

PENGARUH KUAT ARUS PENGELASAN GMAW TERHADAP KEDALAMAN PENETRASI DAN KEKERASAN BAJA ST-37 PADA DAERAH HEAT AFFECTED ZONE

*Effect of GMAW Welding Current on Penetration Depth and Hardness of ST-37 Steel in
Heat Affected Zone Area*

Agus Fikri^{1*}, Kurniawan Setiyadi², Mohammad Mujirudin³

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA, Jakarta Timur, Indonesia

³ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA, Jakarta Timur, Indonesia

* Email Korespondensi : agus_fikri@uhamka.ac.id

Artikel Info - : Diterima : 07-06-2022; Direvisi : 20-06-2022; Disetujui: 28-06-2022

ABSTRAK

Pemilihan arus yang tepat sangat berhubungan dengan kedalaman penetrasi hasil lasan pada logam, dan akan mempengaruhi sifat mekanis sambungan las yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap kedalaman penetrasi, lebar pengelasan, dan kekerasan pada *heat affected zone* (HAZ). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan kuat arus 180 A, 200 A, dan 220 A. Pengelasan dilakukan pada baja ST-37 dengan menggunakan teknik pengelasan GMAW. Kedalaman penetrasi pada komponen 1 dan 2 dengan kuat arus 180 A masing-masing sebesar 0,77 mm dan 0,78 mm, pada kuat arus 200 A sebesar 1,29 mm dan 1,06 mm, dan pada kuat arus 220 A sebesar 1,52 mm dan 1,44 mm. Lebar pengelasan yang dihasilkan untuk kuat arus 180 A adalah sebesar 5,86 mm, pada 200 A sebesar 6,70 mm, dan pada 220 A sebesar 7,35 mm. Sementara itu kekerasan daerah HAZ, menunjukkan bahwa pada kuat arus 180 A kekerasannya sebesar 122 HV, sedangkan untuk kuat arus 200 A dan 220 A kekerasannya sebesar 120,5 HV. Standar kualitas sambungan las pada masing-masing kuat arus menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi yang dihasilkan lebih dari 20%, maka dapat disebutkan bahwa proses pengelasan sudah memenuhi standar minimal.

Kata kunci : GMAW, Kedalaman Penetrasi, Kekerasan, HAZ

ABSTRACT

The selection of proper current is closely related to the depth of penetration of welds on metal and will affect the mechanical properties of the resulting welded joints. The purpose of this study was to determine the effect of current on penetration depth, welding width, and hardness in the Heat Affected Zone (HAZ). The research method used is experimental with currents of 180 A, 200 A, and 220 A. Welding is done on ST-37 steel using the GMAW welding technique. Penetration depth for components 1 and 2 with a current of 180 A are 0.77 mm and 0.78 mm, respectively, at a current of 200 A are 1.29 mm and 1.06 mm, and in 220 A are 1.52 mm and 1.44 mm. The resulting welding width for 180 A is 5.86 mm, at 200 A is 6.70 mm, and at 220 A is 7.35 mm. Meanwhile, the hardness of the HAZ area shows that at a current of 180 A the hardness is 122 HV, while for a current of 200 A and 220 A the hardness is 120.5 HV. The quality standard of welded joints at each current indicates that the resulting penetration depth is more than 20%, so it can be said that the welding process has met the minimum standards.

Keywords: GMAW, Penetration Depth, Hardness, HAZ

1. Pendahuluan

Pengelasan banyak digunakan pada berbagai macam bidang, misalnya rancang bangun, bejana tekan, konstruksi, dan otomotif. Secara teknis untuk menghasilkan sambungan las dengan kualitas yang baik diperlukan bahan tambahan (*filler metal*), tegangan, dan arus yang tepat. Pemilihan arus dan

