

Perancangan Kebutuhan Daya Listrik Pada Mesin *Cnc Router Cutting 3 Axis* Untuk Oprasional Optimal

^{1*}Abdullah Miqdam Alfahmi, ²Hesti Istiqlaliyah,

^{1,2} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: Fahmimiqdam3@gmail.com¹, hestiisti@unpkediri.ac.id²,

Penulis Korespondens : Abdullah Miqdam Alfahmi

Abstrak—Perkembangan teknologi manufaktur mendorong kebutuhan mesin CNC yang mampu meningkatkan produktivitas dan kualitas proses pemotongan. Namun, kebutuhan daya listrik yang tinggi menjadi kendala bagi UMKM yang memiliki kapasitas listrik terbatas. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kebutuhan daya pada mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang menggunakan motor router berkecepatan 35.000 rpm agar tetap memiliki performa pemotongan yang baik dengan konsumsi daya yang sesuai untuk lingkungan UMKM. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa yang meliputi observasi lapangan, studi literatur, perhitungan kebutuhan daya, perancangan mesin, perakitan, serta pengujian kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin yang dirancang mampu beroperasi dengan stabil, menghasilkan kualitas pemotongan yang baik, serta memiliki kebutuhan daya yang masih sesuai dengan kapasitas listrik yang umum digunakan oleh UMKM. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan mesin dapat menjadi alternatif teknologi CNC yang efisien, ekonomis, dan mendukung peningkatan produktivitas usaha skala kecil.

Kata Kunci— CNC Router, kebutuhan daya, manufaktur, mesin CNC, UMKM.

Abstract— The development of manufacturing technology is driving the need for CNC machines that are able to improve the productivity and quality of the cutting process. However, the high demand for electricity is an obstacle for MSMEs that have limited electricity capacity. This study aims to design and analyze the power needs of the 3 Axis CNC *Router Cutting* machine which uses a router motor with a speed of 35,000 rpm to maintain good cutting performance with power consumption that is suitable for the MSME environment. The research method used is an engineering method which includes field observation, literature study, power requirement calculation, machine design, assembly, and system performance testing. The results of the study show that the machine is designed to be able to operate stably, produce good cutting quality, and has power needs that are still in accordance with the electrical capacity commonly used by MSMEs. These results show that machine design can be an efficient, economical alternative to CNC technology and support increased productivity of small-scale businesses.

Keywords— CNC Router, power needs, manufacturing, CNC machines, MSMEs

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur mendorong penggunaan mesin *Computer Numerical Control* (CNC) sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas, akurasi, dan kualitas hasil produksi. Mesin CNC mampu menjalankan proses pemotongan, pengukiran, pengeboran, dan pembentukan material secara otomatis melalui sistem kendali berbasis komputer. Pada industri furnitur dan mebel, penggunaan mesin CNC router semakin meningkat karena mampu menghasilkan produk dengan tingkat presisi yang tinggi serta waktu produksi yang lebih singkat dibandingkan metode konvensional. Namun demikian, sebagian besar mesin CNC yang digunakan pada industri memiliki kebutuhan daya listrik yang relatif besar sehingga kurang sesuai diterapkan pada skala Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Kondisi ini menjadi kendala karena sebagian besar UMKM masih menggunakan kapasitas listrik di bawah 1.300 Watt. Selain itu, konsumsi energi pada mesin perkakas merupakan salah satu komponen terbesar dalam aktivitas manufaktur sehingga efisiensi penggunaan daya menjadi aspek yang perlu diperhatikan[1] Berbagai penelitian telah dilakukan terkait pengembangan mesin CNC *Router 3 Axis*. Febryanto dan Kartikasari mengembangkan desain mesin CNC *Router 3 Axis* menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan meningkatkan kualitas desain mesin.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesifikasi material, komponen, dan proses kerja menjadi prioritas utama dalam pengembangan mesin CNC *Router 3 Axis*. [2] Rahmi dkk. merancang dan membangun mesin CNC *Router 3-sumbu* berbasis Mach3 dengan area kerja 1300 mm × 650 mm menggunakan motor spindle 1,5 kW dan motor stepper NEMA 23, yang ditujukan sebagai alternatif mesin CNC berbiaya relatif rendah untuk kebutuhan pendidikan dan industri kecil [3] Ramdani merancang mesin CNC *Router Mini 3 Axis* menggunakan motor stepper NEMA 17 dan sistem kendali berbasis Arduino Uno serta firmware GRBL. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa mesin CNC skala kecil dapat dikembangkan dengan konsumsi daya yang relatif rendah dan biaya yang lebih ekonomis. [4] Pramono dkk. melakukan rancang bangun CNC *Mini Router 3 Axis* untuk keperluan praktikum CAD/CAM dan memperoleh kebutuhan daya router minimum sebesar 336 Watt untuk proses pemotongan kayu.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa aspek kebutuhan daya merupakan faktor penting dalam desain mesin CNC yang efisien. [5] Selain itu, Ridwan dkk. mengembangkan mesin CNC *Router 3 Axis* dengan penambahan fungsi lathe untuk meningkatkan fleksibilitas penggunaan pada industri kreatif dan UMKM. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan mesin CNC yang ekonomis dan multifungsi memiliki potensi besar untuk mendukung produktivitas usaha skala kecil. [6] Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, sebagian besar kajian berfokus pada desain konstruksi, sistem kendali, optimasi komponen, dan peningkatan fungsi mesin CNC *Router 3 Axis*. Namun, penelitian yang secara khusus membahas kebutuhan daya listrik mesin CNC *Router 3 Axis* berdaya rendah yang dirancang untuk menyesuaikan keterbatasan kapasitas listrik UMKM masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan analisis kebutuhan daya mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* dengan motor router berkecepatan 35.000 rpm guna menghasilkan mesin yang tetap memiliki performa pemotongan yang baik dengan konsumsi daya yang sesuai untuk lingkungan UMKM.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kebutuhan daya pada mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang menggunakan motor router berkecepatan putar 35.000 rpm. Mesin dirancang agar dapat beroperasi dengan konsumsi daya yang rendah namun tetap mampu digunakan untuk proses pemotongan, pembuatan profil, dan pengukiran pada material yang umum digunakan oleh UMKM furnitur dan mebel. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif solusi bagi pelaku UMKM dalam memanfaatkan teknologi CNC yang lebih terjangkau, efisien, dan sesuai dengan kapasitas daya listrik yang tersedia.

