

**Studi Kasus Proses Manufaktur Aditif Pengunci Sambungan
Sepeda Lipat menggunakan Teknik Pengelasan GTAW**

***Case Study of Additive Manufacturing Process for Folding Bicycle
Joint Lock Using GTAW Welding Technique***

SKRIPSI



Oleh:
Nama: Ananda Setio
Pangestu
NPM: 183030032

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Ananda Setio Pangestu

Nomor Pokok Mahasiswa : 183030032

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara copy paste dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 22 November

2024 Penulis,



Ananda Setio Pangestu

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas

Pasundan, saya:

N a m a : Ananda Setio Pangestu
NPM : 183030032
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi Kasus Proses Manufaktur Aditif Pengunci Sambungan Sepeda Lipat menggunakan Teknik Pengelasan GTAW

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 22 November 2024

Yang menyatakan,



Ananda Setio Pangestu



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Studi Kasus Proses Manufaktur Aditif Pengunci Sambungan Sepeda Lipat menggunakan Teknik Pengelasan GTAW



Nama : Ananda Setio Pangestu
NPM : 183030032

Pembimbing Utama

Ir. Agus Sentana, MT

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. H Dedi Lazuardi, DEA

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Studi Kasus Proses Manufaktur Aditif Pengunci Sambungan Sepeda Lipat menggunakan Teknik Pengelasan GTAW



Nama : Ananda Setio Pangestu
NPM : 183030032

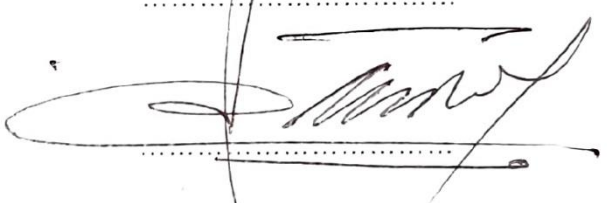
Tanggal sidang skripsi: 22 November 2024

Ketua : Ir. Agus Sentana, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA

Anggota : Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.

Anggota : Dr.Ir. Sugiharto, M.T.


.....

.....

.....

.....

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur kepada Allah SWT, karena berkat karunia dan rahmat Allah SWT penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Studi Kasus Proses Manufaktur Aditif Pengunci Sambungan Sepeda Lipat menggunakan Teknik Pengelasan GTAW”**.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari sempurna karena dibatasi oleh kemampuan penulis sendiri. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang memberikan karunia dan rahmat-Nya yang berlimpah.
2. Orang tua penulis Doni Setiawan dan Surati telah mendukung secara moral dan selalu memberi do`a yang terbaik untuk penulis.
3. Bapak Ir. Agus Sentana, M.T. sebagai dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi.
4. Bapak Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA. sebagai dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi.
5. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku ketua prodi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
6. Adikku tersayang Fikri Farhan dan Adzra Izza yang memberi semangat.
7. Kepada Ai Siti Patimah Ayu yang telah mendukung dan memberi semangat.
8. Teman - teman mesin 18 yang selalu memberi dukungannya.

Semoga Allah SWT memberi kemudahan atas doa-doa yang telah diberikan kepada penulis dan diberikan imbalan yang berlimpah bagi yang telah mendoakan. Serta semoga laporan ini memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan kepada pembaca umumnya.

Wassalamualaikum. Wr. Wb

Bandung, 22 November 2024

Penulis,



Ananda Setio Pangestu

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah.....	1
3. Tujuan.....	1
4. Manfaat.....	2
5. Batasan masalah.....	2
6. Sistematika penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
1. Manufaktur Aditif.....	3
2. <i>Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)</i>	3
3. GTAW Berbasis Manufaktur Aditif (MA)	5
4. Metalurgi Pengelasan.....	7
5. Pengunci Sepeda Lipat yang akan dibuat dengan teknik Manufaktur Aditif	12
BAB III METODOLOGI	16

