

Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las *double lap joint* pada material AISI 1050

Azwinur¹, Adi Saputra Ismy¹, Rizky Nanda¹, Ferdiyansyah²

¹Politeknik Negeri Lhokseumawe

²PT. Pupuk Iskandar Muda

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email: azwinur@pnl.ac.id

Abstrak

Pengelasan merupakan ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Kekuatan sambungan pengelasan merupakan syarat dari sebuah konstruksi terutama di industri migas seperti pada instalasi perpipaan dan tanki bertekanan. Prosedur mengelas dan parameternya merupakan suatu hal yang sangat mempengaruhi kekuatan dari sambungan las. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan lap joint terhadap hasil pengelasan SMAW pada baja AISI 1050 dengan elektroda 7016. Variasi arus yang digunakan dalam proses pengelasan ini yaitu 100A, 125A dan 150A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las, hal ini dapat terlihat dari nilai kekuatan tegangan tarik dimana nilai tertinggi pada spesimen yang dilas dengan arus 100A sebesar 74.05 kgf/mm², sedangkan untuk tegangan tarik terendah pada spesimen dengan arus pengelasan 150A dengan nilai tegangan tariknya sebesar 68.60 kgf/mm². Hasil bentuk patahan setelah proses pengujian tensile test tidak terjadi pada daerah *weld metal* dan bentuk patahan yang terjadi dapat dikategorikan dalam bentuk patahan getas.

Kata kunci; Pengelasan SMAW, AISI 1050, kekuatan tarik, kekuatan sambungan las, sambungan las *double lap joint*.

Abstract

Welding is a metallurgical bond in a metal or alloy metal connection which is done in a liquid state. Welding is an activity of joint two or more metal parts by heating or pressing or a combination of the two in such a way that they merge like whole objects. The strength of the welding joint is a prerequisite for a construction especially in the oil and gas industry such as in piping installations and pressurized tanks. The welding procedure and its parameters is a matter that greatly affects the strength of the welded joint. This study aims to determine the strength of the double lap joint to the SMAW welding results on AISI 1050 steel with 7016 electrodes. Current variations used in this welding process are 100A, 125A and 150A. The results showed that the welding current greatly affected the strength of the weld joint, this can be seen from the value of the tensile stress strength where the highest value in the specimens welded with a current of 100A was 74.05 kgf / mm², while for the lowest tensile stress on the specimen with a welding current of 150A with a value of tensile stress of 68.60 kgf / mm². The results of the fracture form after the tensile test does not occur in the weld metal area and the shape of the fracture that occurs can be categorized in the form of brittle fracture.

Keywords; SMAW, AISI 1050, tensile strength, welding joint strength, double lap joint.

1. Pendahuluan

Proses pengelasan merupakan salah satu proses yang penting dalam industry logam, permesinan dan manufaktur. Hal ini dikarenakan tidak semua kontruksi dapat dicetak atau melalui proses casting. Prosedur pengelasan terlihat sangat

sederhana tetapi sebenarnya banyak terdapat masalah-masalah yang terjadi dilapangan pada saat proses pengelasan itu dilakukan.

Pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Norman) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam

keadaan lumer atau cair. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya[1].

Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas. Panas yang dihasilkan dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 derajat C sampai 4500 derajat C. Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan SMAW ini ada dua macam yaitu AC (Arus bolak balik) dan DC (Arus searah). Proses terjadinya pengelasan ini karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek, saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (welder) harus menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lonjakan ion yang menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (weld metal). Untuk menghasilkan busur yang baik dan konstan tukang las harus menjaga jarak ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama. Adapun jarak yang paling baik adalah sama dengan 1,5 x diameter elektroda yang dipakai[2].

Penggunaan teknik pengelasan pada proses penyambungan logam akan menjadi salah satu cara untuk dapat menghemat atau meringankan biaya produksi menjadi lebih murah dan lebih efisien. Kekuatan sambungan hasil pengelasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Permukaan yang bersih akan menghasilkan sambungan las yang jauh lebih kuat.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh)[3].

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien[4][5].

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk[6]. Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Hubungan diameter elektroda dan arus pengelasan

Diameter elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,4	70-100
3,2	100-165
4,0	150-220
4,8	200-275
5,6	260-340

Bagian terpenting dalam las busur listrik adalah elektroda las. Jenis elektroda yang dipergunakan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui sifat dan jenis dari masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Kawat Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan

tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Sedangkan fungsi fluks sendiri adalah menghasilkan gas pelindung untuk melindungi logam cair dari pengaruh udara luar, menstabilkan/memantapkan busur, pengatur penggunaan dan sebagai unsur paduan.

