

Perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D printer

Design and manufacturing of 3D printer machine control systems

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Rivaldy Rahadhian

NPM: 203030065



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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Rivaldy Rahadhian

Nomor Pokok Mahasiswa : 203030065

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, 28 April 2025

Penulis,



Rivaldy Rahadhian

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

N a m a : Rivaldy Rahadhian

NPM : 203030065

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:

Perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*

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, 28 April 2025

Yang menyatakan,



Rivaldy Rahadhian

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*



Nama : Rivaldy Rahadhian
NPM : 203030065

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*



Nama : Rivaldy Rahadhian
NPM : 203030065

Tanggal sidang skripsi: 28 April 2025

Ketua : Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

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

Anggota : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Anggota : Ir. Syahbardia, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada yang mahakuasa, Allah SWT sebagai pencipta atas segala kehidupan yang senantiasa memberikan rahmat kepada hamba-Nya. Dengan penuh syukur, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul **“Perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D printer”** Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua orang yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses penulisan skripsi ini. Ucapan terimakasih yang mendalam disampaikan kepada:

1. Kedua orang tua, yaitu Bapak Toni Ramdan dan Ibu Yanti Rusyantini serta ketiga kakak, yaitu Rendi Febrian, Ari Afrizal Rinaldy, dan Erivan Nadiva Algivari. Terimakasih atas kasih sayang dan dukungan serta doanya hingga penulis bisa menyelesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung.
3. Bapak Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T. selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku dosen pembimbing pendamping.
5. Teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2020, terima kasih atas kerja sama dan bantuannya.
6. Alsya Aulia yang senantiasa membantu dan mendukung penulis dari awal sampai akhir.

Penulisan laporan skripsi ini tentu masih banyak kekurangan. Maka dari itu, penulis berharap kritik dan saran membangun untuk membantu menyempurnakan laporan skripsi ini.

Bandung, 28 April 2025

Penulis,



Rivaldy Rahadhian

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	2
3. Tujuan	2
4. Manfaat	2
5. Lingkup masalah.....	2
6. Sistematika penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Kajian pustaka	4
2. Sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	6
3. Perangkat lunak mesin 3D <i>printer</i>	10
BAB III METODOLOGI.....	12
1. Tahapan penelitian	12
2. Tempat penelitian.....	13
3. Rancangan keseluruhan sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	14
4. Rancangan instalasi sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	15

5. Program sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	16
BAB IV PENGUJIAN, HASIL PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN	17
1. Kalibrasi aksis.....	17
2. Pengujian ketelitian gerak <i>nozzle</i>	20
3. Pengujian pencetakan mesin 3D <i>printer</i>	23
4. Analisa hasil pengujian.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	29
1. Kesimpulan	29
2. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mesin 3D <i>printer</i> penelitian 1	4
Gambar 2. Mesin 3D <i>printer</i> penelitian 2	5
Gambar 3. Mesin 3D <i>printer</i> penelitian 3	6
Gambar 4. Arduino mega 2560	7
Gambar 5. CNC <i>shield</i> RAMPS 1.4	7
Gambar 6. Motor <i>stepper</i>	8
Gambar 7. Skematis pengaturan posisi poros motor <i>stepper</i>	8
Gambar 8. <i>Microstep driver</i> A4988	10
Gambar 9. <i>Power supply</i> 12V 30A	11
Gambar 10. Tampilan <i>software</i> Ultimaker Cura	11
Gambar 11. Tahapan penelitian	12
Gambar 12. Tempat penelitian	14
Gambar 13. Rancangan keseluruhan sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	14
Gambar 14. Rancangan instalasi sistem kendali mesin 3D <i>printer</i>	15
Gambar 15. Proses pengukuran jarak tempuh <i>nozzle</i> searah sumbu X	22
Gambar 16. Proses pengukuran jarak tempuh <i>nozzle</i> searah sumbu Y	22
Gambar 17. Proses pengukuran jarak tempuh <i>nozzle</i> searah sumbu Z	22

