Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Hasil Pengamatan Non-Destructive Test MT, UT pada Pengelasan GMAW Material Baja SS400

Prayoga Herlan Saputra[1], Iis Siti Aisyah[2], dan Dini Kurniawati[3]
Universitas Muhammadiyah Malang[1,2,3]
e-mail: saputraprayoga02@gmail.com[1], siti@umm.ac.id[2], dan Dini@umm.ac.id[3]

ABSTRACT

Railways are an important means used for global mobility. Welding is a critical stage that affects the strength, integrity and safety of the railway. Welding quality is essential to maintain reliability and reduce the risk of accidents. The welding process is the joining of certain parts of a material, whether metallic or non-metallic, by heating the materialto a specific temperature. This is done with or without the use of filler metals that have relatively similar melting points. Gas Metal Arc Welding is an activity of joining two metals using a gas arc with an electrode in the form of a roller wire driven by a motor. In this research, the welding process observed is the GMAW process using current variations of 130A, 230A, and 350A. The welding position used is 1G with a Single V Butt Joint connection with a 60o angle. The material used is SS400 steel material with a size of 200 mm x 250 mm x 12 mm. This research was conducted with several testing methods including magnetic particle test, ultrasonic test, and tensile test. From the results of the tests that have been carried out, it can be concluded that the variation of GMAW welding current on SS400 steel joints has an influence on tensile strength. The highest UTS value is obtained from specimens with a current of 130 Ampere with a value of 545 MPa. The largest young modulus in the welding results using a current strength of 130 Ampere with a value of 12.8 Gpa. For the largest Elongation value of welding results using a strong current of 230 Ampere with a value of 15.71%. After the testing process using Non-Destructive Testing (NDT) with the Magnetic Particle Test (MT) and Ultrasonic Test (UT) methods, it is known that there are no defects or discontinuities found in the welding results.

Keywords: *Current, GMAW, NDT, SS400 Steel, Tensile*

ABSTRAK

Kereta api merupakan sarana penting yang digunakan untuk mobilitas global. Pengelasan adalah tahapan penting yang memengaruhi kekuatan, integritas, dan keselamatan kereta api. Kualitas pengelasan sangat penting untuk menjaga keandalan dan mengurangi risiko kecelakaan. Proses pengelasan merupakan penggabungan bagian-bagian tertentu dari suatu material, baik material logam atau non logam, dengan memanaskan material tersebut pada suhu khusus. Hal ini dilakukan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi yang memiliki titik leleh yang nilainya relatif sama. *Las Gas Metal Arc Welding* merupakan kegiatan penyambungan dua logam menggunakan busur gas dengan elektroda berupa kawat rol yang digerakkan oleh motor. Pada penelitian ini proses pengelasan yang diamati merupakan proses GMAW dengan menggunakan variasi arus 130A, 230A, dan 350A. Posisi pengelasan yang digunakan yaitu 1G dengan sambungan *Butt Joint Single V* dengan sudut 60º. Material yang digunakan yaitu material Baja SS400 dengan ukuran 200 mm x 250 mm x 12 mm. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode pengujian meliputi *magnetic particle test, ultrasonic test,* dan *tensile test*. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa variasi arus las GMAW pada sambungan Baja SS400 memberikan pengaruh pada kekuatan tarik. Nilai UTS tertinggi diperoleh dari spesimen dengan arus 130 Ampere dengan nilai 545 MPa. Modulus young terbesar pada hasil pengelasan menggunakan kuat arus sebesar 130 Ampere dengan nilai 12.8 Gpa. Untuk nilai Elongation terbesar hasil pengelasan menggunakan kuat arus sebesar 230 Ampere dengan nilai 15.71%. Setelah dilakukan proses pengujian dengan menggunakan *Non Destructive Testing* (NDT) dengan metode *Magnetic Particle Test* (MT) dan *Ultrasonic Test* (UT) diketahui bahwa pada hasil pengelasan tidak ditemukannya cacat atau diskontinuitas.

Kata kunci: Arus, GMAW, NDT, SS400, Kekuatan Tarik.

