

Pembuatan *Prototype CNC Machine* Penggambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler untuk Efektifitas Pratikum Perancangan dan Pabrikasi Elektronika

Efrizon, Muhammad Fajria, Yultrisna, Aditya Wardhani, Era Madona

*Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Padang
Jl.Kampus Politeknik Negeri Padang, Limau Manih Padang-Sumatera Barat
coresponding author : efrizon@pnp.ac.id*

Received: 01st October 2023; Revised: 22th February 2024; Accepted: 19th March 2024;

Available online: 21th March 2024; Published regularly: July 2024

Abstract

Electronics Design and Manufacturing Practice is one of the practical activities carried out in the Electronics Engineering Laboratory / Manufacturing Workshop. In this practical activity, the electronic circuit manufacturing process is carried out until it becomes a Printed Circuit Board (PCB). The experience and observations made were that only around 30-35% of students were able to design PCBs well and only 10-15% very well. So there are still around 50% who have not been able to master this material, so innovations and improvements need to be made immediately. Based on these problems in this research, a CNC machine prototype tool for drawing PCB path patterns based on a microcontroller was created which can help lecturers and students to carry out practical electronics design and manufacturing activities. The aim of the research is to design and implement a new CNC machine design for drawing PCB path patterns based on a microcontroller. The targets of this research are (a) creating a system prototype, (b) programming the system with the help of Arduino IDE, GRBL, and (c) measuring system performance. The research method starts from making a prototype and measuring system performance. The results of system performance measurements show that the voltage on the stepper motor when moving produces 4.94 Vdc for corner Overall the tool can function well. Suggestions for further research, drilling can be added to the PCB path..

Key Words : CNC, PCB Path Pattern Drawing, Microcontrollers, Stepper Motors

Abstrak

Praktik Perancangan dan Pabrikasi Elektronika merupakan salah satu kegiatan praktik yang dilakukan di Laboratorium / Bengkel Pabrikasi Teknik elektronika. Pada kegiatan praktik ini dilakukan proses manufakturisasi rangkaian elektronika hingga menjadi bentuk Printed Circuit Board (PCB). Pengalaman dan pengamatan yang dilakukan hanya sekitar 30-35% mahasiswa yang mampu mendesain PCB dengan baik dan hanya 10 – 15 % dengan sangat baik. Jadi masih sekitar 50% lebih belum mampu menguasai materi ini, sehingga perlu segera dilakukan inovasi pembenahan dan perbaikan. Berdasarkan permasalahan tersebut pada penelitian ini dibuat alat prototype CNC machine Penggambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler yang dapat membantu dosen dan mahasiswa untuk pelaksanaan kegiatan praktik perancangan dan pabrikasi elektronika. Tujuan penelitian adalah merancang dan menerapkan desain baru CNC machine penggambaran pola jalur PCB berbasis mikrokontroler. Sasaran penelitian ini, yaitu (a) membuat sebuah prototipe sistem, (b) memrograman sistem berbantuan Arduino IDE, GRBL, dan (c) mengukur kinerja sistem. Metode penelitian dimulai dari pembuatan prototipe, dan pengukuran kinerja sistem. Hasil pengukuran kinerja sistem ditunjukkan tegangan pada motor stepper ketika bergerak menghasilkan 4,94 Vdc untuk sudut X, sedangkan 4,95 untuk sudut Y dan Z. Waktu pencetakan hasil gambar mengikuti masukan gambar dan ukuran gambar yang sudah di setting. Secara keseluruhan alat dapat berfungsi dengan baik. Saran untuk penelitian lanjutan, dapat ditambahkan pengeboran pada jalur PCB.

Kata Kunci : CNC, Penggambaran Pola Jalur PCB, Mikrokontroler, Motor Stepper..

PENDAHULUAN

Praktikum merupakan metode pembelajaran yang direkomendasikan karena memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan metode lain (Rahayu & Eliyarti, 2019). Perkuliahan pada mata kuliah sains dan keteknikan berorientasi praktis dan membutuhkan kegiatan taktis di laboratorium / Bengkel (Wahyudiati, 2016). Dalam memahami mata kuliah kondisi realistik harus dipertimbangkan salah satunya dengan konsep eksperimental studi (Indrianto et al., 2018). Kegiatan Praktik merupakan aktivitas yang penting bagi pendidikan vokasi ini berkaitan dengan pengalaman mereka untuk belajar, berpikir dan menyelesaikan permasalahan. Laboratorium / Bengkel Pabrikasi merupakan laboratorium di lingkungan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang (JTE PNP), yang berada di Program Studi Teknik Elektronika. Di laboratorium tersebut siswa dapat meneliti, mengidentifikasi, menganalisa, merawat dan memperbaiki hal-hal yang ada kaitannya dengan kompetensinya (Mulyanto, 2017). Salah satu kegiatan praktikum yang dilaksanakan adalah Praktik Perancangan dan Pabrikasi Elektronika.

