

**Pengembangan dan pembuatan prototype mesin manufaktur
aditif dengan deposit *filler* Paduan aluminium menggunakan las
GMAW**

***Development and Manufacture of additive Manufacturing machine
prototype with aluminum alloy filler deposit using GMAW welding***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Ibnu Syam Amiri

NPM: 193030076



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Ibnu Syam Amiri
Nomor Pokok Mahasiswa : 193030076
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, 30 Juni 2024

Yang menyatakan,


METERAI
TEMPEL
EBB2FANX079899542

Ibnu Syam Amiri

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a: Ibnu Syam Amiri

NPM: 193030076

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:

Pengembangan dan pembuatan prototype mesin manufaktur aditif dengan deposit *filler* Paduan aluminium menggunakan las GMAW

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/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, 30 Juni 2024

Yang menyatakan,



Ibnu Syam Amiri

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Pengembangan dan pembuatan prototype mesin manufaktur
aditif dengan deposit *filler* Paduan aluminium menggunakan las
GMAW**



Nama: Ibnu Syam Amiri
NPM: 193030076



Pembimbing Utama

Ir. Agus Sentana, MT.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Widyanti Kwintarini, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Pengembangan dan pembuatan prototype mesin manufaktur aditif dengan deposit *filler* Paduan aluminium menggunakan las GMAW



Nama: Ibnu Syam Amiri
NPM: 193030076

Tanggal sidang skripsi: 30 Juni 2025

Ketua : Ir. Agus Sentana, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang berkat kasih dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengembangan dan Pembuatan Prototipe Mesin Las (*Gas Metal Arc Welding*) GMAW untuk Proses (*Wire Arc Additive Manufaktur ing*) WAAM”. Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Mengingat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan menulis, maka Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan dan belum sempurna, namun diharapkan laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan bagi semua pihak yang ingin memanfaatkannya. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta pengarahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Untuk itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati perkenankanlah penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat melaksanakan penulis ini dengan lancar.
2. Bapak Saiful Bahri Dan ibu Metri Netti, selaku kedua orang tua yang selalu memberikan Doa, semangat dan harapan selama ini sehingga dapat menyelesaikan Usulan Penulisan ini dengan lancar.
3. Intan Putri Andini, dan Hafid Febrian selaku kakak dan adik yang selalu memberikan doa, semangat dan harapan selama ini sehingga dapat menyelesaikan Usulan Penulisan ini dengan lancar.
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan.
5. Bapak Ir. Agus Sentana, M.T. Selaku pembimbing utama.
6. Ibuk Dr. Ir Widyanti Kwintarini, MT. Selaku pembimbing pendamping.
7. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Pasundan atas ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Nurhazizah. yang selalu memberikan dukungan, motivasi, saran dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan Usulan Penulisan ini.

9. Kawan-kawan seperjuangan kosan chicharitos & kantin, Rizki(Lopes), Farhan(Un), Rino Yogatma(adik), yang bersama-sama saling mendukung dan memberi motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

10. Seluruh keluarga mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pasundan angkatan 2019

Serta seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan Namanya satu-per satu. Terima kasih, semoga amat kebaikan yang telah diberikan akan mendapat balasan dari Allah SWT. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan berikutnya dan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan untuk orang yang membacanya. Wassalamu'alaikum Wr.Wb



Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,

Ibnu Syam Amiri

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAS ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah.....	1
3. Tujuan	2
4. Manfaat.....	2
5. Batasan Masalah.....	2
6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Review Jurnal.....	4
2. Proses <i>Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)</i>	8
3. Metode Pengelasan yang Digunakan dalam Teknologi Manufaktur Additiv	9
4. Las GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>).....	10
5. Komponen Pengelasan GMAW untuk Proses Manufaktur Aditif.....	11
6. Pemilihan Material.....	14
7. Sistem Transmisi	15
8. Motor Stepper.....	17
BAB III METODE PENULISAN.....	19
1. Metode Penulisan	19
2. Tempat Penulisan	21
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN	22
1. Kriteria Perancangan Mesin Las GMAW Untuk Proses WAAM.....	22

