

RANCANG BANGUN MESIN PENGHANCUR DAN PEMERAS KUNYIT KAPASITAS 5 KG DENGAN KENDALI PLC DAN HMI

Oleh : Eriko Arvin Karuniawan, Adi Wasono, Arya Andra Saputra, Bernardinus Oxavitu Cosari Adiwibowo, Dinda Inzania Faghfirli, Indra Permana

Jurusan Teknik Elektro, Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Politeknik Negeri Semarang

Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

E-mail: eriko@polines.ac.id

Abstrak

Kunyit (*curcuma longa*) merupakan bahan baku dalam pembuatan jamu tradisional karena kandungan kurkuminyang yang berfungsi sebagai anti-oksidan dan anti-inflamasi. Proses produksi jamu kunyit di skala UMKM masih banyak dilakukan secara manual, terutama pada tahap penghancuran dan pemerasan, sehingga membutuhkan banyak tenaga, waktu, dan berpotensi menurunkan higienitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin penghancur dan pemeras kunyit berkapasitas 5 kg yang dikendalikan secara otomatis. Mesin menggunakan PLC sebagai sistem kendali serta dilengkapi sistem monitoring SCADA dan HMI. Metode yang digunakan meliputi perancangan mesin dan sistem kontrol, dilanjutkan dengan pengujian keandalan mesin. Berdasarkan hasil pengujian pada beban 5 kg, mesin mampu menyelesaikan satu siklus produksi dalam waktu 8 menit 51 detik dan efektivitas pemerasan mencapai 30,2% terhadap berat bahan awal. Waktu ini relatif lebih singkat dibandingkan proses manual pada UMKM yang umumnya membutuhkan waktu 1 jam 30 menit untuk kapasitas 15 kg. Konsumsi daya sekitar 0,85 kWh per siklus dengan biaya operasional listrik per siklus produksi diperkirakan sekitar Rp 1.228. Hal ini menunjukkan efisiensi waktu yang signifikan sekaligus penggunaan energi yang terukur dibandingkan metode manual.

Kata kunci : HMI, jamu, kunyit, PLC, pemeras, penghancur, SCADA

Abstract

Turmeric (*Curcuma longa*) is a primary raw material in the production of traditional herbal medicine due to its curcumin content, which functions as an antioxidant and anti-inflammatory agent. In small and medium enterprises (SMEs), the production process of turmeric-based herbal medicine is still largely carried out manually, particularly in the crushing and pressing stages, which requires considerable labor and time and may reduce product hygiene. This study aims to design and develop a 5 kg capacity turmeric crusher and press machine with an automatic control system. The machine is equipped with a PLC as the control unit and supported by SCADA and HMI monitoring systems. The methodology includes machine and control system design, followed by reliability testing. Experimental results at a 5 kg load show that the machine can complete one production cycle in 8 minutes and 51 seconds, with a pressing efficiency of 30.2% of the initial raw material weight. This processing time is shorter compared to manual methods in SMEs, which typically require about 1 hour and 30 minutes for a 15 kg capacity. The machine consumes approximately 0.85 kWh of energy per cycle, with an estimated operating cost of about Rp 1,228 per production cycle. These results demonstrate significant time efficiency as well as measurable energy usage compared to manual methods.

Keywords: Crusher, herbal medicine, HMI, PLC, press, SCADA, SMEs, turmeric

1. PENDAHULUAN

Kunyit (*Curcuma longa*), anggota keluarga *Zingiberaceae*, merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia (Rusli dkk., 2024). Kandungan utamanya, yaitu kurkumin, telah lama dikenal memiliki beragam khasiat farmakologis, di antaranya antioksidan, anti-

inflamasi, anti-rematik, antikanker, dan antifibrotik. Sifat antioksidannya mampu menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel, DNA, hingga menyebabkan kematian sel (Nursupriana dkk., 2022). Keunggulan tersebut menjadikan kunyit bahan penting dalam pembuatan obat herbal tradisional, salah satunya jamu kunyit asam (Tito dkk., 2021).

