

Analisis Pengaruh Variasi *Groove* Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan *Bending* Baja Karbon SS400

Syahriza Dwi Saputra

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: syahriza.20001@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Lambung kapal merupakan bagian kapal yang berguna untuk memberikan daya apung kapal. Beban struktural kapal dapat menyebabkan tekanan secara bertahap pada sambungan pengelasan lambung kapal, yang dapat mengakibatkan retakan, dan akhirnya menimbulkan kebocoran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan *bending* maksimal sambungan las baja karbon SS400 untuk aplikasi lambung kapal. Metode eksperimen digunakan untuk menganalisa pengaruh variasi *groove* (*single v-groove 60°*, *double v-groove 60°*, *single bevel groove 45°*) pada baja karbon SS400 dengan sambungan *butt joint*, posisi pengelasan 3G, arus 130 Ampere, serta pengujian tarik diambil dari standart ASTM E8 dan pengujian *bending* diambil dari standart ASTM E290. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat pengaruh signifikan hasil variasi *groove* pada material baja karbon SS400 terhadap kekuatan tarik dan *bending*. Nilai kekuatan tarik terbesar pada variasi *double v-groove* rata-rata sebesar 537,06 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada variasi *single bevel groove* rata-rata sebesar 437,78 MPa. Nilai kekuatan *bending* terbesar pada variasi *double v-groove* rata-rata sebesar 1069,75 MPa, sedangkan nilai kekuatan *bending* terendah pada variasi *single bevel groove* rata-rata sebesar 762,11 Mpa.

Kata Kunci: Variasi *Groove*, Lambung Kapal, Pengelasan SMAW, Uji Tarik, Uji *Bending*, Baja Karbon SS400

Abstract

The hull is a part of the ship that is useful for providing buoyancy to the ship. The structural load of the ship can cause gradual stress on the hull welding joints, which can cause cracks, and eventually cause leaks. This study aims to determine the maximum tensile strength and bending strength of SS400 carbon steel welding joints for ship hull applications. Experimental method is used to analyze the effect of groove variation (single v-groove 60°, double v-groove 60°, single bevel groove 45°) on SS400 carbon steel with butt joint, 3G welding position, 130 Ampere current, and tensile test taken from ASTM E8 standard and bending test taken from ASTM E290 standard. The results of this study are that there is a significant effect of the results of groove variations on SS400 carbon steel material on tensile and bending strength. The highest tensile strength value in the double v-groove variation is an average of 537.06 MPa. While the lowest tensile strength value in the single bevel groove variation is an average of 437.78 MPa. The highest bending strength value in the double v-groove variation is an average of 1069.75 MPa, while the lowest bending strength value in the single bevel groove variation is an average of 762.11 MPa.

Keywords: Groove Variations, Ship Hull, SMAW Welding, Tensile Test, Bending Test, SS400 Carbon Steel.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah mendorong perkembangan pesat peralatan di berbagai sektor industri, dengan logam menjadi bahan baku utama, terutama dalam proses penyambungan untuk mencapai kekuatan optimal. Salah satu metode penyambungan yang paling umum digunakan adalah pengelasan, yang lebih populer dibandingkan metode lain seperti baut atau keling. Teknik pengelasan logam banyak dimanfaatkan dalam dunia manufaktur dan berbagai industri, termasuk industri perkapalan. Teknologi penyambungan logam baja dengan pengelasan umumnya menggunakan proses SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Proses ini lebih mudah dibandingkan dengan teknologi pengelasan lainnya (Sudarsono, dkk., 2021).

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan proses penyambungan 2 buah logam yang sejenis atau lebih dengan menggunakan sumber panas listrik dengan menggunakan elektroda terbungkus sebagai bahan tambahan atau pengisi sehingga akan membuat sambungan tetap (Antaqiya, dkk., 2019). Baja karbon SS400 adalah baja karbon rendah (<0,3%) dengan unsur C, Mn, Si, S, dan P, yang sering digunakan untuk konstruksi seperti lambung kapal, plat kapal, dan tangki minyak. Dengan kadar karbon 0,15–0,23%, baja ini memiliki kekuatan tarik tinggi, tahan deformasi, dan mampu menahan beban statis serta dinamis di laut.