1. Rencana Penelitian.....	16
2. Tahapan penelitian (metodologi).....	16
3. Tempat penelitian	17
4. Setup pengukuran/pengujian	18
5. Alat Ukur dan Bahan yang digunakan.....	18
6. Metode pengolahan data hasil pengukuran/pengujian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
1. Analisis Produk Menggunakan Filler Metal ER4043.....	20
2. Modifikasi Bentuk dan Dimensi.....	21
3. Desain parameter Manufaktur Aditif (MA) menggunakan kuat arus 120A	22
4. Proses Perancangan Pengelasan Manual	22
5. Proses Pembuatan Spesimen Pengelasan.....	23
6. Hasil Pengukuran Geometri Menggunakan Kuat Arus 120A.....	25
7. Desain Parameter Manufaktur Aditif (MA) Menggunakan Kuat Arus 100A	26
8. Hasil Pengukuran Geometri Menggunakan Kuat Arus 100A.....	27
9. Desain Parameter Manufaktur Aditif (MA) Menggunakan Kuat Arus 90A	27
10. Hasil Pengukuran Geometri Menggunakan Kuat Arus 90A.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
1. Kesimpulan.....	34
2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	39
1. Foto-foto kegiatan.....	39
2. Gambar Teknik.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Proses WAAM[10].....	4
Gambar 2 Macam-macam Mekanisme Proses WAAM[13]	4
Gambar 3 Proses <i>Machining</i> [6]	5
Gambar 4 Proses WAAM[6].....	5
Gambar 5 GTAW Berbasis Manufaktur Aditif (MA)[14]	6
Gambar 6 Pengunci[24]	12
Gambar 7 Posisi Pengelasan 1G[26].....	13
Gambar 8 Posisi Pengelasan 2G[27].....	13
Gambar 9 Posisi Pengelasan 3G[28].....	14
Gambar 10 Membuat pola pada substrat.....	14
Gambar 11 Skema Pengelasan GTAW dengan Manufaktur Aditif (MA)[29]	15
Gambar 12 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	16
Gambar 13 Lokasi Pembuatan[30]	17
Gambar 14 Mengukur Manik Las[31]	18
Gambar 15 Cara Mengukur Manik Pengunci menggunakan Jangka Sorong[31].....	19
Gambar 16 Gambar Teknik Pengunci Sambungan Sepeda Yang Sudah Ada	21
Gambar 17 Gambar Teknik Modifikasi Bentuk dan Dimensi	22
Gambar 18 Arah Pengelasan Spesimen	23
Gambar 19 Proses Pengelasan	23
Gambar 20 Arah Pengelasan.....	24
Gambar 21 Spesimen	24
Gambar 22 Pengukuran Kepala Pengunci hasil las.....	25
Gambar 23 Pengukuran tebal Pertitik	25
Gambar 24 Hasil Pengelasan Kuat Arus 120A.....	26
Gambar 25 Pengukuran Kepala Pengunci hasil las.....	27
Gambar 26 Pengukuran Pertitik.....	27
Gambar 27 Hasil Pengelasan Menggunakan Kuat Arus 100A	27
Gambar 28 Pengukuran bentuk lengkung Pengunci hasil las	28
Gambar 29 Pengukuran Pertitik.....	30
Gambar 30 hasil Pengelasan Menggunakan Kuat Arus 90A	30
Gambar 31 Grafik Perbandingan Tebal Pengunci	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik Gas <i>Argon</i> [18].....	7
Tabel 2 Gas Pelindung untuk Las GTAW[18].....	7
Tabel 3 Komposisi Kimia[21].....	9
Tabel 4 Data Hasil Pengujian Kekerasan Vickers[22].....	11
Tabel 5 Kisaran Kuat Arus	11
Tabel 6 Hasil Uji Komposisi Unsur Al 6061	12
Tabel 7 Parameter Pengelasan Menggunakan Kuat Arus 120A	22
Tabel 8 Pengukuran Waktu Pada Kuat Arus 120A.....	25
Tabel 9 Pengukuran Tebal Menggunakan Kuat Arus 120A	26
Tabel 10 Parameter Pengelasan Menggunakan Kuat Arus 100A	26
Tabel 11 Pengukuran Waktu Menggunakan Kuat Arus 100A.....	27
Tabel 12 Pengukuran Tebal Menggunakan Kuat Arus 100A	27
Tabel 13 Parameter Pengelasan Menggunakan Kuat Arus 90A	27
Tabel 14 Pengukuran Waktu Menggunakan Kuat Arus 90A.....	28
Tabel 15 Pengukuran Tebal Menggunakan Kuat Arus 90A	30