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian tentang variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan material[7][8][9][10][11]. Jaenal Arifin dengan judul penelitian tentang pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan smaw baja ASTM A36, dimana hasil dari penelitiannya bahwa jenis elektroda mempengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan tarik dimana kekerasan yang paling tinggi menggunakan elektroda E7018 dengan variasi arus 70A yaitu 105 HRB, dan nilai tertinggi pada pengujian tarik pengelasan menggunakan elektroda E6013 dengan variasi arus 110A yaitu 34,697MPa[12]. Dody Prayitno dalam penelitiannya tentang variasi arus pengelasan SMAW pada baja tahan karat (ASTM A316), hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa peningkatan arus lasan dari 120 A ke 140 A meningkatkan kekerasan permukaan lasan dari 465 HV menjadi 514.7 HV. Peningkatan arus lasan berikutnya dari 140 A ke 160 A menyebabkan terjadinya penurunan kekerasan permukaan lasan dari 514.7 HV menjadi 423 HV[6].

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang variasi arus pengelasan pada material yang lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050.

2. Metode Penelitian

Material yang digunakan adalah AISI 1050 dengan spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3

Tabel 2. Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Unsur Kimia	C	Si	Mn	S	P	NI	Cr	Mo
Persentase	0.470 %	0.287 %	0.620 %	0.008 %	0.010 %	0.009 %	0.050 %	0.030 %

Tabel 3. Mechanical properties AISI 1050

Material	Baja AISI 1050
Tensile Strength	682 Mpa
Yield Strength	372 Mpa
Reduction	45 %
Elongation	17

Ketebalan material adalah 12 mm. Elektroda yang digunakan adalah jenis E 7016, diameter 3,2 mm. Arus pengelasan yang di variasikan adalah 100 A, 125 A, dan 150 A. Sambungan yang akan dilas adalah jenis sambungan Lap joint. Bentuk spesimen benda uji mengacu standar ASTM E8.

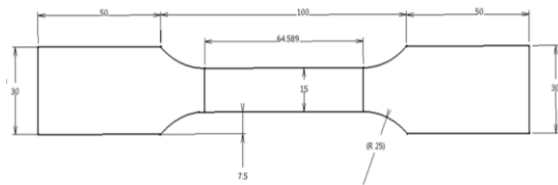
Tahap awal adalah pembentukan specimen dengan ukuran 212 mm x 70 mm sebanyak 3 buah, kemudian dilakukan pengelasan SMAW dengan jenis sambungan *double lap joint*. Pengelasan dilakukan dengan variasi arus yang berbeda yaitu 100 A, 125 A, dan 150 A. Posisi pengelasan menggunakan posisi pengelasan dibawah tangan atau biasa disebut dengan posisi 1F.

Setelah pengelasan dilakukan penentrant untuk mengetahui cacat las yang terjadi. Uji *liquid penetrant* merupakan salah satu metoda pengujian jenis NDT (*Non Destructive Test*) yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji *liquid penetrant* ini digunakan untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran. Proses pengujian dye penetrant ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut[13][14]:

1. Membersihkan permukaan benda yang akan diuji.
2. Setelah permukaan benda bersih, kemudian permukaan disemprot dengan liquid penetrant sampai rata pada permukaan, lalu dibiarkan selama 10 menit (*dwell time*).
3. Setelah 10 menit, permukaan benda dibersihkan dengan menggunakan kain yang telah dibasahi dengan cleaner penetrant dan dibersihkan dengan arah yang sama.
4. Semprotkan developer penetrant yang sebelumnya telah dikocok pada permukaan benda dengan rata, tunggu beberapa menit, kalau pada permukaan benda terdapat cacat maka akan timbul bercak-bercak cairan penetrant pada permukaan benda.

- Tandai bagian benda apabila terdapat cacat lalu permukaan dibersihkan dengan menyemprotkan cleaner penetrant dan dilap menggunakan kain sampai bersih.

