

Rancang Bangun Mesin CNC PCB Berbasis Arduino untuk Mendukung Tefa Jurusan Teknik Informatika

Fendi Hermawanto^a, Hida Jaya Habibi^b

^aJurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi

^bJurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi

Corresponding Author : fendihermawanto@poliwangi.ac.id

Received: 15th November 2023; Revised: 28th May 2025; Accepted: 21th March 2025;
Available online: 1th Juny 2025; Published regularly: July 2025

Abstract

The State Polytechnic of Banyuwangi in the Strategic Plan 2020-2024 has a target to improve the quality of the curriculum and learning. To achieve these goals, a strategy is to establish a Teaching Factory (TeFa). One of the rapidly growing industries today is the Printed Circuit Board (PCB) manufacturing industry. This is evidenced by the presence of PCB printing websites such as Indomaker and marketplaces like Tokopedia and Bukalapak, which provide PCB printing services according to customer preferences with fast turnaround times. The research supported the development of the Teaching Factory in the Department of Informatics Engineering, Computer Engineering Technology study program. This will be achieved by increasing the number of CNC PCB machines to create a working system that closely resembles real industry conditions. The method used is the Research and Development (R&D) method, which is used to develop a product and test its effectiveness. During the testing of the X, Y, and Z axis movements, the CNC PCB machine was found to move according to the instructions provided by the Candle Software. In the testing of the PCB trace printing configuration using a V 30° router drill bit, the best results were obtained using a Cut Z of 0.15 mm and a Feed Rate of 20 mm/minute. The presence of the CNC PCB machine will facilitate the TeFa of the Department of Informatics Engineering in creating prototypes of a product before it enters the production stage..

Key Words : Tefa; CNC; PCB

Abstrak

Politeknik Negeri Banyuwangi dalam RENSTRA 2020-2024 mempunyai target kerja Peningkatan Kualitas Kurikulum dan Pembelajaran. Untuk mewujudkan kedua tujuan diatas salah satunya adalah membentuk Teaching Factory (TeFa). Industri yang berkembang pesat saat ini salah satunya adalah industri pembuatan PCB (Printed Circuit Board). Terbukti dengan adanya website pencetakan PCB seperti Indomaker dan marketplace seperti Tokopedia dan Bukalapak yang menyediakan jasa pencetakan PCB sesuai keinginan dengan waktu yang cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendukung perkembangan Teaching Factory Jurusan Teknik Informatika program studi Teknologi Rekayasa Komputer. Dengan memperbanyak jumlah Mesin CNC PCB supaya dapat menciptakan sistem kerja yang menyerupai keadaan industri yang sesungguhnya. Metode yang digunakan adalah metode Research and Development (R&D), metode R&D adalah metode untuk membuat suatu produk dan menguji keefektifannya. Pada pengujian gerak sumbu X, Y dan Z didapatkan hasil mesin CNC PCB bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh Perangkat Lunak Candle. Pada pengujian konfigurasi pencetakan jalur PCB menggunakan mata bor router tipe V 30° didapatkan hasil terbaik menggunakan Cut Z 0.15 mm dan Feed Rate 20 mm/menit. Dengan adanya Mesin CNC PCB dapat mempermudah TEFA Jurusan Teknik Informatika untuk membuat prototipe dari sebuah produk sebelum produk tersebut masuk ke tahap produksi.

Kata Kunci : Tefa; CNC; PCB

PENDAHULUAN

Arah dan Kebijakan Strategi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan adalah Merdeka Belajar, salah satu kebijakannya adalah perguruan tinggi negeri berbadan hukum. Politeknik Negeri Banyuwangi dalam RENSTRA 2020-2024 mempunyai target kerja Peningkatan Kualitas Kurikulum dan Pembelajaran yaitu Terwujudnya Kurikulum dan Pembelajaran Pendidikan Tinggi yang Link and Match dengan Industri.