Meskipun potensial, produksi jamu kunyit pada skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) masih menghadapi kendala efisiensi (Ummah & Lisdiana, 2021). Hasil pengamatan di salah satu rumah produksi jamu di Kampung Jamu Mijen, Semarang, menunjukkan bahwa sebagian besar proses, khususnya pemerasan kunyit, masih dilakukan secara manual. Proses ini membutuhkan waktu cukup lama, tenaga kerja yang besar, serta menghasilkan kapasitas produksi yang terbatas. Permasalahan tersebut mendorong perlunya inovasi berupa rancang bangun mesin penghancur dan pemeras kunyit berbasis *programmable logic controller* (PLC) dengan *human machine interface* (HMI). Kehadiran mesin ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, mempercepat waktu proses, menghasilkan ekstrak kunyit yang lebih konsisten, serta mendukung daya saing UMKM jamu di tengah meningkatnya kebutuhan pasar.

2. TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan Kunyit

Kunyit (*Curcuma longa* Linn.) merupakan tanaman dari keluarga *Zingiberaceae* yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Bagian rimpangnya memiliki kandungan kurkuminoid dan minyak atsiri yang berperan dalam aktivitas farmakologis seperti antiinflamasi, antioksidan, serta sebagai pewarna dan penyedap alami (Sitoresmi dkk., 2019). Pada industri jamu, kunyit diolah dengan cara pencucian, pengupasan, pemotongan, penghancuran, dan pemerasan untuk menghasilkan sari pati yang kemudian dicampur dengan bahan lain, misalnya asam jawa dan gula, sehingga menjadi minuman jamu kunyit asam (Adriani & Pritasari, 2024).

2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengatur logika kontrol secara

otomatis melalui program yang dapat disusun ulang sesuai kebutuhan. PLC terdiri dari komponen utama yaitu unit masukan (input), pengendali (CPU), dan keluaran (output). Prinsip kerjanya adalah menerima sinyal dari sensor atau saklar, memproses sesuai logika program, lalu mengirimkan sinyal ke aktuator atau perangkat keluaran. PLC mendukung berbagai bahasa pemrograman, salah satunya diagram tangga (*ladder diagram*) yang menyerupai rangkaian listrik sehingga mudah dipahami (Wang, 2021). Dengan fleksibilitas dan kemudahan integrasi, PLC banyak digunakan pada sistem kendali industri modern (Ye, 2024).

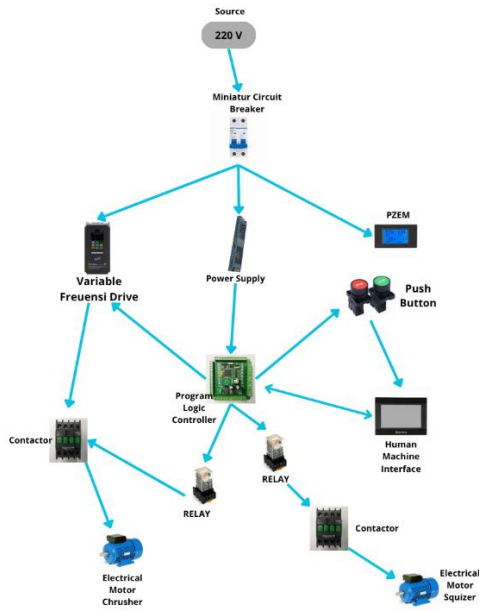
2.3 Human Machine Interface (HMI)

HMI adalah antarmuka visual yang memungkinkan operator berinteraksi langsung dengan sistem otomasi, termasuk PLC. HMI menampilkan data proses secara real-time dalam bentuk grafik, angka, maupun alarm, sekaligus menyediakan fitur pengaturan parameter sistem. Perangkat ini umumnya berupa panel layar sentuh atau komputer industri yang memudahkan monitoring dan kontrol proses produksi. Keberadaan HMI meningkatkan transparansi, efisiensi, serta kecepatan pengambilan keputusan pada sistem industri berbasis otomasi (François dkk., 2017).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Sistem

