

RANCANG BANGUN SENSORLESS (MINIMUM SENSOR) KONTROL MOTOR INDUKSI 1 FASA PADA MESIN PERONTOK PADI

Toni Putra Agus Setiawan¹, Ayu Purwatiningsih¹, Hari Putranto¹, Sujito¹, Soraya Norma Mustika¹, M. Rodhi Faiz¹, Muhammad Cahyo bagaskoro¹, Aripriharta^{1*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5 Malang 65145 INDONESIA, Telp.+62 341-330-1130, Faks. +62 341-551921

Riwayat artikel:

Received: 6 Januari 2024

Accepted: 30 Maret 2024

Published: 2 April 2024

Keywords:

Motor Induksi;
Mesin Perontok Padi;
Mikrokontroler;
Rancang Bangun;
Sensorless;

Correspondent Email:

*aripriharta.ft@um.ac.id

Abstrak. Saat ini Petani masih kesulitan dalam proses panen dan perontokan padi secara manual. Penggunaan motor induksi 1 fasa yang mudah didapat dan dioperasikan dapat menjadi solusi yang lebih efisien. Dalam sistem kendali kecepatan motor induksi 1 fasa tanpa sensor ini, pengaturan tegangan dilakukan dengan mengendalikan kerja triac melalui sinyal PWM dari mikrokontroler ATmega8 guna mengatur tegangan input pada kumparan stator. Sensor arus tanpa sensor sebagai umpan balik dengan membandingkan tegangan output motor dan potensio untuk mengatur lebar pulsa PWM. Prototipe kendali yang dibuat mampu mengatasi permasalahan petani dalam perontokan padi secara manual. Diperlukan penanganan efek hammer pada putaran rendah agar motor halus. Data hasil uji meliputi torsi, putaran dan daya motor. Disarankan menambah rangkaian catu daya serta motor berukuran lebih besar agar kecepatan dapat disesuaikan dengan beban.

Abstract. Currently, farmers still have difficulties in the process of harvesting and threshing rice manually. The use of a 1-phase induction motor that is easy to obtain and operate can be a more efficient solution. In this sensorless 1-phase induction motor speed control system, voltage regulation is done by controlling the work of the triac through a PWM signal from the ATmega8 microcontroller to regulate the input voltage on the stator coil. The sensorless current sensor as feedback by comparing the motor output voltage and potensio to adjust the PWM pulse width. The control prototype made is able to overcome the problems of farmers in threshing rice manually. It is necessary to handle the hammer effect at low rotation so that the motor is smooth. The test data includes torque, rotation and motor power. It is recommended to add a power supply circuit and a larger sized motor so that the speed can be adjusted to the load.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, petani jagung menghadapi kesulitan dalam menangani hasil panen mereka, terutama saat melakukan perontokan padi [1]. Proses perontokan padi masih dilakukan secara manual dengan menggunakan peralatan yang sederhana, seperti menggiling padi dengan alat traktor [2]. Metode tersebut tidak efisien, karena harus memisahkan padi dari tangkainya,

padahal produksi padi mencapai ton-ton. Oleh karena itu, salah satu cara untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menggunakan sebuah perangkat khusus untuk melakukan perontokan padi. Terdapat berbagai jenis motor 1 fasa yang mudah didapatkan, terjangkau, dan mudah dioperasikan [3], [4]. Cara pengoperasiannya bervariasi tergantung pada situasi dan kondisi penggunaannya. Motor 1

fasa dapat dioperasikan dengan berbagai cara, seperti mengendalikan kecepatannya, mengendalikan saat motor dihidupkan, dan juga mengendalikan saat motor akan berhenti [5], [6]. Untuk mengatur kecepatan motor satu fasa, ada dua metode yang dapat digunakan, yaitu metode AC atau DC [7]. Sementara untuk mengendalikan saat motor dihidupkan, metode yang dapat digunakan adalah soft start motor.

Untuk mencapai kontrol motor satu fasa yang lebih valid atau teruji, dapat digunakan kontrol AC dengan menggabungkan TRIAC dan mikrokontroler sebagai driver [8]–[10]. Penggunaan kontrol AC dianggap lebih praktis untuk mengendalikan motor satu fasa karena bahan yang dibutuhkan untuk membuatnya relatif terjangkau dan peralatan yang dibutuhkan mudah ditemukan [11], [12]. Selain itu, pengaturan putaran motor menggunakan kendali AC sangat praktis karena dapat langsung diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari [13].