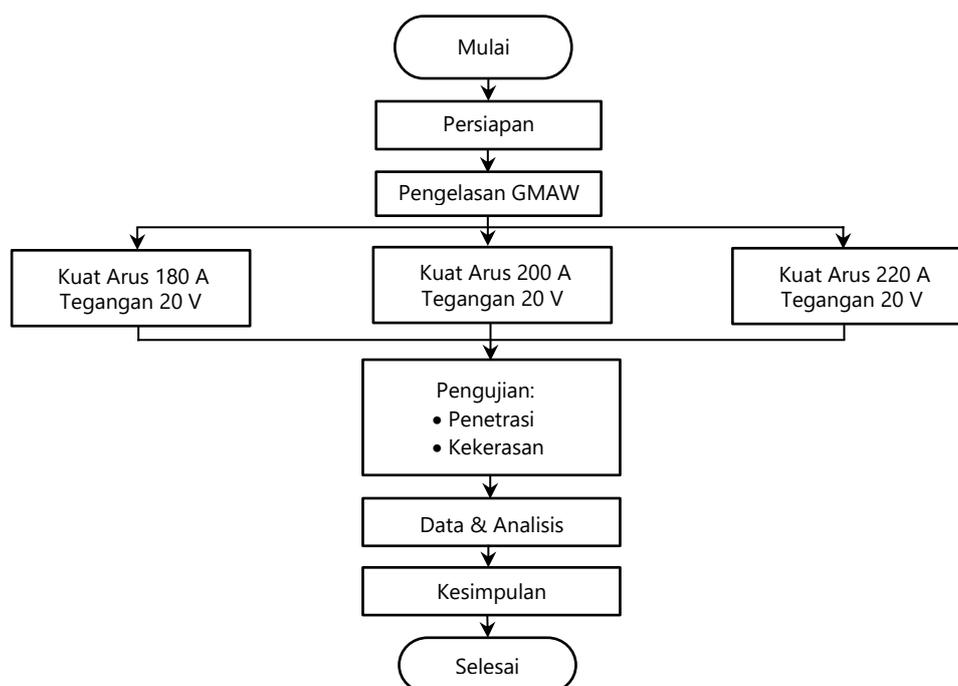
tegangan yang tepat akan mempengaruhi kualitas deposit las yang terbentuk. Elektroda dapat mempunyai ukuran, jenis, dan merek yang beragam, pemilihan elektroda yang sesuai dapat meningkatkan hasil pengelasan dengan kekuatan sambungan yang optimal [1].

Pada jenis pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW), arus dan tegangan juga sangat mempengaruhi baik buruknya kualitas hasil lasan yang didapat. Perbedaan kuat arus dapat menyebabkan terjadi perbedaan sifat-sifat terutama *mechanical properties* yang terbentuk. Semakin tinggi arus yang digunakan, maka semakin tinggi pula kedalaman penetrasi serta kecepatan pencairan, terutama pada daerah *heat affected zone* (HAZ) [2]. Penetrasi standar harus memperhatikan tipis dan tebalnya hasil lasan secara visual, yang pada akhirnya apabila tidak diperhatikan dapat mengakibatkan terjadinya *crack* bahkan patah pada hasil sambungan. Hal ini sering terjadi pada komponen sepeda motor atau komponen kendaraan darat lainnya [3]. Kualitas hasil proses pengelasan dipengaruhi pula oleh material yang akan disambung. Salah satu material yang memiliki sifat mudah dilas adalah baja karbon. Baja karbon memiliki spesifikasi yang bervariasi, namun yang sering digunakan dalam konstruksi adalah baja karbon rendah, yang mempunyai kekuatan, keuletan, dan mampu las yang baik [4].

Untuk mengetahui dan membandingkan kekuatan mekanis sambungan las dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran kedalaman penetrasi dan kekerasan, seperti yang dilakukan oleh Lumbantobing, Ariyanto, Fitria & Leksonowati [5]. Mereka membandingkan penggunaan beberapa nilai tegangan pada pengelasan GMAW terhadap kekerasan dan kedalaman penetrasi pada material baja karbon rendah. Selain itu Syafi'i juga melakukan pengukuran kedalaman penetrasi dan besar kampuh untuk membandingkan kekuatan sambungan las pada komponen sepeda motor [3].

Mengingat pentingnya penggunaan baja karbon terutama dalam bidang konstruksi, maka pengelasan GMAW menjadi salah satu teknik penting yang sering digunakan dalam penyambungannya. Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kuat arus pengelasan yang optimal dalam penyambungan konstruksi, maka perlu dilakukan pengukuran kedalaman penetrasi, lebar pengelasan, kekerasan, dan kesesuaian dengan standar kedalaman penetrasi pada daerah HAZ.