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil pengujian kalibrasi sumbu X	17
Tabel 2. Hasil pengujian kalibrasi sumbu Y	18
Tabel 3. Hasil pengujian kalibrasi sumbu Z.....	18
Tabel 4. Pengujian ketelitian gerak <i>nozzle</i> searah sumbu X	19
Tabel 5. Pengujian ketelitian gerak <i>nozzle</i> searah sumbu Y.....	20
Tabel 6. Pengujian ketelitian gerak <i>nozzle</i> searah sumbu Z.....	20
Tabel 7. Parameter mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk balok	23
Tabel 8. Hasil pengujian mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk balok	23
Tabel 9. Parameter mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk tabung	24
Tabel 10. Hasil pengujian mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk tabung ...	24
Tabel 11. Parameter mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk kubus	25
Tabel 12. Hasil pengujian mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk kubus.....	25
Tabel 13. Parameter mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk bulat	26
Tabel 14. Hasil pengujian mesin 3D <i>printer</i> untuk mencetak benda berbentuk bulat	26

ABSTRAK

Dalam industri manufaktur perancangan alat-alat sudah semakin berkembang dengan pesat. Perkembangan teknologi disebabkan karena akses internet sudah dapat digunakan secara mudah oleh hampir seluruh masyarakat Indonesia. Pada saat ini, pembuatan benda kerja dengan model dua dimensi hingga tiga dimensi sudah mulai menggunakan perangkat lunak atau komputer. Mesin 3D *printer* merupakan sebuah mesin yang dapat mencetak benda kerja dengan model tiga dimensi. Dalam industri manufaktur, mesin 3D *printer* sangat diperlukan untuk mencetak *prototype* terlebih dahulu untuk mengetahui dimensi dan toleransi. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer* yang dapat meningkatkan presisi dan efisiensi dalam melakukan proses pencetakan 3D. Sistem kendali mesin 3D *printer* merupakan kumpulan berbagai komponen elektronik dan perangkat lunak yang dirancang dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan pencetakan. Sistem kendali tersebut digunakan untuk mengendalikan tiap sumbu yang digunakan pada mesin 3D *printer* dan mengatur penambahan material pada benda kerja yang sedang dibuat. Sistem kendali ini dirancang menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560 yang dipadukan dengan CNC *shield* RAMPS 1.4 dan beberapa sensor seperti sensor temperatur, sensor posisi, dan motor *stepper*. Sistem kendali mesin 3D *printer* ini didesain untuk melakukan proses pencetakan dengan area kerja 450 mm x 450 mm x 450 mm. Sistem kendali ini dapat memantau dan mengontrol parameter-parameter seperti temperatur, kecepatan, dan posisi *nozzle*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali mesin 3D *printer* yang dirancang dapat meningkatkan presisi pencetakan 3D dengan tingkat kesalahan rata-rata pada arah sumbu X yaitu 0.5%, pada arah sumbu Y yaitu 0.4%, dan pada arah sumbu Z yaitu 0.1%. Hasil cetakan dengan menggunakan sistem kendali mesin 3D *printer* yang dirancang ini memiliki nilai rata-rata kesalahan pada cetakan benda berbentuk balok yaitu 0.1 mm, cetakan benda berbentuk tabung yaitu 0.1 mm, cetakan benda berbentuk kubus yaitu 0.1 mm, dan cetakan benda berbentuk bulat tidak memiliki nilai rata-rata kesalahan.

Kata kunci: teknologi, sistem kendali, mesin 3D *printer*, mikrokontroler

ABSTRACT

In the manufacturing industry, the design of tools has grown rapidly. The development of technology is due to internet access that can be used easily by almost all Indonesian people. At this time, the manufacture of work objects with two-dimensional to three-dimensional models has begun to use software or computers. A 3D printer machine is a machine that can print work objects with three-dimensional models. In the manufacturing industry, a 3D printer machine is very much needed to print prototypes first to determine dimensions and tolerances. The purpose of this study is to design and manufacture a 3D printer machine control system that can increase precision and efficiency in carrying out the 3D printing process. The 3D printer machine control system is a collection of various electronic components and software that are designed and created to meet printing needs. The control system is used to control each axis used in the 3D printer machine and regulate the addition of material to the work object being made. This control system is designed using an Arduino Mega 2560 microcontroller combined with a CNC shield RAMPS 1.4 and several temperature sensors, position sensors, and stepper motors. This 3D printer machine control system is designed to carry out the printing process with a working area of 450 mm x 450 mm x 450 mm. This control system can monitor and control parameters such as temperature, speed, and nozzle position. The results of the study indicate that the designed 3D printer machine control system can increase the precision of 3D printing with an average error rate in the X-axis direction of 0.5%, in the Y-axis direction of 0.4%, and in the Z-axis direction of 0.1%. The print results using this designed 3D printer machine control system have an average error value in the block-shaped object print of 0.1 mm, the tube-shaped object print of 0.1 mm, the cube-shaped object print of 0.1, and the round object print has no average error value.