Untuk mewujudkan kedua tujuan diatas salah satunya adalah membentuk Teaching Factory (TeFa). Pabrik dalam sekolah (teaching factory) adalah sarana produksi yang dioperasikan berdasarkan prosedur dan standar bekerja yang sesungguhnya untuk menghasilkan produk sesuai dengan kondisi nyata Industri dan tidak berorientasi mencari keuntungan. Jurusan Teknik Informatika adalah salah satu Jurusan yang terdapat di Politeknik Negeri Banyuwangi yang bertugas untuk mewujudkan tujuan tersebut.

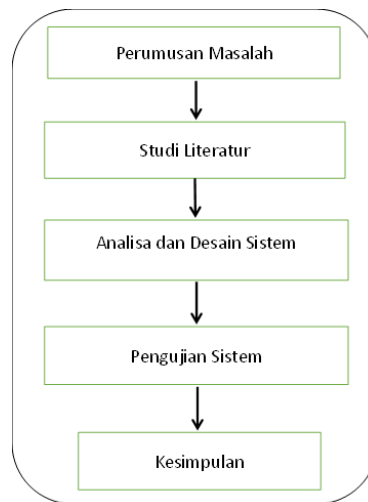
Industri yang berkembang pesat saat ini salah satunya adalah industri pembuatan PCB (Printed Circuit Board). Terbukti dengan adanya website pencetakan PCB seperti Indomaker dan marketplace seperti Tokopedia dan Bukalapak yang menyediakan jasa pencetakan PCB sesuai keinginan dengan waktu yang cepat. Saat ini Jurusan Teknik Informatika hanya memiliki satu alat PCB Routing yang belum mampu untuk memenuhi kebutuhan pembuatan prototipe dalam skala lebih cepat dan efisien karena alat PCB Routing yang dimiliki sifat softwrenya berbayar dan tidak mendukung software PCB yang banyak tersedia dan tidak berbayar. Prototipe yang baik akan menghasilkan produk masal yang baik pula.

Dari permasalahan tersebut akan dilakukan penelitian memadukan Motor Stepper sebagai penggerak 3 axis (x,y,z) dan Motor Spindle sebagai pengukir dengan Microcontroller Arduino yang mengatur perintah dari software PCB dan meneruskan pada Motor Stepper dan Motor Spindle untuk melakukan pencetakan PCB. Penelitian sebelumnya banyak yang menggunakan Arduino sebagai Mikrokontrollernya antara lain (Muhammad Rizqi Aulia Hasibuan, 2019) menggunakan Arduino Uno, penelitian (Puja Girhe, 2018) menggunakan Arduino Uno. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Giovanov Sebastian, 2020) mikrokontroller menggunakan Arduino Mega yang mempunyai lebih banyak pin input dan output, pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang dikombinasikan dengan CNC Shield V3 dengan driver motor A4988. Uno mempunyai pin input dan output lebih sedikit namun dengan adanya CNC Shield V3 dengan desain pin mengacu pada Arduino Uno dan driver motor A4988 sudah cukup untuk mengontrol pergerakan Motor Stepper Nema 17 dengan lebar bidang kerja 20x20 cm. Terdapat beberapa teknik pembuatan jalur PCB yaitu Teknik sablon, Laser dan Teknik Ukir menggunakan mata bor. Pada penelitian ini menggunakan Teknik ukir yang menggunakan mata bor untuk menghilangkan lapisan tembaga yang ada pada PCB. Kelebihan Teknik Ukir adalah Langkah yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan Teknik Sablon dan Laser.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mewujudkan Arah dan Kebijakan Strategi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan target kerja Peningkatan Kualitas Kurikulum dan Pembelajaran yaitu Terwujudnya Kurikulum dan Pembelajaran Pendidikan Tinggi yang Link and Match dengan Industri. Dengan mengembangkan suatu alat yang dapat mendukung Teaching Factory (TeFa)