Penelitian ini difokuskan pada perancangan, pengujian, dan pembuatan desain kontrol motor yang menggunakan sensorless sebagai umpan balik. Tujuan utama dari penelitian ini adalah membuat desain kontrol motor yang efektif dengan menggunakan sensorless sebagai umpan balik. Alat ini dirancang hanya untuk sebuah desain prototype bukan sebagai mesin, sehingga terdapat batasan daya yang diperbolehkan [14]. Tidak membahas masalah rangkaian pengaman elektronik atau rangkaian sumber. Motor yang digunakan motor pompa air dengan tidak melebihi 5 Ampere.

Desain prototype pengendali kecepatan motor induksi 1 fasa tanpa sensor telah berhasil dibuat dengan memanfaatkan mikrokontroler ATmega8 dan triac, dimana sensor arus dimanfaatkan sebagai umpan balik dengan membandingkan tegangan output potensiometer dan sensor. Efek hammer yang terjadi pada putaran motor sangat rendah perlu diatasi agar motor dapat berputar dengan halus. Data perbandingan torsi, putaran, dan daya motor telah diperoleh melalui pengujian prototype. Penggunaan bentuk trainer memudahkan perakitan dan deteksi kesalahan komponen. Penambahan rangkaian pencatu tegangan dan motor berukuran lebih besar disarankan untuk pengembangan desain lebih lanjut. Kecepatan putaran motor dapat diatur sesuai beban dan

torsi saat beroperasi menggunakan desain prototype ini.

Dalam penelitian ini, kontributor penulis dalam melihat petani jagung yang menggambarkan kesulitan dalam menangani hasil panen, ahli motor 1 fasa yang memberikan informasi terkait jenis motor dan metode pengoperasian, ahli elektronika yang membahas penggunaan kontrol AC dengan TRIAC dan mikrokontroler, peneliti yang bertanggung jawab atas perancangan dan pengujian desain kontrol motor sensorless, ahli teknik listrik yang menangani aspek teknis desain prototype, pengguna trainer yang memberikan masukan terkait perakitan dan deteksi kesalahan komponen, serta penyusun laporan yang menggabungkan kontribusi dari berbagai ahli serta menyajikan data pengujian dan saran pengembangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian yang berkaitan dan terhubung dengan subjek yang sedang dibahas membantu memberikan pemahaman dan perspektif yang lebih dalam mengenai latar belakang dan elemen-elemen terkait yang menjadi pokok pembicaraan.

Makalah ini [15] mengusulkan metode kendali tanpa sensor untuk meningkatkan kinerja motor PMSM daya tinggi dengan SMO, SFTF, dan PLL, serta pengurung aktif dan filter LC.

Pendekatan pada penelitian ini [16] mengusulkan strategi kendali vektor tanpa sensor untuk motor induksi dengan satu fase sensor arus, meningkatkan kinerja dinamis pada platform eksperimental ARM 2.2kW.

Pada bahasan ini [17] membahas strategi kendali motor linear tanpa sensor kecepatan, berdampak positif pada pengembangan sistem transit rel dan jalur produksi linear. Penelitian ini menguji strategi kendali tanpa sensor kecepatan pada sistem motor linear dengan simulasi kecepatan rendah dan tinggi.

Penelitian ini [18] membahas desain kendali medan terorientasi tanpa sensor kecepatan untuk motor induksi, mempertimbangkan perubahan tiba-tiba pada kecepatan rotor. Penguatan pengontrol dirancang untuk mempercepat konvergensi ke nilai perintah arus stator dan torsi motor, dievaluasi melalui simulasi slip pada traksi kendaraan rel.

Berikut adalah teori-teori yang diambil sebagai dasar dalam menjalankan penelitian ini, dengan tujuan untuk merinci kerangka konseptual dan landasan teoretis yang akan membimbing dalam pengembangan dan pelaksanaan penelitian ini.

2.1 TRIAC

Triac memiliki kemampuan untuk mengalirkan arus dalam dua arah, sehingga dapat dianggap sebagai dua thyristor yang terhubung secara berlawanan [4]. Sebagai akibatnya, terminal triac tidak dapat diidentifikasi sebagai anoda atau katoda. Nama-nama yang diberikan pada terminal utama adalah Main Terminal 1 (MT1), Main Terminal 2 (MT2), dan juga disebut sebagai Gate atau Gerbang (G). Pada penelitian ini, digunakan triac jenis Q-4006.

