

**Pembuatan ptorotipe manufaktur aditif menggunakan mesin las
GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) skala laboratorium**

***Additive manufacturing prototype manufacturing using laboratory
scale GTAW (gas tungsten arc welding) welding machines***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Imam Saripudin

NPM: 193030024



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Imam Saripudin
Nomor Pokok Mahasiswa : 193030024
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang penulis kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan penulis, 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 penulis sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Imam Saripudin

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

N a m a : Imam Saripudin

NPM : 193030024

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

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

Pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) skala laboratorium

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 penulis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta, Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Bandung, 30 Juni 2025

Yang menyatakan,



Imam Saripudin

LEMBAR PENGESAHAN

**Pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las
GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) skala laboratorium**



Nama: Imam Saripudin
NPM: 193030024

Pembimbing Utama

Ir. Agus Sentana, M.T.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) skala laboratorium



Nama: Imam Saripudin
NPM: 193030024

Tanggal sidang skripsi: 30 Juni 2025

Ketua : Ir. Agus Sentana, M.T.

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

Anggota : Ir. Bukti Tarigan, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan pada yang Maha Kuasa, Allah SWT sebagai pencipta atas segala kehidupan yang senantiasa memberikan rahmat pada hamba-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dijadikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan tingkat strata-1.

Laporan ini dapat terselesaikan berkat dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, kekuatan dan kesabaran dalam mempersiapkan serta menyusun laporan skripsi ini.
2. Keluarga tersayang, Bapak dan Ibu yang telah memberikan dukungan tak terbatas secara moril dan materil selama perkuliahan.
3. Bapak Ir. Agus Sentana, M.T., selaku Dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu tenaga, gagasan, pikiran, dan saran demi tuntasnya laporan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T., selaku Dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu tenaga, gagasan, pikiran, dan saran demi tuntasnya laporan skripsi ini.
5. Segenap staf dosen dan karyawan di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan, Angkatan 2019 yang telah membantu menyelesaikan laporan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah mendukung kegiatan Tugas Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna baik dari segi format, penyajian, dan penguasaan isi. Oleh karena itu, penulis berharap segala saran dan kritik yang membangun dapat menjadikan laporan ini menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Bandung, 30 Juni 2025

Penulis,



Imam Saripudin

NPM: 193030024

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.....	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah.....	2
3. Tujuan.....	2
4. Manfaat.....	2
5. Lingkup masalah.....	3
6. Sistematika penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR	5
1. <i>State of art</i>	5
2. Metode prototipe.....	7
3. Definisi pengelasan.....	7
4. Definisi pengelasan GTAW.....	8
5. <i>Wire feeder</i>	10
6. <i>Welding torch</i>	12
7. <i>Filler metal</i>	13
8. Lead screw.....	15
9. Mikrokontroler.....	17
10. Perangkat lunak Arduino IDE	17
11. Arduino UNO	19
12. <i>Driver motor</i> (motor penggerak)	21
13. <i>Motor stepper</i>	22
14. <i>Power supply</i>	24