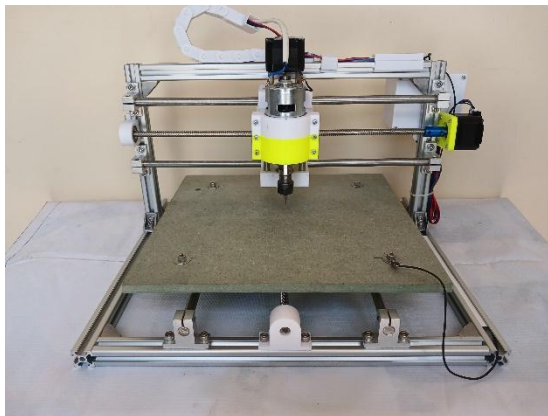
BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan adalah metode Research and Development (R&D), metode R&D adalah metode untuk membuat suatu produk dan menguji keefektifannya (Lutfiyana, 2017). Tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah penggaris, mesin potong besi, kunci L set, obeng set, solder listrik, gerinda listrik, printer 3D dan komputer. Bahan yang dipakai adalah filament printer 3D PLA Pro dan papan PCB polos singel layer. Setelah dilakukan proses perumusan masalah, studi literatur maka dilakukan desain sistem dengan menentukan dimensi maksimal bidang kerja yaitu 20x20 cm sesuai dengan papan PCB yang digunakan. Selanjutnya menentukan dimensi mesin dengan mempertimbangkan pergerakan maksimal dari motor spindel kemudian memotong alumunium profil T slot dan leadscrew, setelah itu merangkai kerangka utama yang terdiri dari aluminium profil T slot dan leadscrew. Langkah selanjutnya mencetak dudukan motor spindel dan dudukan bidang kerja dengan printer 3D dan dilanjutkan memasang semua komponen yang dibutuhkan sehingga terbentuk mesin CNC PCB seperti gambar 2.



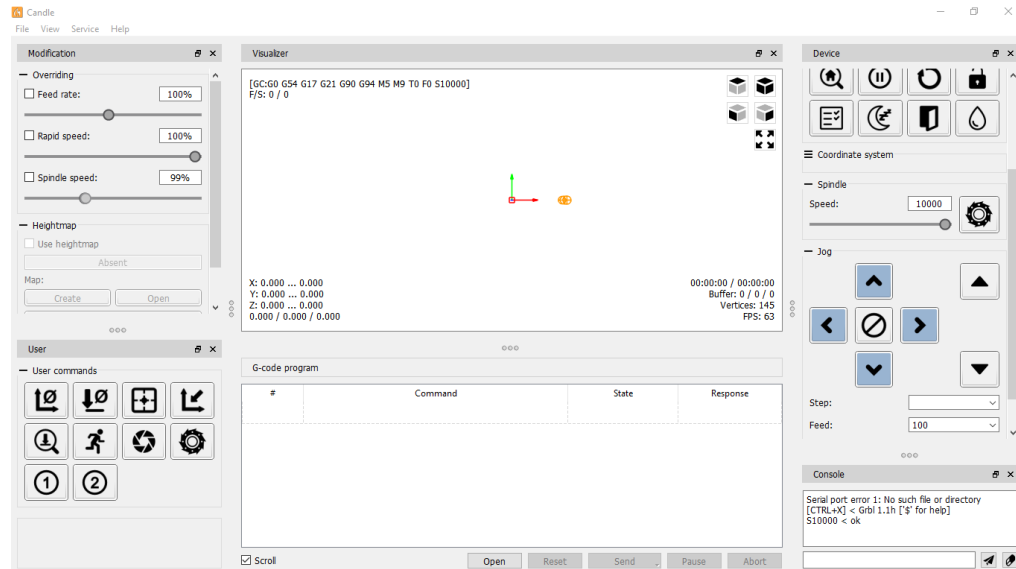
Gambar 2. Mesin CNC PCB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses pembuatan mesin CNC PCB pengujian untuk memastikan mesin dapat berfungsi dengan baik. Pengujian yang dilakukan antara lain Pengujian gerak sumbu X, Y, dan Z, Pengujian dengan skema jalur PCB, Pengujian konfigurasi pencetakan jalur PCB.

1. Pengujian gerak sumbu X, Y, dan Z

Pengujian gerak sumbu X, Y dan Z dilakukan untuk menguji fungsi dasar dari mesin CNC PCB yaitu gerakan X, Y, Z. Dalam pengujian ini menggunakan perangkat lunak Candle yang sifatnya Open Source (Moe Myint Aung, 2019) dan bisa juga menggunakan Software Processing (Mukhofidhoh, 2018). Candle dapat menginstruksikan mesin CNC PCB sesuai dengan file GCode atau dengan cara manual menggunakan tombol navigasi.