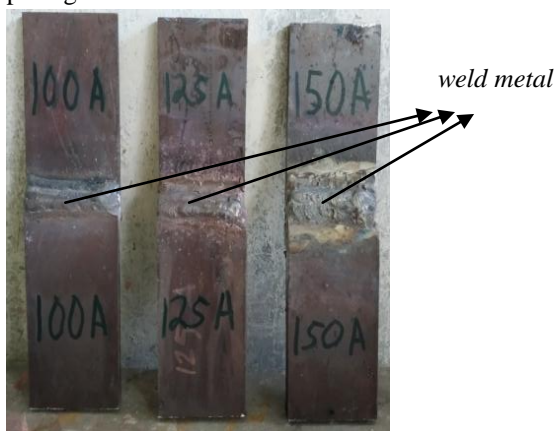
Setelah dilakukan penetrant maka langkah selanjutnya adalah proses pengujian tarik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Dimensi dari benda uji tarik seperti gambar dibawah ini:



Gambar 1. The dimension of the tensile sample[15].

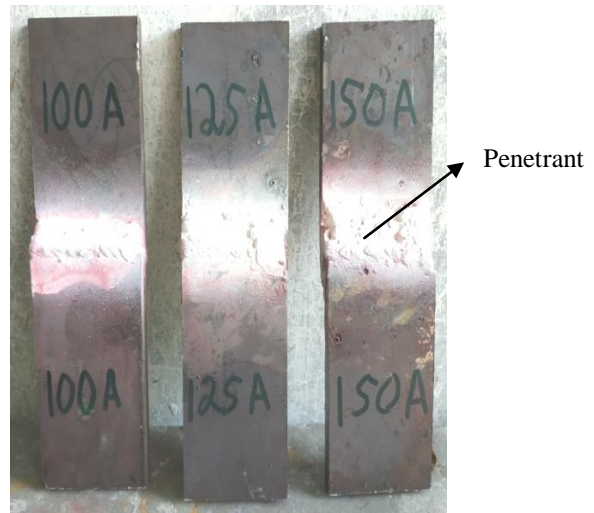
3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari pengelasan dengan variasi arus 100A,125A, dan 150A seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Hasil pengelasan arus 100A,125A,dan 150A

Hasil dari proses NDT *liquid penetrant* ini dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Hasil pengujian penetrant test

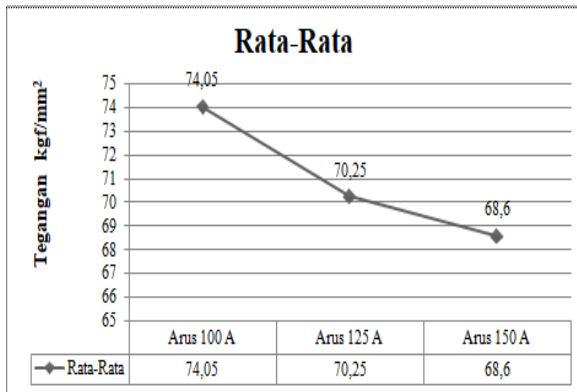
Dari hasil pengujian Penetrant test yang ada pada gambar 3 dapat menjelaskan bahwa hasil pengelasan yang dilakukan tidak mengalami cacat las pada permukaan pengelasan.

Secara umum hasil pengujian untuk kekuatan tegangan tarik yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Data hasil pengujian tegangan tarik

Material	Jenis Elektroda	Nomor Spesimen	Kekuatan Tegangan Tarik(kgf/mm ²)
BAJA AISI 1050	Tanpa Perlakuan	01	73.98
	E7016	100.01	74.78
		100.02	73.93
		100.03	73.43
		<i>Rata - rata</i>	<i>74.05</i>
	E7016	125.01	73.91
		125.02	68.55
		125.03	68.29
		<i>Rata - rata</i>	<i>70.25</i>
	E7016	150.01	68.43
		150.02	67.14
		150.03	70.23
	<i>Rata - rata</i>	<i>68.60</i>	

Data diatas dapat dilihat dalam bentuk grafik rata-rata seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Nilai Rata-Rata Tegangan Tarik Pada Spesimen Arus 100 A, 125 A, dan 150 A

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata tegangan tarik untuk spesimen yang dilakukan pengelasan sambungan lap joint dengan arus 100A dengan elektroda 7016 adalah sebesar 74.05 kgf/mm², dan untuk spesimen dengan arus pengelasan 125A nilai tegangan tariknya adalah sebesar 70.25 kgf/mm², terdapat perbedaan nilai antara pengelasan arus 100 dengan pengelasan arus 125 senilai 3.80 kgf/mm² serta untuk spesimen dengan arus pengelasan 150A adalah sebesar 68.60 kgf/mm², sedangkan perbedaan yang terjadi antara arus pengelasan 125 dan 150 senilai 1.65 kgf/mm².