15. Prinsip kerja pengelasan GTAW	25
BAB III METODOLOGI	29
1. Tahapan penelitian.....	29
2. Tempat penelitian	30
3. Desain prototipe mesin las GTAW untuk proses WAAM	30
4. Material dan komponen yang diperlukan	32
5. Komponen mesin las WAAM	33
6. Perakitan (<i>assembly</i>) sistem mekanik mesin manufaktur aditif.....	41
7. Proses pembuatan mesin prototipe	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
1. Gambaran umum prototipe mesin las GTAW	53
2. Rangkaian L298N.....	54
3. Program kontrol motor	57
A. Definisi pin.....	57
B. <i>Setup()</i>	58
C. <i>Loop()</i>	59
D. Fungsi motor A	60
E. Fungsi motor B	61
F. Fungsi kontrol LED	63
G. Fungsi reset	63
4. Hasil pengujian fungsional	65
A. Integrasi sistem kontrol motor dengan prototipe mesin las GTAW	67
B. Permasalahan dan solusi	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
1. Kesimpulan.....	69
2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	75
1. Foto-foto kegiatan.....	75
2. Gambar teknik	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses pengelasan [22].....	9
Gambar 2. <i>Wire feeder</i> [27]	11
Gambar 3. DBB skematis wire feeder	12
Gambar 4. <i>Welding torch</i> [28]	13
Gambar 5. <i>Filler Metal</i>	14
Gambar 6. <i>Lead screw</i> [30].....	15
Gambar 7. Skematis sudut ulir.....	16
Gambar 8. Arduino IDE.....	18
Gambar 9. Arduino uno	20
Gambar 10. <i>Driver motor</i> L298N	21
Gambar 11. <i>Pin-out driver</i> L298N.....	21
Gambar 12. <i>Motor Stepper</i> [35].....	22
Gambar 13. <i>Power supply</i>	24
Gambar 14. Proses pengelasan GTAW.....	26
Gambar 15. Skematis pengelasan GTAW	26
Gambar 16. Pengelasan GTAW posisi flat 1G	27
Gambar 17. Tahapan penelitian	29
Gambar 18. Tempat penelitian.....	30
Gambar 19. Desain prototipe	31
Gambar 20. (a). Perakitan rangka (<i>frame</i>) (b). Hasil perakitan rangka (<i>frame</i>).....	42
Gambar 21. (a). Perakitan sumbu x (b). Hasil perakitan sumbu x	43
Gambar 22. (a). Perakitan sumbu z (b). Hasil perakitan sumbu z	45
Gambar 23. (a). Perakitan prototipe (b). Hasil perakitan prototipe.....	46
Gambar 24. Prototipe mesin las GTAW	53
Gambar 25. Rangkaian modul L298N	54
Gambar 26. Algoritma pemrograman	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Faktor keamanan.....	11
Tabel 2. Diameter ulir.....	15
Tabel 3. Data <i>sheet</i>	23
Tabel 4. Material yang digunakan.....	31
Tabel 5. Material dan komponen yang diperlukan.....	33
Tabel 6. komponen- komponen mesin las GTAW.....	35
Tabel 7. Komponen rangka (<i>frame</i>).....	41
Tabel 8. Komponen sumbu x.....	42
Tabel 9. Komponen sumbu z.....	44
Tabel 10. Komponen pendukung pembuatan prototipe.....	46
Tabel 11. Proses pembuatan mesin prototipe.....	51
Tabel 12. Sambungan L298N.....	55
Tabel 13. Program kendali arduino uno.....	64
Tabel 14. Hasil pengujian fungsional.....	66
Tabel 15. permasalahan dan solusi setelah pengujian fungsional.....	68

ABSTRAK

Teknologi pengelasan selain untuk kebutuhan sambungan juga dapat digunakan dalam pembuatan produk. Pengelasan merupakan proses yang penting dalam industri manufaktur salah satu contoh pengelasan yaitu pengelasan GTAW (*gas tungsten arc welding*). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) skala laboratorium yang dilengkapi dengan sistem kontrol terintegrasi. Mesin las GTAW dikenal karena menghasilkan kualitas las yang tinggi dan presisi yang baik, namun umumnya memiliki biaya pengadaan dan operasional yang relatif tinggi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif berupa prototipe skala laboratorium yang lebih terjangkau namun tetap dapat merepresentasikan prinsip kerja dasar dari sistem GTAW. Metode penelitian yang digunakan dalam proses pembuatan prototipe mencakup perancangan mekanik, pemilihan komponen elektronik, perakitan sistem, dan implementasi sistem kontrol berbasis mikrokontroler. Sistem kontrol yang dikembangkan meliputi pengaturan pergerakan meja benda kerja dengan *wire feeder* dan *torch* untuk menciptakan posisi pengelasan yang presisi dan otomatis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa telah berhasil dikembangkan sebuah program yang dapat mengontrol proses pengelasan GTAW secara otomatis melalui serangkaian pengujian yang telah dilakukan. Berdasarkan tahapan perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe. Mikrokontroler digunakan sebagai unit kendali utama untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC, dengan dukungan driver L298N sebagai penguat arus untuk mendukung kebutuhan operasional motor tersebut. prototipe ini dinilai cukup representatif untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran dan pelatihan di lingkungan laboratorium pendidikan teknik. Dengan adanya prototipe ini, mahasiswa dapat mempelajari prinsip dasar pengelasan GTAW secara langsung dan aman, serta memahami interaksi antara sistem mekanik, elektrik, dan kontrol dalam proses pengelasan.

Kata kunci: Arduino UNO, manufaktur aditif, mesin las GTAW, mikrokontroler, prototipe, sistem kontrol.