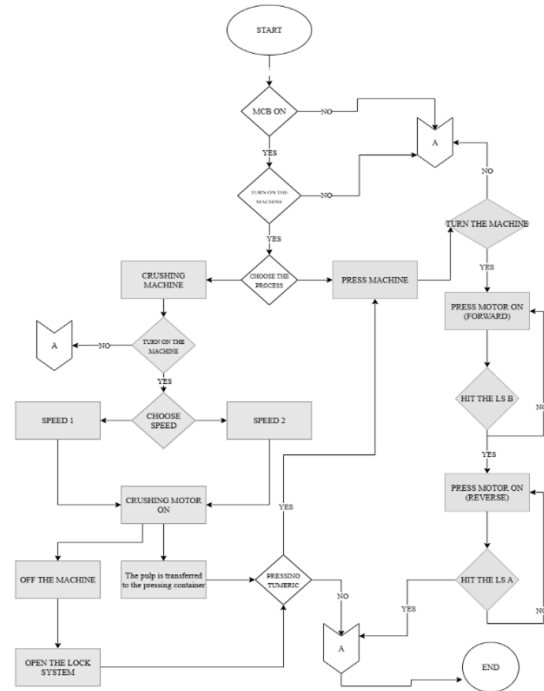
Blok sistem kendali disusun untuk menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem secara sederhana dan terstruktur. Blok sistem memberikan gambaran umum alur sinyal dan energi dari sumber daya ke aktuator serta sistem control.



Gambar 3.1 Diagram Alir Daya Mesin

3.2 Flowchart Sistem

Bagan alir atau *flowchart* digunakan untuk menjelaskan urutan proses kerja alat secara logis dan sistematis. Gambar 3.2 menunjukkan langkah operasi mulai dari masukan pengguna hingga keluaran alat. Bagan alir pada Gambar 3.2 memperlihatkan alur kerja mesin secara keseluruhan, dimulai dari proses inisialisasi ketika MCB diaktifkan hingga mesin siap beroperasi. Setelah itu, pengguna dapat memilih jenis proses yang dijalankan, yaitu penghancuran atau pemerasan kunyit. Pada proses penghancuran, pengguna dapat menentukan kecepatan motor (Rangkuti dkk., 2020), kemudian hasil gilingan dipindahkan ke wadah pemeras. Proses pemerasan bekerja dengan pengendalian arah motor maju dan mundur menggunakan limit switch sebagai batas kerja. Seluruh rangkaian operasi ini menggambarkan integrasi antara sistem mekanis dan sistem kendali otomatis, sehingga setiap tahap dapat berlangsung secara berurutan, terstruktur, dan sesuai dengan fungsi yang dirancang.



Gambar 3.2 Flowchart Mesin Penghancur Kunyit

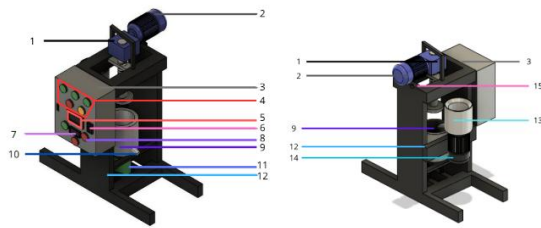
3.3 Desain Mekanik Mesin

Mesin penghancur dan pemeras kunyit ini dirancang menggunakan suplai daya listrik sebesar 220 volt yang menjadi sumber utama untuk menggerakkan sistem. Daya tersebut digunakan untuk mengoperasikan variable speed drive (VSD) yang berfungsi mengendalikan motor listrik. Melalui VSD, motor dapat diatur kecepatannya sesuai kebutuhan proses, sekaligus memiliki kemampuan bergerak dalam dua arah, yaitu maju (forward) maupun mundur (reverse). (Rahmania dkk., 2022) Sistem kendali pada mesin sepenuhnya diatur oleh *programmable logic controller* (PLC) yang bertugas mengeksekusi logika kerja sesuai program yang telah dirancang. PLC kemudian berkomunikasi dengan HMI sebagai media antarmuka, sehingga operator dapat memantau kondisi mesin secara real-time sekaligus mengatur parameter operasi melalui tampilan grafis yang sederhana dan intuitif (Tan dkk., 2022).