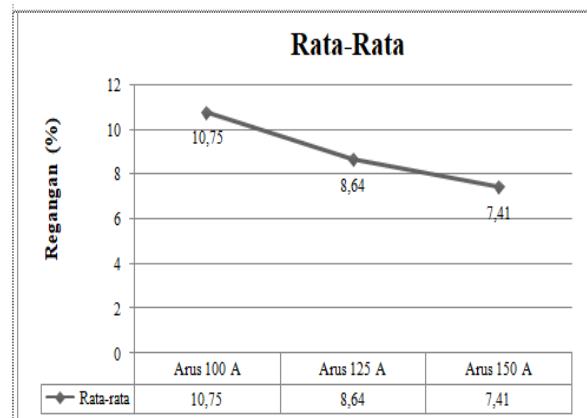
Maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tegangan tarik pada spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 100A lebih besar dari spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 125A dan 150A karena arus yang rendah bisa menyebabkan sukarnya penyalan busur listrik, busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil dan panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya tidak rata serta penembusan yang kurang dalam. Bila arus pengelasan yang digunakan terlalu tinggi maka elektroda akan cepat mencair dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan.

Data hasil pengujian regangan tarik yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3 di halaman berikutnya.

Tabel 3. Data hasil pengujian regangan

Material	Jenis Elektroda	Nomor Spesimen	Regangan Tarik (%)
BAJA AISI 1050	Tampa Perlakuan	01	10.17
	E7016	100.01	12.65
		100.02	10.00
		100.03	9.59
	<i>Rata - rata</i>		<i>10.75</i>
	E7016	125.01	9.42
		125.02	8.43
		125.03	8.68
	<i>Rata - rata</i>		<i>8.84</i>
	E7016	150.01	6.45
		150.02	8.35
		150.03	7.41
	<i>Rata - rata</i>		<i>7.41</i>

Data tersebut dalam bentuk grafik seperti yang pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Nilai Rata-Rata Regangan Tarik Pada Spesimen Arus 100 A, 125 A, dan 150 A

Data dari grafik di atas nilai regangan tarik paling rendah ada pada spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 150 A yaitu sebesar 7.41 %, dan untuk spesimen dengan arus 125 A terjadi regangan sebesar 8.64 %, terdapat perbedaan antara spesimen dengan arus pengelasan 150 A dan spesimen dengan arus 125 A adalah sebesar 1.43 %, sedangkan untuk spesimen dengan arus pengelasan 100 A nilai regangannya adalah sebesar 10.75 %. Maka terdapat perbedaan antara spesimen dengan arus pengelasan 125 A adalah sekitar 1.91 %, dan dengan adanya perbedaan diatas dapat

disimpulkan bahwa spesimen yang dilas dengan arus pengelasan 100A nilai regangannya lebih besar dibandingkan dengan spesimen yang dilas dengan arus 125A dan 150A.

Setelah dilakukan pengujian tarik maka patahan yang terjadi pada saat pengujian tarik tidak terjadi pada daerah *weld metal*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dibawah ini



Gambar 6. Hasil uji tarik spesimen arus 100A,125A,dan 150A

Berdasarkan gambar diatas hasil patahan uji tarik spesimen arus pengelasan 100 A,125 A,dan 150 A dapat terlihat secara visual bahwa patahan yang terjadi pada spesimen yang dilakukan pengelasan adalah jenis patahan getas.

Patah getas merupakan patah yang terjadi pada material yang diawali terjadinya retakan secara cepat dibandingkan patah ulet tanpa deformasi terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Biasanya patah getas terjadi pada material yang berstruktur martensit,atau material yang memiliki komposisi karbon yang sangat tinggi sehingga sangat kuat dan rapuh. Adapun ciri-ciri patah getas adalah sebagai berikut :

1. Permukaannya terlihat berbentuk granular, berkilat dan memantulkan cahaya.
2. Terjadi secara tiba-tiba tanpa ada deformasi plastis terlebih dahulu sehingga tidak dampak material tersebut akan patah.
3. Waktu terjadinya patah lebih cepat.
4. Bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik.

Selama proses pengelasan, siklus thermal terjadi pada daerah logam las dan HAZ diantaranya yaitu pemanasan hingga mencapai suhu tertentu. Hal tersebut mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik logam las dan HAZ, sehingga logam las akan mengalami transformasi fasa. Siklus *thermal* yakni pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur mikro dari logam yang bersangkutan, sedangkan perubahan ukuran butir dan struktur yang terbentuk pada struktur mikro mengakibatkan nilai kekuatan tarik yang berbeda.