Pada kegiatan praktik ini dilakukan proses manufakturisasi rangkaian elektronika hingga menjadi bentuk *Printed Circuit Board* (PCB) diawali dari gambar skema atau diagram rangkaian, kemudian menetapkan kemasan komponen (packaging) dari setiap komponen yang ada di skema tersebut, dan kemudian melakukan penyambungan jalur (routing track) (Darmawan, 2020). Desain jalur PCB ini diwujudkan berdasarkan gambar rangkaian elektronika. Karena hubungan langsung dengan komponen yang akan dipasang, maka perencanaan jalur PCB harus mengetahui benar ukuran atau bentuk fisik dari komponen. Sebagaimana perencanaan tata letak komponen, mendesain jalur PCB juga memperhatikan tiga faktor yaitu faktor teknis, ekonomis, dan estetis (Elektronika et al., 2022). Karena merencanakan dan menggambar PCB merupakan suatu upaya mewujudkan gambar rangkaian dan tata letak komponen pada ukuran yang nyata (Sukadana & Darma Yuda, 2021). Dalam mendesain rangkaian elektronika pada papan tercetak terdapat beberapa aturan yang perlu dipahami yaitu ukuran PCB, lebar jalur, sudut atau lengkungan pada jalur PCB. Pengalaman dan pengamatan yang dilakukan hanya sekitar 30-35% mahasiswa yang mampu mendesain PCB dengan baik dan hanya 10 – 15 % dengan sangat baik. Jadi masih sekitar 50% lebih belum mampu menguasai materi ini, sehingga perlu segera dilakukan inovasi pembenahan dan perbaikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut pada penelitian ini dibuat alat *Prototype CNC Machine* penggambaran pola jalur PCB berbasis mikrokontroler yang dapat membantu dosen dan mahasiswa untuk pelaksanaan kegiatan praktik perancangan dan pabrikasi elektronika. Prototipe mesin CNC dalam pengoperasiannya dikendalikan langsung oleh komputer menggunakan program. Secara keseluruhan konstruksi dan sistem pengoperasian prototipe mesin CNC merupakan sinkronisasi antara program komputer dan mekanik hal ini membuat prototipe mesin CNC lebih teliti, lebih tepat, dan lebih fleksibel (Gumelar & Edidas, 2020)(Sudarno et al., 2016).

Beberapa penelitian yang berkaitan telah dilakukan, menggunakan tiga motor stepper yang dikendalikan oleh mikrokontroler arduino (A. A. Nugroho et al., 2020) mengembangkan mesin Computer Numerical Control (CNC). Software bCNC untuk mengontrol pergerakan dan sinkronisasi motor, hasil penelitian menunjukkan alat yang dibuat dapat mencetak logo yang berisikan gambar dan tulisan pada kertas foto (180mm × 120mm). Penelitian yang sama juga dilakukan oleh (E. C. Nugroho et al., 2019) dan (Tanato & Satya Putra, 2021) menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler, stepper motor, dan modul A4988 sebagai motor driver untuk membuat mesin CNC Plotter, hasil penelitian menunjukkan Gambar dan tulisan yang dibentuk oleh mesin CNC Plotter memiliki tingkat akurasi antara 85% hingga 90%.

