

# IMPLEMENTASI TEKNOLOGI MESIN CNC UKIR KAYU DENGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN PRESISI PRODUKSI KERAJINAN KAYU DI DESA BANTUR, KABUPATEN MALANG

Deni Nur Fauzi<sup>1</sup>, Yoga Ahdiat Fakhru<sup>2</sup>, Eva Mirza Syafitri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Madiun

Email: [deninurfauzi@pnm.ac.id](mailto:deninurfauzi@pnm.ac.id)

---

## Abstrak

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis sebagai solusi peningkatan presisi dan efisiensi proses produksi kerajinan kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang. Desa Bantur dikenal sebagai sentra mebel, namun proses produksi kerajinan kayu masih dilakukan secara manual dengan presisi yang rendah. Inovasi mesin CNC ini dikembangkan untuk mengatur gaya tekan pahat terhadap kekerasan kayu secara otomatis menggunakan sensor tekanan dan sistem kontrol berbasis Mach3. Metode pelaksanaan meliputi perancangan mesin, pelatihan pengoperasian bagi anggota Karang Taruna Rajawali 56, dan uji performa alat. Hasil penerapan menunjukkan peningkatan efisiensi waktu produksi hingga 40% dan peningkatan kualitas hasil ukiran sebesar 30%. Penerapan teknologi CNC adaptif ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga membuka peluang wirausaha berbasis teknologi di kalangan pemuda desa.

**Kata Kunci:** CNC, Tekanan Otomatis, Ukiran Kayu, Teknologi Tepat Guna, Karang Taruna.

## Abstract

This community service activity aims to apply Wood Carving CNC Machine technology with an Automatic Pressure Control System as a solution to improve the precision and efficiency of the wood craft production process in Bantur Village, Malang Regency. Bantur Village is known as a furniture center, but the wood craft production process is still carried out manually with low precision. This innovative CNC machine was developed to automatically adjust the pressure of the chisel to the hardness of the wood using pressure sensors and a Mach3-based control system. The implementation method included machine design, training in operation for members of the Rajawali 56 Youth Organization, and testing the performance of the tool. The results of the implementation showed an increase in production time efficiency of up to 40% and an increase in the quality of the carving by 30%. The application of this adaptive CNC technology not only increases productivity but also opens up opportunities for technology-based entrepreneurship among rural youth.

**Keywords:** CNC, Automatic Pressure, Wood Carving, Appropriate Technology, Youth Organization.

---

Copyright © 2025 Multidisiplin Pengabdian Kepada Masyarakat All rights reserved is Licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

---

## 1. Pendahuluan

Industri kerajinan kayu merupakan salah satu sektor unggulan di Desa Bantur, Kabupaten Malang. Industri mebel kayu merupakan sektor UMKM yang berkembang di Jawa Timur. (BPS, 2023) Sebagian besar masyarakat menggantungkan penghasilan dari usaha mebel dan kerajinan berbahan dasar kayu. Namun, proses produksi masih dilakukan secara konvensional, sehingga menghasilkan variasi kualitas ukiran dan membutuhkan waktu produksi yang relatif lama. Kondisi tersebut menyebabkan daya saing produk lokal menurun dibandingkan produk berbasis mesin otomatis. CNC menghasilkan variasi kontur yang lebih konsisten dibanding ukiran manual. (Setiawan & Surono, 2023)

Teknologi Computer Numerical Control (CNC) telah banyak digunakan dalam industri manufaktur modern untuk meningkatkan presisi dan efisiensi. Integrasi sensor dan aktuator merupakan inti dari sistem mekatronika modern. (Bolton, 2021) Namun, sebagian besar mesin CNC konvensional belum memiliki sistem pengaturan tekanan otomatis pada pahat, terutama ketika digunakan untuk bahan kayu dengan tingkat kekerasan yang bervariasi. Akibatnya, hasil ukiran tidak seragam dan pahat cepat aus. Menurut Groover, sistem CNC bekerja berdasarkan kontrol koordinat numerik yang memastikan presisi gerak pahat (Groover, 2010)

