

Analisis Pengaruh Variasi *Filler* dan Kuat Arus Pengelasan *Dissimilar SM490YA* dengan *Cast Steel* terhadap Kekerasan

Leonandra Eka Valentino^{1*}, Moh. Thoriq Wahyudi¹, Wiwik Dwi Pratiwi²

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1}*

Program Studi Magister Teknik Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111²

Email: valentextrim@gmail.com¹

Abstract – *Dissimilar welding is a technique for joining two different types of metals, but over time there are more and more variations of joints that experience problems. This study was conducted to analyze joint failures characterized by cracking or fracture, which may be caused by the selection of inappropriate current strength and the use of filler metal with lower tensile strength than the material being joined. To overcome these problems, the selection of filler metal and the appropriate current strength is important. This study uses two types of filler metal, ER70S-6 and ER80S-G, with three variations of current strength, namely 100A, 175A, and 250A. Tests were conducted through hardness tests on several areas, including base metal, weld metal, HAZ cast steel, and HAZ SM490YA. The test results showed the highest hardness value of 279.10 HVN in the weld metal area using ER80S-G filler and a current of 100A, and the lowest hardness value of 183.70 HVN in the HAZ area of SM490YA with a current strength of 250A.*

Keyword: *Dissimilar Welding, Filler Metal, Current Strength, Hardness.*

1. PENDAHULUAN

Proses fabrikasi konstruksi sasis truk, terdapat sambungan *fillet weld* yang menghubungkan hanger dengan sasis, yang memegang peranan penting dalam menopang beban statis maupun dinamis yang tersebar ke seluruh struktur baja. Risiko kegagalan pada proses pengelasan dapat menimbulkan konsentrasi tegangan yang berpotensi menyebabkan kegagalan struktural, seperti penurunan kualitas las yang bisa berujung pada cacat fatal, seperti retak atau patahnya sambungan. Oleh karena itu, setelah pengelasan selesai, perlu dilakukan inspeksi untuk mendeteksi adanya cacat yang mungkin timbul.

Dalam studi kasus ini, ditemukan bahwa proses pengelasan dilakukan tanpa parameter pengelasan yang terkontrol dan dengan pemilihan elektroda yang tidak sesuai. Pemilihan *filler metal* yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas pengelasan yang diharapkan. Salah satu persyaratan *filler metal* yang tepat adalah harus memiliki kekuatan tarik yang sama atau lebih besar daripada *base metal* yang dilas (AWS D1.1, 2020). Penggunaan arus las yang tinggi dapat menyebabkan cacat las, seperti kontur manik las yang tidak teratur dan cekung, terbentuknya lubang, serta percikan las yang berlebihan.

Sebaliknya, arus las yang terlalu rendah dapat menyebabkan cacat las berupa kontur manik las yang cembung dan kurangnya peleburan. Laju pelelehan elektroda sangat bergantung pada besar arus las, sehingga kontrol terhadap laju pelelehan dan arus las harus dilakukan secara bersamaan (Society, 2011).

Oleh karena itu, penentuan parameter pengelasan, seperti arus las dan pemilihan elektroda yang tepat, diperlukan untuk mencegah kegagalan sambungan las. Arus las mempengaruhi laju pelelehan elektroda, kedalaman penetrasi pada daerah las, dan base metal (Lincoln, 1994). Semakin tinggi arus las, semakin besar penembusan dan kecepatan pencairan yang terjadi (Wiryo Sumarto dan Okumura, 2000). Pada sebuah tempat pembuatan konstruksi truk, ditemukan adanya masalah berupa retakan pada daerah *weld metal*.