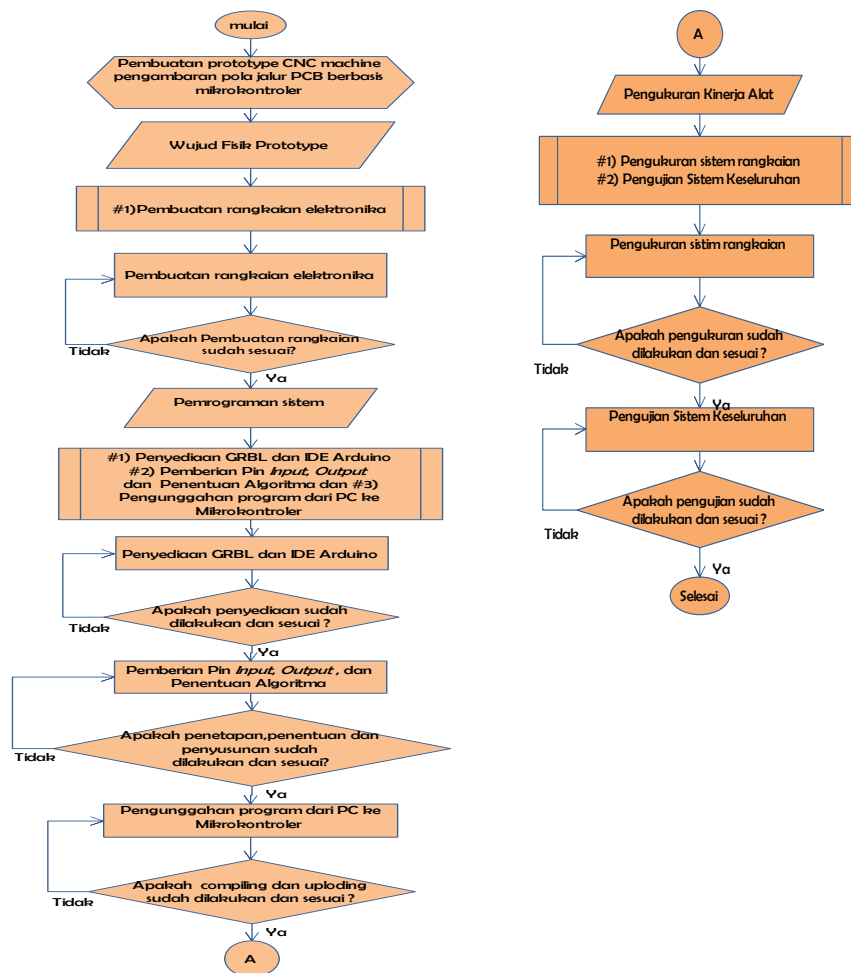
Berdasarkan sejumlah hasil penelitian tersebut, maka dipabrikasi CNC Machine Penggambaran Pola Jalur PCB berbasis mikrokontroler. Penambahan mekanisme dimensi alat dan penggunaan fungsi trace bitmap untuk mendapatkan outer-line dari gambar maka ditetapkan tujuan penelitian. Tujuan penelitian ini, yaitu merancang dan menerapkan desain baru CNC machine penggambaran pola jalur PCB terkendali

mikrokontroler. Miniaturisasi adalah kontribusi dari penelitian ini. Diharapkan dengan adanya alat ini mahasiswa dan dosen dapat mengembangkan materi perkuliahan dan kegiatan praktikum dapat berjalan efektif.

BAHAN DAN METODE

Untuk pencapaian sasaran penelitian, maka ditetapkan metode penelitian dengan dukungan bahan-bahan penelitian. Sejumlah perangkat keras yang digunakan adalah arduino, stepper motor, dan modul A4988 (Hasan et al., 2018). Sedangkan perangkat lunak yg digunakan *IDE arduino dan aplikasi GRBL* (Sarguroh & Rane, 2018).

Tahapan-tahapan metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir (flowcart). Diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, Sasaran penelitian ini terdiri dari perwujudan fisik alat dilakukan melalui pembuatan rangkaian sistim Sasaran penelitian kedua adalah pemrograman sistem menggunakan merupakan terdiri dari (i) penyediaan *IDE arduino,GRBL* (ii) menentukan algoritma, pin dan port *input* dan *output*, (iii) proses *uploading* program ke mikrokontroler dan pengukuran dan pengujian trainer melalui (i) pengukuran rangkaian dan (ii) pengujian kinerja alat keseluruhan

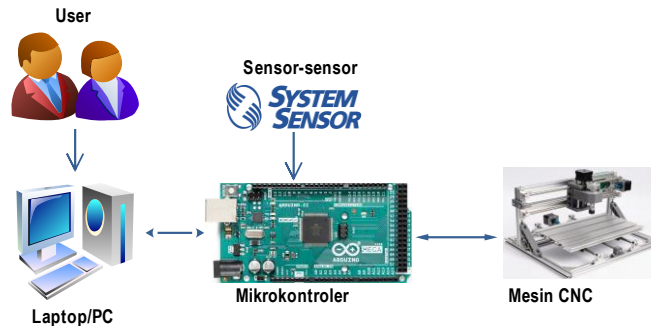


Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Diagram sistem *Prototype CNC Machine* Pengambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