Gambar 3. Perangkat Lunak Candle

Pengujian dilakukan dengan mengukur gerak sumbu X, Y dan Z sesuai instruksi dari Candle sehingga diperoleh data berikut ini.

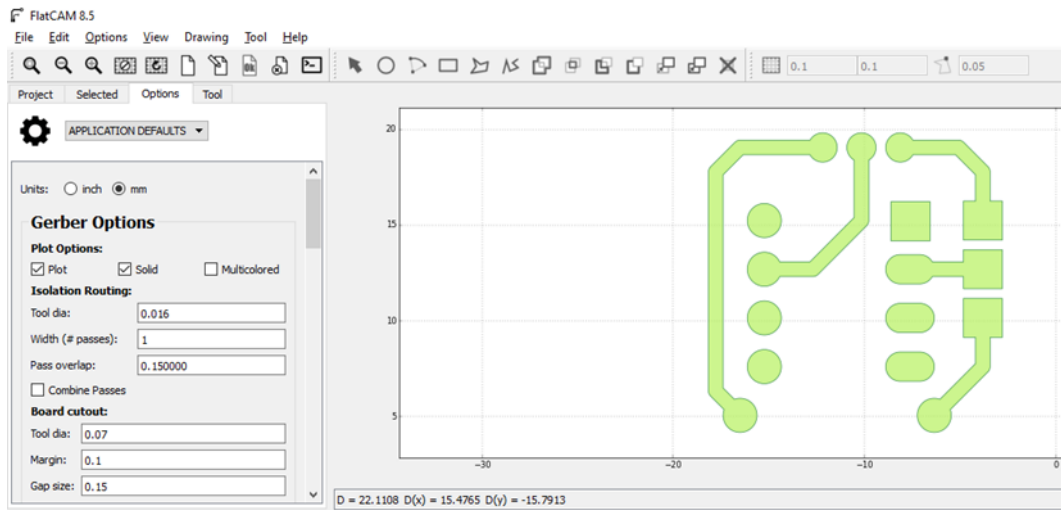
Tabel 1: Pengujian gerak sumbu X, Y dan Z

Sumbu	Arah Instruksi	Panjang Instruksi (mm)	Arah Mesin	Panjang Gerakan Mesin (mm)
X	X-	200	Kiri	200
X	X+	200	Kanan	200
Y	Y-	200	Depan	200
Y	Y+	200	Belakang	200
Z	Z-	24	Bawah	24
Z	Z+	24	Atas	24

Dari data yang didapatkan pada table di atas bisa disimpulkan bahwa mesin CNC PCB bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh Perangkat Lunak Candle. Pemilihan angka 200 mm ada untuk memastikan mesin CNC mampu menjangkau area kerja sesuai dengan yang diinginkan.

2. Pengujian dengan skema jalur PCB

Pengujian ini bermaksud untuk menguji kemampuan mesin menyelesaikan suatu rangkaian PCB. Sebelum dilakukan pembuatan rangkaian PCB terlebih dahulu dilakukan pembuatan desain jalur PCB menggunakan software Autodesk Eagle (Fahmizal, 2022) dan juga bisa menggunakan software Proteus (Akinwale, 2018), setelah itu dilakukan pembuatan alur kerja mesin PCB dengan menggunakan perangkat lunak FlatCAM versi 8.5. FlatCAM mengubah file gerber menjadi file G-Code (Supriyati, 2023). FlatCAM bisa digunakan untuk membuat 3 jenis pengerjaan yaitu routing, drill dan cutting. Pada perangkat lunak FlatCAM bisa didapatkan ukuran dari sebuah rangkaian PCB.



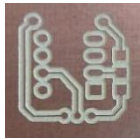
Gambar 4. Gambar Skema Rangkaian

Pada gambar 2 didapatkan dimensi dari rangkaian yaitu 15,4 x 15,7 mm dengan memanfaatkan Measurement Tool dan mengatur Unit menjadi satuan milimeter (mm). Terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam membuat alur kerja routing PCB dengan FlatCAM, dan masing masing parameter dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Berikut parameter yang harus diperhatikan.