Dalam industri perkapalan, berbagai permasalahan sering terjadi pada proses penyambungan plat logam. Lambung kapal merupakan bagian yang rentan terhadap kebocoran, memerlukan perhatian khusus untuk memastikan kualitas

pengelasan setiap platnya. Berdasarkan Tempo.com (2020), Kapal Ferry KMP. Darma Rucitra III mengalami tenggelam sebagian di Pelabuhan Padang Bai, Bali, pada 12 Juni 2020. Kapal yang membawa 35 kendaraan dan 62 orang tersebut diduga mengalami kebocoran lambung sebelum bersandar. Tim penyelam juga menemukan ratusan tabung elpiji yang tidak tercatat dalam manifes kapal. Peristiwa ini menunjukkan bahwa kelebihan beban pada lambung kapal dapat meningkatkan tekanan dan menyebabkan kelelahan struktural, terutama pada sambungan plat lambung kapal. Selain itu, beban dinamis seperti gelombang laut yang kuat atau gerakan kapal yang tiba-tiba dapat memberikan tekanan mendadak pada lambung kapal, yang berpotensi menimbulkan kerusakan struktural hingga menyebabkan kebocoran.

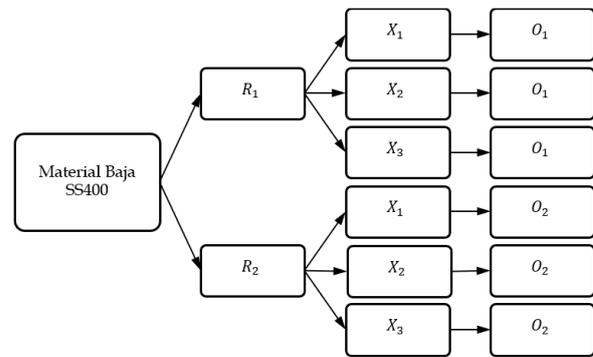
Tegangan statis dan dinamis perlu diuji melalui uji tarik dan *bending*, karena metode ini efektif untuk menilai kekuatan pengelasan dan kekuatan material yang digunakan dalam struktur kapal. Dalam tahapan kualifikasi prosedur las, diperlukan pengujian material secara merusak (*destructive*) maupun pengujian tidak merusak (*non-destructive test*) (Rahmatika, dkk., 2021). Jenis *groove* yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan *bending*, efisiensi material, serta memastikan pemenuhan standar keselamatan dan kualitas dalam industri perkapalan. *Groove* pada desain lambung kapal sangat penting untuk memperkuat sambungan las, memastikan penetrasi las yang optimal, distribusi tegangan yang merata, dan mengurangi cacat las. Hal ini diperlukan untuk menghadapi beban dinamis seperti gelombang dan tekanan air. Sambungan yang tidak memenuhi standar keselamatan internasional dapat menyebabkan kapal gagal dalam inspeksi, yang berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi dan risiko operasional.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Variasi *Groove* Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan *Bending* Baja Karbon SS400”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las pada material baja karbon SS400 menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan bentuk *groove* yang optimal dalam hal kekuatan, sehingga dapat diterapkan dalam industri, khususnya perkapalan, sebagai panduan pengelasan pada material baja karbon SS400.

METODE

Penelitian eksperimen yang dilakukan oleh peneliti melibatkan tentang pengaruh variasi *groove*, yaitu *single v-groove*, *double v-groove*, dan *single bevel groove*, terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada pengelasan baja karbon SS400 menggunakan metode SMAW. Penelitian ini dilaksanakan dengan kondisi dan peralatan yang telah disesuaikan.

Desain penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah desain *pre-eksperimental*. Pada desain ini, satu atau lebih kelompok variabel terikat diamati secara sistematis untuk menentukan apakah penerapan variabel bebas yang telah ditetapkan memberikan pengaruh terhadap variabel terikat. Desain *pre-eksperimental* memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Pendekatan ini digunakan sebagai langkah awal untuk memahami potensi dampak dari variabel bebas yang diasumsikan dapat menyebabkan perubahan pada hasil yang diamati.