Rancangan sistem dari Mesin CNC pengambaran pola jalur pcb ini yaitu bertujuan agar pengguna (*user*) untuk dapat mencetak sebuah desain PCB ke papan PCB sesuai dengan keinginan pengguna tersebut. Untuk *user* atau pengguna dapat mencetak desain PCB yang mereka inginkan maka disediakan *software user interface* untuk pengguna. *Software user interface* ini membutuhkan sebuah laptop/pc seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

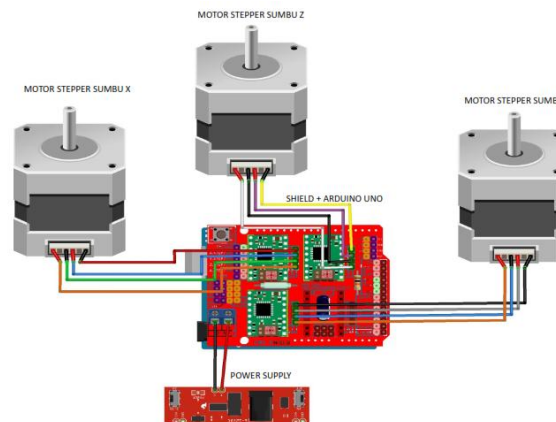


Gambar 2. Diagram sistem *Prototype CNC Machine* Pengambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

Melalui *user interface* pengguna dapat mengirimkan *file G Code*, mengatur *setting* mesin, membaca dan juga membaca posisi mesin. *User interface* berkomunikasi dengan mikrokontroler dengan menggunakan metode komunikasi serial. Komunikasi serial digunakan karena untuk menggerakkan mesin CNC memanfaatkan program Grbl yang di-upload kedalam mikrokontrolernya. Untuk komunikasi serialnya menggunakan kabel USB sebagai penghubung antara user interface dengan mikrokontroler.

B. Rangkaian Sistem

Power Supply pada alat ini berfungsi memberikan tegangan DC untuk input mikrokontroler. Pada alat ini sistem menggunakan *supply* yang memiliki keluaran tegangan sebesar 12Vdc dan 5Vdc yang digunakan sebagai sumber tegangan keseluruhan rangkaian. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema rangkaian elektronika *Prototype CNC Machine* Pengambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

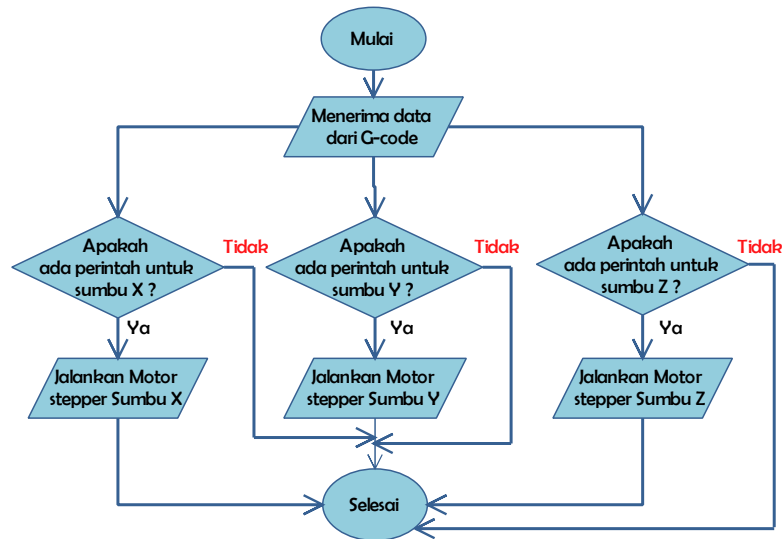
Driver Motor Stepper A4988 merupakan driver motor microstepping mengoperasikan motor stepper bipolar dalam mode langkah penuh, setengah, seperempat, delapan dan enam belas (Mulkan et al., 2020). Penempatan pin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 : Koneksi Driver Motor Stepper ke Power Supply dan Arduino Uno

Driver Motor Stepper	Pin Driver Motor Stepper	Pin Power Supply	Pin Arduino Uno
Sumbu X	VDD	VMOT	+ 5V
	GND1	GND2	GND
Sumbu Y	VDD	VMOT	+ 5V
	GND1	GND2	GND
Sumbu Z	VDD	VMOT	+ 5V
	GND1	GND2	GND

C. Pemrograman Sistem

Setelah penetapan port dan pin masukan/keluaran, dilanjutkan dengan algoritma pemrograman. Tahapan algoritma CNC Machine Penggambaran Pola Jalur PCB Berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.