2.	Mengevaluasi Rancangan Disain Konsep Mesin TIG Otomatis Yang Telah Diteliti Atau Didisain Oleh Penulis Sebelumnya	22
3.	Desain Mesin Las GMAW Untuk Proses WAAM.....	23
4.	Material Dan Komponen Yang Diperlukan	24
5.	Komponen mesin Las GMAW untuk proses WAAM.....	27
6.	Perakitan (<i>Assembly</i>) Sistem Mekanik Mesin Manufaktur Additive	33
7.	Simulasi Frame Mesin Manufaktur Additive	38
8.	Menjalankan Gerak Sumbu X, Sumbu Y, Dan Sumbu Z	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
1.	Kesimpulan	47
2.	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48

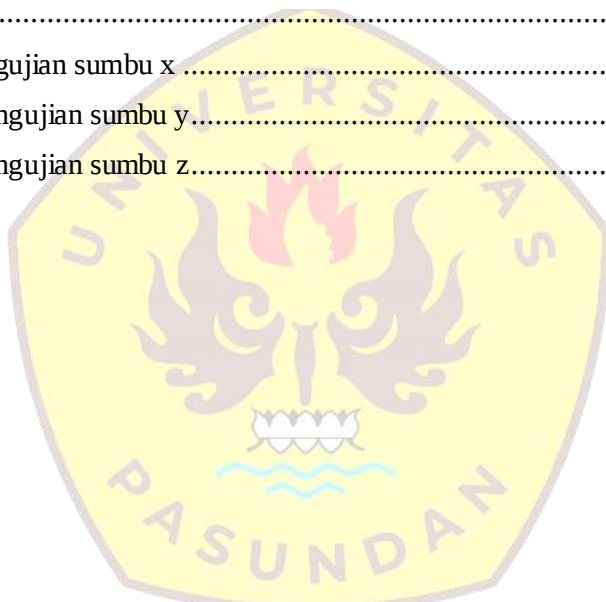


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram skematik pengaturan Eksperimental[4]	4
Gambar 2. Rancangan wiring diagram[5]	5
Gambar 3. Sumbu Gerak X dan Z[6]	7
Gambar 4. Sistem Yang Digunakan Untuk Memproduksi Produk Aditif Menggunakan Las TIG.....	8
Gambar 5. Skematik WAAM[8]	9
Gambar 6. Skematik WAAM-GMAW [9]	10
Gambar 7. Proses pengelasan GMAW[11].....	11
Gambar 8. <i>Wire feeder</i> [13]	12
Gambar 9. regulator[14]	13
Gambar 10. kawat elektroda[15]	13
Gambar 11. <i>pulley</i> [17].....	16
Gambar 12. belt[18]	16
Gambar 13. Motor stepper nema 23.....	18
Gambar 14. Lokasi tempat penulisan.....	21
Gambar 15. Hasil Desain Mesin Las TIG Otomatis Terdahulu	23
Gambar 16. Mesin las GMAW untuk proses WAAM.....	24
Gambar 17. (a) Perakitan <i>base structure frame</i> (b) Hasil perakitan <i>base structure frame</i>	34
Gambar 18. (a) perakitan meja kerja (b) hasil perakitan meja kerja	35
Gambar 19. (a) perakitan meja kerja ke frame (b) hasil perakitan meja kerja ke frame ...	35
Gambar 20. (a) Perakitan penggerak sumbu X dan Z (b) hasil Perakitan penggerak sumbu X dan Z.....	37
Gambar 21. (a) perakitan motor stepper ke penyangga motor (b) hasil perakitan motor stepper ke penyangga motor	38
Gambar 22. Model tumpuan dan beban	38
Gambar 23. <i>Stress</i> pada frame Mesin manufaktur additive	39
Gambar 24. <i>Displacement</i> pada <i>frame</i> mesin manufaktur aditif	40
Gambar 25. <i>Equivalent Strain</i> pada mesin manufaktur aditif	40
Gambar 26. <i>FOS (Factor of Safety)</i> pada mesin manufaktur aditif	41
Gambar 27. Gambar pengujian sumbu x	42
Gambar 28. Gambar pengujian sumbu y	43
Gambar 29. Gambar pengujian sumbu z	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kekuatan material.....	14
Tabel 2. Material dan komponen yang diperlukan	25
Tabel 3. Material dan komponen yang diperlukan (lanjutan)	26
Tabel 4. Komponen-komponen sistem mekanik mesin las GMAW untuk proses WAAM	28
Tabel 5. Komponen yang digunakan untuk <i>base structure frame</i>	33
Tabel 6. Komponen yang digunakan untuk perakitan meja kerja	34
Tabel 7. Komponen yang digunakan untuk Perakitan penggerak sumbu X dan Z.....	36
Tabel 8. Komponen yang digunakan untuk perakitan motor stepper ke penyangga motor	37
Tabel 9. Hasil pengujian sumbu x	43
Tabel 10. Hasil pengujian sumbu y.....	43
Tabel 11. Hasil pengujian sumbu z.....	44