*Implementasi Teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis untuk Meningkatkan Presisi Produksi Kerajinan Kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang- Deni Nur Fauzi, et.al*

Melalui kegiatan ini, dikembangkan Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis, yang dapat menyesuaikan tekanan pahat terhadap kekerasan kayu secara real-time menggunakan sensor tekanan dan sistem kontrol Mach3. Penggunaan mesin CNC memungkinkan peningkatan kualitas proses pemesinan. (Kalpakjian & Schmid, 2014) Inovasi ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas produksi, efisiensi waktu kerja, serta menjadi model pengembangan teknologi tepat guna untuk industri kreatif desa.

## 2. Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Bantur, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang pada bulan Agustus–November 2025. Kegiatan terpusat di bengkel kerja Karang Taruna Rajawali 56 yang merupakan lokasi produksi kerajinan kayu berbasis limbah industri mebel lokal. Limbah kayu dapat memiliki nilai tambah melalui desain dan pengolahan ulang. (Aji & Yusuf, 2022) Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kondisi wilayah yang dikenal sebagai sentra industri mebel, namun proses produksinya masih didominasi oleh teknik manual sehingga membutuhkan peningkatan efisiensi dan kualitas produk melalui penerapan teknologi tepat guna.

**Tabel 1.** Uraian Kegiatan Pelaksanaan Kegiatan PKM

Metode Pelaksanaan	Keterangan
Lokasi dan waktu kegiatan	Desa Bantur, Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang pada bulan Agustus–November 2025
Mitra kegiatan	Karang Taruna Rajawali 56.
Metode yang digunakan	Pelatihan, praktik langsung (hands-on workshop), dan pendampingan teknis.
Tahapan pelaksanaan kegiatan	Tahapan pelaksanaan kegiatan dilakukan secara sistematis seperti pada gambar 1.

Mitra utama dalam kegiatan ini adalah Karang Taruna Rajawali 56, yang terdiri dari sekitar 30 pemuda produktif yang aktif dalam kegiatan industri kerajinan kayu. Karang Taruna berperan penting dalam mendorong wirausaha pemuda desa. (PD TT, 2022) Selain itu, kegiatan ini juga menggandeng pengrajin mebel lokal sebagai pendamping praktik dan Pemerintah Desa Bantur sebagai fasilitator lingkungan dan kelembagaan. Mitra dipilih karena memiliki potensi dan komitmen dalam mengembangkan usaha kerajinan sebagai sumber penghasilan berkelanjutan serta mampu mengadopsi teknologi baru untuk meningkatkan nilai tambah produk.

Metode pelaksanaan yang digunakan meliputi pelatihan, praktik langsung (hands-on workshop), dan pendampingan teknis. Pelatihan diberikan untuk mengenalkan konsep dasar mesin CNC, desain digital menggunakan perangkat lunak CAD/CAM, serta pengoperasian sistem kontrol Mach3. Pemilihan desain mempengaruhi nilai jual kerajinan. (Santoso, 2019) Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan kebutuhan peningkatan keterampilan teknis dan kemandirian produksi bagi pemuda desa. SDG 8 dan 12 menekankan pertumbuhan ekonomi inklusif dan konsumsi berkelanjutan. (Nations, 2020) Sementara itu, praktik langsung dilakukan untuk memastikan peserta mampu mengoperasikan mesin secara mandiri. Pendampingan teknis diberikan sepanjang kegiatan untuk membantu pemecahan masalah yang muncul selama proses pengoperasian mesin CNC.



Gambar 1. Uraian Kegiatan Penelitian

Tahapan pelaksanaan kegiatan dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan: survei kebutuhan mitra, penyusunan modul pelatihan, penyiapan mesin CNC, load cell, dan modul kontrol otomatis tekanan.
2. Tahap Pelatihan: penyampaian materi teori mengenai mesin CNC, pengenalan perangkat lunak desain, serta praktik dasar pengoperasian mesin.
3. Tahap Penerapan Teknologi: pembuatan dudukan load cell, instalasi dan kalibrasi sistem pengaturan tekanan otomatis, dan produksi sampel ukiran kayu.
4. Tahap Produksi dan Pendampingan: peserta membuat produk kerajinan secara mandiri dengan bimbingan instruktur.
5. Evaluasi dan Monitoring: penilaian kualitas produk, efektivitas proses kerja, serta diskusi untuk meningkatkan keberlanjutan usaha.