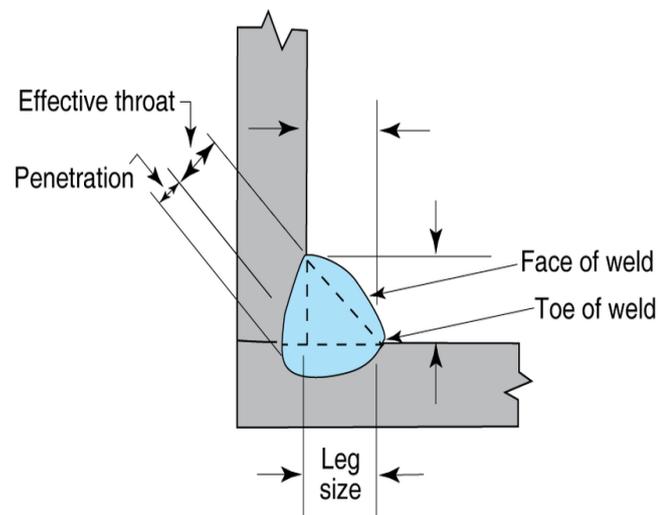
2. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST-37 yang merupakan baja karbon rendah [6]. Secara keseluruhan alur penelitian digambarkan dalam bagan penelitian pada Gambar 1. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UHAMKA, pengujian struktur makro, kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan di Laboratorium Uji *Section Welding* PT.SIM, serta pengujian kekerasan *Vickers* dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.

Tahapan persiapan dimulai dengan studi pustaka untuk mendapatkan jurnal-jurnal yang mendukung penelitian. Tahapan persiapan lainnya adalah melakukan pemotongan pelat baja ST-37, hasil potongan yang masing-masing berukuran panjang 70 mm, lebar 20 mm, dan tebal 3 mm, dilas dengan menggunakan GMAW dengan sambungan las *fillet joint*. Pelat yang telah disambung kemudian digunakan sebagai sampel pengukuran kedalaman penetrasi, lebar pengelasan, dan kekerasan. Gambaran sampel pengukuran kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel Pengukuran Kedalaman Penetrasi Dan Lebar Pengelasan [7].

Pengukuran kedalaman penetrasi dilakukan dengan prinsip mengungkap diskontinuitas permukaan oleh perdarahan dari pewarna. Teknik ini didasarkan pada sejauh mana kemampuan cairan untuk ditarik ke dalam diskontinuitas permukaan oleh aksi kapiler. Setelah periode waktu yang disebut waktu diam, kemudian penetran ditarik dari diskontinuitas untuk mengungkapkannya. Penetran diformulasikan dengan cermat untuk menghasilkan tingkat sensitivitas yang diinginkan [8].

Pada penelitian ini kedalaman penetrasi diukur pada dua komponen berbeda, yaitu vertikal dan horizontal dengan material pelat baja ST-37, selanjutnya persentase kedalaman penetrasi merupakan rata-rata dari perbandingan kedalaman penetrasi dengan ketebalan pelat untuk masing-masing komponen vertikal dan horizontal. Kedalaman penetrasi minimal yang memenuhi standar apabila perbandingannya dengan tebal benda uji adalah 20%. Sementara itu untuk mengetahui lebar pengelasan dilakukan dengan mengukur lebar kumpuh las secara horizontal pada *leg size* antara komponen vertikal dengan akhir kumpuh las seperti dapat dilihat pada Gambar 2 di atas [8].