Gambar 1. Desain Penelitian

Keterangan :

R_1 = Spesimen uji tarik

R_2 = Spesimen uji *bending*

X_1 = Variasi *groove single v-groove*

X_2 = Variasi *groove double v-groove*

X_3 = Variasi *single bevel groove*

O_1 = Uji tarik

O_2 = Uji *bending*

Waktu dan Tempat Penelitian

• Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai pada tanggal 28 September hingga 4 Oktober 2024.

• Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.

• Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan baja karbon SS400 sebagai objek penelitian dan menerapkan pengelasan SMAW dengan arus listrik sebesar 130 *Ampere*.

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas variasi *groove* yaitu *single v-groove*, *double v-groove*, dan *single bevel groove*.

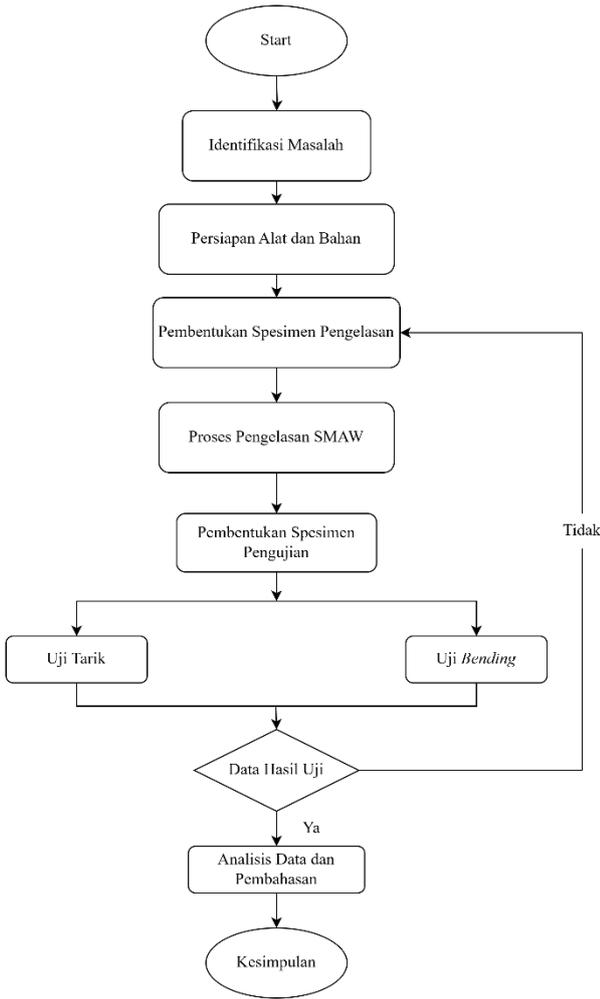
Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada pengelasan baja karbon SS400 dengan metode pengelasan SMAW.

Variabel Kontrol

- Baja karbon SS400 dengan ketebalan 10 mm
- Metode pengelasan SMAW
- Arus pengelasan yang digunakan 130 A
- Jenis elektroda E7018 diameter 4 mm
- Jenis sambungan tumpul (*butt joint*) dengan variasi *groove* yang digunakan yaitu *single v-groove* dengan sudut 60° , *double v-groove* dengan sudut 60° , dan *single bevel groove* dengan sudut 45°
- Proses pengelasan dilakukan dengan posisi 3G dengan pola gerakan lurus oleh satu orang *welder* yang telah bersertifikasi dan menggunakan satu mesin las SMAW
- Standart uji tarik menggunakan ASTM E8 dan standart uji *bending* menggunakan ASTM E290.