Pada saat proses pengelasan dilakukan pemilihan arus juga mempengaruhi kualitas kekuatan sambungan las yang digunakan,karena jika arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah maka akan menghasilkan tingkat penetrasi yang kurang dalam. Busur listrik dan panas yang terjadi pada saat proses pengelasan juga menjadi tidak stabil. Jika arus yang digunakan terlalu besar maka akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penetrasi yang dalam dan kekuatan tarik yang dihasilkan lebih rendah.

Semua spesimen pada saat dilakukan pengujian tarik tidak putus pada daerah lasan, ini menandakan bahwa sambungan las dengan elektroda E7016 yang digunakan dan parameter pengelasan yang diberikan menghasilkan kekuatan sambungan yang baik.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian tentang kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050 dengan variasi arus pengelasan 100 A,125 A,dan 150 A. dapat disimpulkan bahwa arus pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las dimana pada pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik maximum sebesar 74.05 kgf/mm² dan regangan tarik tertinggi sebesar 10.75 %, harga ini diperoleh pada spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 100 A dengan menggunakan elektroda E7016 pada material AISI 1050. Sedangkan untuk harga uji tarik terendah adalah sebesar 68.60 kgf/mm², dan regangan tariknya sebesar 7.41 %. Harga ini terdapat pada spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 150 A. Semua spesimen pada saat dilakukan pengujian tarik tidak putus pada daerah lasan, ini menandakan bahwa sambungan las dengan elektroda E7016 yang digunakan dan parameter pengelasan yang diberikan menghasilkan kekuatan sambungan yang baik.

Referensi

- [1] Syahrani, Awal Mustafa, and Oktavianus, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A 106 Abstract: The Influence of GTAW Welding Current Variation on Mechanical," vol. 8, no. 1, pp. 721–729, 2017.
- [2] D. Jones, "Pengertian Las Listrik SMAW Shield Metal Arc Welding," 2014. .

- [3] Wiryosumarto H., *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga, 2000.
- [4] A. Hamid, "ANALISA PENGARUH ARUS PENGELASAN SMAW PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH TERHADAP KEKUATAN MATERIAL HASIL SAMBUNGAN.," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buan*, vol. 7, no. 1, p. (ISSN:2086-9479), 2016.
- [5] W. Yu, M. Fan, J. Shi, F. Xue, X. Chen, and H. Liu, "A comparison between fracture toughness at different locations of SMAW and GTAW welded joints of primary coolant piping," *Eng. Fract. Mech.*, vol. 202, pp. 135–146, 2018.
- [6] D. Prayitno, H. D. Hutagalung, and D. P. B. Aji, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Lasan pada Baja ASTM A316," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [7] S. A. Jalil, Z. Zulkifli, and T. Rahayu, "ANALISA KEKUATAN IMPAK PADA PENYAMBUNGAN PENGELASAN SMAW MATERIAL ASSAB 705 DENGAN VARIASI ARUS PENGELASAN," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 58, Sep. 2017.
- [8] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, Sep. 2017.
- [9] V. A. Setyowati and S. Suheni, "VARIASI ARUS DAN SUDUT PENGELASAN PADA MATERIAL AUSTENITIC STAINLESS STEEL 304 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTURMAKRO," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 29, Dec. 2016.
- [10] A. Q. M Yogi Nasrul L., Heru Suryanto, "PENGARUH VARIASI ARUS LAS SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN DISSIMILAR STAINLESS STEEL 304 DAN ST 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 01, pp. 1–12, 2016.
- [11] A. Aditia, N. Nurdin, and A. S. Ismy, "Analisa kekuatan sambungan material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan variasi arus pada proses pengelasan SMAW," *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2019.
- [12] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa'at, "Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36," *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 13, no. 1, 2017.
- [13] T. Endramawan, E. Haris, F. Dionisius, and Y. Prinka, "Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (Ndt-Pt) Untuk Analisis Hasil Pengelasan Smaw 3g Butt Joint," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 3, no. 2, pp. 44–48, 2017.
- [14] *ASME Code Section V Article 6*. New york: ASME, 2013.
- [15] *ASME E8/E8M, Standart Test Methods for Tension Testing of Metallic Material*. West Conshohocken, United States: American Society for Testing Methods.