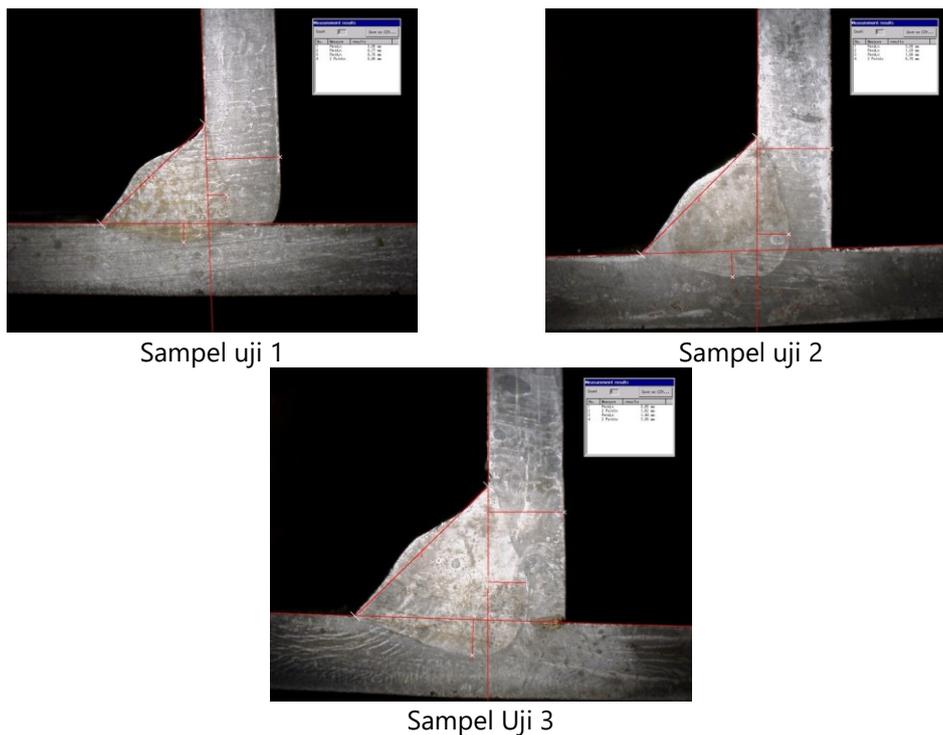
Selanjutnya untuk pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* digunakan *indentor* berupa kerucut intan dengan sudut sebesar 136° . *Indentor* tersebut ditekan ke permukaan material uji dengan pembebanan sebesar 10-1000 g (*micro vickers*) dan 1-100 kg (*macro vickers*). Nilai kekerasan *Vickers* suatu material dihitung menggunakan rumus dan dinyatakan dalam satuan HV (*hardness vickers*). Satuan lain yang dapat dipergunakan adalah VHN (*vickers hardness number*) atau DPH (*diamond pyramid hardness*) [9].

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengamatan struktur makro dan pengujian kekerasan *Vickers* didapat data kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan, serta data kekerasan dengan variasi kuat arus masing-masing sebesar 180 A, 200 A, dan 220A. Untuk memudahkan penyajian data, sampel uji disingkat menjadi SU1 untuk arus 180 A, SU2 untuk arus 200 A, dan SU3 untuk arus 220 A. Gambaran sampel untuk mengukur kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Sampel Setelah Pengelasan

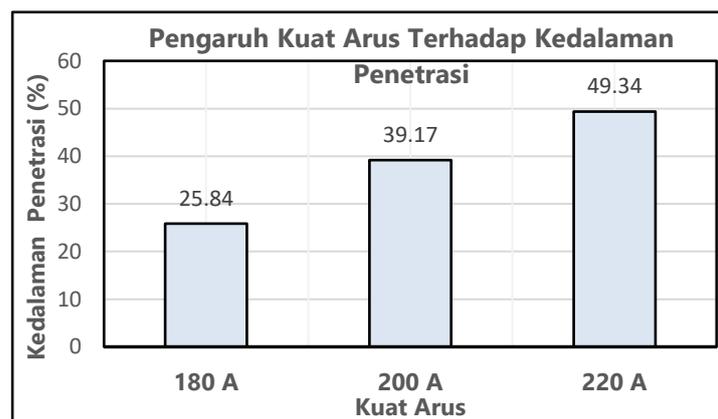


Gambar 4. Struktur Makro Sampel Pengukuran Kedalaman Penetrasi Dan Lebar Pengelasan

Struktur makro seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4 didapat menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200x. Dari foto-foto tersebut diketahui bahwa ketebalan pelat adalah 3 mm, hasil pengelasan dan penetrasi baik, serta tidak terjadi kecacatan. Dari 3 foto didapat data kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kedalaman Penetrasi Dan Lebar Pengelasan

Bentuk Sampel Uji : T Joint (Fillet Joint)			Standar : SIS N 4403			
No.	Kode Benda Uji	Tebal Plat ST-37	Kedalaman Penetrasi Komponen 1	Kedalaman Penetrasi Komponen 2	Kedalaman Penetrasi (%)	Lebar Pengelasan
1.	SU1	3,00 mm	0,77 mm	0,78 mm	25,84	5,86 mm
2.	SU2	3,00 mm	1,29 mm	1,06 mm	39,17	6,70 mm
3.	SU3	3,00 mm	1,52 mm	1,44 mm	49,34	7,35 mm