Keywords: technology, control system, 3D printer machine, microcontroller

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Dalam industri manufaktur perancangan alat-alat sudah semakin berkembang dengan pesat. Perkembangan teknologi disebabkan karena akses internet sudah dapat digunakan secara mudah oleh hampir seluruh masyarakat Indonesia. Pada saat ini, pembuatan benda kerja dengan model dua dimensi hingga tiga dimensi sudah mulai menggunakan perangkat lunak atau komputer. Mesin 3D *printer* merupakan sebuah mesin yang dapat mencetak benda kerja dengan model tiga dimensi. Dalam industri manufaktur, mesin 3D *printer* sangat diperlukan untuk mencetak *prototype* terlebih dahulu untuk mengetahui dimensi dan toleransi. Proses 3D *printing* berbeda dengan proses manufaktur konvensional, proses 3D *printing* tidak menghasilkan material sisa seperti proses manufaktur konvensional. Keunggulan mencetak benda kerja dengan menggunakan mesin 3D *printer* yaitu waktu pemrosesannya cukup singkat.

Mesin 3D *printer* dengan ukuran meja kerja yang besar memiliki harga yang terbilang mahal. Bahkan, tidak semua orang dapat membeli mesin 3D *printer* berukuran besar karena harganya terbilang mahal. Pada skripsi ini, perancangan dan pembuatan mesin 3D *printer* dengan ukuran meja kerja yang besar dan murah memungkinkan untuk menjadi solusi terhadap keterbatasan mesin 3D *printer*. Mesin 3D *printer* dengan ukuran meja kerja yang besar sangat dibutuhkan oleh industri manufaktur, karena kebutuhan untuk mencetak *prototype* atau benda kerja. Dengan menggunakan meja kerja berukuran besar, proses pencetakan menggunakan mesin 3D *printer* memungkinkan benda kerja dicetak tanpa harus membagi menjadi komponen yang lebih kecil.

Di laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasundan Bandung, terdapat mesin 3D *printer*. Namun, mesin 3D *printer* tersebut memiliki keterbatasan yaitu ukuran meja kerja tidak terlalu besar, sehingga tidak dapat melakukan proses pencetakan benda kerja berukuran besar.

Berdasarkan keterbatasan yang sudah diuraikan pada paragraf sebelumnya, timbul ide untuk melakukan perancangan dan pembuatan mesin 3D *printer* dengan ukuran meja kerja yaitu 50 cm x 50 cm x 50 cm dengan harga yang terbilang murah dan dapat bersaing dengan mesin 3D *printer* yang sudah ada di pasaran. Alasan perancangan dan pembuatan mesin 3D *printer* ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk para pelaku usaha yang sangat membutuhkan mesin 3D *printer*.

2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diketahui rumusan masalah yang harus diselesaikan yaitu bagaimana membuat sistem kendali mesin 3D *printer* dengan ukuran meja kerja 50 cm x 50 cm x 50 cm dengan harga yang terbilang murah dan dapat bersaing dengan mesin 3D *printer* yang sudah ada di pasaran. Skripsi ini fokus pada perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*. Beberapa hal yang harus diselesaikan terdiri dari:

- a. Pemilihan komponen sistem kendali yang tepat untuk digunakan pada mesin 3D *printer*, dan
- b. Pemilihan perangkat lunak yang tepat untuk digunakan pada sistem kendali mesin 3D *printer*.

3. Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah melakukan perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*. Sistem kendali mesin 3D *printer* merupakan kumpulan berbagai komponen elektronik dan perangkat lunak yang dirancang dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan pencetakan. Sistem kendali tersebut digunakan untuk mengendalikan tiap sumbu yang digunakan pada mesin 3D *printer* dan mengatur penambahan material pada benda kerja yang sedang dibuat.

