

Pengaruh Variasi Arus Listrik terhadap Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro pada Pengelasan SMAW pada Stainless Steel 304 Menggunakan Elektroda E308

Alfian Hudan Laksana^{1*}, Citrakara Upendra Sneha Bandha Kusuma Himawan², Moh. Astono Basuki³, Yanto Budi Prasetya⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pawayan Daha, Kediri 64182, Indonesia
* email_ah.laksana@gmail.com

Abstract: *This study aims to determine the effect of varying welding currents on the tensile strength and hardness of SMAW welding with E308 electrodes on 304 stainless steel plates. The variations in the use of welding currents are 60, 80 and 100 amperes. This research was carried out by testing specimens with varying welding currents which were then tested for tensile and hardness with the aim of knowing the effect caused by variations in current on the tensile stress, strength and hardness of the welded joints. The results showed that the higher the welding current, the higher the tensile strength. The lowest tensile strength is at a current of 60 amperes, with an average value of 59.58 kg/mm², while the highest tensile strength is at a current of 100 amperes, with an average value of 63.03 kg/mm². In the weld area, the highest hardness value was obtained in the 60 Ampere sample, which was 91.83 HRB and the lowest hardness value was in the 100 Ampere sample, which was 89.23 HRB. The results of the test data were then carried out by a one-factor variant test (ANOVA) where there were differences in the variation of the welding electric current in the SMAW welding process on the values of tensile strength and hardness of the welded joints of stainless steel 304 material.*

Keywords: SMAW, Electric Current, Stainless Steel 304, Tensile Strength, Hardness

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus las terhadap kuat tarik dan kekerasan las SMAW dengan elektroda E308 pada pelat baja Stainless steel 304. Besar variasi penggunaan arus las adalah 60, 80 dan 100 ampere. Penelitian ini dilakukan dengan membuat pengujian spesimen dengan variasi arus las yang kemudian dilakukan pengujian tarik dan kekerasan dengan tujuan mengetahui pengaruh yang diakibatkan oleh variasi arus terhadap tegangan tarik, kekuatan dan kekerasan sambungan las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi arus pengelasan kekuatan tarik semakin meningkat. Kekuatan tarik terendah pada arus 60 ampere, yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 59,58 kg/mm², sedangkan kekuatan tarik tertinggi pada arus 100 ampere, yaitu dengan nilai rata-rata 63,03 kg/mm². Pada daerah lasan, nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada sampel 60 Ampere, yaitu sebesar 91,83 HRB dan nilai kekerasan terendah pada sampel 100 Ampere, yaitu sebesar 89,23 HRB. Hasil data pengujian kemudian dilakukan uji varian (ANOVA) satu faktor di mana terdapat perbedaan dari variasi arus listrik pengelasan pada proses pengelasan SMAW terhadap nilai kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las material stainless steel 304.

Kata kunci : SMAW, Arus Listrik, Stainless Steel 304, Kekuatan Tarik, Kekerasan

I. PENDAHULUAN

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi; perkapalan, jembatan, rangka baja, pipa saluran, dan lain sebagainya. Disamping itu proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan lain-lain. Pengelasan bukan merupakan tujuan utama dari konstruksi, tetapi merupakan sarana untuk mencapai pembuatan yang lebih baik [1] Pada bidang konstruksi pengelasan menjadi sarana yang memang diperlukan rancangan dan cara yang benar agar hasil dari pengelasan tersebut sesuai dengan yang diinginkan [2]. Kualitas hasil pengelasan di tentukan oleh beberapa faktor yaitu, teknik pengelasan, bahan, dan suhu [3]. Las busur nyala listrik atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) adalah proses pengelasan dengan busur nyala listrik dimana

panas diperoleh dari busur nyala yang memancar antara elektroda (dengan selubung flux) dan benda kerja [4]. Proses pengelasan SMAW ini terjadi karena ada pertemuan energi panas antara elektroda dengan bahan kerja [5]. Energi panas yang ditimbulkan pada las SMAW dikarenakan oleh lompatan ion dari elektroda dan permukaan benda kerja [6] Selain untuk pengelasan logam atau besi SMAW dapat digunakan untuk pengelasan baja tahan karat atau *stainless steel*.