ABSTRAK

Dalam proses pengelasan, terdapat metode manufaktur tambahan yang dikenal sebagai *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM). Metode ini melibatkan peleburan kawat elektrode dan plat baja sebagai fondasi menggunakan busur listrik, sehingga material terbentuk di atas permukaan dasar. Material tersebut kemudian dibentuk lapis demi lapis hingga mencapai bentuk yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan proses pembuatan pengunci sambungan sepeda lipat menggunakan teknik pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) berbasis manufaktur aditif. Proses manufaktur aditif memungkinkan pembuatan komponen dengan desain yang kompleks dan presisi tinggi, serta mengurangi penggunaan material dan waktu produksi. Tahapan penelitian meliputi desain dan perancangan model CAD, pemilihan material yang sesuai, persiapan peralatan pengelasan, dan pembuatan pengunci. Parameter pengelasan seperti arus, tegangan, kecepatan pengelasan, diameter elektrode, jenis gas pelindung, dan jarak tungsten ke material dioptimalkan untuk menghasilkan pengunci yang kuat dan tahan lama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik pengelasan GTAW berbasis manufaktur aditif dapat dirancang pengunci sambungan dengan kuat arus 90A namun masih belum sesuai dengan gambar yang dirancang dengan ketebalan 7,53mm. Kendala yang dihadapi dalam proses ini termasuk menjaga konsistensi kualitas sambungan, pengendalian distorsi panas, dan pemilihan material *filler* yang tepat, dapat dilihat dari hasil GTAW dengan manufaktur aditif (MA) geometri manik las yang dihasilkan masih belum konsisten tetapi terlihat semakin besar arus semakin besar lebar manik las. Namun, dengan pengaturan parameter yang optimal dan pelatihan operator yang memadai, kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Penelitian ini menyarankan bahwa penerapan teknik pengelasan GTAW berbasis manufaktur aditif dalam produksi pengunci sambungan sepeda lipat dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. Hasil penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam optimasi parameter pengelasan dan material yang digunakan.

Kata kunci: Manufaktur aditif, las GTAW.

ABSTRACT

In the welding process, there is an additional manufacturing method known as Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM). This method involves melting the electrode wire and steel plate as a foundation using an electric arc, forming the material on the base surface. The material is then shaped layer by layer until the desired form is achieved. This study aims to design and implement the manufacturing process for a folding bicycle joint lock using Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) techniques based on additive manufacturing. The additive manufacturing process enables the creation of components with complex designs and high precision while reducing material usage and production time. The research stages include designing and modeling in CAD, selecting suitable materials, preparing welding equipment, and fabricating the lock. Welding parameters such as current, voltage, welding speed, electrode diameter, shielding gas type, and tungsten-to-material distance are optimized to produce a strong and durable lock. The results indicate that the GTAW-based additive manufacturing technique can design a joint lock with a current strength of 90A, but it still does not fully match the designed dimensions, which have a thickness of 7.53 mm. Challenges encountered in the process include maintaining joint quality consistency, controlling heat distortion, and selecting the appropriate filler material. It was observed from the GTAW process based on additive manufacturing (AM) that the weld bead geometry produced is still inconsistent, though higher current results in wider weld beads. However, with optimal parameter settings and adequate operator training, these challenges can be overcome. This study suggests that applying GTAW-based additive manufacturing techniques in the production of folding bicycle joint locks can improve production efficiency and quality. The findings open opportunities for further development in optimizing welding parameters and materials used.

Keywords: Additive manufacturing, GTAW welding.

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Pengelasan merupakan metode paling umum untuk menyambung logam. Metode ini dipilih karena biayanya yang lebih ekonomis, proses pengerjaan yang cepat, hasil sambungan yang lebih ringan, dan kemampuan untuk menghasilkan berbagai bentuk konstruksi [1]. Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) adalah salah satu teknik pengelasan yang telah digunakan secara luas dalam industri manufaktur seperti industri otomotif dan penerbangan [2]. Pengelasan GTAW dikenal karena keunggulannya dalam menghasilkan sambungan yang kuat, presisi pada produk berukuran kecil, dan estetis pada berbagai jenis material logam dibandingkan dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) yang menghasilkan produk dengan ukuran besar [3]. Dalam konteks perkembangan teknologi manufaktur, penggunaan pengelasan GTAW telah berkembang pesat sebagai bagian integral dari proses manufaktur aditif (MA), yang mana merupakan salah satu inovasi yang penting dalam dunia industri saat ini [4].