4. Manfaat

Manfaat skripsi ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk para pelaku usaha yang sangat membutuhkan mesin 3D *printer* berukuran besar dengan harga yang terbilang murah, serta dapat bersaing dengan jenis 3D *printer* yang sudah ada di pasaran.

5. Lingkup masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, lingkup masalah dalam penelitian yang dilaksanakan fokus kepada masalah-masalah yang akan dibahas. Lingkup masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pada saat mesin 3D *printer* beroperasi, mesin tersebut hanya dapat menggunakan satu jenis warna *filament*,
- b. Meja kerja mampu mencetak benda kerja dengan ukuran 45 cm x 45 cm x 45 cm,
- c. Sistem kontrol menggunakan Arduino Mega 2560, dan
- d. Titik leleh *filament* berada pada 190°C hingga 220°C saat mesin sedang beroperasi.

6. Sistematika penulisan

Pembahasan dan penyajian laporan skripsi ini disusun dalam lima bab. Bab yang dibahas terdiri dari pendahuluan, studi literatur, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan tentang materi yang diambil dari jurnal atau buku teks. Materi dapat berupa gambar, tabel, ataupun teori yang berhubungan dengan skripsi.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisikan tentang tahapan penelitian, dapat berupa diagram alir atau yang sejenisnya, rancangan keseluruhan sistem mesin 3D *printer*, dan rancangan sistem kendali mesin 3D *printer*.

BAB IV PENGUJIAN, HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pengujian, hasil pengujian, dan pembahasan. Pengujian yang dilakukan antara lain yaitu pengujian kalibrasi gerak sumbu X, Y, dan Z, pengujian ketelitian gerak *nozzle*, dan pengujian pencetakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran terkait dengan skripsi perancangan dan pembuatan sistem kendali mesin 3D *printer*.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari skripsi ini dapat dihasilkan sistem kendali yang dapat diaplikasikan pada mesin 3D *printer* rakitan. Sistem kendali yang dibangun dapat mengendalikan tiap sumbu pada mesin 3D *printer*, khususnya pada arah sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Sistem kendali yang dibangun menggunakan *board* arduino mega 2560 yang dipadukan dengan CNC *shield* RAMPS 1.4. Daya yang diberikan untuk menjalankan mesin 3D *printer* ini yaitu 12V 30A. *Firmware* yang digunakan pada mesin 3D *printer* ini yaitu Marlin 1.1.9.1 dan aplikasi yang digunakan untuk mengubah gambar menjadi sebuah instruksi pencetakan yaitu Ultimaker Cura.

Hasil pengujian kalibrasi aksis mesin 3D *printer* dengan nilai *step/mm* yang diperoleh dari pengujian kalibrasi aksis dan dijadikan sebagai nilai *step/mm* pada setiap pengujian memiliki persentase kesalahan pada arah sumbu X yaitu 0.7 %, pada sumbu Y yaitu 0.4 %, dan sumbu Z yaitu 0.1 %. Parameter pengujian dapat mempengaruhi hasil cetakan. Pengujian mesin 3D *printer* untuk mencetak benda berbentuk balok, tabung, kubus, bulat menggunakan beberapa parameter yang berbeda tiap pengujiannya. Beberapa parameter pengujian yang digunakan yaitu *layer height* 0.1 mm, 0.15 mm, 0.2 mm, dan 0.3 mm, *infil density* 10 %, 15 %, 20 %, dan 30 %, *printing temprature nozzle* 190°C, 200°C, 210°C, dan 215°C, serta *print speed* 60 mm/s, 70 mm/s, 80 mm/s, dan 90 mm/s. Berdasarkan pengamatan, parameter pengujian yang digunakan untuk mencetak produk dengan hasil yang paling bagus yaitu *layer height* 0.1, *infil density* 30%, *printing temprature nozzle* 210°C, dan *print speed* 60 mm/s sampai 70 mm/s.