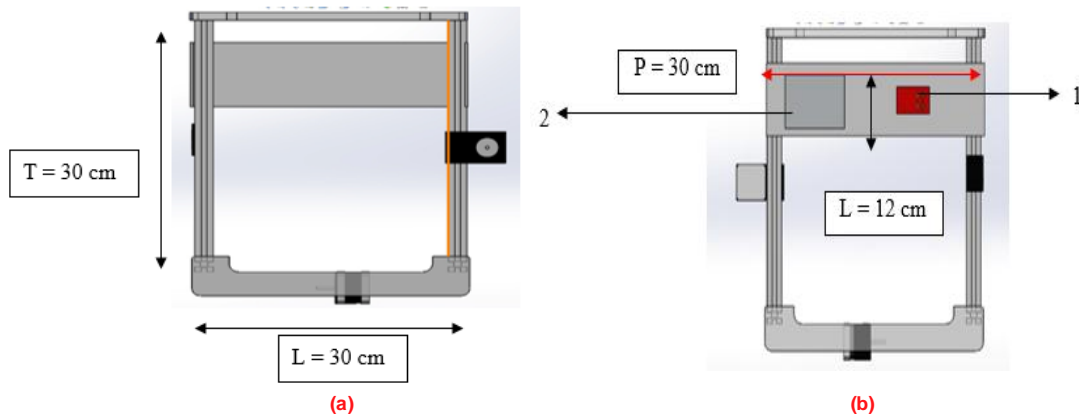


Gambar 4. Flowchart algoritma Prototype CNC Machine Penggambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

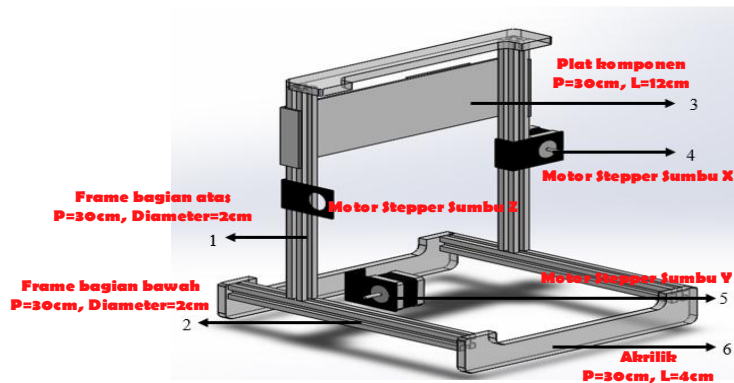
Berdasarkan Gambar 4, proses dimulai dari inputan GRBL, mesin CNC dikontrol menggunakan aplikasi CNCjs. Jika ada inputan set gambar dan ukuran cetak maka motor stepper pada Sumbu X, Y, dan Z aktif. Selanjutnya dilakukan pemrograman di arduino IDE. Tahapan pemrograman dimulai pengontrolan dan komunikasi data.

D. Pembuatan Mekanik

Alat ini dibuat menggunakan bahan akrilik dan frame aluminium yang berukuran, Panjang 30 cm, Lebar 30 cm, dan diameter dari frame tersebut 2 cm. Perancangan mekanik alat ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



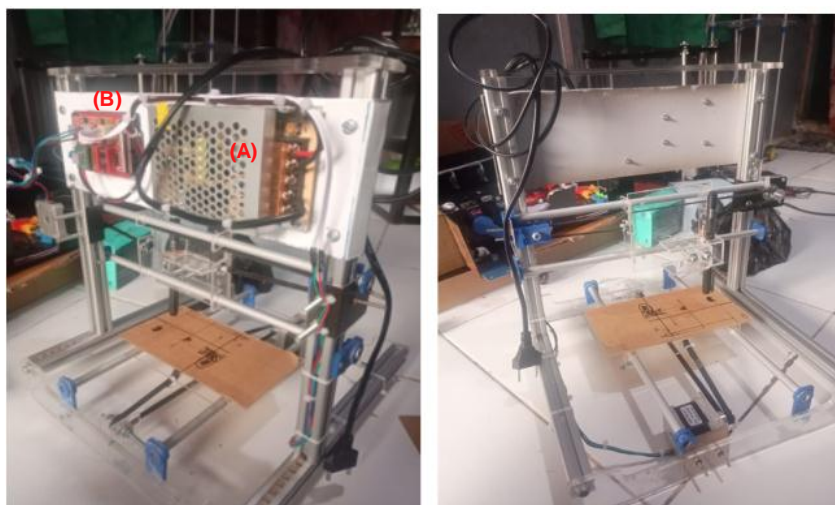
Gambar 5. (a) desain tampak depan, (b) desain tampak belakang