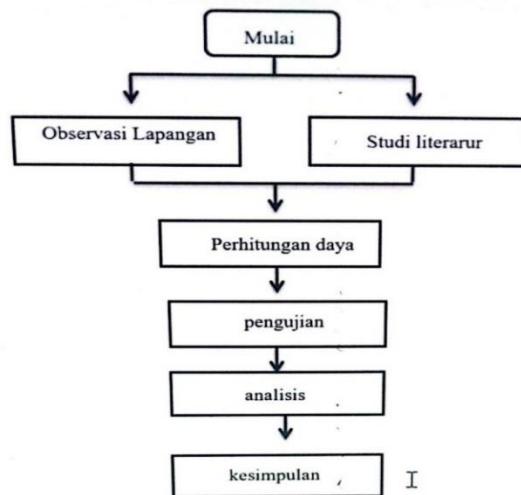
II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa (*engineering design method*) yang berorientasi pada perancangan dan pengembangan mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* berdaya rendah untuk memenuhi kebutuhan UMKM furnitur dan mebel. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada perancangan sistem, analisis kebutuhan daya, pemilihan komponen, perakitan, serta pengujian kinerja mesin yang dikembangkan. Tahapan penelitian meliputi observasi lapangan, studi literatur, perhitungan kebutuhan daya, perancangan mesin, pengujian, dan analisis hasil.

Observasi lapangan dilakukan pada UMKM furnitur dan mebel untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna, proses produksi, serta keterbatasan daya listrik yang tersedia. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi mengenai mesin CNC *Router*, sistem kelistrikan, motor spindle, motor stepper, serta perhitungan kebutuhan daya listrik. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang meliputi pemilihan motor spindle, motor stepper, driver stepper, modul CNC, dan sistem kelistrikan pendukung. Setelah proses perakitan selesai, mesin diuji untuk mengetahui kinerja sistem serta kesesuaian kebutuhan daya dengan spesifikasi yang dirancang. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi performa mesin dan kelayakan penggunaannya pada lingkungan UMKM.