Terdapat beberapa parameter dalam pengelasan SMAW, salah satu faktor utama yang mempengaruhi hasil pengelasan yaitu kuat arus listrik [7]. Arus listrik pengelasan yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dari hasil lasan. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Sedangkan pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan juga oleh komposisi dari bahan flux yang digunakan. Besar kecilnya arus juga akan berdampak pada pemasukan panas dari pengelasan yang akan mempengaruhi butiran dan struktur mikro dari logam lasan. Butiran yang lebih besar dapat dipastikan kekuatan dan ketangguhannya lebih kecil [8]. Berdasarkan fenomena tersebut sehingga besarnya arus las yang dibutuhkan harus disesuaikan juga dengan kemampuan dari elektroda yang digunakan, elektroda dengan diameter 2.5 sesuai dengan spesifikasinya adalah arus 60 sampai 100 Ampere. Sehingga perlu dikaji lebih lanjut mengenai penentuan arus las mulai 60, 80, dan 100 Ampere untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro sambungan las pada material *austenitic stainless steel*.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Variabel Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material *stainless steel 304* dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 200 mm, dan tebal 5 mm Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah rancangan penelitian eksperimental.

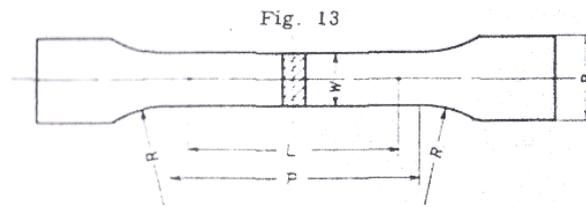
Variabel penelitian diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab atau yang mempengaruhi perubahan atau munculnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu arus 60, 80, 100 Ampere.
- b) Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang muncul sebagai akibat dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikat yaitu kekuatan tarik, kekerasan, dan foto mikro sambungan las *stainless steel* pengelasan SMAW dari pengaruh arus listrik.
- c) Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan agar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor yang tidak diteliti. Variabel kontrol juga dapat didefinisikan sebagai variabel yang dinetralkan pengaruhnya terhadap variabel terikat. dalam penelitian ini variabel kontrolnya yaitu logam yang digunakan adalah jenis *stainless steel* AISI 304, posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi *down hand* atau 1G, desain sambungan menggunakan desain sambungan V dengan sudut kampuh 60°, pengelasan menggunakan las SMAW, elektroda yang digunakan yaitu E308-16 diameter 2,6 mm, media pendinginan menggunakan pendinginan udara ruang.

B. Prosedur Pengelasan

Proses pengelasan menggunakan Las SMAW dengan kampuh V, *root opening* 2 mm, dan *root face* 1 mm serta menggunakan arus las 60, 80, dan 100 Ampere. Jenis elektroda yang digunakan adalah E 308 merupakan jenis elektroda *stainless steel* khususnya untuk pengelasan tipe austenit stainless steel 304 dengan posisi pengelasan 1G, dan setelah pengelasan didinginkan dengan udara ruangan. Setelah proses pengelasan selesai, pembuatan spesimen dilakukan untuk masing-masing pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro.

Standar yang dipakai pada penelitian ini adalah standar JIS Z2201 no test 13 di mana dimensi dari spesimen tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



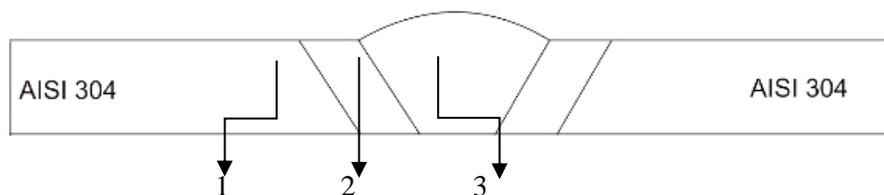
Gambar 1 Spesimen Uji Tarik JIS Z2201 [9]

Tabel 1 Spesifikasi JIS Z2201

No	W	L	P	R	B
13 A	20	80	Approx 120	20-30	-
13 B	12,5	50	Approx 60	20-30	20 or more

Dalam penelitian ini menggunakan spesimen uji tarik JIS Z2201 No 13B. Dengan W= 12,5 mm, L= 50 mm, P= 60 mm, R= 20-30 mm, B= 20mm.

Proses pengujian kekerasan menggunakan pengujian kekerasan Rockwell. Pengujian kekerasan dilakukan pada tiga lokasi dalam satu spesimen, yaitu daerah logam las, *Heat Affected Zone* (HAZ), dan pada bagian logam induk.



Gambar 2 Titik Pengujian Kekerasan Rockwell

Keterangan :

- Titik 1 adalah titik pengujian pada daerah logam induk, terletak sekitar 15 mm atau lebih dari logam lasan
- Titik 2 adalah titik pengujian pada daerah HAZ, terletak sekitar 1mm sampai 15 mm dari logam lasan
- Titik 3 adalah pengujian pada pusat las, terletak pada tengah permukaan hasil las.