ABSTRACT

Welding technology in addition to the need for joints can also be used in product manufacturing. Welding is an important process in the manufacturing industry, one example of welding is GTAW (gas tungsten arc welding). This study aims to design and create a prototype of additive manufacturing using a laboratory-scale Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) welding machine equipped with an integrated control system. GTAW welding machines are known for producing high weld quality and good precision, but generally have relatively high procurement and operational costs. Therefore, an alternative is needed in the form of a more affordable laboratory-scale prototype but can still represent the basic working principles of the GTAW system. The research methods used in the prototype manufacturing process include mechanical design, selection of electronic components, system assembly, and implementation of a microcontroller-based control system. The control system developed includes adjusting the movement of the workpiece table with a wire feeder and torch to create a precise and automatic welding position. The results of this study indicate that a program has been successfully developed that can control the GTAW welding process automatically through a series of tests that have been carried out. Based on the stages of design, manufacture, and testing of the prototype. The microcontroller is used as the main control unit to regulate the speed and direction of rotation of the DC motor, with the support of the L298N driver as a current amplifier to support the operational needs of the motor. This prototype is considered quite representative for use in learning and training activities in the engineering education laboratory environment. With this prototype, students can learn the basic principles of GTAW welding directly and safely, and understand the interaction between mechanical, electrical, and control systems in the welding process.

Keywords: additive manufacturing, Arduino UNO, control system, microcontroller, prototype, welding machine GTAW.

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Kemajuan ilmu dan teknologi berkembang begitu pesat di dunia industri. Banyak orang yang berupaya meningkatkan efisiensi di sektor teknik pengelasan [1]. Pengelasan merupakan teknik menyatukan dua komponen logam dengan memanaskan mereka hingga mencapai titik leleh, menggunakan energi panas yang dihasilkan oleh nyala busur atau gesekan [2]. Proses pengelasan memiliki peranan integral dalam dunia industri, menjadi elemen tak terpisahkan dalam rekayasa dan perbaikan produksi logam [3].

Pada jenis pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) Adalah Proses pengelasan melibatkan penggunaan busur api sebagai sumber panas untuk melebur benda kerja menggunakan arus listrik [4]. Dalam pengelasan GTAW, terbentuk busur nyala api antara elektroda tungsten dan benda kerja, dengan penggunaan gas pelindung seperti argon (Ar) ataupun helium (He). Gas tersebut memiliki fungsi melindungi hasil pengelasan dari interaksi udara atau oksidasi, dan panas yang dihasilkan bisa dikendalikan dengan mengontrol kecepatan proses pengelasan [5]. Makin tinggi suhu yang dapat dihasilkan, maka semakin besar pengaruh pengelasan terhadap sifat material. sehingga sangat cocok digunakan pada logam *non-ferrous* seperti aluminium dan stainless steel. Dari uraian di atas, penulis tertarik melakukan pembuatan prototipe mesin las GTAW [6].

Dalam teknologi industri saat ini manufaktur aditif memberi peluang dan kontribusi penting, proses manufaktur aditif dapat dilakukan dengan proses pengelasan diantaranya pengelasan TIG atau GTAW, SMAW, GMAW, dan MIG. Teknologi manufaktur aditif merupakan teknologi berkembang yang diluncurkan pada tahun 1980 [7].

Teknologi manufaktur aditif adalah istilah yang diformalkan untuk apa yang dulu disebut dengan *rapid prototyping* yang populer disebut dengan pencetakan 3D. Teknologi aditif manufaktur atau biasa yang disingkat AM adalah teknologi canggih dimana sebuah produk diproduksi dengan membangun bahan lapisan tipis dari desain tiga dimensi digital (3D) yang diciptakan menggunakan perangkat lunak desain bantuan komputer canggih [8].

Seiring dengan perkembangan teknologi kontrol, penggunaan sistem kontrol elektronik dan mikrokontroler dalam proses pengelasan menjadi semakin umum. Implementasi sistem kontrol dalam mesin las memungkinkan pengaturan parameter yang lebih akurat, efisiensi energi, serta peningkatan keselamatan operator. Oleh karena itu, pengembangan prototipe mesin las GTAW skala laboratorium yang dilengkapi dengan

sistem kontrol menjadi langkah penting dalam menunjang proses pembelajaran teknik pengelasan secara praktis dan teoritis [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototipe mesin las GTAW skala laboratorium yang dilengkapi dengan sistem kontrol, sehingga dapat digunakan sebagai media praktikum maupun penelitian lebih lanjut dalam bidang teknik pengelasan. Di sisi lain, ketersediaan mesin las GTAW untuk tujuan edukasi atau penelitian di lingkungan laboratorium perguruan tinggi masih cukup terbatas, baik dari segi jumlah maupun fitur kontrol yang disesuaikan untuk kebutuhan pembelajaran [10].