2. METODOLOGI .

2.1 Material

Dalam penelitian ini, digunakan plat baja SM490YA dan *Cast Steel* dengan ketebalan 12 mm sebanyak 6 *joint*. Proses pengelasan dilakukan dengan mesin las GMAW dan *filler metal* yang digunakan adalah ER70S-6 dan ER80S-G dengan diameter 1.0 mm. Gas

pelindung menggunakan CO₂ dengan kadar sebanyak 100%. Baja memiliki kemampuan pengerasan (*hardenability*) yang bervariasi, memungkinkan penyesuaian dengan sifat mekanik yang diinginkan (Troxell, 1998). Baja cor atau baja tuang adalah bahan yang serbaguna. Baja jenis ini memiliki berbagai macam sifat. Dikarenakan sifatnya yang beragam baja cor dapat digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kemampuan las, ketahanan abrasi, kekuatan tinggi, ketangguhan, suhu tinggi dan ketahanan korosi merupakan hal penting. (Blair, 1990). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terkait kegunaan baja cor, pada penelitian ini baja cor digunakan sebagai bahan dasar pada *spare part* berbentuk *hanger* dari merek YORK. Pada *manual book* untuk merek York yang berjudul “*YTE Suspension: Installation & Suspension*” menjelaskan bahwa jenis baja cor yang digunakan untuk pembuatan *hanger* truk ini merupakan baja cor BS3100:A2.

Pada standar BS3100:1991 menjelaskan bahwa BS3100:A2 termasuk ke dalam jenis *low alloy steel casting*. *Low alloy steel casting* merupakan baja cor atau baja tuang yang sering digunakan dikarenakan memiliki sifat yang mudah di tempa serta di las. Baja jenis ini sering digunakan untuk bagian pada gerbong kereta api, pompa dan katup, kendaraan berat seperti truk, konstruksi dan peralatan pada industri pertambangan, dan peralatan pada mesin pembangkit listrik. Penggunaan baja cor sebagai bahan dasar pembuatan *hanger* truk merupakan contoh bahwa baja cor merupakan material yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan penggunaan dan memiliki daya tahan yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk kegiatan industri maupun kegiatan transportasi yang berat. Baja cor yang digunakan pada sektor industri dan transportasi berat dituntut untuk memiliki sifat mekanis yang baik seperti keuletan, ketangguhan, dan sifat mampu yang baik agar mampu bertahan dengan kondisi lingkungan kerja yang sangat berat. Selain memiliki daya tahan tinggi, penggunaan baja cor dengan jenis *low alloy steel casting* sebagai bahan dasar pembuatan *spare part* berupa *hanger* truk juga memiliki keunggulan lain yaitu berupa biaya yang terjangkau sehingga memudahkan perusahaan manufaktur transportasi kendaraan dan pemesan untuk mendapatkan suatu *spare part* berkualitas tinggi dengan harga yang terjangkau.

Sifat mekanis dan komposisi BS3100:A2 dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Sifat Mekanik BS3100:A2

Yield Point (MPa) Min.	Tensile Strength (MPa) Min.	Elongation (%) Min.
260	490	18

Sumber: BS3100, 1991

Tabel 3. Komposisi Kimia (maks.) BS3100:A2

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.35	0.60	1.0	0.050	0.050

Sumber: BS3100, 1991

Selain baja cor, material yang digunakan pada penelitian adalah baja karbon adalah salah satu bahan yang sering digunakan dalam pengelasan konstruksi dan penelitian eksperimental karena kemampuannya yang mudah dibentuk dan memiliki sifat las yang baik. Klasifikasi dan sifat baja karbon bergantung pada kadar karbon yang ada dalam material tersebut. Baja karbon rendah memiliki kadar karbon di bawah 0,30%, sedangkan baja karbon menengah memiliki kadar karbon antara 0,30% hingga 0,45%, dan baja karbon tinggi memiliki kadar karbon antara 0,45% hingga 1,70%. Semakin tinggi kadar karbon, kekuatan dan kekerasan material akan meningkat, tetapi elastisitasnya akan menurun. Dalam penelitian ini, jenis baja karbon yang digunakan adalah SM490YA, yang mematuhi standar JIS G3106. Jenis baja karbon ini memiliki sifat las yang baik karena termasuk dalam kategori HSLA (*High Strength Low Alloy*) atau memiliki campuran karbon yang rendah. Baja ini sering digunakan dalam pembuatan konstruksi, karena memiliki kekuatan dan kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon umumnya. Dalam penelitian ini, SM490YA digunakan untuk konstruksi sasis truk dan *dobler*. Sifat mekanis dan komposisi SM490YA dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 berikut.