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi mesin CNC ukir kayu skala menengah, load cell tipe S dengan modul HX711, Load cell mampu mengubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca sistem kontrol. (Fraden, 2016) komputer pengoperasian Mach3, software desain CAD/CAM, serta bahan baku kayu limbah mebel. Motor yang digunakan adalah stepper Nema 23. Motor stepper banyak digunakan dalam sistem CNC karena kontrol posisinya yang presisi. (Hughes & Drury, 2019) Penggunaan sistem pengaturan tekanan otomatis melalui load cell dipilih untuk memastikan tekanan pahat tetap stabil saat pengukiran, sehingga dapat meningkatkan presisi hasil ukir serta mengurangi kerusakan bahan. Parameter kecepatan spindle mempengaruhi detail dan kehalusan ukiran. (Nugraha, 2021) Penyediaan alat dan bahan ini mendukung terciptanya alih teknologi yang aplikatif, efisien, dan dapat direplikasi secara mandiri oleh mitra di kemudian hari.

### 3. Hasil Kegiatan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dilaksanakan pada periode Agustus hingga November 2024 di bengkel produksi Karang Taruna Rajawali 56 Desa Bantur. Seluruh rangkaian kegiatan berjalan sesuai rencana mulai dari pelatihan, implementasi teknologi CNC, hingga proses produksi dan evaluasi hasil. Peserta yang mengikuti kegiatan terdiri dari 30 pemuda anggota Karang Taruna, dengan latar belakang keterampilan dasar pertukangan dan kerajinan kayu. Selama kegiatan berlangsung, pendekatan pelatihan praktik langsung dinilai efektif karena mampu meningkatkan kemampuan peserta dalam memahami pengoperasian mesin CNC dan aplikasi desain digital. Pelatihan berbasis praktik meningkatkan kepercayaan diri peserta. (Rahmawati, 2022)

#### Deskripsi Kegiatan yang Telah Dilaksanakan

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan sosialisasi program, penjelasan tujuan, dan pembagian peran dalam penggunaan mesin CNC. Selanjutnya dilakukan pelatihan teknis penggunaan software desain CAD/CAM dan pengenalan kontrol CNC menggunakan Mach3. Pelatihan teknologi CNC dapat meningkatkan kapasitas produksi UMKM. (Wahyudi & Ramadhan,

*Implementasi Teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis untuk Meningkatkan Presisi Produksi Kerajinan Kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang- Deni Nur Fauzi, et.al*

2021) Peserta kemudian mengikuti praktek langsung pengoperasian mesin CNC, dimulai dari penentuan titik koordinat kerja, pemasangan pahat, hingga proses pengukiran pada kayu limbah mebel.

Tahap berikutnya adalah pemasangan dan kalibrasi sistem kontrol tekanan otomatis menggunakan load cell dan modul HX711. Sistem load cell banyak digunakan untuk pengukuran tekanan dalam otomasi produksi. (Singh & Kumar, 2020) Sistem ini diterapkan untuk mengatur tekanan pahat secara stabil sehingga hasil ukiran memiliki kedalaman yang konsisten tanpa merusak permukaan kayu. Peserta dilibatkan secara langsung dalam proses perakitan dan pengujian untuk memastikan mereka memahami cara perawatan dan troubleshooting mesin.