2.2 Motor AC 1 Fasa

Perangkat yang dapat mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan disebut sebagai motor listrik [14]. Gerakan mekanik tercipta karena aliran arus listrik melalui konduktor yang terdapat di dalam medan magnet, sehingga terjadi gaya dorong yang memutar perangkat tersebut. Inilah yang menghasilkan energi mekanik. Dalam studi ini, motor run capacitor atau motor pompa air digunakan sebagai perangkat yang diteliti.

2.3 Zero Crossing Detector (ZCD)

Detektor persilangan nol atau Zero crossing detector (ZCD) merupakan sebuah rangkaian elektronika yang berperan dalam mengenali waktu saat gelombang sinus 220 volt AC melewati titik nol atau nilai tegangan nol [11]. ZCD dapat mendeteksi peralihan sinyal gelombang sinus dari fase positif ke fase negatif atau sebaliknya pada setiap siklus gelombang sinus. Sinyal peralihan pada titik nol ini kemudian digunakan sebagai referensi untuk memberikan nilai waktu tunda dalam mengaktifkan triac.

2.4 Microcontroller

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ATmega 8 sebagai pengendali, dengan bahasa pemrograman C++ [7]. ATmega 8 adalah mikrokontroler yang memiliki 32 jalur input/output (I/O), terdiri dari port A, port B, port C, dan port D. Selain itu, mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan 8 jalur konverter analog ke digital (ADC) berkekuatan 10-bit, tiga timer atau penghitung, dan unit pemrosesan pusat (CPU) yang terdiri dari 32 register dan beberapa fitur lainnya.

2.5 Umpan Balik Sensorless

Dalam rangkaian ini, op amp digunakan untuk menguatkan dan membaca sinyal tegangan dari motor. Arus akan mengalir pada motor baik dalam keadaan beban maupun tanpa beban, setelah itu, arus tersebut akan dideteksi oleh sensor arus dan diperkuat oleh op amp.