1. Rumusan masalah

Masalah yang akan dirumuskan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana tahapan pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW ?
- b. Bagaimana mengatur gerakan *torch*, *wire feeder*, dan meja pemegang benda kerja dengan sistem kontrol?
- c. Bagaimana hasil pengujian fungsional pada pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW?

2. Tujuan

- a. Melakukan pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW.
- b. Merancang sistem mekanisme kontrol.
- c. Melakukan pengujian fungsional dari prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW.

3. Manfaat

- a. Manfaat hasil dari pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW meningkatkan kualitas hasil pengelasan terutama untuk manufaktur, daripada yang menggunakan pengelasan secara manual.
- b. Prototipe ini bisa digunakan sebagai alat bantu pembelajaran dan pelatihan dalam memahami proses pengelasan GTAW dengan sistem kontrol dalam proses manufaktur.

4. Lingkup masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup difokuskan pada perancangan dan pembuatan prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) skala laboratorium yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis mikrokontroler. Lingkup ini ditentukan untuk membatasi fokus penelitian agar lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun batasan atau lingkup masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

- a. Posisi manufaktur aditif menggunakan pengelasan gerak linear (gerak sumbu x dan sumbu z).
- b. Dimensi gerak kerja prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW:
 - Sumbu x : 337 mm.
 - Sumbu z : 85 mm.
- c. Pengelasan ini hanya dilakukan untuk penambahan.

5. Sistematika penulisan

Penyusunan Penulisan laporan skripsi ini, diuraikan dengan berdasarkan beberapa bab dan pola penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I, penulis menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini ,penulis mengulas isi materi yang diambil dari buku teks dan jurnal. Materi ini memuat teori, gambar, dan tabel yang berkaitan dengan topik penelitian penulis.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam pembuatan prototipe termasuk diagram alir penelitian dan elemen-elemen lainnya.

BAB VI

Bab VI menjelaskan tentang proses pembuatan produk.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran yang terkait dari hasil modifikasi pengembangan prototipe mesin las GTAW dengan menggunakan sistem kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan buku acuan dan jurnal yang digunakan sebagai referensi data.

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian fungsional prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW skala laboratorium yang difokuskan pada pengaturan kecepatan dan mekanisme gerak *wire feeder*, *torch*, dan meja benda kerja menggunakan sistem kontrol dapat disimpulkan bahwa:

- a. Prototipe manufaktur aditif menggunakan mesin las GTAW berhasil dibuat dan mampu mempresentasikan simulasi pengelasan dengan menggunakan sistem kontrol pada gerak *wire feeder*, *torch*, dan meja benda kerja.
- b. Sistem kontrol berbasis mikrokontroler yang dikembangkan dapat mengatur kecepatan dan arah gerak motor DC yang digunakan untuk menggerakkan *wire feeder*, *torch*, dan meja benda kerja. Pada sumbu x menggunakan motor DC dengan tegangan 6V – 24V, arus 100 mA – 1 A (tergantung beban), daya 1 – 10 Watt, Kecepatan rpm 1000 – 6000 rpm. Pada sumbu z menggunakan motor DC dengan tegangan 5V – 12V DC (umumnya 5V), arus 200 – 600 mA (tergantung beban & kecepatan), daya 1 – 5 Watt, kecepatan rpm : 200 – 5000 rpm (dapat berubah tergantung posisi).
- c. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa prototipe manufaktur aditif berbasis mesin las GTAW dapat beroperasi sesuai dengan rancangan. Sistem mekanisme kendali mampu mengatur gerakan komponen dengan stabil dan responsif sesuai perintah program, sehingga prototipe memenuhi kriteria fungsional yang direncanakan untuk tahap pengujian.

2. Saran

- a. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada sistem kontrol agar mampu menangani variasi geometri benda kerja dan jalur pengelasan yang lebih kompleks, seperti berbentuk melengkung atau sudut tertentu.
- b. Diperlukan peningkatan pada *driver* motor L298N dengan mengganti modul yang lebih besar lagi.
- c. Untuk meningkatkan akurasi dan presisi gerakan, disarankan menggunakan sistem umpan balik (*closed-loop control*) seperti *encoder* pada motor untuk meminimalkan kesalahan posisi dan gerakan.