1. Menentukan Tool dia yang merupakan diameter mata pisau,
2. Cut Z yang merupakan kedalaman mata pisau ketika mengukir papan PCB,
3. Travel Z merupakan panjang langkah sumbu Z saat berpindah jalur,
4. Feed Rate merupakan kecepatan pemakanan papan PCB (Irawan Malik, 2019).

Setelah parameter di atas terpenuhi maka harus disimpan dengan tipe file .ngc sehingga bisa dibaca pada perangkat lunak Candle. Pengujian ini menggunakan mata bor router tipe V 30°.

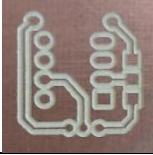
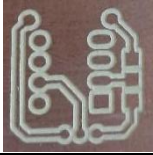
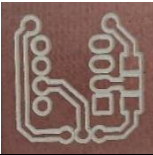
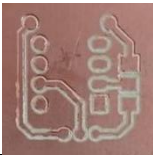
Tabel 2: Pengujian Pencetakan Jalur PCB

Tool Dia (mm)	Cut Z (mm)	Travel Z (mm)	Feed Rate (mm/menit)	Hasil
0.2	0.20	1	20	

3. Pengujian konfigurasi pencetakan jalur PCB

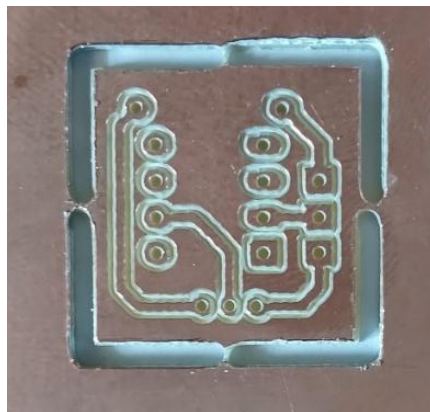
Pengujian ini dilakukan untuk mencari konfigurasi mata pisau, kedalaman routing dan feed rate untuk menghasilkan cetakan PCB yang baik. Pengujian ini menggunakan mata bor router tipe V 30° dan selalu diganti dengan yang baru setelah satu kali dilakukan ujicoba untuk memastikan mata bor yang digunakan memiliki ketajaman yang sama. Dari hasil pengujian dengan beberapa parameter yang berbeda maka dihasilkan data seperti tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2: Pengujian Konfigurasi Pencetakan Jalur PCB

Tool Dia (mm)	Cut Z (mm)	Travel Z (mm)	Feed Rate (mm/menit)	Hasil
0.2	0.20	1	20	
0.2	0.17	1	20	
0.2	0.15	1	20	
0.2	0.13	1	20	

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan kedalaman pemakanan atau Cut Z akan mempengaruhi lebar jalur rangkaian, semakin dalam Cut Z maka semakin kecil jalur rangkaian yang nantinya akan mempengaruhi kinerja dari sebuah rangkaian. Pada parameter Cut Z 0.13 mm mendapatkan hasil yang tidak merata, hal ini dikarenakan pada kedalaman tersebut permukaan papan PCB tidak merata sehingga pada kedalaman 0.13 mm tidak bisa menutupi kelemahan dari papan PCB yang permukaannya kurang rata. Sehingga kombinasi terbaik adalah pengujian nomor 3 dengan kedalaman Cut Z 0.15 mm.

Dengan desain jalur yang sama dilakukan ujicoba pembuatan jalur PCB dengan 3 pengerjaan yaitu routing, drill dan cutting sehingga dihasilkan jalur rangkaian PCB seperti dibawah ini.



Gambar 5. Gambar Skema Rangkaian

Mesin CNC PCB dengan menggunakan Arduino Uno mudah digunakan dan sangat flexibel dengan banyak software CNC seperti Candle, Software Processing dan juga UGS (Universal Gcode Sender) yang semua bersifat opensource dan terdapat banyak referensi penggunaannya. Dengan adanya Mesin CNC PCB dapat mempermudah TEFA Jurusan Teknik Informatika untuk membuat prototipe dari sebuah produk sebelum produk tersebut masuk ke tahap produksi, sehingga akan menghasilkan produk dengan kualitas yang unggul dan efisien dalam pengembangan produk.