Pada mesin ini digunakan dua buah motor dengan fungsi yang berbeda. Motor pertama difungsikan sebagai penggerak

proses penghancuran kunyit, sedangkan motor kedua bertugas sebagai penggerak proses pemerasan untuk mengekstrak sari kunyit. Kombinasi dua motor ini memungkinkan proses berjalan lebih efisien, di mana tahap penghancuran dan pemerasan dapat dilakukan secara berurutan dengan kendali yang presisi. Integrasi antara suplai daya, VSD, PLC, dan HMI menjadikan mesin ini mampu beroperasi dengan lebih fleksibel, efisien, serta mendukung peningkatan kualitas hasil produksi jamu kunyit(Putra, 2023).

Rancangan desain alat ini merupakan gambaran visual dari sistem pemeras kunyit otomatis. Dimensi alat adalah panjang 46 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 98 cm dengan struktur rangka menggunakan besi hollow.



Gambar 3.3 Desain tampilan depan dan belakang mesin penghancur dan pemeras kunyit

Tabel 3.1 Komponen Mesin

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Gearbox	1
2	Motor pemeras	1
3	Panel box	1
4	Lampu indikator	5
5	HMI	1
6	VSD	1
7	PZEM	1
8	Push button	2
9	Wadah pemeras	1
10	Saluran ekstrak	1
11	Peredam kejut	1
12	Kerangka alat	1
13	Wadah penghancur	1
14	Motor penghancur	1
15	Limit switch	1

Tabel 3.1 menunjukan bagian-bagian mesin pengahancur dan pemeras kunyit

3.4 Perhitungan pemakaian daya terpasang

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui besar energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem selama proses pemerasan berlangsung. Nilai daya dihitung berdasarkan arus, tegangan, dan faktor daya yang bekerja saat alat dioperasikan(Susanto & Agus Ulinuha, 2017).

Tabel 3.2 Kapasitas Daya Mesin Penghancur

No	Komponen	Jumlah	Daya (W)	Jumlah daya(W)
1	Lampu indikator 220V	1	4,4	4,4
2	Motor listrik satu fasa	1	370	370
3	Catu daya DC			
	Lampu indikator 24VDC	3	4,8	
	PLC Outseal mega v.2 slim	1	5	31,4
	HMI Weintek	1	12	
Total daya				405,8

Tabel 3.2 menunjukkan hasil data daya yang terpasang pada mesin penghancur. Total daya yang dibutuhkan untuk mesin penghancur adalah 585,8 W.

Tabel 3.3 Kapasitas Daya Mesin Pemeras

No	Komponen	Jumlah	Daya (W)	Jumlah Daya (W)
1	Lampu indikator 220V	1	4,4	4,4
2	Motor listrik tiga fasa dan VSD	1	550	550
	Lampu indikator 24VDC	3	4,8	
3	Catu daya DC			
	PLC Outseal mega v.2 slim	1	5	31,4
	HMI Weintek	1	12	
Total daya				585,8

Tabel 3.3 menunjukkan hasil data daya yang terpasang pada mesin pemeras. Total daya yang dibutuhkan untuk mesin pemeras adalah 405,8 W.

3.5 Desain Tampilan HMI

Desain tampilan HMI pada mesin penghancur dan pemeras kunyit dirancang agar operator dapat melakukan pemantauan dan pengendalian proses dengan lebih mudah dan real-time. Pada layar utama ditampilkan indikator limit switch yang berfungsi menunjukkan status kerja sensor batas pada mesin. Indikator ini memberikan informasi apakah posisi mekanis mesin sudah mencapai kondisi aman untuk melanjutkan proses atau masih memerlukan penyesuaian, sehingga operator dapat segera mengambil tindakan yang tepat.