Rancangan Penelitian



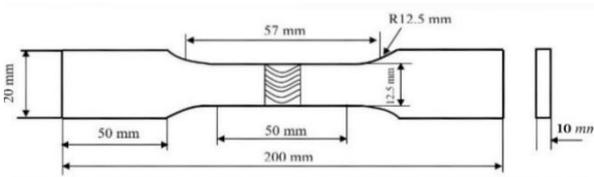
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses Pengelasan Spesimen

Berikut adalah langkah-langkah pengelasan SMAW pada material baja karbon SS400:

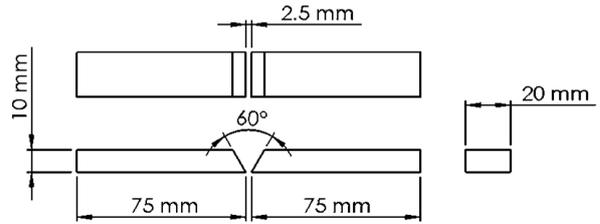
1. Menyiapkan material baja karbon SS400 ketebalan 10 mm dan peralatan pengelasan.
2. Material dipotong sesuai dimensi yang diinginkan, kemudian diratakan atau dihaluskan menggunakan gerinda.
3. Membentuk sudut *groove* pada material, yaitu *single v-groove* 60°, *double v-groove* 60°, dan *single bevel groove* 45°.
4. Sesuaikan arus las pada angka 130 A
5. Gunakan jenis elektroda yang sesuai dengan variabel yang digunakan yaitu E7018.
6. Lakukan pengelasan dengan posisi 3G (di atas kepala)
7. Pendinginan dilakukan diudara terbuka

Pembuatan Spesimen Uji Tarik

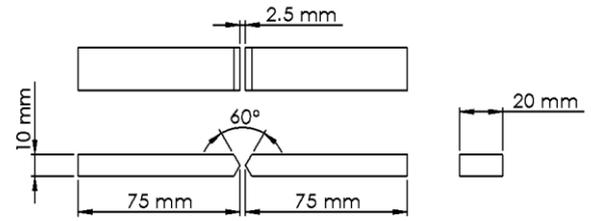


Gambar 3. Spesimen Uji Tarik ASTM E8

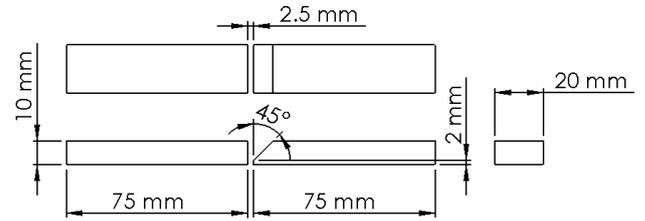
Pembuatan Spesimen Uji Bending



Gambar 4. Spesimen Uji Bending *Single V-Groove* ASTM E290



Gambar 5. Spesimen Uji Bending *Double V-Groove* ASTM E290



Gambar 6. Spesimen Uji Bending *Single Bevel Groove* ASTM E290

Teknik Analisis Data

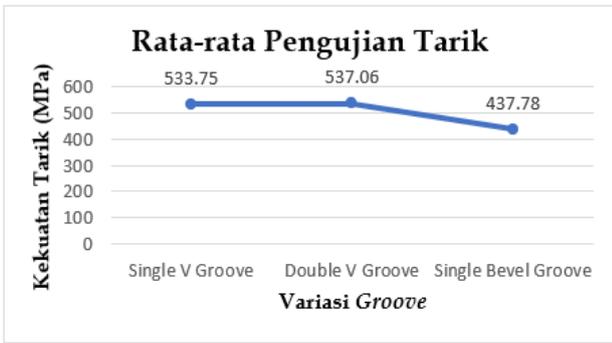
Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program SPSS untuk mengidentifikasi apakah ada pengaruh signifikan variasi *groove* pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending* baja karbon SS400. Metode analisis yang digunakan adalah ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan anova tunggal (*One-way ANOVA*) menggunakan aplikasi SPSS. Dalam penggunaan ANOVA, terdapat beberapa syarat atau asumsi yang harus dipenuhi, yaitu objek harus independen dan data yang diamati juga harus independen antar kelompok. Setelah itu, dilakukan pengujian ANOVA satu jalur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

