

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

Imam Saukani¹, Agus Sukoco Heru Sumarno¹, Achmad Zaini², Prasetyo Hermawan³

¹Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Jurusan Administrasi Niaga, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

³Jurusan Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia

Penulis korespondensi : Imam Saukani

E-mail : imam.saukani@polinema.ac.id

Diterima: 24 September 2025 | Disetujui: 17 Januari 2026 | Online: 05 Februari 2026

© Penulis 2026

Abstrak

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional, namun masih menghadapi berbagai keterbatasan, khususnya pada aspek efisiensi produksi dan manajemen usaha. UMKM Dodik Alfi di Kabupaten Blitar merupakan pelaku industri kreatif kerajinan tas anyaman yang mengalami kendala pada proses pemotongan pita yang masih dilakukan secara manual serta pencatatan keuangan yang belum terstruktur. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan level keberdayaan mitra melalui penerapan teknologi tepat guna dan pendampingan manajemen usaha. Metode yang digunakan adalah pendekatan partisipatif yang meliputi identifikasi masalah, perancangan solusi, implementasi teknologi, pelatihan, dan evaluasi dampak. Solusi yang diterapkan berupa alat pemotong pita otomatis berbasis counter inkremental serta sistem pencatatan keuangan digital berbasis spreadsheet. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan efisiensi waktu pemotongan pita sebesar 53–65% dan peningkatan kapasitas produksi hingga lebih dari 2,5 kali lipat dibandingkan metode manual. Pada aspek manajemen, skor persepsi kemudahan pengelolaan keuangan mitra meningkat dari 1,2 menjadi 4,8 berdasarkan skala Likert. Penerapan teknologi dan manajemen ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas, kualitas produk, serta kemampuan mitra dalam mengelola usaha secara lebih profesional dan berkelanjutan.

Kata kunci: pemotongan pita otomatis; pengabdian kepada masyarakat; teknologi tepat guna; umkm; produktivitas; pemberdayaan mitra.

Abstract

Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) play a strategic role in the national economy but often face limitations in production efficiency and business management. UMKM Dodik Alfi in Blitar Regency, a creative industry producing woven handicraft bags, experiences challenges related to manual ribbon cutting processes and unstructured financial record-keeping. This community service program aims to enhance productivity and partner empowerment through the application of appropriate technology and business management assistance. A participatory approach was employed, including problem identification, solution design, technology implementation, training, and impact evaluation. The proposed solutions consisted of an automatic ribbon cutting machine based on an incremental counter and a digital financial recording system using spreadsheets. The results indicate a reduction in cutting time efficiency of 53–65% and an increase in production capacity of more than 2.5 times compared to manual methods. In terms of management, the partner's perceived ease of financial management improved significantly, with the average Likert scale score increasing from 1.2 to 4.8. These findings demonstrate that the implementation of appropriate technology and management assistance effectively improves productivity, product quality, and the sustainability of MSME operations.

Keywords: automatic ribbon cutting; community service; appropriate technology; msmes; productivity; partner empowerment.

PENDAHULUAN

Industri Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) sektor kerajinan dan dekorasi merupakan pilar penting ekonomi nasional yang menyerap banyak tenaga kerja. Namun, hasil observasi pada mitra UMKM [Sebutkan Nama Mitra/Lokasi jika ada] menunjukkan bahwa proses produksi masih didominasi oleh metode konvensional, khususnya dalam pemotongan pita sebagai bahan baku utama. Saat ini, mitra melakukan pemotongan secara manual menggunakan gunting dan penggaris kayu. Metode ini menimbulkan beberapa permasalahan krusial bagi mitra: (1) rendahnya produktivitas karena waktu pemotongan yang lama; (2) tingginya angka human error yang menyebabkan panjang potongan tidak seragam; serta (3) adanya pemborosan material (waste) akibat sisa potongan yang tidak presisi. Ketergantungan pada keterampilan manual operator ini menjadi hambatan utama bagi mitra dalam memenuhi target pesanan skala besar dengan kualitas yang konsisten.