Sebelum melakukan pengujian foto struktur mikro, benda uji perlu dilakukan pengamplasan terlebih dahulu. Proses pengamplasan menggunakan amplas *grade* 320 sampai 1200. Setelah spesimen diampelas sampai halus kemudian digosok menggunakan autosol agar spesimen lebih halus lagi.

Pengambilan foto struktur mikro dilakukan sebanyak tiga kali seperti uji kekerasan, yaitu daerah logam las, *Heat Affected Zone* (HAZ), dan pada bagian logam induk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian maka dapat dideskripsikan data nilai kekuatan tarik, kekerasan dan foto mikro pengaruh variasi arus las SMAW pada sambungan *stainless steel* 304 adalah sebagai berikut:

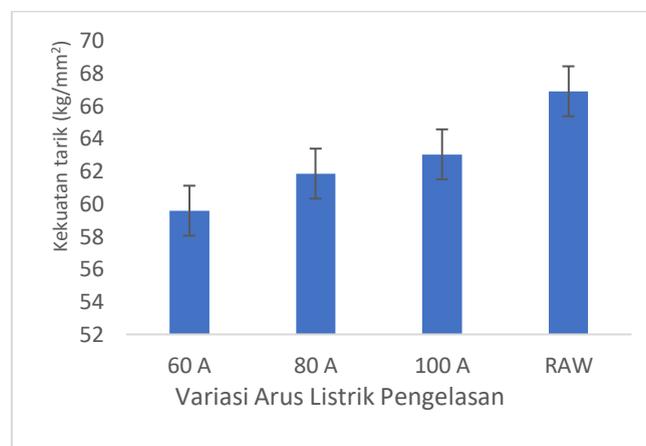
Uji Kekuatan Tarik

Dengan dilakukannya pengujian kekuatan tarik, maka akan menghasilkan data angka kekuatan tarik *stainless steel austenitic* 304. Dari pengujian ini maka akan diketahui perbedaan nilai kekuatan tarik dari masing-masing kelompok variasi. Hasil pengujian tarik pada *stainless steel austenitic* 304 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Rerata Kekuatan Tarik Spesimen *Stainless Steel Austenitic* 304 dengan Variasi Arus Listrik Pengelasan 60, 80 dan 100 Ampere

Variasi Arus	Data Pengujian Tarik		
	σ_{yp} (kg/mm ²)	ϵ (%)	σ_t (kg/mm ²)
Tanpa Pengelasan	36,532	20,205	66,895
60 Ampere	39,425	6,781	59,578
80 Ampere	38,539	10,951	61,849
100 Ampere	38,481	12,058	63,031

Berdasarkan data rerata tersebut maka dapat dibuat grafik batang sehingga dapat lebih jelas perbedaan rerata dari kekuatan tarik baja *austenitic stainless steel* 304 yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 60, 80, dan 100 Ampere.



Gambar 3 Diagram Nilai Rerata Kekuatan Tarik dengan Variasi Arus Listrik Pengelasan 60, 80, 100 Ampere, dan Raw Material

Uji Kekerasan *Rockwell*

Dengan dilakukannya uji kekerasan *rockwell*, maka akan didapatkan hasil data angka kekerasan untuk *stainless steel austenitic* 304. Berdasarkan pengujian ini dapat dilihat perbedaan kekerasan pada masing-masing perlakuan yang berbeda, satuan yang diperoleh dari pengujian kekerasan ini adalah *Rockwell Hardness Ball* (HRB). Adapun hasil uji kekerasan pada *stainless steel austenitic* 304 sesudah

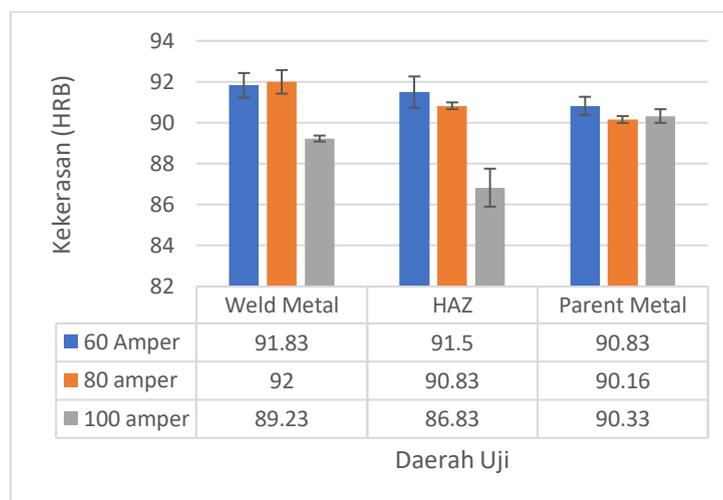
dilakukan pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 60, 80, dan 100 Ampere adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Nilai Rerata Kekerasan *Stainless Steel Austenitic 304* pada Variasi Arus Listrik Pengelasan