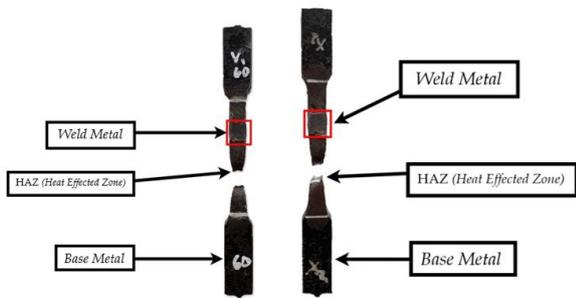
Spesimen	Lebar (b)(mm)	Tebal(d)(mm)	Luas $A_0 = b \times d$ (mm ²)	Beban Tarik Max (P)(Kg)	Kekuatan Tarik Max ($\sigma = P/A_0$) (MPa)	Rata-rata Tegangan Tarik Max (MPa)
Single V Groove	1	12,5	125	6808,20	533,76	533,75
	2	12,5	125	6826,20	535,17	
	3	12,5	125	6790,00	532,33	
Double V Groove	1	12,5	125	6832,20	535,64	537,06
	2	12,5	125	6859,40	537,77	
	3	12,5	125	6859,40	537,77	
Single Bevel Groove	1	12,5	125	5638,80	442,08	437,78
	2	12,5	125	5723,40	448,71	
	3	12,5	125	5390,00	422,57	



Gambar 7. Grafik Uji Tarik

Dari data hasil penelitian variasi jenis elektroda pengelasan SMAW pada material baja karbon SS400 dengan menggunakan variasi *single v-groove* mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 533,75 MPa, variasi *double v-groove* mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 537,06 MPa, variasi *single bevel groove* mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 437,78 MPa. Dari ketiga variasi *groove* tersebut dapat dilihat bahwa variasi *double v-groove* memiliki nilai kekuatan tarik yang paling besar.

Hasil pengujian dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik cenderung meningkat. Variasi bentuk *groove* memengaruhi nilai kekuatan tarik material, yang disebabkan oleh perbedaan geometri masing-masing kampuh. *Double v-groove* memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi karena memiliki penetrasi dari dua sisi, yaitu atas dan bawah, serta membutuhkan masukan elektroda lebih banyak dibandingkan kampuh lainnya.



Gambar 8. Patahan Spesimen Uji Tarik

Hasil pengujian tarik pada gambar 8 menunjukkan tidak adanya retak atau cacat las, sehingga dapat dikatakan bahwa proses pengelasan telah dilakukan dengan baik. Plat baja karbon SS400 menunjukkan keuletan, dengan rata-rata putus terjadi di area HAZ (*Heat Affected Zone*), yang menandakan kualitas pengelasan yang baik. Pemilihan jenis kampuh yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa benda kerja terjepit dengan kuat dan tetap dalam posisi yang diinginkan selama proses pengelasan (Wirjosumarto 2000:158). Variasi bentuk *groove* dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik suatu material, hal tersebut dikarenakan perbedaan bentuk geometri dari masing-masing *groove*. Bentuk *groove double v-groove* memiliki nilai tarik paling tinggi dikarenakan pada *groove double v-groove* memiliki penetrasi dua sisi yaitu atas dan bawah dan masukan elektroda yang lebih banyak dari kampuh lainnya (Harsono & Okumura, 1996).

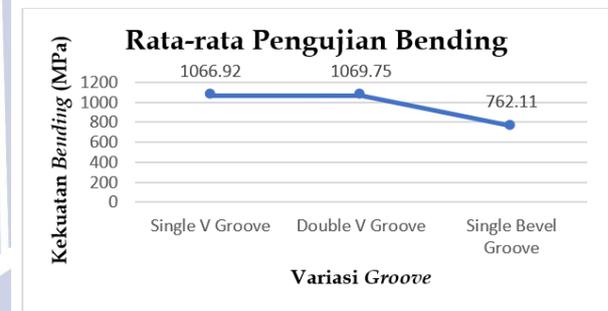
Lalu dijelaskan oleh (Sonawan & Suratman, 2004) kampuh yang masukan elektroda lebih banyak dan memiliki

penetrasi penuh akan memberikan kekuatan sambungan yang besar karena mampu menahan tegangan yang lebih kecil. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan (Amzamsyah et al., 2021) yang menyatakan bahwa variasi kampuh *double v-groove* pada hasil pengelasannya lebih homogen karena dilakukan pada dua bagian material. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Nigel Gibran, 2024) telah menyatakan bahwa bentuk kampuh *double v-groove* memiliki nilai kekuatan paling tinggi dikarenakan perbedaan bentuk geometri dari masing-masing kampuh serta penerimaan penetrasi dari elektroda yang menyebabkan bentuk kampuh dapat menahan tegangan yang berbeda beda.