A. Diagram Alir Penelitian

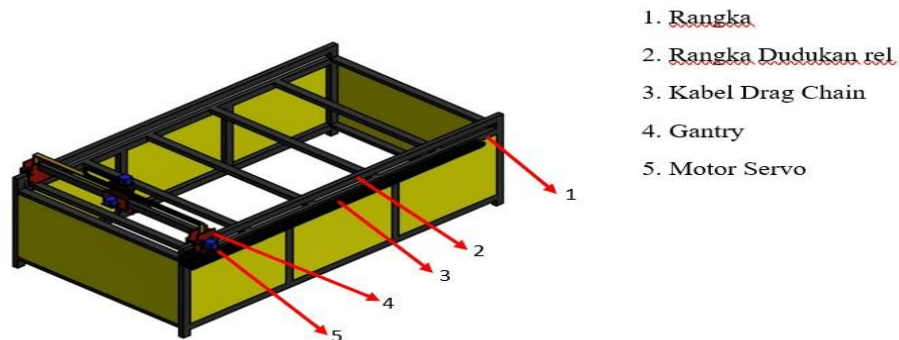
Berdasarkan Gambar 1, penelitian diawali dengan observasi lapangan dan studi literatur. Tahap berikutnya adalah perhitungan kebutuhan daya dan perancangan mesin CNC *Router Cutting 3 Axis*. Setelah proses perakitan selesai, dilakukan pengujian sistem kelistrikan dan kinerja mesin. Hasil pengujian kemudian dianalisis sebagai dasar evaluasi sebelum dilakukan penarikan kesimpulan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Desain Mesin CNC Router Cutting 3 Axis

Desain mesin CNC Router Cutting 3 Axis yang dikembangkan terdiri atas rangka utama, dudukan rel, jalur pembungkus kabel, gantry, motor stepper, dan motor spindle. Rangka mesin dirancang sebagai struktur utama yang menopang seluruh komponen sehingga mampu menjaga kestabilan dan ketelitian proses pemesinan. Selain itu, sistem gantry dan motor stepper digunakan untuk mengendalikan pergerakan sumbu X, Y, dan Z secara presisi sesuai perintah program CNC.



Gambar 2. Rangka Keseluruhan

Gambar 2 menunjukkan rancangan keseluruhan mesin CNC Router Cutting 3 Axis yang digunakan dalam penelitian. Mesin memiliki dimensi panjang 2820 mm, lebar 1500 mm, dan tinggi 930 mm. Sistem pemotongan menggunakan motor router sebagai spindle dan motor stepper sebagai penggerak sumbu mesin sehingga mampu melakukan proses pemotongan, pengukiran, dan pembuatan profil pada berbagai material.

C. Komponen Utama

Komponen utama yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan komponen utama yang digunakan dalam perancangan mesin CNC Router Cutting 3 Axis. Motor router berfungsi sebagai spindle pemotong, sedangkan motor stepper digunakan sebagai penggerak sumbu X, Y, dan Z. Modul CNC berfungsi sebagai

pusat pengendali sistem, sementara power supply menyediakan sumber daya listrik bagi seluruh komponen mesin.

Table 1. Komponen Utama Mesin CNC Router Cutting 3 Axis

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1.	Motor Router	550 Watt	1 pcs
2.	Motor Stepper	3,8 A	4 pcs
3.	Driver Stepper	24-48 Volt	4 pcs
4.	Saklar Emergency	440 Volt AC	1 pcs
5.	Kabel Listrik	NYM 2x2,5 mm	1 meter
6.	Modul CNC	100 KHz	1 pcs
7.	Power Supply	10 A	1 pcs

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang dikembangkan mampu beroperasi dengan baik setelah dilakukan optimasi pada sistem penggerak dan pemilihan router berdaya 550 Watt dengan kecepatan putar maksimum 35.000 rpm. Peningkatan spesifikasi tersebut menghasilkan performa pemotongan yang lebih stabil dibandingkan rancangan awal sehingga kualitas hasil pemesian menjadi lebih baik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Febryanto dan Kartikasari yang menyatakan bahwa pemilihan spesifikasi komponen merupakan faktor utama yang menentukan performa mesin CNC *Router 3 Axis*. [2] Pendekatan berbasis *Quality Function Deployment* (QFD) yang digunakan pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan pengguna harus diterjemahkan ke dalam pemilihan komponen yang tepat untuk menghasilkan mesin dengan kinerja optimal. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Hasim dkk. yang menunjukkan bahwa kekuatan mekanik sumbu X, Y, dan Z serta kesesuaian komponen penggerak berpengaruh langsung terhadap kestabilan dan akurasi mesin CNC. [7]

