XU3 90	9.87	13.44	25.21	50.42	
XU1 100	10.12	13.87	25.51	51.02	47.60

XU2 100	10.24	12.96	23.11	46.22
XU3 100	10.04	12.96	22.78	45.56



Gambar 6. Grafik Rata-rata Regangan Tarik

Berdasarkan hasil perhitungan nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari raw material baja SS memiliki nilai rata-rata regangan tarik sebesar 47,71 %. Nilai regangan tarik rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendingin collent kuat arus 90 A adalah sebesar 44,04 %. Sedangkan pada kuat arus 100 A memiliki regangan Tarik rata- rata 43,04 %. Nilai regangan tarik rata- rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan air kuat arus 90 A adalah sebesar 46,65 % dan pada kuat arus 100 A sebesar 48,40 %. Sedangkan Nilai regangan tarik rata - rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendingin udara kuat arus 90 A adalah sebesar 48,79 %. Nilai regangan Tarik rata-rata yang didapat dari material baja SS 400 dengan pendingin udara kuat arus 100 A adalah 47,6 %.



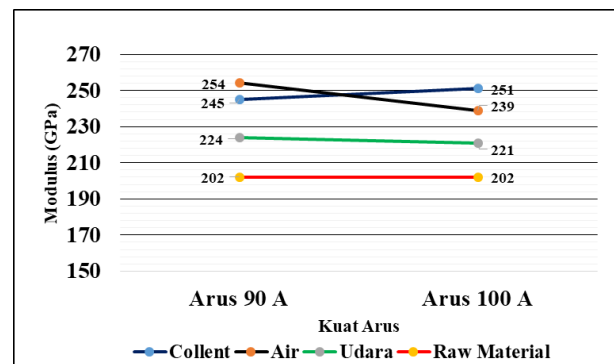
Gambar 7. Grafik Rata-rata Tegangan-Regangan

3. Modulus Elastisitas

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan variasi kuat arus dan pendingin adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Data hasil modulus elastisitas

spesimen	Teg. luluh (Mpa)	Reg. luluh (%)	E (Mpa)	E (Gpa)	Rata E (Gpa)
RAW 1	294.91	0.17	174966.8	174.97	202
RAW 2	295.66	0.14	217986.9	217.99	
RAW 3	290.85	0.14	212609.6	212.61	
XC2 90	281.63	0.10	273186.8	273.19	245
XC3 90	299.96	0.13	229732.3	229.73	
XC4 90	307.60	0.13	233523.5	233.52	
XC1 100	282.86	0.12	242899.7	242.90	251
XC2 100	305.88	0.11	274085.5	274.09	
XC3 100	300.66	0.13	237081.9	237.08	
XA1 90	310.99	0.12	260514.2	260.51	254
XA2 90	289.99	0.11	260697.7	260.70	
XA3 90	312.02	0.13	242063.5	242.06	
XA2 100	323.61	0.13	251248.8	251.25	239
XA3 100	305.44	0.13	226901.3	226.90	
XA4 100	305.53	0.13	239618.5	239.62	
XU1 90	298.17	0.13	227392.2	227.39	224
XU2 90	287.50	0.14	210162.3	210.16	
XU3 90	296.93	0.13	235561.7	235.56	
XU1 100	283.73	0.14	208542.4	208.54	221
XU2 100	284.01	0.12	230424.5	230.42	
XU3 100	310.73	0.14	224091.2	224.09	



Gambar 8. Grafik Rata-rata Modulus Elastisitas

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai modulus elastisitas rata-rata maksimum yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan collent kuat arus 90 A adalah sebesar 245 GPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan collent kuat arus 100 A adalah sebesar 251 GPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan air kuat arus 90 A adalah sebesar 254 GPa. Sedangkan Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan air kuat arus 100 A adalah sebesar 239 GPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan udara kuat arus 90 A adalah 224 GPa. Sedangkan Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material baja SS 400 dengan pendinginan udara kuat arus 100 A adalah 221 GPa.