- d. Komponen mekanik seperti rel gerak,udukan *wire feeder*, *torch*, dan meja benda kerja sebaiknya dirancang lebih kokoh unutm menghindari getaran.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hartono dan A. Sentana, "Identifikasi Cacat Pada Hasil Pengelasan Tig Untuk Material 316 L Dengan Metoda SEM," *Tugas Akhir*, 2018.
- [2] A. F. H. Mukhammad dan B. Setyoko, "Rancang bangun awal mesin las GTAW semi otomatis untuk pengelasan plat baja" Vol. 18 No. 2 Desember 2018 <http://jurnal.unimus.ac.id> 36, vol. 18, no. 2, pp. 36–48, 2018.
- [3] D. Prabowo, E. P. Pratama, J. T. Mesin, and P. N. Cilacap, "Rancang Bangun Prototype Mesin Friction Welding," *Bangun Rekaprima*, vol. 5, no. 1, pp. 13–20, 2019, doi: 10.32497/bangunrekaprima.v5i1.1405.
- [4] A. Bakhori, "Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2017.
- [5] S. H. Saheb and A. Chandrashekhar, "Experimental study on influence of filler rods in gas Tungsten Arc welding," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2166, no. October, 2019, doi: 10.1063/1.5131594.
- [6] I. Surya, "Pengaruh Panas Las Gtaw(Gas Tungsten Arc Welding) Pada Material Stainless Steelgrade 316L Terhadap Uji Tarik Dan Komposisi Kimia Material," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. April, pp. 11–12, 2019.
- [7] F. J. Mercado Rivera and A. J. Rojas Arciniegas, "Additive manufacturing methods: techniques, materials, and closed-loop control applications," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 109, no. 1–2, pp. 17–31, 2020, doi: 10.1007/s00170-020-05663-6.
- [8] D. Mardiyana, Z. Sulaiman, S. Ihsan, F. Ridha, and T. Rahman, "Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 7, no. 1, pp. 63–72, 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i1.16866.
- [9] N. T. SS Baharuddin, "Rancang Bangun Mesin Cnc Spot Welding 3 Axis Untuk Battery Pack," (*Doctoral Diss. Politek. Negeri Ujung Pandang*), 2023.
- [10] I. R. Muttaqin and D. B. Santoso, "Prototype Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonic Hc-SR04," *JE-Unisla*, vol. 6, no. 2, p. 41, 2021, doi: 10.30736/je-unisla.v6i2.695.
- [11] U. Dirgantara and M. Suryadarma, "Rancang Bangun Penerapan Model Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Pencatatan Persediaan Barang Berbasis Web," *J. Sist. Inf. Univ. Suryadarma*, vol. 8, no. 2, pp. 223–230, 2014, doi: 10.35968/jsi.v8i2.737.
- [12] D. Purnomo, "Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi," *J I M P - J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 2, no. 2, pp. 54–61, 2017, doi: 10.37438/jimp.v2i2.67.
- [13] 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. esin*, vol. 13, no. 3, pp. 195–200, 2023, doi: 10.35814/teknobiz.v13i3.5835.
- [14] Y. Pratama, M. Basuki, D. Erifive Pranatal, and J. Teknik Perkapalan FTMK-ITATS Jl Arief Rachman Hakim, “Pada Material Baja Kapal Ss 400 Terhadap Cacat Pengelasan,” *J. Sumberd. Bumi Berkelanjutan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [15] I. Aqsha, Hamzah Nur, and Rusli Ismail, “Pengaruh Pengetahuan Teori Pengelasan Terhadap Keterampilan Mengelas Pada Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNM,” *J. Mediat.*, vol. 7, no. 1, pp. 63–67, 2024, doi: 10.59562/mediatik.v7i1.1651.
- [16] D. H. T. P. Dani *et al.*, “Pelatihan Pengelasan SMAW Kepada Para Remaja Untuk Meningkatkan Skill dan Pengetahuan,” *TEKIBA J. Teknol. dan Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 10–17, 2023, doi: 10.36526/tekiba.v3i2.2939.
- [17] L. Agustriyana, S. Sarjiyana, and S. Suyanta, “Pengaruh Pengelasan Gtaw Pada Logam Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las,” *Info-Teknik*, vol. 20, no. 2, p. 167, 2020, doi: 10.20527/infotek.v20i2.7712.
- [18] 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.
- [19] J. P. Oliveira, T. G. Santos, and R. M. Miranda, *Revisiting fundamental welding concepts to improve additive manufacturing: From theory to practice*, vol. 107. 2020. doi: 10.1016/j.pmatsci.2019.100590.
- [20] J. R. Material and M. Energi, “Pengaruh Dissimilar Welding (MIL-DTL-46100 dan ISO-15608 1.2) Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las pada Kendaraan Tempur Syaloom” FT-UMSU, vol. 7, no. 1, pp. 44–55, 2024.
- [21] Azwinur and Syukran, “Effect of Variation of TIG Welding Current on Tensile Strength and Hardness of Aluminium A-6061,” *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2021, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/436317/>
- [22] A. Ardi, M. H. Asri, and M. Mardin, “Analisis Pengaruh Variasi Bentuk Sambungan Terhadap Karakteristik Mekanis Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW Dan GTAW,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 12201–12219, 2024.
- [23] M. A. Fitrah, “Analisis Cacat Las Hasil Pengelasan Kombinasi Gtaw Dan Smaw Posisi 6G Pada Pipa Sa 106 Grade B,” pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jmove/article/view/301>
- [24] P. M. S. S. L, “Analisa variasi kuat arus las gtaw terhadap struktur kristal, kekerasan dan kekuatan tarik pada material ss 316 l skripsi,” 2023.
- [25] AM Dzikri, “Tensile test result API 5L X52 (Mill certificate),” pp. 4–30, 2020, [Online]. Available: <http://eprints.itenas.ac.id/1205/2/05.pdf>