PENDAHULUAN

Kereta api merupakan sarana penting yang digunakan untuk mobilitas global. PT INKA Persero di Indonesia memainkan peran kunci dalam produksi berbagai jenis kereta. Pengelasan adalah tahapan penting yang memengaruhi kekuatan, integritas, dan keselamatan kereta api. Kualitas pengelasan sangat penting untuk menjaga keandalan dan mengurangi risiko kecelakaan. PT INKA Persero harus mempertahankan standar kualitas tinggi untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Pengelasan yang baik mengurangi risiko kerusakan struktural dan biaya perawatan jangka panjang. Pemahaman teknologi

ISSN 2775-5630

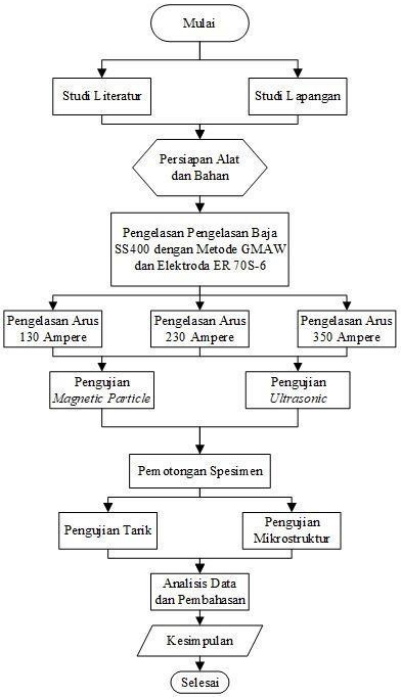
pengelasan yang tepat meningkatkan efisiensi produksi dan daya saing di pasar kereta api dengan metode utama menggunakan Gas Metal Arc Welding (GMAW). GMAW merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Pada GMAW terdapat elektroda yang berbentuk gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Pengelasan ini menggunakan gas mulia dan gas $CO2$ yang berfungsi sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfir. Terdapat contoh dari parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja karbon yaitu besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las (filler) [1]. Penetrasi logam induk dan kecepatan peleburan dipengaruhi oleh pengelasan; semakin tinggi arus pengelasan, semakin cepat penetrasi dan peleburannya. Jumlah arus yang digunakan dalam pengelasan berdampak pada produk akhir karena arus yang rendah menyulitkan pergerakan cairan dari ujung elektroda dan menciptakan busur listrik yang tidak stabil. Beberapa investigasi tentang kekuatan arus pengelasan dengan berbagai metode pengelasan telah dilakukan di masa lalu [2]. Salah satu pendekatan untuk memastikan kualitas pengelasan adalah melalui *Non-Destructive Testing* (NDT) sebagai sebuah metode yang digunakan untuk mendeteksi cacat material. NDT adalah bentuk pemeriksaan yang difokuskan untuk mengidentifikasi ketidaksempurnaan atau kelemahan pada material tanpa menyebabkan kerusakan atau kehancuran pada objek atau spesimen yang diuji. Pada dasarnya, pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi keamanan dan integritas material yang digunakan kemudian memastikan cacat pengelasan tetap berada dalam batas toleransi kerusakan yang dapat diterima.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pengelasan merupakan penggabungan bagian-bagian tertentu dari suatu material, baik material logam atau non logam, dengan memanaskan material tersebut pada suhu khusus. Hal ini dilakukan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi yang memiliki titik leleh yang nilainya relatif sama. [3]. Selain itu, pengelasan juga bisa diartikan sebagai pembentukan sambungan permanen antara benda atau logam yang dipanaskan. Proses pengelasan tidak hanya melibatkan memanaskan dua bagian benda hingga meleleh dan kemudian mendinginkannya, tetapi juga melibatkan pembentukan sambungan yang kuat dengan menambahkan bahan atau elektroda saat dipanaskan. Kekuatan sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan[4]. *Las Gas Metal Arc Welding* merupakan Kegiatan penyambungan dua logam menggunakan busur gas dengan elektroda berupa kawat rol yang digerakkan oleh motor. Proses pengelasan dilakukan dengan melepaskan gas ke daerah las untuk melindungi busur dan baja yang meleleh selama pengelasan serta mencegah kontaminasi dengan udara sekitar. Metode ini memiliki keunggulan karena tidak meninggalkan slag atau terak setelah pengelasan, meminimalkan perluasan pembersihan setelah selesai proses pengelasan[5]. Terdapat 3 daerah las lasan yaitu daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) dan logam induk yang tidak terpengaruhi panas. *Filler* atau elektroda adalah logam yang dimasukkan dalam proses pengelasan, soldering, dan pematrian untuk menggabungkan dua logam yang terpisah yaitu benda kerja. Secara prinsip, kawat elektroda dalam proses pengelasan dibedakan menjadi lima jenis berdasarkan logam yang dilas, yaitu: baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam ferro. *Filler* metal harus memiliki sifat yang serupa dengan logam dasar. Hal ini menunjukan bahwa tidak ada satu elektroda yang dapat digunakan untuk semua jenis pengelasan, termasuk juga berbeda-beda dalam diameter kawatnya[6]. ER70S-6 adalah jenis batang pengisi baja yang biasa digunakan dalam proses *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM). Elektroda dalamnya memungkinkan penggunaan arus yang lebih tinggi, baik dengan menggunakan gas pelindung CO2 atau campuran argon dan oksigen, maupun argon dan karbon dioksida. Penggunaan elektroda sangat penting dikarenakan pada bagian sambungan memiliki setidaknya kekuatan yang sama dengan bagian yang disambung. Hal ini untuk memastikan bahwa sambungan dapat menanggung beban dengan baik tanpa terjadi kegagalan struktural. Logam tambahan ini akan dilelehkan dan diaplikasikan ke sambungan untuk membentuk penyambungan yang solid dan kokoh[7]. Logam las atau lasan yang mengisi kampuh, dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu lasan penetrasi penuh dan lasan penetrasi tidak penuh atau penetrasi sebagian. Groove weld atau G merupakan keadaan seluruh bagian kampuh penuh terisi logam las. Fillet weld atau F merupakan keadaan bagian kampuh tidak terisi logam secara menyeluruh [7]. Baja adalah material yang terdiri dari campuran unsur besi dan karbon dengan kandungan karbon tidak lebih dari 2% serta sedikit unsur lain sebagai unsur paduan atau pengotor. Baja dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama berdasarkan komposisi kimianya: baja karbon (*plain carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*). Baja SS 400 adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar karbon