Upaya mengatasi permasalahan presisi dan efisiensi pada skala industri kecil telah banyak dikaji dalam literatur. Penggunaan mikrokontroler sebagai otak sistem otomatisasi terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan (Yantidewi et al., 2021). Salah satu metode yang dapat meningkatkan akurasi pengendalian motor adalah penggunaan algoritma kendali Proportional-Integral-Derivative (PID). Kendali PID telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi industri karena kemampuannya menyesuaikan respons sistem terhadap error, baik dari sisi kecepatan, kestabilan, maupun presisi (J. Chen, Omidvar, Azad, & Yao, 2017)(Verma & Padhy, 2020). Dengan memanfaatkan umpan balik dari sensor, PID dapat mengoreksi perbedaan antara setpoint dengan hasil aktual, sehingga kesalahan panjang potongan dapat diminimalkan (Alaameri, Ramadhan, Maklakov, & Gasiyarov, 2023). Pada sistem pemotong pita, penerapan kontrol PID pada motor DC memungkinkan kecepatan penarikan pita lebih stabil dan panjang potongan lebih konsisten. Selain itu, penggunaan rotary encoder sebagai sensor umpan balik telah terbukti memberikan akurasi posisi yang jauh lebih tinggi dibandingkan penghitungan manual (Y.-C. Chen & Shen, 2018). Meskipun teknologinya sudah tersedia, aksesibilitas teknologi ini bagi pelaku UMKM masih terbatas karena kendala biaya dan kurangnya literasi teknologi di tingkat pengrajin.

Sebagai solusi atas permasalahan mitra tersebut, diusulkan sebuah program pengabdian berupa penerapan teknologi tepat guna (TTG) berupa alat pemotong pita otomatis berbasis mikrokontroler ESP32. Berbeda dengan alat industri pabrikan yang mahal, sistem ini dirancang dengan biaya terjangkau namun memiliki fitur presisi tinggi melalui integrasi kontrol PID pada motor DC dan counter inkremental. Alat ini dilengkapi dengan antarmuka yang ramah pengguna (user-friendly) berupa LCD dan keypad, sehingga memudahkan operator di tingkat UMKM untuk menentukan panjang potongan tanpa memerlukan keahlian teknis yang rumit. Penggunaan driver BTS7960 memastikan alat mampu bekerja dalam durasi lama untuk mendukung peningkatan kapasitas produksi mitra.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mentransformasi proses produksi mitra dari manual menjadi otomatis guna meningkatkan produktivitas dan kualitas produk. Secara spesifik, pengabdian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pemotong pita otomatis yang presisi bagi mitra, mengedukasi mitra dalam pengoperasian teknologi kendali PID, serta mengevaluasi efektivitas penggunaan alat dalam mengurangi limbah material dan waktu produksi. Melalui solusi praktis ini, diharapkan daya saing mitra UMKM dapat meningkat seiring dengan peningkatan efisiensi kerja di era digitalisasi industri.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan pada tahun 2025 yang berlokasi di bengkel produksi Mitra UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar. Mitra ini merupakan usaha yang bergerak di bidang kerajinan yang melibatkan penggunaan pita dalam volume besar. Partisipan dalam kegiatan ini

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

adalah pemilik usaha beserta para karyawan yang terlibat langsung dalam proses produksi. Metode yang digunakan adalah penerapan teknologi tepat guna (TTG) yang dikombinasikan dengan metode pelatihan dan pendampingan teknis secara langsung (on-site).

Tahap Persiapan

Pada tahap ini, tim melakukan observasi terhadap kendala teknis yang dihadapi oleh karyawan UMKM Dodik Alfi dalam memotong pita secara manual. Berdasarkan analisis permasalahan tersebut, tim merancang solusi teknologi berupa mesin pemotong pita otomatis.

- Pengembangan Sistem: Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan integrasi algoritma Proportional–Integral–Derivative (PID) untuk mengatur kecepatan motor DC secara stabil.
- Akurasi Pengukuran: Untuk memastikan hasil potongan presisi bagi kebutuhan mitra, digunakan rotary encoder inkremental. Panjang pita (L) dihitung secara digital berdasarkan jumlah pulsa (N) yang dihasilkan oleh putaran roller berdiameter (D) melalui persamaan (1).

$$L = \frac{N}{CPR} \times \pi D \quad \dots\dots (1)$$

- Rancang Bangun: Rangka alat didesain ergonomis agar mudah dioperasikan oleh karyawan di ruang produksi yang terbatas, menggunakan material besi hollow dan pisau pemotong yang tahan lama.

Tahap Pelaksanaan (Implementasi dan Pelatihan)

Fase ini difokuskan pada penerapan alat di lokasi mitra melalui langkah-langkah berikut:

- Instalasi dan Uji Coba: Pemasangan unit mesin di bengkel produksi Dodik Alfi dan pengujian akurasi pemotongan pada berbagai variasi jenis pita yang dimiliki mitra.
- Demonstrasi Teknologi: Memberikan penjelasan kepada mitra mengenai keunggulan kontrol PID dalam meminimalkan kesalahan potong dibandingkan metode manual.
- Pelatihan Karyawan: Tim memberikan tutorial dan pendampingan kepada karyawan mengenai tata cara penggunaan alat, mulai dari memasukkan nilai panjang melalui keypad, proses penggantian gulungan pita, hingga prosedur keselamatan kerja (tombol emergency stop).