Selain itu, pada HMI juga ditampilkan indikator kecepatan motor yang merepresentasikan nilai putaran aktual motor penghancur maupun pemeras. Informasi tersebut ditampilkan baik dalam bentuk angka maupun grafik batang sehingga operator dapat dengan cepat memahami kondisi operasi. Melalui indikator ini, kecepatan motor dapat dipantau secara langsung dan disesuaikan sesuai kebutuhan proses agar hasil ekstraksi kunyit lebih optimal.

Tampilan HMI juga dilengkapi dengan indikator forward–reverse yang menunjukkan arah putaran motor, apakah berputar maju atau mundur. Indikator ini biasanya divisualisasikan melalui simbol panah atau lampu penanda, sehingga mudah dikenali oleh operator. Informasi arah putaran sangat penting untuk memastikan bahwa mesin bekerja sesuai dengan fungsi yang diinginkan, sekaligus mencegah kesalahan operasi yang dapat memengaruhi kualitas maupun keamanan proses produksi.

Dengan perpaduan indikator limit switch, kecepatan motor, serta forward–reverse, HMI mampu menghadirkan informasi yang lengkap, akurat, dan mudah dipahami. Desain ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi jamu kunyit, tetapi juga mendukung keselamatan serta kenyamanan operator dalam mengoperasikan mesin.



Gambar 3.4 Tampilan alamat menu penghancur pada HMI



Gambar 3.5 Tampilan menu pemeras pada HMI

Gambar 3.4 menunjukkan halaman menu khusus untuk mode penghancur yang memuat parameter pengaturan dan status operasional. Gambar 3.5 menunjukkan halaman menu mode pemeras yang menyajikan informasi dan kontrol terkait proses pemerasan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Mesin penghancur dan pemeras kunyit berbasis PLC dan SCADA HMI berhasil direalisasikan sesuai dengan rancangan awal. Bagian mekanik terdiri atas tabung penghancur berdiameter 22,5 cm dengan tinggi 30,5 cm, serta tabung pemeras yang terdiri dari tabung dalam berdiameter 21,2 cm dan tabung luar berdiameter 28,2 cm dengan tinggi 20,2 cm. Dokumentasi dari berbagai sisi mesin menunjukkan bahwa konfigurasi komponen telah sesuai dengan desain, baik dari segi dimensi maupun fungsionalitas. Pada sisi kendali, sistem menggunakan PLC yang terintegrasi dengan HMI, sehingga operator dapat

mengoperasikan mesin secara otomatis, presisi, dan lebih efisien.

4.2 Karakteristik Bahan Baku

Bahan uji berupa rimpang kunyit segar yang diperoleh dari UMKM jamu tradisional di wilayah Mijen, Semarang. Kunyit telah melalui tahap pencucian dan pembersihan, dengan berat rata-rata per siklus pengujian antara 3 hingga 5 kilogram. Pencatatan karakteristik bahan baku ini menjadi penting untuk memastikan mesin diuji dalam kondisi yang representatif, serta memberikan dasar perhitungan efisiensi ekstraksi pada setiap percobaan.



Gambar 4.1 Hasil pengolahan penghancur kunyit

Pada Gambar 4.1 ditunjukkan hasil dari mesin penghancur kunyit yang selanjutnya dapat diproses untuk diperas menjadi jamu.