rendah yaitu dibawah 0,3 % dan mempunyai sedikit kandungan silikon. Pengujian tak rusak merupakan serangkaian metode yang digunakan untuk mengevaluasi integritas material tanpa merusak atau mengganggu material tersebut, baik dari segi cacat permukaan, cacat internal, maupun kondisi metalurgi. Dengan menggunakan metode ini, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk membuat keputusan yang tepat terkait dengan kelayakan penggunaan material atau komponen tersebut dalam aplikasi tertentu[8]. Terdapat beberapa metode *Non Destructive Test* (NDT) yang paling umum digunakan yaitu metode *visual inspection*, *liquid penetrant testing*, *magnetic particle testing*, *electromagnetic* atau *eddycurrent testing*, *radiographic testing,* dan *ultrasonic testing*. *Magnetic particle testing* adalah teknik yang memanfaatkan medan magnet dan partikel magnetik kecil seperti serbuk besi untuk mengidentifikasi ketidaksempurnaan pada material. Untuk memastikan pemeriksaan yang efektif, material yang diperiksa harus terdiri dari bahan feromagnetik seperti besi, nikel, kobalt, atau paduannya, karena bahan ini dapat dimagnetisasi secara memadai untuk pemeriksaan menyeluruh[9]. Pengujian Ultrasonik (UT) beroperasi berdasarkan perilaku gelombang suara, di mana suara pada dasarnya adalah gangguan partikel dalam padatan, cairan, atau gas. Pada permukaan batas antara dua buah benda yang berbeda akan menyebabkan gelombang ultrasonic menjadi bias dan terpantulkan. pemanfaatan sifat gelombang pantul dapat menentukan tebal bahan, lokasi cacat, dan ukuran cacat yang tegak lurus arah rambatan gelombang. Probe sudut dapat menghasilkan gelombang ultrasonik dengan arah rambatan yang membentuk sudut tertentu sehingga pendeteksian cacat menggunakan probe sudut lebih akurat[10]. Cacat pengelasan meliputi ketidakteraturan, diskontinuitas, ketidaksempurnaan, atau ketidakkonsistenan pada permukaan atau di dalam sambungan las pada bagian yang dilas. Cacat pengelasan dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu terkait proses dan terkait material/metalurgi. Cacat ini terjadi terutama pada logam las (WM), zona yang terpengaruh panas (HAZ), dan logam dasar (BM)[11].

METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pengelasan GMAW. Penelitian ini menggunakan posisi pengelasan 1G dengan sambungan *Butt Joint Single V* dengan sudut 60^{o}. Material yang digunakan yaitu material Baja SS400 dengan ukuran 200 mm x 250 mm x 12 mm sebanyak 6 buah. Elektroda yang digunakan adalah jenis ER 70S-6 diameter 1.2 mm. Tabel 5 merupakan parameter variasi besar arus yang digunakan pada penelitian ini. Komposisi kimia dan sifat mekanik material disajikan dalam tabel 1 dan tabel 2 sedangkan komposisi kimia dan sifat mekanik elektroda disajikan pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja SS400 (PT Krakatau Posco)

Heat No.	**Product No.**	Chemical Composition			
		C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%
SK89670	**PK09407801-7803**	**0,1978**	**0,244**	**0,312**	**0,013**

Tabel 2. Sifat Mekanik Baja SS400 (PT Krakatau Posco)

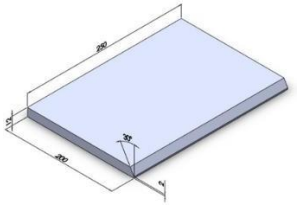
ProductNo.	**Heat No.**	***Tensile* Test**		
		YP (MPa)	TS (MPa)	**EL (%)**
SK89670	**PK09407801-7803**	**302**	**445**	**32**

Tabel 3. kimia kawat elektroda ER 70S-6 (HIT Welding Industry co.,LTD)

Element	Komposisi(%)
Karbon (C)	0.07
Silikon (Si)	0.84
Mangan (Mn)	1.45
Fosforus (P)	0.017
Belerang (S)	0.017
Kromium (Cr)	0.020
Nikel (Ni)	0.002
Tembaga (Cu)	0.11
Molibdenum (Mo)	0.002
Vanadium (V)	0.022

Tabel 4. Sifat mekanik kawat elektroda ER 70S-6((HIT Welding Industry co., LTD)

Tensile Strength	*Yield Strength*	*Elongation*
553 MPa	445 MPa	29%



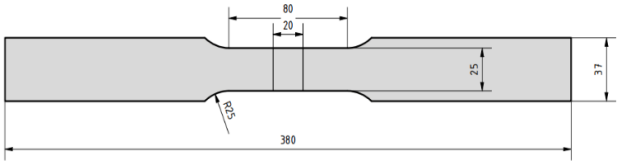
Gambar 2. Rancangan Pemotongan Spesimen Uji (mm)

Tabel 5. Parameter Pengelasan

Metode	Posisi	Tipe Sambungan	Polaritas	Arus (A)	Tegangan (V)	Travel Speed (kJ/mm)
GMAW	1G	Butt Joint	DCEP	130	20	27-32
GMAW	1G	Butt Joint	DCEP	230	28	27-32
GMAW	1G	Butt Joint	DCEP	355	35	27-32

Proses pembuatan spesimen dilakukan setelah proses pengelasan selesai untuk masing masing pengujian.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa metode yaitu *magnetic particle test*, u*ltrasonic test*, dan *tensile test*. Spesimen uji tarik sambungan sesuai dengan standar DIN ISO 6892-1. Dengan dimensi panjang 380 mm dan lebar 37 mm, dan tebal 12 mm seperti ditunjukan pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Spesimen Tensile Test

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik

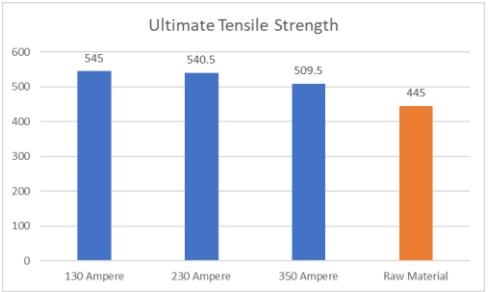
Pengujian tarik dilakukan untuk dapat mendapatkan sifat sifat mekanis dari material baja SS400 sebagai material uji dalam penelitian ini menggunakan variasi yang sudah ditentukan. Dari pengujian tarik didapatkan nilai UTS, *young modulus* dan elongation. Pengujian tarik pada baja SS400 dilakukan pengulangan sebanyak dua kali pada setiap variasinya. Adapun nilai hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Tarik pada Spesimen Pengelsan Baja SS400