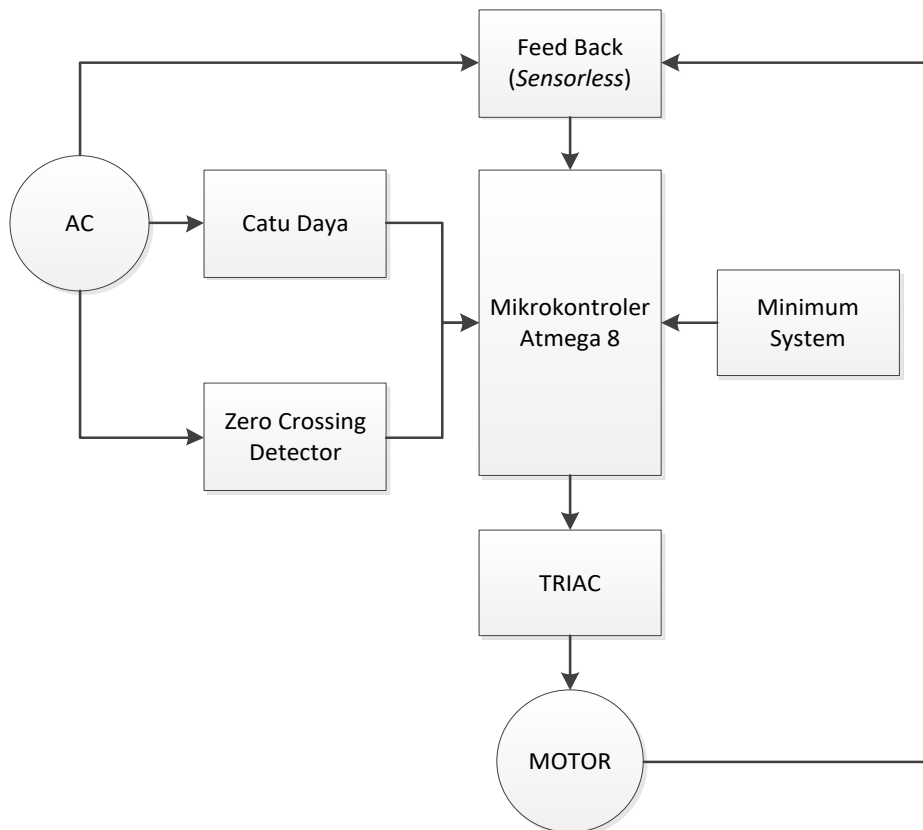
2.6 Prinsip kerja Sensorless

Pengendalian motor dengan sensorless adalah pengendalian putaran motor yang bukan dengan pengaturan frekuensinya, melainkan dengan mengatur aliran listrik yang masuk ke motor dengan menggunakan komponen yang dapat memutus sinyal tegangan [8]. Studi ini mengimplementasikan kendali motor dengan menggunakan Triac yang dikontrol melalui sinyal PWM dari Mikrokontroler. Penyulutan awal Triac ditentukan oleh kombinasi antara rangkaian Zero Crossing Detector dan teknologi sensorless.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Alat

Berikut ini adalah diagram blok dan rangkaian yang digunakan dalam pengendali motor dengan kendali sensorless menggunakan capacitor.



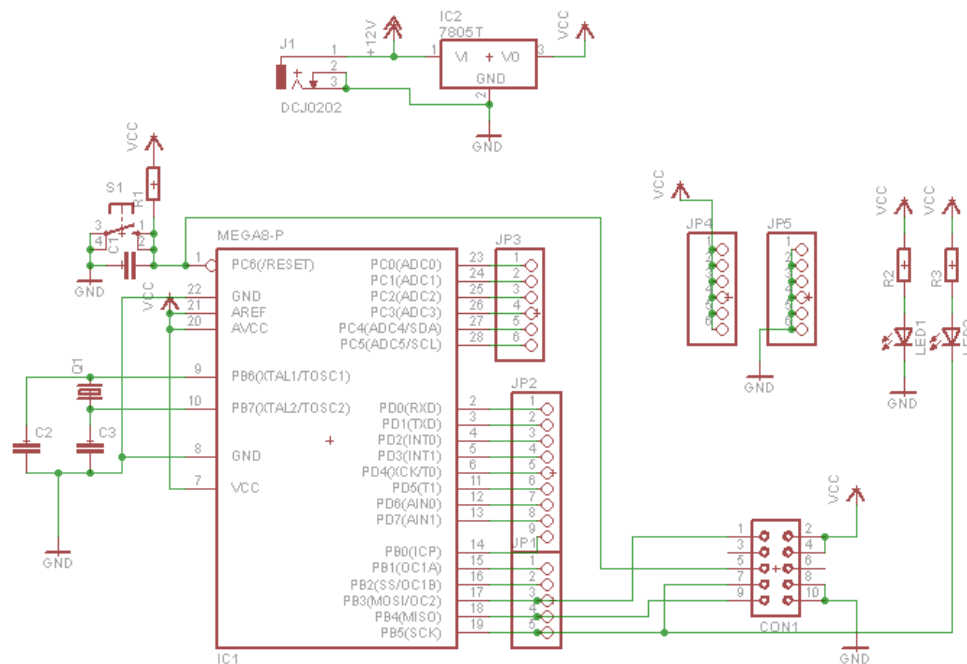
Gambar 1. Blok Diagram Kendali mengontrol parameter sistem.

Sementara itu, untuk setiap blok dalam rangkaian di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. *Minimum System*

Dalam kerangka sistem minimum yang diimplementasikan, ATmega 8 berperan sebagai mikrokontroler utama yang beroperasi dalam rentang tegangan 0-5V DC dan menyertakan beberapa port I/O. Port ADC.0 berfungsi sebagai saluran masukan dari rangkaian sensor, memfasilitasi penerimaan dan pengolahan data sensor. Sementara itu, Port ADC.1 berperan sebagai masukan dari potensiometer, memberikan kemampuan untuk