Gambar 6. Desain mekanik Prototype CNC Machine Pengambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

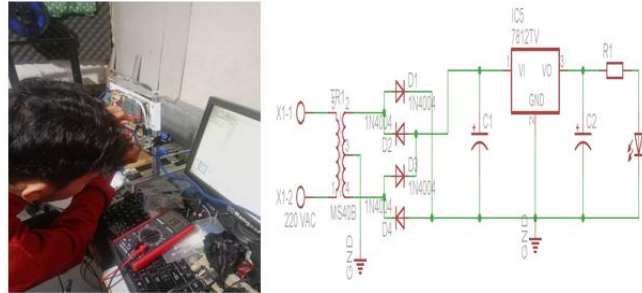
E. Pengukuran dan Pengujian Kinerja Alat

Pengukuran dan Pengujian Kinerja alat dilakukan melalui (i) tahapan pengukuran rangkaian dan (ii) pengujian kinerja alat keseluruhan. Prototype alat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Prototype CNC Machine Pengambaran Pola Jalur PCB Berbasis Mikrokontroler

Tahapan pada pengukuran rangkaian sistem dimulai dari rangkaian power supply (a), Titik pengukuran rangkaian ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil Pengukuran Rangkaian *power supply* ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 8. Titik pengukuran rangkaian power supply

Tabel 2: Hasil Pengukuran Rangkaian Power Supply

Tegangan pemakaian	Tegangan Terukur
220 Vac	197 Vac
12 Vdc	11,19 Vdc

Selanjutnya pengukuran *driver motor stepper* (b), Pengujian driver motor stepper ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tegangan output, hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

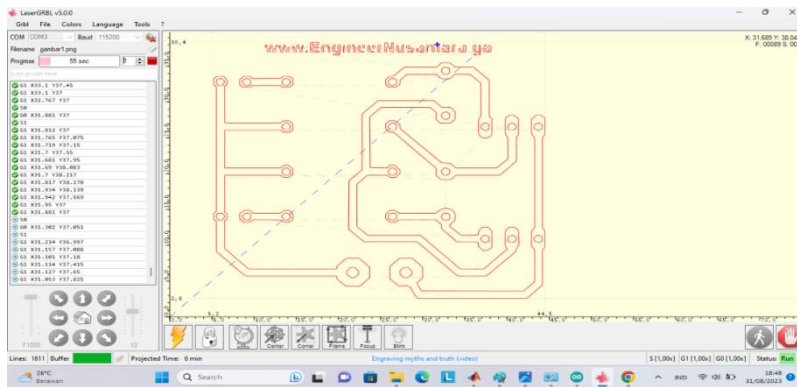
Tabel 3 : Hasil Pengujian Motor Stepper sudut X,Y

Tegangan Pemakaian	Tegangan Output
Sudut X	4,94 Vdc
Sudut Y	4,95 Vdc
Sudut Z	4,95 Vdc

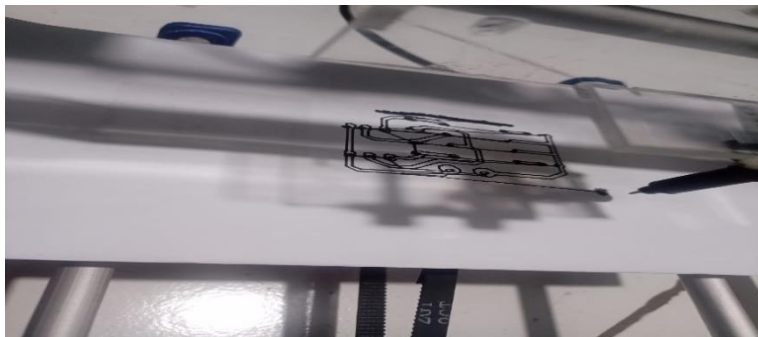
Berdasarkan Tabel 3 hasil pengujian didapatkan sebuah data pengukuran dimana, untuk sudut X mempunyai tegangan output sebesar 4,94 Vdc, sedangkan untuk sudut Y dan Z mempunyai tegangan output sebesar 4,95 Vdc. Pada pengukuran *driver A4988 motor stepper* x,y dan z diukur tegangan *output* yang mengalir pada pin STEP, DIR, dan ENA *driver A4988*. Pada saat kondisi motor stepper *aktif*, tegangan output yang mengalir sebesar 4.94 V. Pada pin ENA driver A4988, saat kondisi motor stepper tidak aktif, tegangan output yang mengalir sebesar 0.03 V. Pada saat kondisi motor stepper aktif, tegangan output yang mengalir sebesar 0.05 V (Fathoni, 2022)(Jazuli et al., 2022) .

F. Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian yang dilakukan terdiri dari dua Gambar, yaitu (a) Gambar rangkaian sederhana, (b) Gambar huruf “Y”, inputan gambar rangkaian sederhana ditunjukkan pada Gambar 9, hasil Gambar pada alat yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 10.

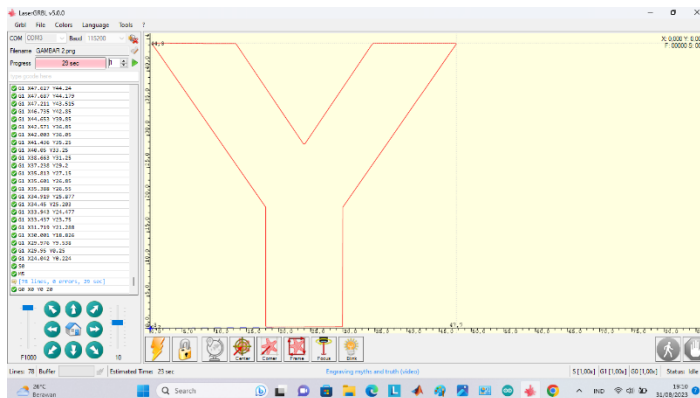


Gambar 9. Inputan gambar rangkaian

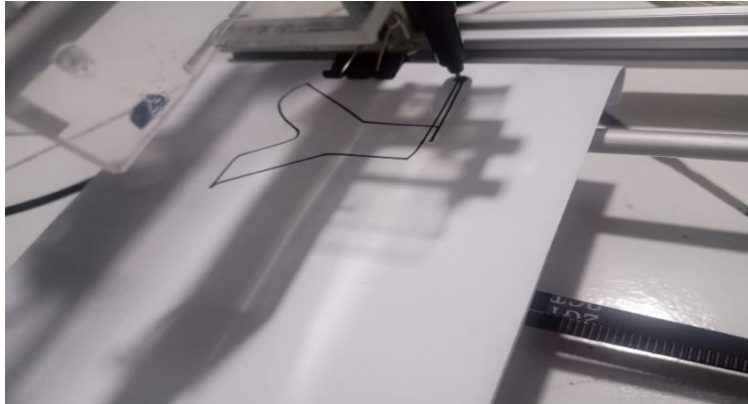


Gambar 10. Hasil pengujian gambar yang dimasukkan

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk gambar huruf “Y”, inputan gambar sederhana ditunjukkan pada Gambar 11, hasil Gambar pada alat yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Inputan gambar huruf “Y”



Gambar 12. Hasil gambar huruf “Y” pada Alat..

KESIMPULAN

Berpedoman kepada hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai sasaran penelitian. Pembuatan perangkat CNC Machine Penggambaran Pola Jalur PCB berbasis mikrokontroler dilakukan dengan tahapan-tahapan (i) pembuatan rangkaian dan penempatan motor stepper, driver dan (ii) pembuatan miniatur CNC Machine. Pemrograman sistem berbasis Arduino IDE sebagai sistem pengendali dilakukan dengan tahapan yaitu (i) penyediaan aplikasi Arduino IDE, (ii) penetapan pin input, output dan algoritma, (iii) pengunggahan program dari PC ke Mikrokontroler. Mesin CNC penggambaran pola jalur PCB dapat bergerak atau berjalan membentuk gambar sesuai inputan gambar yang dimasukkan pada G-Code (Apk Grbl). Tegangan pada Motor Stepper ketika bergerak menghasilkan 4,94 Vdc untuk sudut X, sedangkan 4,95 untuk sudut Y dan Z. Waktu pencetakan hasil gambar mengikuti masukan gambar dan ukuran gambar yang sudah di setting