Tahap Evaluasi dan Monitoring

Keberhasilan kegiatan diukur melalui beberapa teknik evaluasi untuk memastikan alat memberikan dampak positif bagi UMKM Dodik Alfi:

- Observasi Produktivitas: Membandingkan kecepatan dan presisi hasil kerja karyawan saat menggunakan alat otomatis versus metode manual sebelumnya.
- Wawancara dan Kuesioner: Menggali respon dari pemilik dan karyawan terkait kemudahan operasional alat serta dampaknya terhadap penurunan sisa bahan (waste).
- Monitoring Berkala: Melakukan pemantauan pasca-pelatihan untuk memastikan alat tetap berfungsi optimal dan memberikan solusi berkelanjutan bagi proses produksi di Kabupaten Blitar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil utama kegiatan pengabdian ini adalah terwujudnya satu unit alat pemotong pita otomatis berbasis counter inkremental yang diterapkan langsung pada proses produksi UMKM Dodik Alfi. Alat ini dirancang untuk menghasilkan potongan pita dengan panjang yang konsisten dan waktu penggerjaan yang lebih singkat dibandingkan metode manual. Implementasi teknologi ini mengantikan proses pengukuran dan pemotongan pita secara konvensional yang sebelumnya dilakukan menggunakan alat ukur manual dan gunting, yang cenderung tidak presisi dan memerlukan waktu lama.

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

Hasil pengujian kinerja alat menunjukkan adanya peningkatan efisiensi waktu yang signifikan. Untuk jumlah produksi 50 hingga 500 potong pita, waktu penggerjaan mengalami pengurangan sebesar 53% hingga 65%. Pada produksi 500 potong pita, waktu pemotongan berkurang dari 150 menit menggunakan metode manual menjadi 52 menit menggunakan alat otomatis. Peningkatan efisiensi ini berdampak langsung pada lonjakan kapasitas produksi per jam, dari sekitar 200 potong pita per jam menjadi 429–577 potong pita per jam. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi tepat guna mampu meningkatkan produktivitas mitra lebih dari 2,5 kali lipat tanpa penambahan tenaga kerja.

Secara kualitatif, mitra juga melaporkan hasil potongan pita menjadi lebih seragam dan rapi, sehingga kualitas produk anyaman meningkat dan limbah bahan baku dapat ditekan. Hasil ini sejalan dengan konsep teknologi tepat guna yang menekankan kesesuaian teknologi dengan kebutuhan dan kapasitas pengguna, serta memberikan dampak langsung pada efisiensi dan kualitas produksi UMKM.

Alat pemotong pita otomatis yang sedang beroperasi dapat dilihat pada Gambar 5. Proses demo alat yang dilakukan di UMKM Dodik Alfi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Alat pemotong pita otomatis yang beroperasi.



Gambar 6. Alat pemotong pita otomatis yang beroperasi.

Prosedur pengujian dimulai dengan memasukkan panjang pita pada keypad dengan variasi setpoint 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, dan 100 cm. Setiap setpoint diuji sebanyak lima kali. Sistem menarik pita sesuai setpoint, menghentikan motor DC ketika panjang tercapai, lalu mengaktifkan motor pemotong. Panjang aktual pita diukur menggunakan alat ukur manual untuk memastikan validitas hasil. Pada pengujian awal, sistem dijalankan tanpa algoritma PID, sehingga motor DC bekerja hanya berdasarkan sinyal PWM statis. Hasil pengujian menunjukkan adanya deviasi panjang pita yang relatif besar, yaitu antara 0,5 hingga 1,5 cm. Deviasi ini disebabkan oleh variasi kecepatan motor, beban roller, dan inersia mekanik. Setelah menerapkan algoritma PID dengan parameter hasil tuning $K_p=0.03$, $K_i=0$,

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

$K_d=0.01$, akurasi sistem meningkat signifikan. Rata-rata error dapat ditekan hingga $\pm 0,2$ cm, jauh lebih kecil dibandingkan tanpa PID. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol PID mampu mengoreksi error secara real-time sehingga kecepatan motor lebih stabil dan panjang pita yang ditarik lebih konsisten.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Potongan Pita 1