Tabel 4. Sifat Mekanik SM490YA

Yield Point (MPa) Min.	Tensile Strength (MPa) Min.	Elongation (%) Min.
365	490	19

Sumber: G3106:2004

Tabel 5. Komposisi Kimia (maks.) SM490YA

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.18	0.241	1.16	0.024	0.0087

Sumber: Gunung Raja paksi, 2023

2.2 Proses Las

Proses las menggunakan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan sambungan *V-groove butt joint* dalam posisi pengelasan 1G. Proses pengelasan menggunakan *shielding gas* CO₂ dengan tingkat aliran sebesar 10-15 L/min. Pemilihan prosedur proses las harus secara tepat sehingga menghasilkan kualitas sambungan yang baik. Salah satu variabel yang perlu diperhatikan dalam proses las adalah kesesuaian arus las dengan elektroda yang digunakan, rekomendasi penggunaan kuat arus berdasarkan elektroda yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penggunaan Kuat Arus Berdasarkan Diameter Elektroda

Las MIG	
Diameter Kawat Las (mm)	Kuat Arus (Amp.)
0,8	10 – 100
1,0	70 – 180
1,2	110 – 230
1,6	150 – 330
2,4	250 – 500

Sumber: Wiryosumarto dan Okumura, 2000

America Welding Society (AWS) D1.1:2020 menjelaskan bahwa filler metal merupakan paduan yang digunakan untuk menyambungkan material pada saat proses las, brazing, ataupun saat penyolderan. Filler metal yang tepat adalah filler metal yang memiliki kekuatan tarik melebihi nilai kuat tarik pada material yang dilas, pada latar belakang telah dijelaskan bahwa penggunaan *filler metal* di lapangan tidak memenuhi syarat dikarenakan memiliki nilai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan material yang digunakan. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja cor yang berasal dari *spare part* truk berbentuk hanger yang memiliki jenis yaitu baja cor karbon rendah tipe BS3100:A2. Sementara baja karbon yang digunakan adalah SM490YA. Perbedaan nilai kuat tarik antara filler metal ER70S-6, baja cor, dan SM490YA dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Penggunaan Nilai Kuat Tarik

AWS Class	Tensile Strength, min	Elongation min. (%)
	MPa	
ER70S-6	480	22
Hanger YORK (BS3100:A2)	490	18
SM490YA	490	19 – 21

Salah satu syarat *filler metal* yang sesuai yaitu harus memiliki kekuatan tarik lebih besar atau minimal sama dengan base metal yang akan dilas. Apabila menggunakan *filler metal* yang memiliki kekuatan tarik dibawah kekuatan material, maka dapat menyebabkan menurunnya kekuatan sambungan sehingga dapat menyebabkan sambungan mengalami *crack* yang dapat berujung pada patahnya suatu sambungan pengelasan. Dapat dilihat pada Tabel 6 diatas bahwa nilai kuat tarik *filler metal* yang digunakan pada proses pengelasan dilapangan dibawah nilai kuat tarik material, maka dari itu pada kesempatan penelitian ini penulis menggunakan *filler metal* dengan kelas yang lebih tinggi untuk meningkatkan kualitas sambungan. Pada penelitian ini penulis menggunakan kawat las ER80S-G sebagai pembanding ER70S-6. Data *mechanical properties* ER70S-6 dan ER80S-G dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Sifat Mekanik *Filler metal ER70S-6 dan ER80S-G*

AWS Class	Tensile Strength, min	Elongation min. (%)
	MPa	
ER70S-6	480	22
ER80S-G	550	Not Specified

Sumber: AWS A5.18, 2005 dan AWS A5.28, 2005

Adapun Parameter pengelasan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Parameter Las

Spesimen	Amp (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (J/mm)
70A	96-119	21-28	110-187	898-1709
70B	165-177	22-25	145-160	1394-1747
70C	242-257	23-26	173-252	1561-2292

80A	91-115	19-24	94-167	808-1700
80B	165-185	19-22	134-167	1245-1831
80C	241-253	26-27	228-351	1103-1808

Pada tabel diatas terlihat penggunaan kuat arus 100A, 175A, dan 250A memberikan pengaruh terhadap masukan panas. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan kuat arus saat proses las perlu dikontrol agar menghasilkan kualitas hasil las baik dan menghindari adanya cacat pengelasan yang tidak diinginkan.