3.4. Perbandingan Hasil Uji dengan Standar BKI

Menurut BKI pada “*Rules For The Classification and Construction, Part 1 Vol VI: Rules for Welding, Section 5: Welding Consumables and Auxilliary Materials*”. Poin B “*Covered Electrodes for Manual Metal Arc Welding of Hull Structural Steel*” baja karbon rendah harus mempunyai standar nilai kuat tarik (*Tensile Strength*) yaitu 400-560 MPa. [13]

Tabel 7. Hasil perbandingan kekuatan tarik baja SS 400 terhadap Rule BKI

Spesimen	Standar Kekuatan Tarik BKI (Mpa)	Hasil Pengujian (Mpa)
RAW	400 - 560	391.02
COLLENT 90	400 - 560	396.18
COLLENT 100	400 - 560	394.74
AIR 90	400 - 560	409.00
AIR 100	400 - 560	409.62
UDARA 90	400 - 560	391.15
UDARA 100	400 - 560	389.76

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan las baja SS 400 menggunakan jenis las MAG, variasi pendingin air baik dengan arus 90 A maupun 100 A yang memenuhi standar BKI. Sedangkan variasi pendingin serta kuat arus yang lain memiliki kekuatan Tarik dibawah standar BKI.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah dilakukan pengujian Tarik pada sambungan las MAG dengan variasi pendinginan colent, air, dan udara serta variasi kuat arus pengelasan sebesar 90 A dan 100 A adalah sebagai berikut:

Kekuatan tarik terbesar terdapat pada variasi pendingin air kuat arus 90 A dan 100 A yang memiliki nilai tegangan Tarik yang hampir sama yaitu 409 MPa. Kemudian disusul oleh pendinginan colent dan selanjutnya udara. Semua media pendinginan memiliki nilai kekuatan Tarik yang lebih besar dari kekuatan Tarik Raw material kecuali pada pendinginan udara kuat arus 100 A yaitu 389 MPa. Sedangkan kekuatan Tarik yang melebihi 400 MPa yaitu spesimen pendinginan air.

Regangan Tarik tertinggi ada pada variasi pendingin udara kuat arus 90 A sebesar 48,79 %, hampir sama dengan pendingin air kuat arus 100 A. Kemudian raw material dan pendingin udara 100 A selanjutnya pendingin air 90 A , untuk nilai regangan Tarik terendah ada pada pendinginan Colent.

Untuk harga modulus elastisitas terbesar ada pada variasi pendingin Air kuat arus 90 A sebesar 254 GPa. Kemudian modulus elastisitas dari

pendinginan colent selanjutnya udara. Modulus elastisitas terkecil pada Raw Material.

Menurut standar yang ditetapkan BKI kekuatan Tarik yang memenuhi standar BKI yaitu pada Variasi pendingin air saja pada kuat arus 100 A maupun pada kuat arus 90 A.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam peneitian dan penulisan ini penulis menyadari bahwa jurnal ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua pihak yang telah membantu baik formil maupun materil kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Secara khusus, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Orang tua Penulis yang telah berjuang mengkuliahkan penulis dengan penuh kasih, Dosen Pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan bimbingan, bantuan, serta dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini kemudian tidak lupa juga teman-teman S1 Teknik Perkapalan 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Wiryosumarto, “Teknologi Pengelasan Logam,” Jakarta : Pradnya Paramita, 2004.
- [2] A. Hanafi, "Pengaruh jenis media pendingin terhadap kekuatan tarik sambungan logam las plat baja St-60 dengan pengelasan MIG/MAG," *SKRIPSI Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik UM* , 2012.
- [3] H. Saputra, A. Syarief, and Y. Maulana, “Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik,” *J. Ilm. Tek. Mesin Unlam*, vol. 03, no. 2, pp. 91–98, 2014.
- [4] Y. Maulana, "Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw," *Journal Scientific Of Mechanical Engineering* 1.2, 2017.
- [5] Jones D (n.d), “Pengertian Pengelasan,” 2015. [Online] DOI: [Diakses 06 Maret 2019].
- [6] Planckaert, J. Pierre, et al, “*Modeling of MIG/MAG welding with experimental validation using an active contour algorithm applied on high speed movies*, *Applied Mathematical Modelling*,” 34, pp. 1004–1020, 2010.
- [7] Jingnana, Peng, Lixin, Yang, “The Mathematical Model Research on MIG Groove Welding Process,” *Procedia Engineering*, 157, pp. 357 – 364, 2016.

- [8] F. B. Susetyo, Syaripuddin, and S. Hutomo, "Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG," *Jurnal Mechanical*, 4(2), 13, 2013.
- [9] A. H. Yumono, "Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (*Destructive Testing*)," Jakarta: Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.
- [10] R. Setiaji, "Pengujian Tarik," Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI, 2009.
- [11] ASTM E8/E8M-09, "*Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate*," USA, 2009.
- [12] B. Y. Febri, "Analisa Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja SS400 Studi Kasus di PT.INKA Madiun," Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin ITS, 2011.
- [13] Biro Klasifikasi Indonesia, "*Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding*," Jakarta, 2013.