Gambar 5. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kedalaman Penetrasi

Pada Tabel 1 dapat diketahui kedalaman penetrasi komponen 1 pada posisi pelat vertikal dan kedalaman penetrasi komponen 2 pada posisi pelat horizontal untuk 3 arus yang berbeda. Kedalaman penetrasi pada arus 180 A (SU1) adalah masing-masing sebesar 0,77 mm dan 0,78 mm, pada arus 200 A (SU2) sebesar 1,29 mm dan 1,06 mm, serta pada arus 220 A (SU3) sebesar 1,52 mm dan 1,44 mm. Berdasarkan data tersebut dapat disebutkan bahwa semakin besar arus yang digunakan pada pengelasan GMAW maka kedalaman penetrasi, baik pada komponen 1 dan komponen 2 adalah semakin besar. Sedangkan jika dilihat dari lebar pengelasan yang dihasilkan juga menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan, maka lebar pengelasannya juga semakin besar, yaitu 5,86 mm, 6,70 mm, dan 7,35 mm. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin besar arus las yang digunakan, maka masukan panas akan semakin besar, sehingga mempermudah terjadinya pencairan pada logam induk dan logam pengisi sampai terjadinya penyambungan, memperdalam penetrasi, dan melebarkan kampuh las yang dihasilkan.

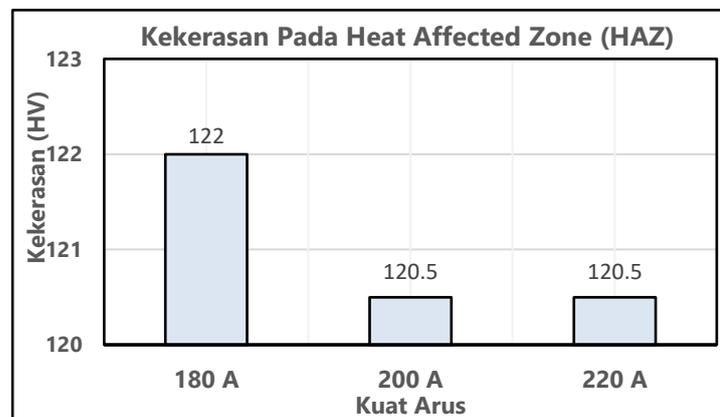
Sementara jika ditinjau dari persentase kedalaman penetrasi, maka dapat dipastikan bahwa pada semua variasi kuat arus, yaitu 180 A, 200 A, dan 220 A didapat persentase kedalaman penetrasi sebesar 25,84%, 39,17%, dan 49,34%, yang ke semuanya melebihi standar minimal kedalaman penetrasi 20%. Sama seperti kedalaman penetrasi masing-masing komponen, dan lebar pengelasan di atas, bahwa semakin besar arus las yang digunakan maka semakin besar persentase kedalaman penetrasi yang dihasilkan, seperti dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan

No.	Benda Uji	Kekerasan (HV)
1.	SU1	122
2.	SU2	120,5
3.	SU3	120,5

Pengujian kekerasan *Vickers* pada daerah HAZ dilakukan dengan beban 300 gram dan waktu penjeakan selama 10 detik. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan data seperti pada Tabel 2. Kekerasan pada penggunaan arus las 180 A, 200 A, dan 220 A masing-masing sebesar 122 HV, 120,5 HV, dan 120,5 HV. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kekerasan baja ST-37 pada daerah HAZ setelah dilakukan proses penyambungan mengalami penurunan dari 122 HV menjadi 120,5 HV sejalan dengan meningkatnya kuat arus yang digunakan, seperti dapat dilihat pada Gambar 6. Menurunnya kekerasan tersebut dapat disebabkan oleh adanya pelunakan (*annealing*) akibat panas yang semakin besar tanpa dilakukan pengerasan ulang pada daerah sambungan las antara logam induk dengan logam pengisi, misalnya dengan pencelupan (*quenching*) [10], [11].

Jika dilihat hubungan antara kekerasan yang dihasilkan dengan panas yang ditimbulkan oleh penggunaan arus yang semakin besar dari 180 A sampai 220 A, terlihat bahwa semakin tinggi panas yang ada maka menyebabkan pencairan (pelunakan) logam yang semakin besar, sehingga pada akhirnya menyebabkan terjadinya 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 [11], [12].