2.3 Pengujian Hardness

Menentukan definisi yang tepat untuk “kekerasan” merupakan hal yang sulit, dikarenakan setiap bidang ilmu pengetahuan memberikan definisinya sendiri-sendiri sesuai dengan perspektif dan penggunaan. Oleh karena itu, pengujian kekerasan berbagai macam metode dan konsep yang dianut. Pada bidang engineering yang berfokus pada pengolahan logam, kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi atau dengan definisi lain adalah ketahanan logam terhadap deformasi plastis.

Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan berdasarkan standar yaitu; pengujian Brinell, Rockwell, *Vickers*, dll. Pada pengujian kekerasan dilakukan dengan menekan sebuah indenter yang lebih keras dari sifat bahan uji dengan beban dan jangka waktu tertentu (sekitar 10 sampai 15 detik), bekas yang tampak dari proses tekan pada permukaan benda uji akan diukur untuk menentukan nilai kekerasan dengan rumus gaya tekan dibagi luas tapak tekan. Pada penelitian ini menggunakan metode *vickers* pada dasarnya mirip dengan uji *brinell*, dengan perbedaan terletak pada indenter intan² yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar yang terbuat dari intan, dan memiliki sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan sebesar 136°. Pengukuran diagonal pada bentuk segi empat ini memberikan tingkat keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan pengukuran pada lingkaran. Pengujian *Vickers* dapat dilakukan pada spesimen yang tipis, bahkan hingga ketebalan 0,006 inci. Rentang nilai kekerasan yang dapat diukur secara akurat mencapai 1300 (setara dengan Brinell 850). Indenter pada pengujian *Vickers* jarang menjadi rata seperti pada uji Brinell. Beban yang digunakan dalam pengujian *Vickers* berkisar antara 1 hingga 120 kgf. Perubahan beban tidak

terlalu mempengaruhi hasil pengujian, sehingga penggunaan beban yang berbeda akan tetap menghasilkan nilai kekerasan yang sama untuk material yang sama. Nilai kekerasan *Vickers* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Hv = \frac{2P \sin(\frac{\alpha}{2})}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

Dimana:

HV = *Hardness Vickers*

P = Beban (kgf)

α = sudut 2 sisi yang berhadapan pada indenter

d = diagonal indentasi rata-rata (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Hardness

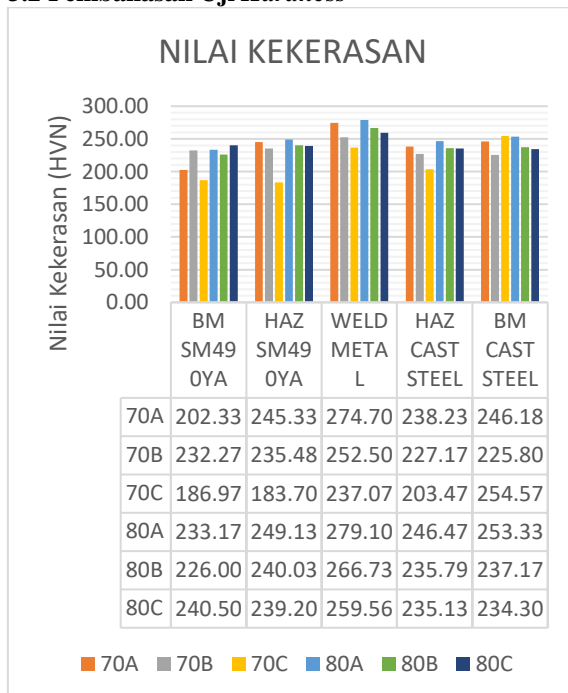
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing masing bagian pada setiap variasi proses, dengan menggunakan metode pengujian *hardness vickers*. Pengujian dilakukan pada potongan melintang dari spesimen yang dilakukan pada bagian *base metal*, HAZ SM490YA, HAZ *hanger cast steel* dengan jarak indentasi 1 mm. Pembebanan yang digunakan adalah 2 kgf dengan *dwelt time* selama 10 detik. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 3 titik pada masing daerah.