**Gambar 1.** Kegiatan Pelatihan dan Pengoperasian Mesin CNC

### Luaran Kegiatan

Luaran kegiatan dapat dikategorikan menjadi tiga aspek, yaitu produk kerajinan, peningkatan keterampilan, dan inovasi teknologi:

1. Produk Kerajinan Kayu Berbasis CNC  
Peserta berhasil memproduksi berbagai jenis produk seperti jam ukir, papan nama, plakat, dan ornamen dekoratif dengan kualitas ukir yang lebih detail dan presisi dibanding metode ukir manual.
2. Peningkatan Keterampilan Peserta  
Peserta mampu Mengoperasikan mesin CNC secara mandiri,
3. Inovasi Teknologi: Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis  
Sistem load cell berhasil diterapkan sehingga tekanan pahat dapat terjaga stabil,

### Data Kuantitatif

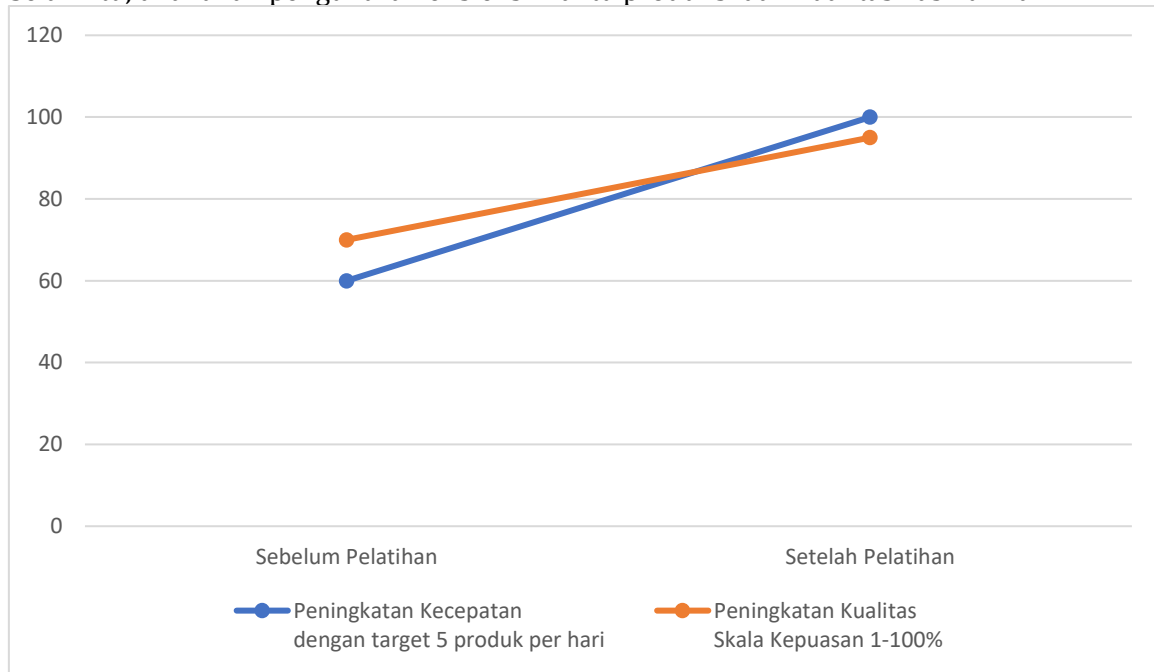
Untuk mengukur keberhasilan program, dilakukan pre-test dan post-test terkait keterampilan peserta dalam mengoperasikan mesin CNC.

**Tabel 1.** Pemahaman Peserta Sebelum dan Sesudah Pelatihan

Indikator	Sebelum Pelatihan	Sesudah Pelatihan
Kemampuan desain CAD/CAM	20%	40%
Pengaturan alat & pahat	60%	100%
Pengoperasian mesin CNC	20%	100%
Perawatan mesin	80%	100%

*Implementasi Teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis untuk Meningkatkan Presisi Produksi Kerajinan Kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang- Deni Nur Fauzi, et.al*

Selain itu, dilakukan pengukuran efisiensi waktu produksi dan kualitas hasil ukiran.