Dari aspek sistem kendali, integrasi modul CNC, driver stepper, dan motor stepper pada penelitian ini mampu menghasilkan pergerakan sumbu yang stabil selama proses pemotongan berlangsung. Hasil tersebut mendukung penelitian Rahmi dkk. yang mengembangkan mesin CNC *Router 3-sumbu* berbasis Mach3 dan memperoleh performa gerak yang baik melalui sinkronisasi antara perangkat lunak kontrol dan aktuatur. [3] Temuan serupa juga dilaporkan oleh Dharmanto dkk. pada pengembangan prototipe CNC Plasma *Cutting 3 Axis* berbasis motor stepper dan Mach3, yang menunjukkan bahwa sistem kontrol Mach3 mampu meningkatkan kestabilan gerak dan ketelitian proses pemesian. [8]

Kinerja motor stepper yang digunakan pada penelitian ini terbukti mampu menghasilkan pergerakan yang presisi pada setiap sumbu mesin. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Ramdani yang menggunakan motor stepper NEMA 17 berbasis Arduino Uno dan firmware GRBL pada CNC *Router Mini 3 Axis*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem berbasis GRBL dapat menghasilkan tingkat presisi yang baik dengan biaya implementasi yang relatif rendah. [4] Temuan ini diperkuat oleh penelitian Azmi dkk. yang mengembangkan mesin CNC

Engraving 3 Axis berbasis Arduino Uno dan GRBL, dimana kombinasi Arduino, CNC Shield, dan motor stepper mampu menghasilkan sistem CNC yang ekonomis namun tetap memiliki akurasi yang memadai untuk kebutuhan manufaktur skala kecil.[9]

Untuk mengetahui karakteristik mekanik dan kelistrikan dari motor *router* yang digunakan, dilakukan analisis perhitungan torsi, konversi daya ke *Horsepower* (HP), kebutuhan arus listrik, dan daya keluaran sesungguhnya. Perhitungan matematis dari *spindle* berdaya 550 Watt dengan putaran 35.000 rpm dijabarkan sebagai berikut:

A. Perhitungan Torsi Spindle

Rumus daya mekanik:

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (1)$$

Sehingga Torsi:

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi n} \quad (2)$$

Substitusi Nilai:

$$T = \frac{550 \times 60}{2 \times 3,14 \times 35000}$$

$$T = \frac{33000}{21800}$$

$$T = 0,150 \text{ Nm}$$

B. Perhitungan Konversi Daya (HP)

Diketahui:

PHP = daya dalam HP

PWatt = daya dalam Watt

$$PHp = \frac{550}{476} \times 100\%$$

$$PHp = 0,737 \text{ HP}$$

C. Perhitungan Kebutuhan Arus Listrik

Diketahui:

P = 550 Watt

V = 220 Volt

$$I = P \times V \quad (3)$$

$$I = \frac{550}{220}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

D. Perhitungan Daya Keluaran (*Output*)

Rumus Efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

$$P_{out} = 550 \times 0,85$$

$$P_{out} = 467,5 \text{ W}$$

Dari aspek kebutuhan daya, hasil perhitungan menunjukkan bahwa spindle 550 Watt dengan putaran maksimum 35.000 rpm menghasilkan torsi sebesar 0,15 Nm dan daya setara 0,737 HP. Selain itu, kebutuhan arus listrik yang diperlukan hanya sekitar 2,5 A pada tegangan 220 Volt sehingga mesin masih dapat dioperasikan menggunakan instalasi listrik yang umum dimiliki UMKM. Dengan asumsi efisiensi motor sebesar 85%, daya keluaran spindle mencapai 467,5 Watt. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mesin yang dikembangkan memiliki konsumsi daya yang relatif rendah namun tetap mampu menghasilkan performa pemotongan yang baik. Temuan tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian Pramono dkk. yang memperoleh kebutuhan daya minimum sebesar 336 Watt pada CNC *Mini Router 3 Axis* untuk proses pemotongan kayu.[5] Meskipun daya yang digunakan dalam penelitian ini lebih besar, peningkatan tersebut memberikan kualitas pemotongan yang lebih baik dan putaran *spindle* yang lebih stabil. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Muhamad dkk. yang mengembangkan CNC *Milling 3 Axis* berbasis GRBL dengan konsumsi daya sekitar 200 Watt dan menunjukkan bahwa sistem CNC berbasis Arduino serta GRBL mampu memberikan efisiensi energi yang baik tanpa mengurangi kualitas proses pemesinan.[6]