- [26] J. Permana *et al.*, “Analisa Perbandingan Kekuatan Sambungan Las Material Aluminium 5083 Terhadap Pengelasan Friction Stir Welding 1000 Rpm Dengan Metal Inert Gas,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 3, pp. 705–712, 2016.
- [27] K. Osipovich *et al.*, “Wire-Feed Electron Beam Additive Manufacturing: A Review,” *Metals (Basel)*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.3390/met13020279.
- [28] A. Malik Made, D. Irfan, M. Muskhir, and A. Cholik, “Analisis Laju Perpindahan Panas pada Radiator Pemesinan CNC Plasma Cutting Plate Series 360,” *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 3, 2021.
- [29] M. Cheepu, H. J. Baek, Y. S. Kim, and S. M. Cho, “Penetration Estimation of GTAW with C-Type Filler by Net Heat Input Ratio,” *Weld. J.*, vol. 101, no. 9, pp. 240–248, 2022, doi: 10.29391/2022.101.018.
- [30] M. Syaifullah, “Desain Dan Simulasi Mesin Cnc Laser Cutting Untuk Produk Berbahan Akrilik,” *J. Crankshaft*, vol. 4, no. 1, pp. 39–48, 2021, doi: 10.24176/crankshaft.v4i1.5906.
- [31] M. Seftiana, A. Najeri, H. Anggono, and A. Thyo Priandika, “Sistem Pengelolaan Kebersihan Berbasis,” *J. Tek. dan Sist. Komputer(JTIKOM)*, vol. Volume 2, Nomor 2, no. 27 Desember 2021, pp. 29–39, 2021.
- [32] S. Nirwan and H. MS, “Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis Pzem-004T,” *Tek. Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 22–28, 2020.
- [33] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, “Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [34] R. Lukman, Y. Fernando, and A. Jayadi, “Perancangan Alat Pakan Bebek Otomatis Terjadwal Berbasis Arduino Uno Dengan Penjadwalan Android,” *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 1, pp. 10–21, 2023, doi: 10.33365/jatika.v4i1.2454.
- [35] N. Soedjarwanto, “Prototipe Smart Door Lock Menggunakan Motor Stepper Berbasis Iot (Internet Of Things),” *Electrician*, vol. 15, no. 2, pp. 73–82, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n2.2167.
- [36] U. Muhammad, Mukhlisin, Nuardi, A. Mansur, and M. Aditya Bachri Maulana, “Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik,” *J. Electr. Enggining*, vol. 2, no. 2, pp. 106–110, 2021.
- [37] C. Carli, E. Saputra, D. Daryadi, and S. Sunarto, “Aplikasi Jig pada proses pembuatan Hook untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Pengelasan Menggunakan Rotary Welding: Studi Kasus di Industri Karoseri,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 2, p. 325, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i2.3730.
- [38] V. Vairamani, N. Mohan, Venkatesh, S. K. Karthikeyan, and M. Sakthivel, “Optimization and microstructure analysis of Corten steel joint in mag welding by post heat treatment,” *Mater. Today Proc.*, vol. 21, pp. 673–680, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.06.737.