Kode	*Ultimate Tensile Strength* (MPa)	*Avg Ultimate Tensile Strength* (MPa)	*Young Modulus* (GPa)	*Avg young modulus* (GPa)	*Elongation* (%)	*Avg Elongation* (%)
A1	545	545	12.6	12.8	12.56%	14.96%
A2	545		13.0		17.37%	
B1	541	540.5	12.5	12	16.81%	15.71%
B2	540		11.5		14.61%	
C1	519	509.5	13.5	12.65	18.63%	14.66%
C2	500		11.8		10.69%	

Dari tabel diatas, di peroleh nilai rata-rata dari masing-masing *Ultimate Tensile Strength* (UTS), *modulus young* dan *elongation*. Adapun nilai UTS, *modulus young* dan *elongation* tertinggi pada spesimen A variasi arus 130 Ampere dengan masing-masing nilai sebesar 545 MPa, 12.8 GPa, dan 14.96 %. Lalu diikuti oleh spesimen B variasi arus 230 Ampere dengan nilai UTS, *modulus young* dan *elongation* berturut-turut sebesar 540.5 MPa, 12 GPa, dan 15.71%. Spesimen C variasi arus 350 Ampere masing-masing memiliki nilai UTS, *modulus young* dan *elongation* terkecil sebesar 509.5 MPa, 12.65 GPa, dan 14.66%.

Pembahasan Pengujian Tarik

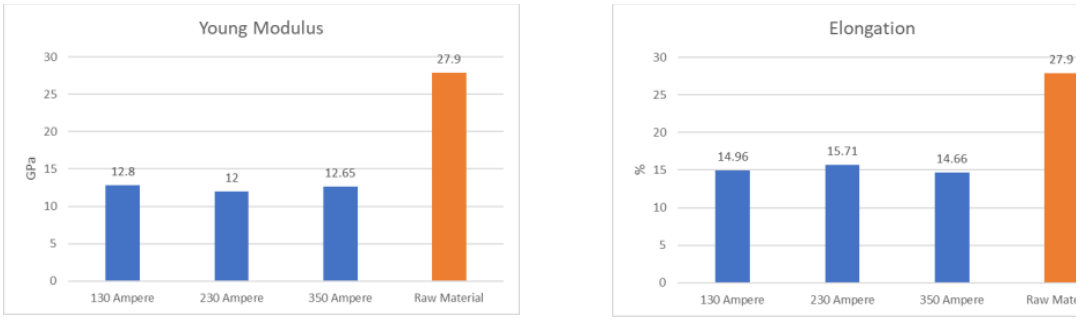


Gambar 4. Grafik perbandingan rata-rata Ultimate Tensile Strength spesimen pengelasan baja SS400

Pada proses pengelasan yang dilakukan pada tiga variasi arus (130A, 230A, dan 350A) didapati hasil pengujian bahwa terdapat perbedaan kekuatan tarik.. Pada material *raw material* menunjukan bahwa nilai minimum UTS sebesar 445 MPa dan pada hasil uji tarik spesimen las Nilai UTS tertinggi diperoleh dari spesimen dengan arus 130 Ampere dengan nilai 545 MPa, kemudian diikuti oleh spesimen dengan arus 230 Ampere dan 350 Ampere dengan nilai UTS sebesar 540.5 MPa dan 509.5 MPa. Spesimen *raw material*

ISSN 2775-5630

dapat mengalami penurunan ketangguhan seiring dengan variasi besar arus pengelasan khususnya pada material baja karbon rendah. Hal ini dapat disebabkan karena saat dilakukan proses pengelasan yang menghasilkan panas dapat membuat material menjadi lebih ulet, sehingga nilai ketangguhannya yang dihasilkan meingkat. Dengan demikian, semakin besar arus yang digunakan, akan meningkatkan jumlah panas yang dihasilkan dan pada gilirannya meningkatkan kekuatan tariknya[12]. Terjadi penurunan kekuatan uji tarik dari pada arus 230A dan 350A. Menurut Aditia, peningkatan arus pengelasan dapat menyebabkan penurunan kekuatan. Hal ini disebabkan oleh arus yang terlalu tinggi, yang menyebabkan elektroda mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar serta penembusan yang lebih dalam[13].