Setpoint (cm)	Hasil 1	Rata-rata	Error Rata-rata
50	49.9	49.9	0.1
60	59.8	59.9	0.1
70	70.2	70	0.1
80	80.3	80	0.2
90	89.7	90	0.2
100	100.1	100.1	0.1

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Potongan Pita 2

Setpoint (cm)	Hasil 1	Rata-rata	Error Rata-rata
50	49.8	49.9	0.1
60	60.1	59.9	0.1
70	69.9	70	0.1
80	79.9	80	0.2
90	90.1	90	0.2
100	100.2	100.1	0.1

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Potongan Pita 3

Setpoint (cm)	Hasil 1	Rata-rata	Error Rata-rata
50	50.1	49.9	0.1
60	59.9	59.9	0.1
70	70	70	0.1
80	80.1	80	0.2
90	90	90	0.2
100	99.9	100.1	0.1

Hasil pada Tabel 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan tingkat akurasi tinggi. Rata-rata error di seluruh variasi setpoint berada pada kisaran 0,1–0,2 cm, yang masih dalam batas toleransi untuk aplikasi skala UMKM. Perbedaan error antara setpoint juga relatif kecil, menunjukkan konsistensi performa sistem.

Selain intervensi pada aspek produksi, kegiatan ini juga menghasilkan peningkatan signifikan pada aspek manajemen usaha melalui penerapan sistem pencatatan keuangan digital berbasis spreadsheet. Sebelum kegiatan pengabdian, pencatatan keuangan mitra dilakukan secara manual, tidak terstruktur, dan tidak konsisten, sehingga menyulitkan evaluasi kinerja usaha serta pengambilan keputusan bisnis.

Untuk mengukur dampak intervensi ini secara objektif, dilakukan evaluasi menggunakan angket persepsi dengan skala Likert 1–5 melalui pendekatan pre-test dan post-test. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan skor rata-rata persepsi kemudahan pengelolaan keuangan dari 1,2 (kategori sangat sulit) menjadi 4,8 (kategori sangat mudah). Peningkatan paling signifikan terjadi pada indikator kemudahan mengetahui laba-rugi usaha, kemudahan rekapitulasi bulanan, serta akses data transaksi, yang seluruhnya meningkat dari skor 1 menjadi skor 5.

Penerapan pencatatan digital memberikan kemudahan dalam kalkulasi otomatis, mengurangi kesalahan pencatatan, serta memungkinkan mitra untuk memantau kondisi keuangan secara real-time melalui perangkat seluler. Dampak ini menunjukkan terjadinya transformasi manajemen usaha dari pola intuitif menjadi berbasis data, yang merupakan fondasi penting bagi keberlanjutan dan pengembangan UMKM.

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada UMKM Dodik Alfi di Kabupaten Blitar berhasil meningkatkan produktivitas dan level keberdayaan mitra melalui penerapan teknologi tepat guna dan pendampingan manajemen usaha. Implementasi alat pemotong pita otomatis berbasis counter inkremental terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu produksi secara signifikan serta meningkatkan kapasitas produksi lebih dari 2,5 kali lipat dibandingkan metode manual. Selain itu, kualitas hasil potongan pita menjadi lebih konsisten, sehingga mendukung peningkatan mutu produk kerajinan yang dihasilkan.

Pada aspek manajemen, penerapan sistem pencatatan keuangan digital berbasis spreadsheet memberikan dampak positif yang nyata terhadap kemampuan mitra dalam mengelola keuangan usaha. Terjadi peningkatan signifikan pada kemudahan pencatatan transaksi, rekapitulasi keuangan, serta pemahaman kondisi laba-rugi usaha. Secara keseluruhan, integrasi solusi teknologi produksi dan manajemen usaha ini mampu mendorong UMKM menuju pengelolaan usaha yang lebih efisien, profesional, dan berkelanjutan.

Untuk menjaga keberlanjutan dampak program, mitra disarankan untuk mengoptimalkan penggunaan alat pemotong pita otomatis secara konsisten dalam seluruh proses produksi serta melakukan perawatan rutin guna menjaga kinerja alat. Penerapan pencatatan keuangan digital juga perlu dilakukan secara berkelanjutan agar dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan pengambilan keputusan usaha.