Gambar 6. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekerasan Pada HAZ

4. Kesimpulan

Pengelasan dengan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) pada pelat baja ST-37 dengan sambungan las *fillet joint* menghasilkan kedalaman penetrasi antara 0,77 mm sampai 1,44 mm pada penggunaan kuat arus 180 A, 200 A dan 220 A, semakin besar kuat arus yang digunakan maka akan diperoleh kedalaman penetrasi yang semakin besar. Persentase kedalaman penetrasi pada daerah HAZ adalah 25,84%, 39,17%, dan 49,34%, dimana nilai-nilai tersebut sudah melebihi standar minimal 20%. Sejalan dengan kedalaman penetrasi, lebar pengelasan yang dihasilkan adalah antara 5,86 mm – 7,35 mm, semakin besar kuat arus yang digunakan juga akan menghasilkan lebar pengelasan yang semakin besar.

Kekerasan pada daerah HAZ pada penggunaan kuat arus 180 A adalah sebesar 122 HV, dengan meningkatnya penggunaan kuat arus pada 200 A dan 220 A, maka akan diperoleh penurunan kekerasan yang dihasilkan, yaitu 120,5 HV.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut : 1) pada penelitian selanjutnya, sebaiknya digunakan kuat arus las dibawah 180 A dan diatas 220 A, untuk memastikan kedalaman penetrasi dan lebar pengelasan terbaik, 2) perlu dilakukan pengujian distribusi kekerasan mulai dari logam induk, daerah HAZ, dan kampuh las untuk melihat perubahan kekerasan yang dihasilkan pada penggunaan kuat arus yang berbeda-beda, 3) selain pengamatan struktur makro, perlu juga dilakukan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui perubahan struktur yang terjadi mulai dari logam induk sampai dengan kampuh las.

5. Ucapan Terimakasih

Setelah menyelesaikan penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada Teknisi PT SIM, Kepala Laboratorium Teknik Mesin UHAMKA, teman sejawat dosen, dan mahasiswa yang telah membantu mempermudah jalannya penelitian ini sampai dengan selesai.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Setiawan, "Analisa Cacat Las pada Pengelasan Smaw Butt Joint dengan Variasi Arus," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 53–62, 2019.
- [2] W. A. S. Laksono, "Analisa Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Hasil Pengelasan GMAW Posisi 1G dengan Variasi Kuat Arus dan Debit Aliran Gas Pelindung," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 40, no. 1, pp. 21–30, 2014.
- [3] M. Syafi, "Analisa Kekuatan Welding dengan Membandingkan Kedalaman Penetrasi dan Besarnya Kampuh pada Komponen Sepeda Motor," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol.*, vol. ISSN 2085-, pp. 218–222, 2018.
- [4] H. K. Sardjono, "Studi Sifat Mekanis dan Struktur Mikro pada Baja Din 1.7223 41crmo4 dengan Pengaruh Perlakuan Panas," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 42–50, 2009.
- [5] F. G. Lumbantobing, N. P. Ariyanto, N. Fitria, and P. Leksonowati, "Pengaruh Variasi Tegangan pada Pengelasan GMAW terhadap Kekerasan dan Penetrasi pada Material Low Carbon Steel," 2015.
- [6] A. S. Fuad, "Pengaruh Variasi Pengelasan Ulang Gas Metal Arc Welding (GMAW) terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Material Baja St -37," p. 58, 2017.
- [7] Matricola. Enrico, "Design and Analysis of a Low Power Electromechanical Actuator for a Landing Gear Extension / Retraction System," p. 30, 2018.
- [8] A. Hijazi, "Liquid Penetrant Testing," no. ASTM, pp. 1–11.
- [9] A. W. Prasetya, "Pengaruh Debit Gas Pelindung dan Tegangan Listrik terhadap Tingkat Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW pada Baja Karbon Sedang EMS-45," 2017.
- [10] B. H. K. A. S. Mohruni, "Pengaruh Variasi Kecepatan dan Kuat Arus terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik, dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah," vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2013.
- [11] 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, doi: 10.21831/dinamika.v3i1.19109.
- [12] R. Siswanto, "Pengaruh Bentuk Kampuh terhadap Panjang , Kedalaman Penetrasi dan Lebar," *J. Fis. FLUX*, vol. 9, pp. 151–158, 2012.