Dari sisi implementasi, mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang dikembangkan memiliki tujuan yang sejalan dengan penelitian Ridwan dkk. mengenai pengembangan mesin CNC *Router* multifungsi untuk industri kreatif dan UMKM.[6] Kedua penelitian menunjukkan bahwa pengembangan mesin CNC yang ekonomis dan mudah dioperasikan memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas usaha skala kecil. Temuan ini juga didukung oleh penelitian Portugal dkk. yang menunjukkan bahwa sistem CNC berbasis GRBL masih sangat relevan untuk diterapkan pada lingkungan pendidikan, laboratorium, dan industri kecil karena mampu menekan biaya pengembangan tanpa memerlukan modifikasi perangkat keras yang kompleks.[10] Berdasarkan hasil pengujian dan perbandingan dengan berbagai penelitian terdahulu, mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menghasilkan mesin dengan performa pemotongan yang baik, sistem kontrol yang stabil, dan kebutuhan daya yang masih sesuai untuk lingkungan UMKM. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengujian hanya dilakukan pada kondisi operasional tertentu dan belum mencakup berbagai jenis material serta variasi ketebalan benda kerja. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian berbagai material, optimasi parameter pemotongan, pengembangan sistem pengaturan kecepatan spindle otomatis, dan penambahan sistem keamanan berbasis sensor untuk meningkatkan keandalan mesin.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian, perancangan kebutuhan daya pada mesin CNC Router Cutting 3 Axis berhasil menghasilkan rancangan mesin yang mampu beroperasi dengan konsumsi daya yang masih sesuai dengan kapasitas listrik yang umum digunakan oleh pelaku UMKM, sekaligus tetap memberikan performa pemotongan yang baik melalui penggunaan motor router berkecepatan 35.000 rpm dan sistem penggerak yang stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan dan integrasi komponen yang tepat mampu mendukung tercapainya keseimbangan antara kebutuhan daya dan kinerja mesin, sehingga mesin yang dirancang dapat menjadi alternatif teknologi CNC yang lebih terjangkau dan aplikatif bagi industri furnitur dan mebel skala kecil. Secara umum, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi manufaktur dan bidang teknik industri melalui penyediaan rancangan mesin CNC berdaya relatif rendah yang berorientasi pada efisiensi energi, peningkatan produktivitas, serta perluasan pemanfaatan teknologi otomasi pada lingkungan UMKM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses perancangan, pengujian, dan penyusunan penelitian sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. C. Jim, "Energy Consumption Analysis Of Machining Centers Using Bayesian Analysis And Genetic Optimization", doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.05243>.
- [2] I. D. Febryanto and S. D. Kartikasari, "PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER 3 AXIS BERBASISKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)," vol. 17, no. 1, pp. 109–120, 2022, doi: <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v17i1.277>.
- [3] K. Rahmi, S. Dharma, and I. Kamil, "RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER 3-SUMBU BERBASIS," pp. 684–689, 2021.
- [4] R. Ramdani, "Rancang Bangun Mesin Cnc Router Mini 3 Axis," vol. 2, no. 2, pp. 132–143, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/uranus.v2i2.215>.
- [5] G. E. Pramono, D. Yuliaji, and R. Waluyo, "Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD / CAM", doi: <https://doi.org/10.32832/ame.v1i1.102>.
- [6] M. Ridwan, M. Faqih, J. Saputra, and M. Nur, "Rancang Bangun Dan Penambahan Fungsi Lathe Pada Mesin CNC Router 3 Axis", doi: <https://doi.org/10.51510/konsep2021.v2i1>.
- [7] S. W. Wahid Hasim, Dito Refantino Ikhsan Simanjuntak, Edo Moris Andreas Silaen, Ubaidilah, "Rancang Bangun Mesin Milling CNC Mini 3 Axis: Perhitungan Mekanik Sumbu X, Y, dan Z.," *J. Tek. Mesin Univ. Pamulang*, vol. 1, no. 2, pp. 308–318, 2023.
- [8] Asep Dharmanto, Nur Rofiq, Asep Saepudin, Aswin Domodite, and Wilarso, "Design and Construction of Prototype of CNC Plasma Cutting Machine Simulator 3 Axis

- Based on Stepper Motor and Mach3 PC Software,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 9, no. 1, pp. 179–191, 2025, doi: 10.31289/jmemme.v9i1.14289.
- [9] A. Wanggara, P. G. Simatupang, and F. Azmi, “Rancang Bangun Mesin CNC Engraving 3 Axis Berbasis Arduino Uno Dengan GRBL Software,” *J. Electr. Siystem Control Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–17, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>
- [10] D. dan A. Z. Mutiarin, *Manajemen Birokrasi dan Kebijakan*. Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2014.