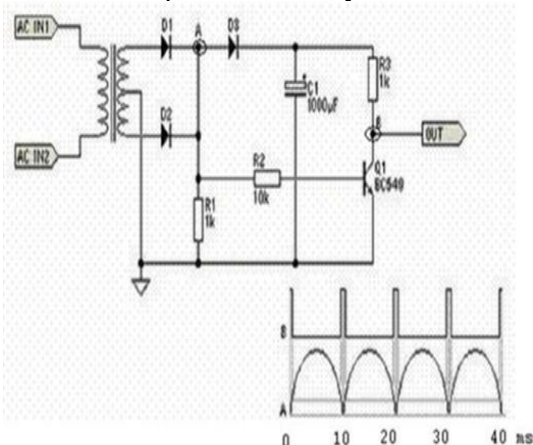
Selanjutnya, Port ADC.2 berfungsi sebagai masukan dari zero crossing detector, memungkinkan sistem untuk mendeteksi perubahan fase pada gelombang sinusoidal. Port OCR1A diarahkan sebagai keluaran yang mengontrol pemicuan Triac, memberikan kontrol yang terperinci terhadap siklus daya pada beban. Dengan konfigurasi ini, ATmega 8 menyediakan kerangka kerja terintegrasi untuk mengelola input dan mengoordinasikan output, menciptakan sistem yang efisien dan responsif untuk aplikasi yang dituju.



Gambar 2. Minimum System ATmega 8

2. Zero Crossing Detector

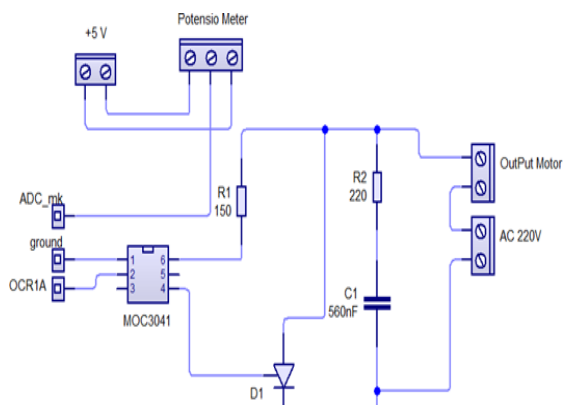
Rangkaian ini berfungsi sebagai detektor atau pendeteksi sinyal sinusoida pada titik nol, yang nantinya akan digunakan sebagai dasar pemicuan komponen kendali, yaitu Triac.



Gambar 3. Zero Crossing Detector

3. Triac Driver

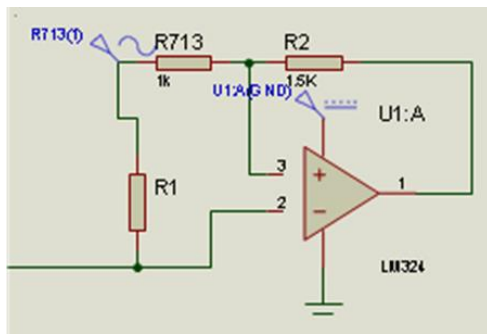
Dalam penelitian ini, optokopler MOC 3041 digunakan untuk isolator dan Triac Q-4006 digunakan sebagai komponen kontrol pada rangkaian Triac. Diagram rangkaian Triac dapat ditemukan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Triac Driver

4. Sensorless

Sensorless digunakan pada rangkaian ini untuk membaca arus yang mengalir melalui motor dan kemudian dapat dideteksi oleh sensor. Data arus tersebut kemudian dibandingkan dengan tegangan input yang diberikan melalui potensiometer. Setelah itu, mikrokontroler akan memproses selisih antara tegangan tersebut untuk mengatur tegangan dan memicu Triac. Berikut adalah skema dari rangkaian sensorless tersebut.



Gambar 5. Desain Sensorless

3.2 Metode Perakitan

Prototype desain yang dibuat adalah rangkaian kendali motor induksi satu fasa yang telah dimodifikasi menjadi bentuk trainer. Dengan demikian, desain ini dapat digunakan sebagai sumber belajar bagi mahasiswa teknik elektro. Sebelum dirakit dalam bentuk trainer, rangkaian-rangkaian yang telah dirancang sebelumnya dicetak pada sebuah PCB (Printed Circuit Board), kemudian dipasang pada sebuah papan model trainer. Komponen-komponen tersebut disusun secara ergonomis agar mudah dipelajari.