Tabel 10: Hasil Uji Kekerasan

Kode	Daerah	Nilai Hardness HVN			Rata Rata
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	
70A	Base Metal SM490YA	186,64	200,77	219,58	202,33
	HAZ SM490YA	297,50	225,00	213,50	245,33
	Weld Metal	274,50	274,90	274,70	274,70
	Haz Cast Steel	278,50	208,40	227,80	238,23
	Base Metal Cast Steel	220,76	288,60	229,17	246,18
70B	Base Metal SM490YA	223,20	250,20	223,40	232,27
	HAZ SM490YA	224,21	225,79	256,43	235,48
	Weld Metal	219,50	262,60	275,40	252,50
	Haz Cast Steel	216,10	233,40	232,00	227,17
	Base Metal Cast Steel	237,80	203,40	236,20	225,80
70C	Base Metal SM490YA	158,90	193,60	208,40	186,97
	HAZ SM490YA	177,40	173,20	200,50	183,70
	Weld Metal	272,10	228,20	210,90	237,07
	Haz Cast Steel	185,10	206,30	219,00	203,47
	Base Metal Cast Steel	232,50	258,40	272,80	254,57

80A	Base Metal SM490YA	219,50	242,60	237,40	233,17
	HAZ SM490YA	275,40	224,40	247,60	249,13
	Weld Metal	270,00	284,10	283,20	279,10
	Haz Cast Steel	233,30	256,30	249,80	246,47
	Base Metal Cast Steel	266,10	258,40	235,50	253,33
80B	Base Metal SM490YA	209,20	265,00	203,80	226,00
	HAZ SM490YA	210,90	249,20	260,00	240,03
	Weld Metal	278,80	246,20	275,20	266,73
	Haz Cast Steel	237,88	241,93	227,56	235,79
	Base Metal Cast Steel	235,70	225,00	250,80	237,17
80C	Base Metal SM490YA	288,90	221,50	211,10	240,50
	HAZ SM490YA	245,40	245,60	226,60	239,20
	Weld Metal	245,69	256,22	276,76	259,56
	Haz Cast Steel	241,20	194,90	269,30	235,13
	Base Metal Cast Steel	294,60	223,20	185,10	234,30

3.2 Pembahasan Uji Hardness



Gambar 1. Nilai rata-rata kekerasan (HVN)

Berdasarkan Tabel 10 dan Gambar 1 grafik hasil pengujian kekerasan di atas, nilai kekerasan pada base metal relatif sama. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh panas yang terjadi selama pengelasan yang tidak terlalu berpengaruh pada base metal.

Nilai kekerasan pada logam induk lebih rendah dibanding daerah HAZ, hal ini disebabkan pengaruh panas pada proses pengelasan mempengaruhi bentuk struktur mikro pada daerah HAZ yang mengakibatkan perbedaan kekerasan (Agus Hariyanto et al., 2018). Pada tabel 4.4 terlihat bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka nilai kekerasan akan semakin menurun. Penurunan nilai kekerasan dikarenakan dengan peningkatan kuat arus maka *heat input* yang dihasilkan juga semakin besar yang menyebabkan tingginya temperatur pengelasan. Semakin tinggi temperatur pengelasan, laju pendinginan yang terjadi akan semakin lambat sehingga butir yang terbentuk memiliki ukuran besar dan kasar. Butir yang kasar menyebabkan semakin sedikit batas – batas butir yang ada sehingga pergerakan dislokasi lebih mudah untuk terjadi dan mengakibatkan nilai kekerasan menurun (Naufal Afif Prahastho, 2019). Metode pendinginan seperti suhu lingkungan mempengaruhi nilai kekerasan di zona HAZ (Mohamat et al., 2012).