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Waktu Produksi Manual vs CNC

Dari gambar tersebut terlihat adanya peningkatan baik kualitas maupun kecepatan produksi. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan penelitian sebelumnya bahwa CNC router terbukti meningkatkan kecepatan produksi kerajinan kayu. (Siregar & Putra, 2021)

#### Data Kualitatif

Berdasarkan observasi, peserta menunjukkan:

1. Peningkatan kemandirian teknis, terbukti dari kemampuan mereka menjalankan produksi tanpa pendamping setelah minggu kedua.
2. Meningkatnya minat berwirausaha, beberapa peserta mulai menerima pesanan kerajinan dari luar desa.
3. Testimoni positif, menyatakan bahwa teknologi CNC mempermudah proses desain dan mempercepat produksi.



**Gambar 3.** Hasil Mesin CNC yang sudah dibuat peneliti

*Implementasi Teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis untuk Meningkatkan Presisi Produksi Kerajinan Kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang- Deni Nur Fauzi, et.al*

#### **4. Pembahasan**

##### **Analisis capaian dibandingkan tujuan awal**

Tujuan utama kegiatan ini adalah meningkatkan kualitas produksi kerajinan kayu serta keterampilan pemuda dalam mengoperasikan teknologi mesin CNC ukir dengan sistem pengaturan tekanan otomatis. Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa tujuan tersebut tercapai secara efektif. Peserta mampu memahami alur kerja mesin, melakukan desain menggunakan perangkat lunak CAD/CAM, serta mengoperasikan mesin CNC hingga menghasilkan produk yang memiliki ketelitian ukir lebih baik dibandingkan metode manual.

Selain itu, penerapan sistem pengaturan tekanan otomatis menggunakan sensor load cell memberikan dampak nyata terhadap peningkatan presisi ukiran. Tekanan pahat yang stabil memungkinkan hasil ukir lebih konsisten dalam kedalaman dan detail kontur pola. Hal ini menunjukkan bahwa aspek teknis inovasi yang direncanakan pada awal kegiatan telah berhasil diimplementasikan secara fungsional dan aplikatif.

##### **Kaitan dengan teori atau PKM sebelumnya**

Secara teoritis, penggunaan mesin CNC berbasis kontrol digital memang mampu meningkatkan presisi dan stabilitas produksi dibandingkan metode manual. Hal ini sejalan dengan konsep Computer Numerical Control yang didasarkan pada pengaturan koordinat gerak mesin secara otomatis melalui sistem kontrol mikroprosesor. Kontrol adaptif dapat meningkatkan kualitas permukaan dan stabilitas pemotongan. (Zhang & Wang, 2019) Inovasi pengaturan tekanan otomatis menggunakan load cell juga mendukung teori pengendalian loop tertutup (closed-loop control system) yang bertujuan menjaga kesesuaian output dengan parameter yang diinginkan.

Kegiatan PKM ini juga relevan dengan berbagai program pengabdian masyarakat sebelumnya yang mengusung konsep teknologi tepat guna dalam memberdayakan UMKM. Namun, perbedaan utama kegiatan ini terletak pada inovasi pengaturan tekanan pahat otomatis, yang belum banyak diterapkan pada skala kerajinan desa. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya mereplikasi program yang telah ada, melainkan memberikan nilai tambah inovatif yang memperkuat kapasitas produksi mitra.

##### **Faktor pendukung dan kendala kegiatan**

Pelaksanaan program berjalan lancar karena adanya beberapa faktor pendukung, antara lain:

1. Komitmen dan antusiasme peserta dalam mengikuti pelatihan dan praktik langsung,
2. Akses terhadap limbah kayu yang melimpah dari industri mebel setempat,
3. Dukungan kelembagaan dari Karang Taruna dan Pemerintah Desa yang menyediakan fasilitas dan koordinasi kegiatan.