3.3 Metode Pengujian

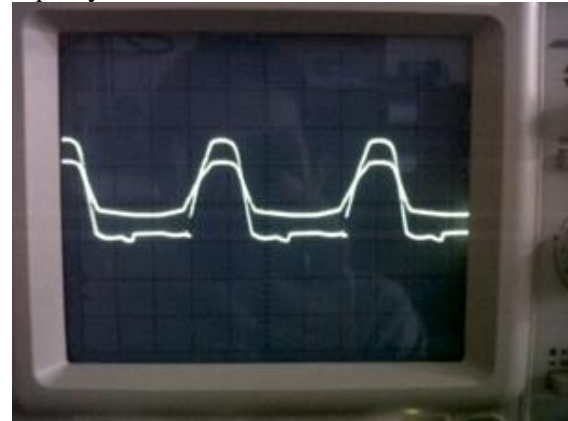
Dalam hal ini, verifikasi tegangan menjadi hal yang krusial, sebab rangkaian penggerak Triac memerlukan masukan DC pada MOC3041, tetapi keluarannya harus berupa tegangan AC 220 V. Oleh karena itu, penggunaan alat ukur yang tepat sangatlah penting. Selain itu, regulator tegangan 7805 seringkali memanas, sehingga perlu diperhatikan. Penting untuk memperhatikan input pada mikrokontroler, karena semua input yang diberikan harus memiliki tegangan 5V DC.

Setelah memeriksa setiap blok diagram dan rangkaian, langkah selanjutnya dalam metode pengujian ini adalah memeriksa putaran dan torsi motor dalam keadaan beban maupun tidak beban. Karena daya yang dimiliki motor yang digunakan kecil, torsi yang dihasilkan oleh motor juga relatif kecil. Ada kaitan antara daya, putaran, dan torsi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan prototype desain yang di atas, sekarang telah diciptakan suatu

pengontrol motor induksi 1 fasa yang memiliki daya rendah namun mampu mengatur kecepatan putarannya sesuai dengan beban atau torsi yang dihadapi oleh motor ketika sedang beroperasi. Output dari detektor Zero Crossing yang dihasilkan dibandingkan dengan tegangan inputnya dalam hal ini.



Gambar 6. Perbandingan Sinyal Keluaran Zero Crossing Detector dengan Inputan

Tidak disarankan untuk menyetel putaran motor dengan menempatkan potensiometer pada posisi 0% karena tindakan ini dapat menyebabkan motor bergetar akibat efek hammer, yaitu getaran yang timbul saat putaran motor mendekati nilai minimum.

Dari data putaran pada gambar sebelumnya, dapat diketahui torsi yang dihasilkan oleh motor dengan melihat tabel perbandingan torsi motor, putaran, dan daya motor seperti berikut.

Tabel 1 Perbandingan Torsi, Putaran dan Daya

Daya (Watt)	ω (RPM)	P x 60000	$\omega \times 2\pi$	τ (Lm)
125	1498	7500000	9407.44	797.2413
125	784.8	7500000	4928.544	1521.748
125	733.5	7500000	4606.38	1628.177
125	525.5	7500000	3300.14	2272.631
125	333.3	7500000	2093.124	3583.161
125	151.9	7500000	953.932	7862.196

5. KESIMPULAN

Dari hasil desain prototype dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Desain kontrol motor ini menggunakan mikrokontroler dan Triac untuk mengatur

sudut picu. Zero crossing detector digunakan untuk menghasilkan rpm yang rendah, dan sensor arus digunakan sebagai umpan balik dengan membandingkan tegangan output pada potensio dan tegangan output pada sensor. Perbandingan ini digunakan untuk mengatur sinyal pada ADC Mikrokontroler.