2. Saran

Mesin 3D *printer* rakitan ini memiliki keterbatasan, keterbatasannya yaitu penggunaan *heated bed* sebagai pemanas meja cetak. *Heated bed* yang digunakan pada penelitian ini memiliki dimensi 310 mm x 310 mm, sehingga distribusi panas yang dihasilkan tidak merata, terutama pada bagian tepi meja cetak. Oleh karena itu, *heated bed* ini perlu disempurnakan dengan mengimplementasikan penggunaan *silicon heated bed* berukuran 500 mm x 500 mm agar panas yang dihasilkan dapat tersebar secara merata hingga keseluruhan permukaan meja cetak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Spanu and D. Besnea, "Mechatronic system for wheel geometry control," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 444, no. 4, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/444/4/042011.
- [2] I. S. Nabawi and R. Badarudin, "Perancangan Sistem Kontrol Lampu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dengan Sensor Suara Lm393, Electret Microphone," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4536.
- [3] D. Andriyansyah, Sriyanto, and A. Jamaldi, "Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever," *Abdi Masya*, vol. 1, no. 2, pp. 108–114, 2021, doi: 10.52561/abma.v1i2.139.
- [4] 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.
- [5] M. S. Farza, "Perancangan Trainer Kendali Motor Listrik Berbasis Plc Pada Mata Kuliah Praktikum Pengendalian Mesin Listrik," *Peranc. Train. Kendali Mot. List. Berbas. Plc Pada Mata Kuliah Prakt. Pengendali. Mesin List.*, pp. 1–114, 2022, [Online]. Available: [https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/25018/1/Mirza Sultan Farza, 180211028, FTK, PTE, 082364254422.pdf](https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/25018/1/Mirza%20Sultan%20Farza,%20180211028,%20FTK,%20PTE,%20082364254422.pdf)
- [6] M. Masnur, S. Alam, and F. N. Muhammad, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Motor Dengan Pengenalan Sidik Jari Berbasis Arduino Uno," *J. Sintaks Log.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.31850/jsilog.v1i1.671.
- [7] E. Satrio, K. Joni, and K. A. Wibisono, "Perancangan Sistem Kontrol CNC Pengebor PCB Otomatis Berbasis Raspberry PI," *Elektrika*, vol. 13, no. 1, p. 26, 2021, doi: 10.26623/elektrika.v13i1.3125.
- [8] A. Susanto, S. P. Hadi, and W. Widada, "Accelerometer Mma7260Q Pada Ketiga Sumbu," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 11, pp. 16–22, 2009.
- [9] R. Rahmat and W. Wiyono, "Rancang Bangun Alat Peraga Pembelajaran Kendali Cerdas Dengan Mikrokontroller Avr," *Teknika*, vol. 7, no. 2, pp. 62–72, 2021, doi: 10.52561/teknika.v7i2.142.
- [10] B. A. Nugroho and D. Swanjaya, "CNC Modeling For Auto Capsul Filler," *Semin.*

Nas. Inov. Teknol., no. Juli 2020, pp. 115–124, 2020.

- [11] Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yuliyanto, “Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun,” *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, pp. 73–80, 2020.
- [12] W. Arifianto, “Pengaturan Posisi Mata Pahat Milling Machine Memotong Benda Kerja Mengikuti Kontur Lingkaran,” 2018, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/478724937.pdf>
- [13] D. Setiawan, J. Yos Sudarso Km, K. Kunci, and A. Uno, “Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System,” *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [14] A. M. Karadeniz, M. Alkayyali, and P. T. Szemes, “Modelling and Simulation of Stepper Motor For Position Control Using LabVIEW,” *Recent Innov. Mechatronics*, vol. 5, no. 1., pp. 5–9, 1970, doi: 10.17667/riim.2018.1/7.
- [15] A. H. Patonra, S. Masita, N. R. Wibowo, and A. Fitriati, “Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Motor Stepper,” *Maple (Mechatronics J. Proffessional Entrep.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2020.
- [16] O. Oktaviano, “Analisis Toolpath Melingkar Terhadap Objek Acrylic Pada CNC Miling Rakitan,” 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/45868>
- [17] Suryati, Misriana, A. Fauziah, and W. Mellyssa, “Pengaturan Gerakan Translasi Menggunakan Motor Stepper,” *Proceeding Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, pp. 89–94, 2019, [Online]. Available: <http://ejurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/1671>
- [18] Sugiharto *et al.*, “Design and Manufacturing of Cutting Motion Control System on 3-Axis Router Machine for Wood Carving,” *Proc. 2nd Int. Conf. Sci. Technol. Mod. Soc. (ICSTMS 2020)*, vol. 576, no. Ictms 2020, pp. 132–136, 2021, doi: 10.2991/assehr.k.210909.031.
- [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.
- [20] A. Firdais, B. A. Pramudita, and I. M. Rodiana, “Rancang Bangun Ekstruder Dan Pengendalian Motor stepper Dan Heater Pada Ekstruder Pada Massive 3D Printer Dengan Pelet Sampah Plastik,” vol. 1, no. 1, pp. 59–66, 2023.