Namun, terdapat pula kendala yang harus diatasi selama program berlangsung. Kendala utama adalah perbedaan tingkat keterampilan awal peserta, yang menyebabkan beberapa peserta membutuhkan waktu lebih lama dalam memahami aspek digital desain. Selain itu, gangguan teknis seperti kalibrasi tekanan load cell perlu dilakukan berulang kali agar sistem bekerja optimal. Kendala ini diatasi melalui pendampingan intensif serta penyediaan modul pelatihan yang sederhana dan mudah dipahami

##### **Dampak jangka pendek dan prospek jangka panjang**

Dampak jangka pendek yang terlihat selama kegiatan berlangsung antara lain peningkatan keterampilan peserta, kemandirian dalam pengoperasian mesin, serta kemampuan menghasilkan produk ukiran dengan kualitas yang lebih konsisten. Selain itu, beberapa peserta mulai menerapkan strategi pemasaran digital sehingga produk kerajinan mulai dikenal oleh konsumen di luar daerah.

Prospek jangka panjang dari kegiatan ini sangat potensial. Dengan kemampuan mengelola mesin CNC secara mandiri, Karang Taruna Rajawali 56 dapat memperluas skala produksi, mengembangkan ragam produk kreatif, serta memperluas jaringan pemasaran ke marketplace nasional. Marketplace online memperluas jangkauan pasar kerajinan desa. (Prasetyo, 2020) Sistem pengaturan tekanan otomatis yang telah diterapkan juga berpotensi untuk dikembangkan menjadi hak kekayaan intelektual (HKI) berupa paten sederhana, yang pada akhirnya dapat meningkatkan daya saing teknologi lokal dan membuka peluang kolaborasi industri.

#### **4. Kesimpulan**

##### **Kesimpulan**

Program pengabdian masyarakat ini berhasil memberikan peningkatan keterampilan teknis kepada pemuda Karang Taruna Rajawali 56 dalam mengoperasikan mesin CNC ukir kayu serta mengaplikasikan desain berbasis CAD/CAM. Penerapan sistem pengaturan tekanan pahat otomatis menggunakan load cell terbukti mampu meningkatkan akurasi ukiran, stabilitas kedalaman ukir, dan kualitas estetika produk jika dibandingkan dengan metode manual yang sebelumnya digunakan. Load cell mampu mempertahankan tekanan kerja sesuai parameter yang ditentukan. (Akbar & Hanif, 2023) Selain peningkatan kualitas produksi, program ini juga berdampak pada peningkatan efisiensi waktu pengerjaan dan pengurangan limbah kayu, sehingga mendukung produktivitas sekaligus penerapan prinsip ekonomi hijau. Ekonomi hijau menekankan pemanfaatan sumber daya secara efisien dan ramah lingkungan. (Hadi, 2020)

Secara sosial dan ekonomi, kegiatan ini mampu memberdayakan pemuda desa dengan membuka peluang usaha baru pada sektor kerajinan kayu kreatif. Produk yang dihasilkan tidak hanya memiliki nilai ekonomi lebih tinggi, tetapi juga memiliki daya saing yang lebih kuat di pasar lokal maupun digital. Dengan keberhasilan ini, kegiatan dapat dikatakan telah mencapai tujuan pemberdayaan dan transfer teknologi tepat guna yang efektif, inovatif, dan berkelanjutan.

##### **Saran**

Untuk keberlanjutan program, disarankan agar Karang Taruna Rajawali 56 membentuk kelompok kerja khusus yang bertanggung jawab atas pengelolaan, pemeliharaan, dan pengembangan mesin CNC. Hal ini penting untuk menjamin bahwa mesin tetap dalam kondisi optimal dan dapat dimanfaatkan dalam jangka panjang. Selain itu, disarankan juga untuk melanjutkan pelatihan lanjutan dalam bidang desain tingkat lanjut, pemrograman CNC, dan digital marketing agar peningkatan keterampilan peserta terus berkembang.