Hasil Pengujian Bending

Tabel 2. Hasil Uji Bending

Spesimen	Lebar (b)(mm)	Tebal(d)(mm)	Beban Lengkung Max (P)(Kg)	Kekuatan Bending Max ($\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$)(MPa)	Rata-rata Tegangan Bending Max (MPa)
Single V Groove	1	20	10	1969,20	1085,52
	2	20	10	1904,20	1049,69
	3	20	10	1933,00	1065,56
Double V Groove	1	20	10	1931,40	1064,68
	2	20	10	1912,60	1054,32
	3	20	10	1977,80	1090,26
Single Bevel Groove	1	20	10	1374,60	757,74
	2	20	10	1378,60	759,95
	3	20	10	1394,40	768,66



Gambar 9. Grafik Uji Bending

Dari data hasil penelitian variasi *groove* pengelasan SMAW pada material baja karbon SS400 menggunakan variasi *single v-groove* mendapatkan rata-rata pengujian *bending* sebesar 1066,92 MPa, variasi *double v-groove* mendapatkan nilai rata-rata pengujian *bending* sebesar 1069,75 MPa, dan variasi *single bevel groove* mendapatkan nilai rata-rata pengujian *bending* sebesar 762,11 MPa. Berdasarkan data dan grafik di atas, variasi *double v-groove* menunjukkan rata-rata kekuatan *bending* tertinggi. Kualitas pengelasan yang baik dilihat dari tingginya nilai kekuatan *bending*, karena semakin besar nilai tersebut maka semakin ulet material yang dihasilkan.



Gambar 10. Bengkokan Spesimen Uji Bending

Hasil pengujian menunjukkan nilai kekuatan *bending* yang diperoleh cenderung meningkat. Pemilihan jenis kampuh yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa benda kerja terjepit dengan kuat dan tetap dalam posisi yang diinginkan selama proses pengelasan (Wirjosumarto 2000:158). Pada kampuh *double v-groove* memiliki nilai kekuatan *bending* lebih besar, hal tersebut terjadi karena pada variasi kampuh *double v-groove* pada hasil pengelasannya lebih homogen karena dilakukan pada dua bagian material pengelasan (Amzamsyah, 2021). Struktur yang terbentuk didominasi acicular ferrit, adanya inter locking pada struktur akan meningkatkan keuletannya (Suprijanto, 2013).

Ketahanan terhadap deformasi dan volume logam pengisi memengaruhi stabilitas sambungan las. *Double v-groove* dengan alur di kedua sisi sambungan memiliki ketahanan deformasi yang lebih baik saat pembengkokan karena stabilitas yang diperoleh dari dua arah. Berbeda dengan *single v-groove* dan *single bevel groove* yang hanya memiliki alur di satu sisi, sehingga sambungannya lebih rentan mengalami deformasi asimetris di bawah beban lentur tinggi. *Double v-groove* juga membutuhkan lebih banyak logam pengisi, yang menambah massa sambungan dan meningkatkan ketahanan terhadap pembengkokan. Sebaliknya, *single bevel groove* memerlukan lebih sedikit logam pengisi, sehingga sambungan lebih mudah berubah bentuk saat diberi tekanan lentur. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan (Amzamsyah et al., 2021) yang menyatakan bahwa variasi kampuh *double v-groove* pada hasil pengelasannya lebih homogen karena dilakukan pada dua bagian material. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Nigel Gibran, 2024) telah menyatakan bahwa bentuk kampuh *double v-groove* memiliki nilai kekuatan paling tinggi dikarenakan perbedaan bentuk geometri dari masing-masing kampuh serta penerimaan penetrasi dari elektroda yang menyebabkan bentuk kampuh dapat menahan tegangan yang berbeda beda.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisa data pengujian tarik dan pengujian *bending* pada material baja karbon SS400, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Pengujian tarik menunjukkan variasi *groove* berpengaruh signifikan pada nilai tarik baja karbon SS400. Nilai terendah ditemukan pada *single bevel groove* mendapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 437,78 MPa, diikuti *single v-groove* 533,75 MPa, serta nilai tertinggi pada variasi *double v-groove* 537,06 MPa. Perbedaan nilai tarik disebabkan oleh variasi geometri kampuh dan penetrasi elektroda yang memengaruhi kemampuan kampuh menahan tegangan.
- Variasi *groove* memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai *bending* baja karbon SS400. *Single bevel groove* mendapat nilai kekuatan *bending* terendah 762,11 MPa, diikuti oleh *single v-groove* 1066,92 MPa, serta *double v-groove* dengan nilai tertinggi 1069,75 MPa. Hal ini disebabkan oleh perbedaan geometri kampuh dan penetrasi elektroda yang memengaruhi kemampuan menahan tegangan.