4.3 Pengujian Kinerja Mesin

Pengujian kinerja dilakukan dengan mengukur waktu proses, kapasitas hasil perasan, serta efisiensi ekstraksi. Waktu rata-rata yang dibutuhkan mesin adalah sekitar 7 menit 9 detik per siklus. Pada mesin penghancur, arus kerja tercatat 2,8–3,1 A pada 30 Hz dan meningkat menjadi 2,9–3,2 A pada 50 Hz, sedangkan mesin pemeras bekerja pada arus sekitar 3,0 A. Hasil sari kunyit menunjukkan variasi berdasarkan metode pemerasan. Dengan bahan 3 kg, sekali pemerasan menghasilkan 600 ml (20%), sedangkan dua kali pemerasan dengan penutup menghasilkan 820–842 ml (27,3–28%). Kapasitas 5 kg menghasilkan volume tertinggi sebesar 1510 ml (30,2%). Dibandingkan metode manual yang hanya

menghasilkan 19,8–26,7%, penggunaan mesin terbukti lebih efisien dengan peningkatan hasil mencapai 3–7%.

4.4 Pengujian Sistem Kendali dan Monitoring

Pengujian pada sistem kendali membuktikan bahwa komunikasi antara PLC dan HMI SCADA berjalan sinkron. Setiap tombol yang tersedia di HMI, seperti ON/OFF sistem, ON/OFF mesin penghancur dan pemeras, serta pengaturan kecepatan, mampu direspons dengan baik oleh PLC. Indikator kecepatan juga dapat terbaca secara real-time. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang dapat bekerja stabil serta mendukung kenyamanan operator dalam mengendalikan mesin. Konstruksi mesin pengolah kunyit dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Konstruksi mesin penghancur dan pemeras kunyit.

4.5 Analisis Daya dan Biaya Operasional

Hasil pengukuran daya menunjukkan bahwa mesin penghancur yang menggunakan motor tiga fasa bekerja pada daya aktif 212 W, lebih rendah dari daya nominal 550 W, sehingga motor beroperasi pada beban parsial. Mesin pemeras yang menggunakan motor satu fasa mengonsumsi daya sebesar 284 W saat tanpa beban dan meningkat menjadi 314 W saat berbeban, menunjukkan efisiensi sistem yang baik. Secara keseluruhan, konsumsi listrik dalam satu siklus proses tercatat 0,85 kWh. Dengan

tarif dasar listrik Rp 1.444,70/kWh(Suwarna dkk., 2025), biaya operasional per siklus produksi diperkirakan sebesar Rp 1.228.

4.6 Analisis Tambahan

Tahap penghancuran terbukti menjadi faktor krusial dalam meningkatkan hasil pemerasan, karena kunyit yang dihancurkan lebih mudah diekstrak sari patinya. Proses pembersihan wadah penghancur dan saluran setelah pengolahan 5 kg kunyit memerlukan waktu sekitar 3 menit, dengan hasil yang bersih menyeluruh. Hal ini menunjukkan bahwa desain mesin tidak hanya efektif dalam produksi, tetapi juga mudah dalam perawatan kebersihan.

5. KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, A., & Pritasari, W. (2024). Literature Review: Jenis dan Manfaat Jamu di Indonesia. *Biology and Education Journal*, 4(1), 69–79. <https://doi.org/10.25299/baej.2024.16976>
- François, M., Osiurak, F., Fort, A., Crave, P., & Navarro, J. (2017). Automotive HMI design and participatory user involvement: Review and perspectives. *Ergonomics*, 60(4), 541–552. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1188218>
- Nursuprianah, I., Heryandi, Y., & Risdianto, R. (2022). Manfaat Jamu Empon-Empon Untuk Peningkatan Imunitas Tubuh Pada Masa Pandemi Covid-19. *Dimasejati: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 107–117. <https://doi.org/10.70095/dimasejati.v4i1.10846>
- Putra, F. M. D. R. (2023). *Perancangan mesin pemotong kunyit dengan metode TRIZ* [Undergraduate, Widya Mandala Surabaya Catholic University].