Nilai kekerasan sejalan dengan kekuatan maka dari itu bertambahnya kekerasan suatu material maka bertambah juga nilai kekuatan (Estriyanto et al., 2020). Jika dilihat hubungan antara kekerasan yang dihasilkan dengan panas yang ditimbulkan oleh penggunaan arus yang semakin besar, terlihat bahwa semakin tinggi masukan panas menyebabkan pelunakan logam yang semakin besar, sehingga pada akhirnya menyebabkan penurunan kekerasan. Sebaliknya dengan panas yang semakin besar menyebabkan kedalaman penetrasi menjadi semakin besar akibat terjadi pelunakan dari logam induk, daerah HAZ dan kampuh las (Agus Fikri et al., 2022). Nilai kekerasan tertinggi ditemukan di area logam las dibandingkan dengan area lainnya, didukung oleh penelitian (Budiman, 2021) yang menunjukkan bahwa input panas yang lebih besar menghasilkan ukuran butir yang lebih besar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap hasil perbandingan filler metal dan kuat arus pada pengelasan GMAW *dissimilar material* SM490YA dengan Cast Steel terhadap nilai kekerasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesimen dengan kuat arus 100A menghasilkan nilai uji kekerasan yang

terbesar, hal ini disebabkan karena memiliki masukan panas las yang paling rendah sehingga menghasilkan sifat mekanis yang paling keras dibandingkan kuat arus 175A dan 250A.

2. Nilai uji kekerasan yang dihasilkan dari spesimen pada daerah *weld metal* lebih besar dibandingkan pada daerah HAZ, hal ini terjadi karena laju pendinginan pada daerah *weld metal* lebih cepat dibandingkan pada daerah HAZ. Semakin lambat laju pendinginan maka kekerasan akan semakin menurun dan begitu pula sebaliknya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dari keluarga besar D4-Teknik Pengelasan yang telah berkontribusi dan membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

7. PUSTAKA

- [1] A5.18, A. (2005). Specification for Carbon Steel Electrodes and Rod for Gas Shielding Arc Welding.
- [2] Agus, F., Kurniawan, S., & Mohammad, M. (2022). Pengaruh Kuat Arus Pengelasan GMAW Terhadap Kedalaman Penetrasi Dan Kekerasan Baja St-37 Pada Daerah Heat Affected Zone. *Universitas Muhammadiyah*, 1-7.
- [3] Aziz, S. A., Qolik, A., & Edy, D. L. (2020). Pengaruh kuat arus dan besar sudut kampuh terhadap kekuatan impact dan nilai kekerasan plat baja karbon rendah dengan menggunakan las SMAW. *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, 3 (2), 53-63.
- [4] Budi Priyono, Irzal, Hendri Nurdin dan Primawati. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Metal Inert Gas (Mig) Terhadap Ketangguhan Material Sambungan Las Pada Baja St 37. *VOMEX*. 3(3), 8-14.
- [5] Company, T. L. (1994). *The Procedure Handbook of Arc Welding 13th Edition*. Cleaveland.
- [6] Company, T. L. (n.d.). *GMAW : Product and Procedure Selection*. Cleveland: USA.
- [7] D1.1D1.M, A. (2020). *Structural Code-Steel*. Danvers: American Welding Society.
- [8] E18-15, A. S. (n.d.). *A For Rockwell Hardness Of Metallic Materials*. America.
- [9] ESAB. (2020). *Welding Filler Metal Handbook*. Asia-Pasific.
- [10] Electric, M. (2018). *Guidllines for GMAW*. USA: Miller Electric Mfg.
- [11] Equipment, Y. T. (2008). *Suspension: Installation & Maintenance*. Singapore.
- [12] G3106, J. (2004). *IS Handbook Ferrous Materials & Metallurgy I*. Japan: Japanese Standards Associations.
- [13] Malcolm, B., & Thomas, L. (1995). *Steel Casting Handbook Sixth Edition*. Steel Founders Society of America and ASM Internasional.