Salah satu penerapan pada komponen kecil dari pengelasan GTAW menggunakan manufaktur aditif (MA) yaitu pada pengunci sambungan sepeda lipat. Sepeda lipat telah menjadi solusi transportasi yang populer dalam kota-kota yang padat penduduk, karena kemampuannya untuk dilipat menjadi ukuran yang lebih kecil, memudahkan transportasi dan penyimpanan [5].

Penerapan pada proses pengelasan GTAW dalam konteks manufaktur aditif untuk membuat pengunci sambungan sepeda lipat masih belum ada yang menggunakan. Saat ini, banyak produsen sepeda lipat masih mengandalkan metode *machining* dalam pembuatan pengunci sambungan, yang kurang efisien dan menghasilkan banyak sisa pemotongan. Perancangan pengunci sambungan pada sepeda lipat harus mampu memenuhi beberapa persyaratan, seperti kekuatan, keamanan, dan kekompakan. Inilah mengapa proses pembuatan menggunakan pengelasan GTAW dalam manufaktur aditif menjadi acuan untuk memproduksi pengunci sambungan sepeda lipat sangat relevan [6].

2. Rumusan masalah

Bagaimana merancang proses pembuatan pengunci sambungan sepeda lipat yang berbasis manufaktur aditif menggunakan GTAW.

3. Tujuan

Merancang proses pembuatan pengunci sambungan sepeda lipat dengan GTAW berbasis manufaktur aditif.

4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menciptakan produk menggunakan GTAW berbasis manufaktur aditif.
- b. Meningkatkan dan menjaga kualitas produk.
- c. Efisiensi biaya.

5. Batasan masalah

- a. Pemilihan desain pengunci sambungan sepeda lipat berdasarkan desain sepeda pasific 2980 HT 20.
- b. Beban maksimum pengunci sepeda 1200 N.
- c. Logam pengisi yang digunakan ER 4043.

6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan Laporan usulan penelitian ini yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Berisi tentang uraian teori yang berkaitan tentang pengelasan, berupa berbagai macam jenis pengelasan dan alternatif desain pengunci sambungan sepeda lipat.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi metode penelitian dapat berupa diagram alir penelitian dan sejenisnya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil kegiatan yang dikerjakan dibutuhkan pada saat penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran hasil dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan daftar jurnal dan referensi yang digunakan untuk penyusunan Laporan Skripsi ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Sudah dilakukan rancang proses manufaktur aditif dengan parameter pengelasan. Dari proses tersebut menghasilkan pengunci dengan ketebalan 7,53mm pada kuat arus 90A dan hasil ini belum menghasilkan produk yang sesuai dengan gambar yang telah dimodifikasi dikarenakan keterbatasan pengelasan yang dilakukan secara manual.
- Hasil dari GTAW dengan manufaktur aditif (MA) geometri manik las yang dihasilkan masih belum konsisten tetapi terlihat semakin besar arus semakin besar lebar manik las.