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, I. A. (2020). Faktor - Faktor Kegagalan Pemasangan Komponen Chip Pada Papan PCB Menggunakan Mesin Chip Mounter. *Jurnal Untirta*, 3(1), 397–403.
- Elektronika, J. T., Industri, F. T., Teknologi, I., Bandung, N., Heinz, G., Kenny, S., Heinz, G., Patton, N., & Kenny, S. (2022). *Perancangan Dan Implementasi Printed Circuit Board (PCB) Ramah Lingkungan Menggunakan Conductive Ink*. 11(1), 31–35.
- Fathoni, A. (2022). Analisa Pembuatan Mesin Cnc Router Menggunakan Driver Tb6560 Dan Driver A4988 Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno Di Cv Barokah Mebel. *Journal of Science Nusantara*, 2(1), 7–16. <https://doi.org/10.28926/jsnu.v2i1.282>
- Gumelar, A., & Edidas, E. (2020). Rancang Bangun CNC (Computer Numerically Controlled) PCB Layout Berbasis Mikrokontroler. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 8(3), 33. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v8i3.109773>
- Hasan, Y. M., Shakir, L. F., & Naji, H. H. (2018). Implementation and Manufacturing of a 3-Axes Plotter Machine by Arduino and CNC Shield. *International Iraqi Conference on Engineering Technology and Its Applications, IICETA 2018*, 25–29. <https://doi.org/10.1109/IICETA.2018.8458071>
- Indrianto, Susanti, M. N. I., Arianto, R., & Siregar, R. R. A. (2018). Embedded system practicum module for increase student comprehension of microcontroller. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(1), 53–60. <https://doi.org/10.12928/Telkomnika.v16i1.4194>

- Jazuli, A. W., Studi, P., Elektro, T., Kudus, U. M., Yulita, N., Setyaningsih, D., Studi, P., Elektro, T., Kudus, U. M., Iqbal, M., Studi, P., Elektro, T., Kudus, U. M., & Uno, A. (2022). *Berbasis Arduino*. 2(2), 1–13.
- Mulkan, Y., Hakimah, H. F., Lazuardi, M. R., Vega, R., Basjaruddin, N. C., & Rakhman, E. (2020). Mesin Gambar Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 293–299.
- Mulyanto, E. (2017). Pengelolaan Bengkel Teknik Mekatronika di SMK. *Manajemen Pendidikan*, 12(1), 48–59. <https://doi.org/10.23917/jmp.v12i1.2974>
- Nugroho, A. A., Pratomo, L. H., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Soegijapranata, U. K., Pawiyatan, J., & Iv, L. (2020). Mesin Gambar berbasis Arduino Uno R3 pada desain grafis. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 5, 42–43.
- Nugroho, E. C., Nugroho, A., & Hendriyanto, I. (2019). Prototipe Mesin CNC 2D Berbasis Arduino Uno. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 25(1), 43. <https://doi.org/10.36309/goi.v25i1.103>
- Rahayu, C., & Eliyarti, E. (2019). Deskripsi Efektivitas Kegiatan Praktikum Dalam Perkuliahan Kimia Dasar Mahasiswa Teknik. *Edu Sains Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 7(2), 51–60. <https://doi.org/10.23971/eds.v7i2.1476>
- Sarguroh, S. S., & Rane, A. B. (2018). Using GRBL-Arduino-based controller to run a two-axis computerized numerical control machine. *2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology, ICSCET 2018*, 17, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSCET.2018.8537315>
- Sudarno, Martono, & Mauladin, S. (2016). Rancang Bangun Mesin CNC Router Berbasis Arduino. *Politeknosains*, 15(2), 51–55.
- Sukadana, I. W., & Darma Yuda, I. M. P. (2021). Prototyping PCB Menggunakan Computer-Aided Design. *TIERS Information Technology Journal*, 2(2), 37–43. <https://doi.org/10.38043/tiers.v2i2.3310>
- Tanato, C., & Satya Putra, A. (2021). Rancangan CNC Plotter untuk Menulis dan Menggambar. *Informationssystem Development*, 6(2).
- Wahyudiati, D. (2016). Analisis Efektivitas Kegiatan Praktikum Sebagai Upaya Peningkatan Hasil Belajar Mahasiswa. *Jurnal Tatsqif*, 14(2), 143–168. <https://doi.org/10.20414/jtq.v14i2.27>