KESIMPULAN

Dengan adanya Mesin CNC PCB hasil dari penelitian ini dapat mempermudah TEFA Jurusan Teknik Informatika untuk membuat prototipe dari sebuah produk sebelum produk tersebut masuk ke tahap produksi karena mesin CNC PCB hasil dari penelitian ini menggunakan mikrokontroller dan software yang sepenuhnya tidak berbayar dan banyak pilihan software CNC PCB yang tersedia

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujuikan kepada Bapak Pimpinan yang ada di Politeknik Negeri Banyuwangi yang telah memfasilitasi dan memberikan pendanaan untuk penelitian bagi Pranata Laboratorium Pendidikan yang ada di lingkungan Politeknik Negeri Banyuwangi dengan nomor Kontrak 3421.46/PL36/AL.04/2023 sehingga bisa meningkatkan kualitas SDM khususnya Pranata Laboratorium Pendidikan. Tidak lupa juga kami ucapkan pada Ketua Jurusan Teknik Informatika yang mendukung dengan menyediakan fasilitas laboratorium dan peralatan untuk kegiatan penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Akinwale. (2018). *Design and Simulation of a 1kVA Arduino Microcontroller Based Modified. Journal of Electrical & Electronic Systems Sine Wave Inverter Using Proteus*, 7(4), 1.
- Arduino. (2023, 11 10). *What is Arduino?* Retrieved from www.arduino.cc:www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
- Fahmizal, S. P. (2022). *Mudah Belajar Desain Printed Circuit Board (PCB) Perangkat Elektronika Menggunakan Autodesk EAGLE dan Fusion360 Student Version*. Sleman: CV Budi Utama.
- Giovanov Sebastian, H. K. (2020). *Pembuatan Mesin CNC (Computer Numerical Control) Dengan Mikrokontroler Arduino Control) Dengan Mikrokontroler Arduinocontrol) dengan Mikrokontroler Arduino Mega Untuk Mencetak PCB. Jurnal Teknik Elektro*, 13, 1.
- Hasibuan, M. R., Muhaimin, & Hardi, S. (2019). *Rancang Bangun Mesin CNC Mikking 3-Axis untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino Uno. Jurnal Tektro*, Vol.3, No.1.
- Irawan Malik, A. S. (2019). *Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate, Dan Depth Of Cut Terhadap Akurasi Hasil Permesinan Pada Mesin CNC Router 3 Sumbu. Jurnal Austenit*, VOL 11, NO 2.
- Lutfiyana, N. H. (2017). *Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah, dan Resistansi. Jurnal Teknik Elektro*, Volume 9 No.2.
- Moe Myint Aung, N. N. (2019). *CNC Drilling Machine for Printed Circuit Board. International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, 3(5), 374.
- Muhammad Rizqi Aulia Hasibuan, M. S. (2019). *Rancang Bangun Mesin Cnc Milling 3-Axis Untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino Uno. Jurnal Tektro*, Vol.3, No.1, 40.
- Mukhofidhoh, N. K. (2018). *Rancang Bangun Mesin Pengebor Pcb Mini Otomatis Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknik Elektro*, 7, 9.
- Prashil N Patel, S. D. (2019). *Design and Development of Portable 3-Axis CNC Router Machine. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume: 06 Issue: 03.
- Puja Girhe, S. Y. (2018). *Arduino Based Cost Effective CNC Plotter Machine. International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research (IJETER)*, 6(2), 6.
- Putra, O. A. (2020). *Pengembangan Produk Ukir Berbasis 3 Dimensi Untuk Mesin CNC. Jurnal KomtekInfo*, 293-301.

- Supriyati, T. P. (2023). *Rancang Bangun Cnc (Computer Numerical Control) Untuk Pembuatan PCB Berbasis Arduino*. *Orbith*, 43-49.
- Zulkarnain, & Suprianto, B. (2019). *Rancang Bangun Mesin Pcb Milling Dengan Konfigurasi Kartesian Robot 3 Aksis*. *Jurnal Teknik Elektro*, 587-593.