Mesin penghancur dan pemeras kunyit kapasitas 5 kg berhasil dirancang, dirakit, dan diuji dengan dukungan sistem kendali berbasis PLC dengan HMI. Mesin ini mampu menggabungkan proses penghancuran dan pemerasan secara efektif dengan konsumsi daya sesuai kebutuhan serta sistem kendali yang aman dan mudah dioperasikan. Hasil uji menunjukkan satu siklus produksi 5 kg kunyit dapat diselesaikan dalam 8 menit 51 detik dengan biaya listrik sekitar Rp 1.228, jauh lebih efisien dibandingkan proses manual. Dari segi hasil, mesin mampu menghasilkan 1510 ml sari kunyit atau sekitar 30,2% dari berat awal, menunjukkan tingkat ekstraksi yang cukup tinggi. Dengan efisiensi waktu, biaya, serta keandalan hasil, mesin ini dinilai efektif dan layak digunakan untuk pengolahan kunyit skala kecil hingga menengah.

<https://repositori.ukwms.ac.id/id/eprint/36076/>

- Rahmania, B., Abdillah, H., & Misri, M. (2022). Analisa Perbandingan Rangkaian Forward Reverse pada Motor Listrik 3 Fasa Manual dengan Berbasis PLC Schneider TM221CE24R. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 157–162. <https://doi.org/10.24853/resistor.5.2.157-162>
- Rangkuti, R. A., Atmam, A., & Zondra, E. (2020). Studi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *JURNAL TEKNIK*, 14(1), 121–128. <https://doi.org/10.31849/teknik.v14i1.2295>
- Rusli, R., Lembang, I. D., Nurhasanah, Sukri, Andira, A., & Aslin, N. (2024). Pemberdayaan Masyarakat pada Sektor Perkebunan Tanaman Kunyit dalam Pelestarian Hasil Pangan Lokal untuk Meningkatkan Pendapatan di Desa Mattirotasi Kab.

- Sidrap. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(4), 221–225. <https://doi.org/10.57101/dimasjurnal.v2i5.219>
- Sitoresmi, I., Sujiman, S., & Maksum, A. (2019). Aplikasi Keamanan Pangan dan Teknologi Pengemasan Produk Jamu Alona Guna Peningkatkan Kinerja Produk. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 5(1). <https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v5i1.5160>
- Susanto, E., & Agus Ulinuha, S. (2017). *Pengujian Unjuk Kerja dan Pengukuran Parameter Motor Induksi Satu Fasa* [Diploma, Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <https://eprints.ums.ac.id/49305/>
- Suwarna, A. P., Fatimah, R., Febyola, F., Aisya, U., Hayra, P. N., & Marlina, M. (2025). Keterkaitan Antara Harga Listrik Terhadap Keputusan Konsumsi Energi Listrik (Studi Kasus Pada PT PLN ULP Kolaka). *Jurnal Intelek Insan Cendikia*, 2(1), 1653–1661.
- Tan, Z., Dai, N., Su, Y., Zhang, R., Li, Y., Wu, D., & Li, S. (2022). Human–Machine Interaction in Intelligent and Connected Vehicles: A Review of Status Quo, Issues, and Opportunities. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9), 13954–13975. <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3127217>
- Tito, S. I., Maâ€™ruf, M., Roikhana, A., Maghfirah, L., Setiawati, S., Chumairoh, Z., Mufida, N., & Hasanah, D. (2021). Pengolahan Jamu Tradisional sebagai Minuman Peningkat Imunitas Tubuh. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 2(2), 167–174. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v2i2.13244>
- Ummah, M. S., & Lisdiana, N. (2021). Pengembangan UMKM Jamu Tradisional di Desa Sumberagung Kecamatan Klego Kabupaten Boyolali. *SENYUM BOYOLALI*, 2(2), 68–71. <https://doi.org/10.36596/sb.v2i2.615>
- Wang, G. (2021). A New Approach for PLC Ladder Diagram Design. *2021 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, 021–026. <https://doi.org/10.1109/EIT51626.2021.9491834>
- Ye, L. (2024). Design of PLC Electrical Control System. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, 4(03), 134–162. [https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04\(03\).13](https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04(03).13)