- b. Dengan menggunakan trainer untuk kendali motor, proses perakitan menjadi lebih mudah dan memungkinkan untuk mendeteksi kesalahan pada kabel atau komponen yang mungkin mengalami kerusakan, seperti komponen yang terbakar, karena tata letak komponen dibiarkan terbuka.
- c. Efek hammer pada motor terjadi karena pengaturan kecepatan motor pada putaran nominal yang sangat rendah. Efek ini disebabkan karena tegangan suplai pada motor induksi satu fasa dipotong oleh pemecutan Triac.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pekerjaan ini didukung oleh PNPB UM 2021 dengan nomor kontrak: 5.3.812/UN32.14.1/LT/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Soedjarwanto, F. X. A. Setyawan, and F. Adiwinata, "Rancang Bangun Diode Clamped Multilevel Inverter 7 Tingkat Untuk Kontrol Dan Monitoring Motor Induksi Satu Fasa Berbasis Iot," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i1.2791.
- [2] A. Haris and A. Trisanto, "Rancang Bangun Starting Motor Induksi 3 Fasa Hubung Bintang Segitiga Dilengkapi Pengaman 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535."
- [3] D. Nugraha, "JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL) Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan Dengan Modulasi Lebar Pulsa PWM Menggunakan Antarmuka Komputer", [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [4] H. Wahyu and B. Sutopo, "Aplikasi Mikrokontroler At89c51 Sebagai Pembangkit Pwm Sinusoida 1 Fasa Untuk Mengendalikan Putaran Motor Sinkron."
- [5] C. R. Harahap, R. A. Nasution, and F. X. A. Setyawan, "Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sumber Panel Surya," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, Sep. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3424.
- [6] S. Fabbri, E. Grasso, N. König, and M. Nienhaus, "A Sliding Mode Observer for Sensorless Operation of Low Power PMS Machines," in 2018 AEIT International Annual Conference, 2018, pp. 1–6. doi: 10.23919/AEIT.2018.8577402.
- [7] H. Li, X. Zhang, S. Liu, and C. Xu, "Hybrid Sensorless Control Based on I/F and Sliding Mode Observer Using Current Nonlinear Regulation for PMSM Drives," in 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICEMS.2019.8921505.
- [8] Z. Li, S. Zhou, Y. Xiao, and L. Wang, "Sensorless Vector Control of Permanent Magnet Synchronous Linear Motor Based on Self-Adaptive Super-Twisting Sliding Mode Controller," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 44998–45011, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2909308.
- [9] S. Jin, J. Gu, W. Jin, Z. Zhang, and F. Zhang, "Sensorless Control of Low Speed PMSM Based on Novel Sliding Mode Observer," in 2021 IEEE 4th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), 2021, pp. 1–5. doi: 10.1109/CIEEC50170.2021.9510713.
- [10] Y. Wang, Z. Lan, and G. Zhu, "Adaptive Sliding Mode Observer Based on Phase Locked Loop in Sensorless Control of Permanent Magnet Linear Synchronous Motor," in 2021 13th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications (LDIA), 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/LDIA49489.2021.9505723.
- [11] D. Prasetyo Purwanto Jurusan Teknik Elektro, "Oven Pengereng Kerupuk Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Menggunakan Pemanas Pada Industri Rumah Tangga."
- [12] D. Mutiara Harfina, "Sistem Pengendali Motor Induksi pada Belt Conveyor dengan Teknik Vektor Kontrol pada VFD menggunakan MATLAB/Simulink," vol. 6, no. 1, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/indexJTEV>
- [13] M. Barut, R. Demir, E. Zerdali, and R. Inan, "Real-Time Implementation of Bi Input-Extended Kalman Filter-Based Estimator for Speed-Sensorless Control of Induction Motors," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 59, no. 11, pp. 4197–4206, 2012, doi: 10.1109/TIE.2011.2178209.
- [14] K. V. Tejan, R. M. Pindoriya, and B. S. Rajpurohit, "Rotor Position Sensorless Technique using High-Speed Sliding Mode Observer for PMSM Drive," in 2021 IEEE

- Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), 2021, pp. 1–8. doi: 10.1109/IAS48185.2021.9677412.
- [15] H. Yu, C. Gan, H. Wang, Y. Chen, K. Ni, and R. Qu, “Speed Adaptative Sensorless Control Method of a High-speed Dual Three-phase Permanent Magnet Synchronous Motor,” in 2020 23rd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2020, pp. 155–160. doi: 10.23919/ICEMS50442.2020.9290869.
- [16] Y. Yu, X. Huang, B. Wang, H. Bu, C. Chen, and D. Xu, “Speed-Sensorless Vector Control with Single Phase Current Sensor for Induction Motor Drives Using Current Compensation Method,” in 2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2018, pp. 1590–1594. doi: 10.23919/ICEMS.2018.8549135.
- [17] T. Xuan and H. Xinguo, “Discussion on Control Technology of Linear Motor Based on Speed Sensorless,” in 2021 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE), 2021, pp. 93–96. doi: 10.1109/ICAIE53562.2021.00027.
- [18] Y. Sakurazawa, O. Yamazaki, K. Yuki, Y. Nakazawa, K. Natori, and K. Kondo, “Design of the Speed Sensorless Field Oriented Control System for Induction Motors Considering Sudden Change of the Rotor Speed,” in 2020 22nd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE’20 ECCE Europe), 2020, p. P.1-P.9. doi: 10.23919/EPE20ECCEEurope43536.2020.9215959.