Dari sisi pengembangan usaha, mitra diharapkan dapat menjalin kerja sama dengan pelaku industri kreatif, pengusaha mebel, dan platform pemasaran digital, sehingga produk dapat dipasarkan secara lebih luas dan terstruktur. Program ini juga memiliki potensi untuk diarahkan menuju pendaftaran HKI (Paten Sederhana) terkait sistem pengaturan tekanan otomatis, sehingga inovasi yang dihasilkan dapat memperoleh perlindungan hukum sekaligus meningkatkan nilai tambah teknologi lokal. Dengan demikian, program ini tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga membangun fondasi keberlanjutan ekonomi kreatif berbasis teknologi di Desa Bantur

#### **5. Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Madiun yang telah memberikan dukungan moral, fasilitas, dan kesempatan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Karang Taruna Rajawali 56 Desa Bantur sebagai mitra aktif yang berpartisipasi dalam seluruh rangkaian kegiatan pelatihan, implementasi teknologi, serta produksi kerajinan kayu berbasis mesin CNC.

Selain itu, apresiasi disampaikan kepada Pemerintah Desa Bantur yang telah memberikan dukungan kelembagaan dan sarana sehingga kegiatan ini dapat berlangsung dengan lancar.

*Implementasi Teknologi Mesin CNC Ukir Kayu dengan Sistem Pengaturan Tekanan Otomatis untuk Meningkatkan Presisi Produksi Kerajinan Kayu di Desa Bantur, Kabupaten Malang- Deni Nur Fauzi, et.al*

Seluruh kontribusi dan kerja sama yang baik dari berbagai pihak telah menjadi faktor penting dalam keberhasilan kegiatan pengabdian ini..

## 6. Daftar Pustaka

- Aji, M. P., & Yusuf, A. (2022). Pengembangan Produk Kerajinan Berbasis Limbah Kayu. *Jurnal Seni Dan Desain Nusantara*, 4(2), 55–64.
- Akbar, T., & Hanif, M. (2023). Analisis Penerapan Sensor Load Cell dalam Sistem Kontrol Otomatis. *Jurnal Kontrol & Sensor*, 10(1), 55–63.
- Bolton, W. (2021). *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*. Pearson.
- Fraden, J. (2016). *Handbook of Modern Sensors*. Springer.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley & Sons.
- Hadi, S. (2020). Green Economy dalam Pengembangan UMKM Berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi & Lingkungan*, 8(2), 77–85.
- Hughes, A., & Drury, B. (2019). *Electric Motors and Drives*. Newnes.
- Kalpajian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson Education.
- Nations, U. (2020). *Sustainable Development Goals Report 2020*.
- Nugraha, W. (2021). Pengaruh Kecepatan Spindle terhadap Kualitas Ukiran Kayu. *Jurnal Teknologi Kayu*, 5(2), 66–75.
- PDTT, K. D. (2022). *Pemberdayaan Karang Taruna Berbasis Ekonomi Kreatif*.
- Prasetyo, R. (2020). Pemasaran Digital Produk Kerajinan Lokal. *Jurnal Ekonomi Kreatif Digital*, 2(3), 110–121.
- Rahmawati, D. (2022). Pemberdayaan Pemuda Desa melalui Pelatihan Teknologi Tepat Guna. *Jurnal Dedikasi Nusantara*, 7(1), 89–97.
- Santoso, A. (2019). Desain Produk dalam Industri Kerajinan Lokal. *Jurnal Kewirausahaan Kreatif*, 3(1), 25–32.
- Setiawan, E., & Surono, D. (2023). Evaluasi Kualitas Ukiran Menggunakan Mesin CNC. *Jurnal Mesin & Material*, 12(4), 144–152.
- Singh, S., & Kumar, P. (2020). Load Cell Based Force Measurement System. *International Journal of Engineering Research*, 9(2), 45–50.
- Siregar, R., & Putra, H. (2021). Penerapan CNC Router pada Industri Kreatif Kayu. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan*, 6(1), 33–40.
- Timur, B. P. S. J. (2023). *Statistik Industri Mikro Kecil Jawa Timur*.
- Wahyudi, B., & Ramadhan, F. (2021). Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Mesin CNC untuk UMKM. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berdaya*, 5(3), 101–110.
- Zhang, Q., & Wang, Y. (2019). Adaptive Feed Rate Control for CNC Milling Operations. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 12–21.