Saran

Pada penelitian pengaruh arus listrik pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik dan *bending* sambungan las pada material baja karbon SS400 saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- Perlu dilakukan penelitian dengan jumlah spesimen yang lebih banyak pada setiap variabel untuk mendapatkan perbedaan nilai kekuatan tarik dan *bending* yang lebih akurat.
- Penelitian berikutnya disarankan untuk mengkaji variasi jenis *groove* dengan pengaturan *root gap* yang berbeda pada baja karbon rendah. Selain itu, variasi dalam penggunaan jenis elektroda, arus pengelasan, dan ketebalan material juga perlu dianalisis untuk melihat dampaknya terhadap kekuatan mekanis. Uji tambahan, seperti analisis struktur mikro dan uji kekerasan (*hardness test*), juga direkomendasikan untuk memperoleh wawasan lebih mendalam mengenai sifat material dan kualitas sambungan las.
- Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar industri kapal menggunakan *double v-groove* dalam pengelasan lambung kapal untuk meningkatkan kekuatan tarik dan *bending*. Meskipun biaya dan waktu pengerjaan sedikit lebih tinggi, penggunaan variasi *groove* ini akan meningkatkan ketahanan struktural dan keselamatan kapal, serta mengurangi risiko kegagalan.
- Industri kapal juga bisa memilih *single v-groove* sebagai opsi yang lebih *cost-effective*, meskipun memiliki kekuatan tarik dan *bending* yang lebih rendah, namun lebih efisien dalam hal biaya dan waktu pengerjaan. Pemilihan *groove* sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan kekuatan dan anggaran proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Antaqiya, F. M. A., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Baja St 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4), 334–344.
- Amzamsyah, Rofi, et al (2021). "The Effect of Campuh Variation and Current Strength of SMAW Welding on Bending Strength in ASTM A36." *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, hal. 2541–3562.
- ASTM International. (2022). ASTM E8/E8M-22: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International.
- ASTM International. (2022). ASTM E290-22: Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility. ASTM International.
- Gibran, N., & Drastiawati, N. S. (2024). Analisis variasi bentuk kampuh pengelasan SMAW terhadap nilai tarik, kekerasan, dan struktur mikro baja St 37. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2).
- Harsono, S., & Okumura, M. (1996). *Prinsip Dasar Teknik Pengelasan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Rahmatika, A., Sutarto, E. dan Arifin, A. C. (2021) "Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan

Standar ASME Section IX,” *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)*, 3(1), hal. 24–30. doi: 10.36870/jvti.v3i1.218.

Sonawan, M., & Suratman, A. (2004). Pengaruh variasi parameter pengelasan terhadap kualitas sambungan las baja karbon. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 45-5.

Sudarsono, Hidayat, Aminur, Pranoto, S., & Aksar, P. (2021). Analisa Kekuatan Mekanis Sambungan Las Kampuh V Tunggal Dan V Ganda Pada Baja Karbon Rendah Dengan Proses Pengelasan Smaw. *Dinamika*, 12(2), 103–108. <https://doi.org/10.33772/Djitm.V12i2.19894x>.

Suprijanto, D. (2013). Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan *Bending* Las Sudut Smaw Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*, 8, 91–96.

Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita.