Variasi Arus	Data Pengujian Kekerasan		
	<i>Weld Metal</i> (HRB)	<i>HAZ</i> (HRB)	<i>Based Metal</i> (HRB)
60 Ampere	91,83	91,5	90,83
80 Ampere	92	90,83	90,16
100 Ampere	89,23	86,83	90,33

Dari data rerata tersebut maka dapat dibuat diagram batang sehingga dapat lebih jelas perbedaan rerata dari kekerasan baja *austenitic stainless steel 304* yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 60, 80, dan 100 Ampere.

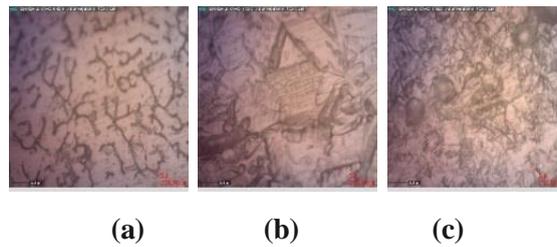
Berdasarkan Tabel 3 pada daerah *Weld Metal* kekerasan tertinggi dimiliki sampel variasi 60 Ampere, yaitu 91, 83 HRB sedangkan kekerasan terendah pada variasi arus 100 Ampere 89,23 HRB. Hal tersebut juga terjadi pada daerah *HAZ* dan *Based Metal*.



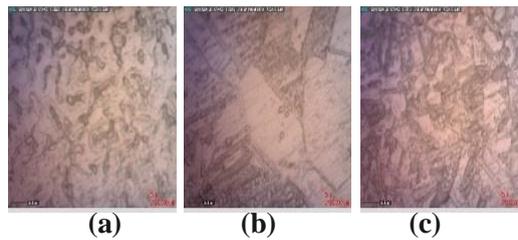
Gambar 4 Diagram Nilai Kekerasan Spesimen dengan Variasi Arus Listrik Pengelasan 60, 80 dan 100 Ampere

Foto Struktur Mikro

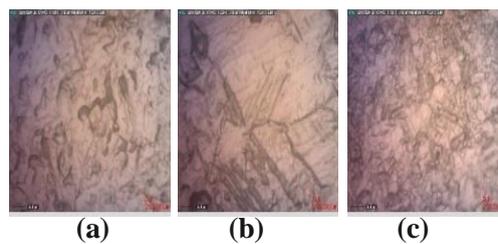
Untuk memperkuat hasil pengujian kekerasan dan kekuatan tarik yang telah dilakukan, maka peneliti melakukan foto struktur mikro dari masing-masing variasi arus listrik pengelasan. Adapun hasil foto struktur mikro dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 5 (a) foto mikro daerah logam las, (b) foto mikro daerah HAZ, (c) foto mikro daerah logam induk, variasi pengelasan 60 Ampere



Gambar 6 (a) foto mikro daerah logam las, (b) foto mikro daerah HAZ, (c) foto mikro daerah logam induk, variasi pengelasan 80 Ampere



Gambar 7 (a) foto mikro daerah logam las, (b) foto mikro daerah HAZ, (c) foto mikro daerah logam induk, variasi pengelasan 100 Ampere

Uji Anova Satu Arah

Karena syarat uji parametrik untuk pengujian kekuatan tarik dan kekerasan sudah terpenuhi, maka pengolahan data pada penelitian ini akan menggunakan cara parametrik. Data hasil uji kekuatan tarik dan data hasil pengujian kekerasan *stainless steel austenitic* 304 yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 60, 80 dan 100 Ampere tersebut kemudian masing-masing dianalisis dengan *Anova* satu arah.

Analisis varian satu faktor atau *one way anova* dilakukan untuk menguji apakah terdapat perbedaan rerata yang signifikan antara lebih dari dua sampel dimana varian populasi-populasi tersebut adalah sama. Setelah pada ketiga variasi perlakuan terbukti sama, kemudian dilakukan uji *one way anova* untuk menguji apakah ketiga perlakuan tersebut memiliki rerata yang sama.