2. Saran

- Mengembangkan metode yang konsisten untuk penerapan setiap lapisan dan melakukan pengukuran berkala untuk memastikan ketebalan lapisan yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. H. Wahyu, "Studi Awal Pengelasan Kombinasi GMAW-FCAW Dengan Variasi Arus Weld Metal Menggunakan Metode Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) Terhadap Nilai Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro," Profil Kesehat. Kab.Semarang, 2021, [Online]. Available: <http://repository.itk.ac.id/4278/>
- [2] Z. Zulfiadi, S. Bahri, dan N. Nurlaili, "Analisa Ketangguhan dan Kekerasan Pada Pengelasan GTAW Pelat Baja AISI 1050 Terhadap Pengaruh Sudut Keruncingan Elektroda Tungsten," J. Weld. Technol., pp. 53–57, 2021, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/436367-none-913949cd.pdf>
- [3] A. Sentana, L. Dedi, J. M. Muhammad, dan M. H. Reza, "Kaji Eksperimen Manik Las Hasil Proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) menggunakan Kawat Las ER 5356 untuk Manufaktur Aditif," Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin, vol. 13, no. 3, pp. 195–200, 2023, doi: 10.35814/teknobiz.v13i3.5835.
- [4] E. Maria dan Y. Renyidin, "Analisis Implementasi Teknologi Aditif Manufaktur (Additive Manufacturing Technology) Pada Perusahaan Di Indonesia : Dampak Dan Faktor Pendorong Kinerja," 2020, [Online]. Available: https://e-journal.uajy.ac.id/23854/1/15_03_223521.pdf
- [5] A. Muhammad, dan W. Nur, "Modifikasi Sepeda Konvensional Menjadi Sepeda Listrik," pp. 40–43, 2021, [Online]. Available: <https://www.polygonbikes.com/id/mengenal-sejarah-dan-munculnya-sepeda-di-indonesia/>
- [6] A. A. Kulikov, A. V. Sidorova, dan A. E. Balanovskiy, "Process Design for the Wire Arc Additive Manufacturing of a Compressor Impeller," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 969, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/969/1/012098.
- [7] G. S. Shruti dan N. Y. Sanket, "Additive Manufacturing in Automobile Industry," Int. J. Res. Aeronaut. Mech. Eng., vol. 7, no. 4, pp. 01–10, 2014, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/354659440_Additive_Manufacturing_in_the_Automotive_Industry_and_the_Potential_for_Driving_the_Green_and_Electri_c_Transition

- [8] S. W. Williams, F. Martina, A. C. Addison, J. Ding, G. Pardal, dan P. Colegrove, "Wire Arc Additive Manufacturing," *Mater. Sci. Technol. (United Kingdom)*, vol. 32, no. 7, pp. 641–647, 2015, doi: 10.1179/1743284715Y.0000000073.
- [9] K. Manish, S. Abhay, K. M. Uttam, dan K. Surya, *Additive Manufacturing with Welding*, no. January. 2019. doi: 10.1201/9781351234825-5.
- [10] J. Wanwan, Z. Chaoqun, J. Shuoya, T. Yingtao, W. Daniel, dan L. Wen "Wire Arc Additive Manufacturing of Stainless Steels," *Appl. Sci.*, 2020, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/5/1563>
- [11] C. Mukti, S. Elena, C. R. Carmen, R. M. Luigi, M. Danut, dan V. S. Arungalai, "Wire Arc Additive Manufacturing: Review On Recent Findings And Challenges In Industrial Applications And Materials Characterization," *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 6, 2021, doi: 10.3390/met11060939.
- [12] H. L. Jeong, M. L. Choon, dan H. K. Dong, "Repair of damaged parts using wire arc additive manufacturing in machine tools," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 16, pp. 13–24, 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.11.156.
- [13] L. Z. L. Johnnie, R. A. Mohd, A. B. R. Nor, H. Rafidah, dan N. S. Mohd, "Review of wire arc additive manufacturing for 3d metal printing," *Int. J. Autom. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 346–353, 2018, doi: 10.20965/ijat.2019.p0346.
- [14] N. P. Gokhale, K. Prateek, dan S. Varuun, "Experimental investigations of TIG welding based additive manufacturing process for improved geometrical and mechanical properties," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1240, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1240/1/012045.
- [15] R. Amelia, I. Setiani, H. Megarini, and A. Elly, "Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Alumunium 1050 dengan Filler ER 4043," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 47–54, 2019, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/731>
- [16] R. Gabriel, "Pengelasan GTAW Pada Material Plat Ss400 Disambung Dengan Material Plat Sus304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Analysis of the Effect of Gtaw Welding Flow Variations on Ss400 Plat Materials Contained With Plat Sus304 Materials Toward the Tensile," 2019, [Online]. Available:

<https://repository.its.ac.id/62358/>

- [17] Sutarno, Warso, dan Mastur, “Pengaruh Perbedaan Kampuh pada Las Tungsten Inert Gas terhadap Sifat Mekanis Kuningan (Cu Zn),” *Intuisi Tek. dan Seni*, vol. 14, no. 1, pp. 37–46, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.stt-wiworotomo.ac.id/index.php/iteks/article/view/328>
- [18] Dadang, Teknik Las GTAW. 2013. [Online]. Available: <https://repositori.kemdikbud.go.id/9528/1/TEKNIK-LAS-GTAW-XI-1.pdf>
- [19] P. Dion, A. Mufarrih, and S. Irawan, “Investigasi Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Material ST 42 Pada Pengelasan GTAW Menggunakan Kampuh V,” *Univ. Nisant. PGRI Kediri*, pp. 199–204, 2018, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwibwJ6Q0PWKAxUmSGwGHQ6xCBcQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fproceeding.unpkediri.ac.id%2Findex.php%2Fnotek%2Farticle%2Fdownload%2F483%2F396&usg=AOvVaw3PgCMZR_Txt_n2YDmrj0pE&opi=89978449
- [20] R. Siswanto, “Teknologi Pengelasan,” *Tek. Mesin Universitas Lambung Mangkurat*, pp. 1–20, 2018, [Online]. Available: https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/Teknologi_Pengelasan_full.pdf
- [21] A. Pinnacle, “Er4043 Data Sheet,” no. 713, pp. 0–1, 2008, [Online]. Available: <http://www.pinnaclealloys.com/wp/wp-content/uploads/2015/11/ER4043-11.16.pdf>
- [22] S. Mochammad, “Perbedaan Sifat Mekanik Hasil Penyambungan Las GTAW pada Aluminium 6061 dengan Filler ER4043 dan ER5356,” *J. Tek. Mesin*, pp. 1–8, 2014, [Online]. Available: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-38740-2109030088-Paper.pdf>
- [23] N. Ahmad, J. Sarjito, dan Samuel, “Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Sudut Kampuh V Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Aluminium 5083 Pengelasan Gtaw,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 256–264, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/13635>
- [24] Ridethisbike, “pengunci as tengah,” 2016. https://ridethisbike.com/uploaded_images/aerlite-b-folding_hinge_and_welds-500x385-705896.jpg

- [25] M. R. Achmad, "Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik , Struktur Mikro , dan Prediksi Korosi," Tek. ITS, pp. 60–62, 2018, [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/52231/2/0431144000011-Undergraduate_Theses.pdf
- [26] Tarkono, Sugiyanto, dan Andriyanto, "Studi Kekuatan Sambungan Las Baja AISI 1045 dengan Berbagai Metode Posisi Pengelasan," J. Mech. Vol. 1, Nomor 1, Maret 2010 5, vol. 1, pp. 43–53, 2010, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/149647/studi-kekuatan-sambungan-las-baja-aisi-1045-dengan-berbagai-metode-posisi-pengel>
- [27] N. A. Amin, dan Q. Taufik, "Analisa Hasil Pengelasan 2G Dan 3G Dengan Bahan Plat Besi St 40 Ketebalan 10mm Dan Voltase 20 - 35 Menggunakan Mesin Las MIG," p. 6, 2020, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/515596-none-7ee8b63e.pdf>
- [28] M. Ahmad, B. H. Andre, dan A. R. Syaefani, "Analisa Kekuatan Sifat Mekanis Pengelasan 2G dan 3G Pada Rangka Dudukan Mesin Las," no. 71, 2010, [Online]. Available: [file:///C:/Users/Who/Downloads/JURNAL lapran ta_Ahmad Muhajirin.pdf](file:///C:/Users/Who/Downloads/JURNAL%20laporan%20Ahmad%20Muhajirin.pdf)
- [29] W. Jin, C. Zhang, S. Jin, Y. Tian, D. Wellmann, dan W. Liu, "Wire arc additive manufacturing of stainless steels: A review," Applied Sciences (Switzerland), vol. 10, no. 5. 2020. doi: 10.3390/app10051563.
- [30] Google, "Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bahan dan Barang Teknik," 2024. https://www.google.com/maps/place/Balai+Beser+Standardisasi+dan+Pelayanan+Jasa+Industri+Bahan+dan+Barang+Teknik/@_6.8827383,107.6076829,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x2e68e6f7565af0d7:0xb84a0626e2576990!8m2!3d-6.8827436!4d107.6102578!16s%2Fg%2F1hf3j9_6d?en (accessed Dec. 03, 2024).
- [31] Sumarno, "Mengoperasikan Alat Ukur. Malang," 2018. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/416672532/IMG-IN02-003-01-Mengoperasikan-Alat-Ukur-pdf>