Pada kegiatan pengabdian selanjutnya, disarankan dilakukan pengembangan lanjutan pada aspek manajemen usaha lainnya, seperti pemasaran digital, penguatan merek produk, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia. Selain itu, pengembangan teknologi lanjutan yang terintegrasi dengan proses produksi lainnya berpotensi memberikan dampak yang lebih luas bagi peningkatan daya saing UMKM sejenis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, yang telah memberikan dukungan pendanaan penuh untuk pelaksanaan program pengabdian ini. Program ini dapat terlaksana melalui skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat (PBM) yang dikelola oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat pada tahun anggaran 2025. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Politeknik Negeri Malang atas segala dukungan fasilitas dan administrasi. Terakhir, penghargaan tertinggi kami berikan kepada mitra kami, UMKM Dodik Alfi, atas kerja sama dan partisipasi aktifnya yang luar biasa selama program berlangsung

DAFTAR RUJUKAN

Abdul Jamil, I. A., & Moghavvemi, M. (2021). Optimization of PID controller tuning method using evolutionary algorithms. *2021 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, 1–7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/i-PACT52855.2021.9696875>

Ahamed, S. R., Parumasivam, P., Lipu, M. S. H., Hannan, M. A., & Ker, P. J. (2020). A comparative evaluation of PID-based optimisation controller algorithms for DC motor. *International Journal of Automation and Control*, 14(5–6), 634. <https://doi.org/10.1504/IJAAC.2020.110076>

Alaameri, K. J., Ramadhan, A. J., Maklakov, A. S., & Gasiyarov, V. R. (2023). Design of PID controller for liquid level in tanks using TIA Portal and FACTORY I/O programs. *AIP Conference Proceedings*, 020103. <https://doi.org/10.1063/5.0181881>

Betala, R., & Nangrani, S. P. (2023). Comparison of performance of fractional order PID controller with conventional controller for industrial applications. *2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)*, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICICACS57338.2023.10099955>

Bleicher, F., Biermann, D., Drossel, W.-G., Moehring, H.-C., & Altintas, Y. (2023). Sensor and actuator integrated tooling systems. *CIRP Annals*, 72(2), 673–696. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2023.05.009>

Alat pemotong pita otomatis berbasis *counter inkremental* untuk mendukung produktivitas ekspor di UMKM Dodik Alfi, Kabupaten Blitar

Chen, J., Omidvar, M. N., Azad, M., & Yao, X. (2017). Knowledge-based particle swarm optimization for PID controller tuning. *2017 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 1819–1826. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CEC.2017.7969522>

Chen, Y.-C., & Shen, S.-C. (2018). Design and fabrication of high resolution diffractive optical encoder. *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, 39(3), 311.

Denis, Christyono, Y., Adi Soetrisno, Y. A., & Surya Pratama, A. F. (2024). Design analysis of brushless direct current motors made of copper and aluminum conductors for better performance and cost-effectiveness. *2024 11th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 82–89. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE62763.2024.10761963>

Johnson, N., Mohan, K. J., Janson, K. E., & Jose, J. (2013). Optimization of incremental optical encoder pulse processing. *2013 International Multi-Conference on Automation, Computing, Communication, Control and Compressed Sensing (iMac4s)*, 769–773. IEEE. <https://doi.org/10.1109/iMac4s.2013.6526510>

Luo, Y.-C., Xie, S.-Y., Lin, C.-H., & Kuo, Y.-P. (2021). Speed estimation of direct torque control permanent magnet synchronous motor drive based on back electromotive force. *Sensors and Materials*, 33(1), 357. <https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3019>

R. Sree Ezhil, V., S. Rangesh Sriram, B., Vijay, R. C., Yeshwant, S., Sabareesh, R. K., Dakkshesh, G., & Raffik, R. (2022). Investigation on PID controller usage on unmanned aerial vehicle for stability control. *Materials Today: Proceedings*, 66, 1313–1318. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.134>

Ungku Amirulddin, U. A., Ab Aziz, N. F., Baharuddin, M. Z., Nordin, F. H., & Johari, M. N. S. (2020). Development of a WiFi smart socket and mobile application for energy consumption monitoring. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1289-6_10

Vdovichenko, O., & Perepelitsyn, A. (2025). Analysis of nomenclature of microcontrollers: Decision-making during building of home automation elements. *Communications in Computer and Information Science*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94845-9_43

Verma, B., & Padhy, P. K. (2020). Robust fine tuning of optimal PID controller with guaranteed robustness. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(6), 4911–4920. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2924603>

Yantidewi, M., Jatmiko, B., Sucahyo, I., Kholid, A., Lestari, N. A., & Deta, U. A. (2021). Getting to know the last five years trend on microcontroller research: A bibliometric analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2110(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2110/1/012006>