- [21] M. Jufrizal, I. Ilyas, and M. Marzuki, "Rancang Bangun Mesin Cnc Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Peb," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 4, no. 1, p. 37, 2020, doi: 10.30811/jmst.v4i1.1743.
- [22] H. Tondi, "Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer," *Skripsi Tek. Mesin, Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.*, pp. 1–66, 2019, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/14157/Skripsi14525044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [23] S. Cahyati and N. S. Sanora, "Analisa Kekuatan Kerangka Penopang Ekstruder Modifikasi Mesin 3D Printer Nozel Tunggal Menjadi Nozel Ganda," *Pros. Semin. Nas. Pakar*, pp. 1–7, 2019, doi: 10.25105/pakar.v0i0.4186.
- [24] I. G. F. S. Tapa, P. Ariawan, and I. K. Nuraga, "Analisis Kelayakan Finansial dan Kerugian Akibat Adanya Pandemi Covid-19 pada Angkutan Wisata dan Angkutan Antar Jemput," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 54–64, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v5i1.3753.
- [25] A. Nugroho, "Artsoft Mach3 Mach3," *Software Cnc*, pp. 5–18, 1998.
- [26] T. Elrosmya, T. Asrori, D. P. Kartini, and T. Naskah, "Rancang Bangun Sistem Pengaman Ruangan Berbasis Android Menggunakan Raspberry Pi," vol. 4, no. 2, pp. 27–30, 2014.
- [27] A. Mukminin and H. Effendi, "Rancang Bangun Mesin Cnc Mini Untuk Menggambar Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560," *Sinusoida*, vol. 20, no. 1, pp. 34–42, 2018, doi: 10.37277/s.v20i1.776.
- [28] 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.
- [29] I. Rohman and E. Yundra, "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Project Based Learning Pada Standar Kompetensi Mengoperasikan Power Supply Elektronika Industri Di SMK Negeri 2 Bojonegoro," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 05, no. 01, pp. 259–263, 2016.
- [30] H. Abdillah and U. Ulikaryani, "Aplikasi 3D Printer Fused Deposite Material (FDM) pada Pembuatan Pola Cor," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 110, 2019, doi: 10.24853/sintek.13.2.110-115.
- [31] R. Pahlevi, M. B. Kusnadi, M. A. Setiawan, and Charlothia, "Inovasi Teknologi

Terapan Kontrol 3D Printer Berbasis Arduino,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, pp. 8–14, 2021.

- [32] A. Maximillian, L. Levina, and K. Jonatan, “Perbandingan Eksplorasi Motif Filamen Pla Dengan Teknik 3D Printer Dan 3D Pen,” vol. 6, pp. 69–80, 2024.
- [33] M. Humam, Y. F. Sabanise, and A. H. Sulasmoro, “Upaya Peningkatan Kompetensi Pemodelan Objek Tiga Dimensi Menggunakan Aplikasi Autocad & Printer 3D Fused Deposition Modelling (FDM) yaitu teknologi Additive Manufacturing (AM) yang mana proses pencetakan 3D dikerjakan dengan cara aditif , objek mem,” vol. 9, no. 1, pp. 924–934, 2025.
- [34] D. W. Utama, S. Darmawan, and R. P. Widjaya, “Desain Dan Aplikasi Sistem Gerak Paralel, H Frame, Pemosisian Gerak Sumbu Xy Pada Printer Tiga Dimensi,” *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.24912/jmstkik.v1i1.454.
- [35] J. A. Widiatmoko, “3D Printing Untuk Usaha Mikro Dalam Perspektif 5M,” *Mustek Anim Ha*, vol. 12, no. 01, pp. 1–14, 2023, doi: 10.35724/mustek.v12i01.5211.