ABSTRAK

Transformasi dalam dunia manufaktur modern mendorong lahirnya pendekatan aditif seperti *Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)*, yang menggabungkan teknik pengelasan berlapis untuk membentuk komponen logam secara efisien. Salah satu metode yang menjanjikan dalam teknologi ini adalah *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*, yang mampu menghasilkan kualitas lasan tinggi, stabilitas proses, dan efektivitas biaya. Penulisan ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototipe mesin GMAW yang dikustomisasi guna mendukung proses WAAM dalam pembuatan benda kerja berbentuk silinder dengan diameter hingga 150 mm. Tahapan penulisan meliputi analisis literatur, seleksi material dan komponen, perancangan mekanis dan sistem kontrol, hingga tahap perakitan serta pengujian. Sistem penggerak menggunakan motor stepper NEMA 23 dan NEMA 17, dikendalikan melalui driver TB6600 dan mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang diintegrasikan dengan perangkat lunak Pronterface dan firmware Marlin. Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa pergerakan pada sumbu X, Y, dan Z berlangsung dengan lancar, responsif, serta konsisten pada berbagai tingkat kecepatan, tanpa indikasi malfungsi mekanis. Prototipe yang dikembangkan memiliki dimensi 400 × 470 × 360 mm dan mampu menjalankan fungsi manufaktur aditif secara optimal. Kesimpulannya, prototipe mesin las GMAW ini berhasil merepresentasikan sistem WAAM skala kecil yang efisien, akurat, dan berpotensi besar untuk diterapkan di lingkungan industri kecil hingga menengah sebagai solusi alternatif manufaktur logam berbasis teknologi aditif.

Kata kunci: GMAW, Prototipe, *Wire Arc Additive Manufacturing*,

ABSTRACT

The evolution of modern Manufacturing has led to the emergence of additive techniques such as Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM), which utilizes layered welding to construct metal components efficiently. Among the promising methods in this technology is Gas Metal Arc Welding (GMAW), known for its high weld quality, process stability, and cost-effectiveness. This study aims to design and develop a GMAW prototype machine specifically tailored to support the WAAM process, focusing on cylindrical workpieces with a maximum diameter of 150 mm. The research stages include literature review, material and component selection, mechanical design, control system integration, assembly, and performance testing. The motion system is driven by NEMA 23 and NEMA 17 stepper motors, controlled via TB6600 drivers and an Arduino Mega 2560 microcontroller, all coordinated through Pronterface software and Marlin firmware. The performance tests show that the X, Y, and Z axes operate smoothly, accurately, and responsively at various feed rates, with no mechanical faults observed. The resulting prototype, measuring 400 × 470 × 360 mm, successfully performs additive Manufacturing tasks with high precision and repeatability. In conclusion, the developed GMAW-based WAAM machine prototype demonstrates the potential to serve as a cost-efficient, accurate, and compact solution for small- to medium-scale industries seeking to implement metal additive Manufacturing technology independently.

Keywords: GMAW, Prototipe, Wire Arc Additive Manufacturing,

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pada industri manufaktur modern, teknologi terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan efisiensi, kualitas, dan fleksibilitas yang semakin tinggi. Salah satu inovasi signifikan dalam bidang ini adalah teknologi (*Wire Arc Additive Manufacturing*) WAAM, sebuah metode pencetakan tiga dimensi (3D) yang memanfaatkan proses pengelasan busur (*arc welding*) untuk membentuk objek logam dengan menambahkan lapisan material secara berurutan [1]. WAAM menawarkan berbagai keunggulan, terutama dalam pembuatan komponen logam berskala besar dengan material yang lebih hemat dibandingkan metode *subtractive*, di mana material yang tidak dibutuhkan dipotong atau dihilangkan. Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi (*Gas Metal Arc Welding*) GMAW untuk proses WAAM semakin menarik perhatian karena dapat menghasilkan sambungan logam berkualitas tinggi dengan presisi yang tinggi [2].

Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah salah satu jenis proses pengelasan yang menggunakan sumber panas dari energi listrik yang diubah atau dikonversikan menjadi energi panas, pada proses ini menggunakan kawat las yang digulung dalam suatu roll yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas karbon dioksida sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer [3]. Dengan memanfaatkan proses pengelasan GMAW dalam manufaktur aditif WAAM, diharapkan kualitas hasil pencetakan logam tiga dimensi, terutama dalam kepresisian, minimnya cacat las, dan ketahanan struktur mesin las.

Pada latar belakang tersebut, penulisan ini membuat prototipe mesin las GMAW yang terintegrasi dan disesuaikan untuk mendukung proses WAAM. Prototipe ini diharapkan mampu menjawab tantangan-tantangan dalam proses WAAM, seperti kestabilan busur las, pengendalian temperatur, dan kecepatan penumpukan material, sehingga dapat menciptakan kualitas hasil cetak yang optimal serta meningkatkan efisiensi produksi di sektor industri logam.

2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana mengembangkan prototipe mesin las GMAW yang mendukung proses WAAM.
- b. Bagaimana menentukan material rangka pada mesin las GMAW sehingga dapat digunakan dengan maksimal.

3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini Adalah mengembangkan mesin prototipe las GMAW agar proses WAAM (*Wire Arc Additive Manufacturing*) dapat digunakan untuk skala laboratorium.

4. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan ini adalah:

Menyediakan alternatif mesin WAAM yang lebih terjangkau dan dapat digunakan oleh industri kecil.

5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan ini meliputi:

Pembuatan prototype mesin WAAM menggunakan GMAW untuk produk aditif berbentuk silinder sesuai kemampuan mesin dengan ukuran maksimum 150 mm x 150 mm.

6. Sistematika Penulisan

Proposal usulan penulisan ini disusun bab demi bab dan terdiri dari empat bab dan daftar pustaka. Keempat bab tersebut terdiri dari pendahuluan, studi literatur, metodologi penulisan dan rencana kegiatan serta anggaran.

BAB I PENDAHULUAN

Isi dari Bab ini adalah pembahasan latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Isi dari Bab ini adalah pembahasan Proses Manufaktur Aditif ARC kawat (WAAM) dan Metode Pengelasan yang Digunakan.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Isi Bab ini adalah pembahasan mengenai diagram alir penulisan, manfaat dan relevansi penulisan juga prediksi hasil penulisan.

BAB IV RENCANA KEGIATAN DAN ANGGARAN

Isi bab ini adalah susunan jadwal rencana kegiatan dan prediksi anggaran biaya penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Isi dari bab ini adalah sumber-sumber referensi yang yang digunakan dalam penyusunan skripsi, baik berupa buku, jurnal, artikel ilmiah, standar, maupun sumber daring yang relafan

LAMPIRAN

Isi dari bab ini adalah data atau dukemen pendukung yang tidak dicantumkan dalam isi utama skripsi.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dalam penulisan ini telah berhasil dirancang dan dibuat sebuah mesin manufaktur additive dengan deposit filler Paduan aluminium menggunakan las GMAW dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a. Dimensi utama mesin dengan Panjang 400 mm Lebar 360 mm dan tinggi 470 mm.
- b. Area meja kerja mesin manufaktur aditife dengan luas 150 mm dan tebal 10 mm.
- c. Mesin ini mampu membuat silinder sesuai dimensi yang diinginkan berdasarkan G-Code yang telah disiapkan.
- d. Penggunaan aluminium sebagai material rangka terbukti lebih ekonomis dibandingkan baja galvanis, tanpa mengurangi kekuatan struktur.