(a) (b)

Gambar 5. (a) Grafik perbandingan rata-rata modulus young spesimen pengelasan baja SS400 dan (b) Grafik perbandingan rata-rata *elongation* spesimen pengelasan baja SS400

Berdasarkan pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen hasil pengelasan baja SS400 dengan variasi besar arus didapatkan nilai *young modulus* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Oleh sebab itu, pengujian menunjukan bahwa material pengelasan bersifat getas berapapun nilai kuat arus yang diberikan[14]. Secara keseluruhan hasil pengujian tarik yang dilakukan, patah yang terjadi pada spesimen terjadi pada daerah *base metal*. Secara umum dapat dikatakan bahwa jenis elektroda yang digunakan cukup tangguh menahan beban tarik karena spesimen putus tidak berada di daerah sambungan (*weld*), tetapi di daerah *base metal*. Spesimen putus menunjukan bahwa sambungan las cukup kuat.

Pengujian Non-Destructive Test

1. Pengujian Magnetic Particle

Pada penelitian ini pengujian NDT yang dilakukan menggunakan *magnetic particle testing* dan *ultrasonic testing*. Hasil pengujian *magnetic particle* dan *ultrasonic*. Setelah dilaksanakannya uji magnetik, pemeriksaan magnetic menunjukan bahwa spesimen dengan variasi arus Listrik 130 Ampere menghasilkan hasil lasan yang dapat dikategorikan baik. Spesimen dengan variasi arus Listrik sebesar 130 Ampere, tidak menunjukan indikasi cacat atau ketidaknomalan yang tampak pada permukaan lasan.



(a) (b) (c)

Gambar 6. (a) Hasil magnetic test spesimen dengan variasi arus 130 Ampere, (b) hasil magnetic test spesimen dengan variasi arus 230 Ampere, (c) hasil magnetic test spesimen dengan variasi arus sebesar 350 Ampere

Spesimen dengan variasi arus listrik sebesar 130 Ampere, tidak menunjukan indikasi cacat atau ketidaknormalan yang tampak pada permukaan lasan. Kemudian untuk spesimen dengan arus sebesar 230 Ampere, setelah dilakukan pengujian magnetic tergambar bahwa spesimen tersebut menunjukan hasil lasan

yang dapat dikategorikan baik. Spesimen dengan variasi arus Listrik sebesar 230 Ampere, tidak menunjukkan indikasi cacat atau ketidaknormalan yang tampak pada permukaan lasan. Selanjutnya, pada spesimen yang diberi variasi arus sebesar 350 Ampere, hasil uji magnetik menunjukan bahwa lasannya dapat dianggap baik. Hal ini dikarenakan tidak terdapat indikasi cacat atau ketidaknormalan yang terlihat pada permukaan lasan. Namun, untuk memastikan integritas structural dan kekuatan sambungan las, diperlukan pengujian Desctructive guna menilai kekuatan mekanik dari spesimen tersebut.

2. Pengujian Ultrasonic

Hasil pengamatan uji ultrasonic ini didapatkan dari interpreter yang telah memiliki kualifikasi di bidang ultrasonic testing. *Ultrasonic Testing* dapat menghasilkan gambaran visual yang memperlihatkan lokasi dan ukuran cacat dengan menggunakan sinyal ultrasonik untuk memberikan informasi detail tentang struktur dan dimensi cacat terhadap *test piece* yang akan diuji. Berikut hasil pengujian *Ultasonic Testing* pada report dan dituangkan pada gambar 6.

Joint No.	Probe angle (°)	Frequency (MHz)	Leg	Decibels				Record of Discontinuity						Evaluation		Remarks
				Indication Level (a)	Reference Level (b)	Attenuation Factor (c)	Indication Rating (d)	Class of Indication	Length (mm)	Angular Distance (mm)	Depth from Face A (mm)	Distance from Y (mm)	Discontinuity Type	Accepted	Repaired	
Spesimen 1	0	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		
	70	2	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		
Spesimen 2	0	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		
	70	2	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		
Spesimen 3	0	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		
	70	2	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√		

Discontinuity Type : CR : Crack IF : Incomplete Fusion IP : Incompete Penetration EI : Elongated Indication