Tabel 4. Hasil Uji One Way Anova Pengaruh Arus Listrik Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Stainless Steel Austenitic 304

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
tarik	Between Groups	18.473	2	9.237	3.812	.085
	Within Groups	14.538	6	2.423		
	Total	33.011	8			
kekerasan	Between Groups	14.442	2	7.221	10.092	.012
	Within Groups	4.293	6	.716		
	Total	18.736	8			

Hipotesis Kekuatan Tarik

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan tarik/kekerasan sambungan las *stainless steel* yang dilakukan dengan pengelasan SMAW arus listrik pengelasan 60, 80, dan 100 Ampere.

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan tarik/kekerasan sambungan las *stainless steel* yang dilakukan dengan pengelasan SMAW arus listrik pengelasan 60, 80, dan 100 Ampere.

Dasar pengambilan keputusan

- Jika nilai signifikansi < 0.05 , maka H_0 ditolak
- Jika nilai signifikansi > 0.05 , maka H_0 tidak ditolak

Berdasarkan uji ANOVA satu arah pada pengujian tarik, menunjukkan hasil bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan tarik sambungan las *stainless steel* yang dilakukan dengan pengelasan SMAW arus listrik pengelasan 60, 80, 100 Ampere. Nilai kekuatan tarik sambungan las terendah dimiliki oleh spesimen *stainless steel* 304 hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 60 Ampere 59,578 kg/mm². Nilai kekuatan tarik sambungan las tertinggi dimiliki oleh spesimen spesimen *stainless steel* 304 hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 100 Ampere 63,031 kg/mm².

Pada analisis uji ANOVA satu arah, terdapat perbedaan yang signifikan kekerasan sambungan las *stainless steel* yang dilakukan dengan pengelasan SMAW arus listrik pengelasan 60, 80, 100 Ampere. Nilai kekerasan sambungan las terendah dimiliki oleh spesimen *stainless steel* 304 hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 100 Ampere 89,23 HRB. Nilai kekerasan sambungan las tertinggi dimiliki oleh spesimen spesimen *stainless steel* 304 hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik pengelasan 80 Ampere 92 HRB.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi arus pengelasan SMAW memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik Baja Stainless steel 304, di mana semakin besar arus kekuatan tarik semakin meningkat. Kekuatan tarik paling tinggi pada arus las 100 Ampere dengan kekuatan tarik sebesar 63,03 kg/mm².
2. Nilai kekerasan sambungan las tertinggi terdapat pada arus pengelasan 80 Ampere, yaitu sebesar 92 HRB, sedangkan Nilai kekerasan sambungan las terendah terdapat pada arus pengelasan 100 Ampere, yaitu sebesar 89,23 HRB.
3. Terdapat perbedaan hasil foto struktur mikro sambungan las *stainless steel* 304 di mana semakin tinggi arus listrik pengelasan terlihat butiran pada daerah lasan semakin membesar yang diakibatkan pemasukan panas yang semakin tinggi akibat penambahan arus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, Harsono. & Okumura, Toshie. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- [2] A, R., Irzal, I., Waskito, W., & Mulyadi, R. (2021). Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las Smaw. Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek), 3(2), 34–40. <https://doi.org/10.24036/vomek.v3i2.201>
- [3] Wari, A., Nurdin, H., & Ya, K. Z. (2020). Porosity Defect Analysis in ST 37 Steel Welding Joints Using the Dye Penetrant Method. Teknomekanik, 3(1), 1–8.
- [4] Suharto. 1991. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: Rineka Cipta.
- [5] Shiddiq, M., Fernanda, Y., Mesin, D. T., Teknik, F., Padang, U. N., Tawar, K. A., & Baja, K. B. (2022). Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Las Smaw Dengan Las Mig Pada Posisi 3g Dengan Material Jis G3101 Ss400. 4(3), 55–61.
- [6] Helanianto, H., Epriyandi, E., & Rahmadi, H. (2020). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las. Elemen : Jurnal Teknik Mesin, 7(2), 138– 147.
- [7] Muhammad, A., Prasetyo, D. H. T., & Wahyudi, D. (2022). Pengaruh Kuat Arus Listrik Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Baja ST-37. J-Proteksion, 6(2), 49–55. <https://doi.org/10.32528/jp.v6i2.6917>
- [8] Yakub, Yunus dan Nofri, Media. 2013. Variasi Arus Listrik terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304. E-journal Widya Eksakta. Vol.1 No.1 Juli. Program Studi Teknik Mesin FTI-ISTN.
- [9] Japanese Industrial Standard, “Method od Tensile Test for Metallic Materials: JIS Z 2241.” Jepang: Japanese Standard Association, 1993.