2. Saran

prototipe mesin manufaktur additive dengan deposit filler Paduan aluminium menggunakan las (GMAW) ini masih ada beberapa keterbatasan yaitu:

- a. Tingkatkan akurasi sistem dengan menambahkan sensor pendukung seperti sensor suhu atau sensor jarak.
- b. Kembangkan sistem kontrol menuju otomatisasi penuh agar proses WAAM lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gaillard, S. Lustig, A. Peltier, V. Villa, E. Servien, and P. Neyret, "Total knee implant posterior stabilised by a third condyle: Design evolution and post-operative complications," *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 102, no. 8, pp. 1061–1068, 2016, doi: 10.1016/j.otsr.2016.08.015.
- [2] M. Liberini *et al.*, "Selection of Optimal Process Parameters for Wire Arc Additive Manufacturing," *Procedia CIRP*, vol. 62, pp. 470–474, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2016.06.124.
- [3] M. A. Mubaroq and Suheni, "Analisis Ayunan Pengelasan Dan Besar Arus terhadap Kekuatan Bending dan Struktur Makro pada Proses Las GMAW dengan Material Baja A-36," *J. Tek. Mesin, Ilmu Pengetah. dan Inov.*, vol. 3, no. 3, pp. 4–8, 2023.
- [4] S. W. Williams, F. Martina, A. C. Addison, J. Ding, G. Pardal, and P. Colegrove, "Wire + Arc additive Manufacturing," *Mater. Sci. Technol. (United Kingdom)*, vol. 32, no. 7, pp. 641–647, 2016, doi: 10.1179/1743284715Y.0000000073.
- [5] "Perancangan Sistem Kendali Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) Untuk proses Manufaktur Aditif Design of Control System for Tungsten Inert Gas (TIG) Welding for Additive Manufacturing process," 2024.
- [6] P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, and U. Pasundan, "Perancangan Gerak Rotasi Pemegang Benda Kerja pada Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) untuk Proses Manufaktur Aditif Designing Workpiece Holder Rotation Motion in Tungsten Inert Gas (TIG) Welding for Additive Manufacturing Process," 2024.
- [7] M. A. Wibowo, A. S. Baskoro, and A. Sentana, "Desain dan analisis welding torch dengan wire feeder pada pengelasan tungsten inert gas (TIG) berbasis wire arc additive Manufacturing (WAAM)," pp. 497–506.
- [8] Gordon, "BAB 2 Tinjauan Pustaka," *Pontif. Univ. Catol. del Peru*, vol. 8, no. 33, p. 44, 2019.
- [9] A. S. Agus, D. Lazuardi, M. J. Maulidio, and M. R. Hermawan, "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.

- [10] P. Heru Sudargo, Triyono, and K. Diharjo, "Pengaruh Filler Dan Arus Listrik Terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan Las Gmaw Logam Tak Sejenis Antara Baja Karbon Dan J4," *Pros. SNST Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 59–64, 201AD, [Online]. Available: https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/318/308
- [11] B. Fish, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title," vol. 2507, no. February, pp. 1–9, 2020.
- [12] H. In, S. T. Steel, and P. Heating, "page 135-146," vol. 6, no. 2, pp. 135–146, 2024, doi: 10.20527/jtamrotary.v7i.
- [13] A. N. R. M.Ngari.SR. and M. Tamjidillah, "Analysis of Variation of Wire Feeder Speed on Gmaw Weld Process Against Micro and Structure Violence Astm Steel a36," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 5, no. 2, pp. 95–108, 2020, doi: 10.20527/sjmekinematika.v5i2.144.
- [14] I. N. Budiarsa, "Pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminium 5083," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 2, pp. 112–116, 2008.
- [15] D. R. Firmansyah, "Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung Hasil Pengelasan Gmaw Terhadap Kekuatan Mekanik Dan Struktur Mikro Aluminium Seri 5083," 2017.
- [16] M. G. Fontana, "Corrosion engineering. Third edition.," 1986.
- [17] H. Mahmudi, "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt Pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah," *J. Mesin Nusantara*, vol. 4, no. 1, pp. 40–46, 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i1.16201.
- [18] J. Jusnita and I. Saputra, "Uji Tarik pada Timing Belt Mobil L300," *J. Surya Tek.*, vol. 5, no. 02, pp. 69–73, 2017, doi: 10.37859/jst.v5i02.647.
- [19] B. C. Wibowo and F. Nugraha, "Kendali Kecepatan Motor Stepper Menggunakan Metode Start – Stop Berbasis PLC," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 10, no. 3, p. 213, 2021, doi: 10.35793/jtek.10.3.2021.35623