Gambar 7. Hasil pengamatan pengujian *ultrasonic*

Dari data yang tertuang pada gambar 6, terlihat bahwa spesimen 1, spesimen 2, dan spesimen 3 tidak terdapat cacat internal. Dikarenakan tidak ditemukan cacat setelah pengujian Ultrasonic maka Spesimen 1, spesimen 2, spesimen 3 dikategorikan accepted.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian menggunakan variasi arus yang berbeda beda pada spesimen uji didapati beberapa kesimpulan yaitu variasi besar arus las GMAW yang dilakukan pada sambungan Baja SS400 berdampak pada kekuatan tarik spesimen uji. Hal ini menunjukan semakin besar arus yang digunakan akan meningkatkan jumlah panas yang dihasilkan dan akan menyebabkan peningkatan pada kekuatan tariknya. Selanjutnya, jika dilakukan pengelasan dengan arus yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan kekuatan tarik sehingga dapat menyebabkan elektroda mencair dengan cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar serta penembusan yang lebih dalam. Nilai UTS tertinggi diperoleh dari spesimen dengan arus 130 Ampere dengan nilai 545 MPa. Modulus young terbesar pada hasil pengelasan menggunakan kuat arus sebesar 130 Ampere dengan nilai 12.8 Gpa. Untuk nilai *Elongation* terbesar hasil pengelasan menggunakan kuat arus sebesar 230 Ampere dengan nilai 15.71%. Setelah dilakukan proses pengujian dengan menggunakan *Non Destructive Testing* (NDT) dengan metode *Magnetic Particle Test* (MT) dan *Ultrasonic Test* (UT) ditemukan bahwa hasil pengelasan tidak ditemukan cacat atau diskontinuitas. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan saat welder melakukan pengelasan telah dilakukan prosedur yang sesuai seperti yang telah diatur dalam *Welding Procedure Specification* (WPS).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. Fakri dan N. B. B. Juhan, "Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap sambungan baja AISI 1050 (Analysis of the effect of the GMAW welding current on the toughness of the AISI 1050 material welding joints)," *J. Arc Weld.*, vol. 1, no. 1, hal. 5–10, 2019.

[2] A. Azwinur, S. A. Jalil, dan A. Husna, "Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, hal. 36, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.372.

[3] H. Wiryosumarto, "Okumura, Toshie," *Tek. Pengelasan Logam. Pradnya Paramita. Jakarta*, 2000.

[4] Y. A. P. Sandy, "Deteksi Cacat las Material Baja SS400 Menggunakan Non Destructive Test Dengan Metode Penetrant Testing (PT) Dan Ultrasonic Testing (UT)." University of Muhammadiyah Malang, 2019.

[5] Y. Mahendra, U. Lesmanah, dan M. Basjir, "Pengelasan SMAW dan GMAW Pada Baja SS400," *J. Unisma*, hal. 22–26, 2022.

[6] G. Marihot, *Mengelas logam dan pemilihan kawat las*. PT. Gramedia, 1984.

[7] H. Sonawan dan R. Suratman, "Pengelasan Logam," *Alph. Bandung*, 2003.

[8] S. Kumar dan D. Mahto, "Recent Trends In Industrial And Other Engineering Applications Of Non Destructive Testing: A Review," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 4, no. 9, hal. 0–13, 2013.

[9] S. K. Dwivedi, M. Vishwakarma, dan P. A. Soni, "Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, hal. 3690–3698, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.620.

[10] A. A. Supriyanto, "Penentuan Cacat Dengan Metode Ultrasonic Testing," *Ramatekno*, vol. 2, no. 1, hal. 7–13, 2022, doi: 10.61713/jrt.v2i1.33.

[11] F. Yusof dan M. F. Jamaluddin, *Welding Defects and Implications on Welded Assemblies*, vol. 6. Elsevier, 2014. doi: 10.1016/B978-0-08-096532-1.00605-1.

[12] L. N. Y. M, S. Heru, dan Q. Abdul, "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 1, hal. 1–12, 2016, [Daring]. Tersedia pada: http://journal2.um.ac.id/index.php/jurnal-teknik-mesin/article/view/511

[13] Aditia, Nurdin, dan S. I. Adi, "Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW," *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–4, 2019.

[14] W. Marthiana, Y. Mahyoedin, D. Duskiardi, dan A. Rahim, "Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan Pengelasan MIG Pada Material ST 37," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, hal. 140–144, 2020, doi: 10.52447/jktm.v5i2.421