

Pengasutan dan Monitoring Motor Induksi Satu-fasa Menggunakan Metoda Tahanan Biner

Krismadinata¹, Hedra Maputra², Asnil³, Irma Husnaini⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang Sumatera Barat

krisma@ft.unp.ac.id, hedra.maputra.x@gmail.com, asnil81@ft.unp.ac.id, irma_hnni@ft.unp.ac.id

Intisari— Motor induksi satu-fasa digunakan dalam banyak aplikasi rumah tangga dan industri. Namun, ada tantangan tersendiri dalam mengoperasikan motor induksi satu-fasa. Salah satu persoalan yang muncul adalah besarnya arus stator pada saat pengasutan. Dalam artikel ini, metode pengasutan motor induksi satu-fasa yang menggunakan metode tahanan biner disajikan. Selain itu, karakteristik motor induksi seperti tegangan, arus, kecepatan, dan suhu dipantau melalui antarmuka visual studio. Beberapa komponen penting digunakan dalam sistem ini, seperti sensor tegangan ZMPT101B, sensor suhu DS18B20, sensor kecepatan FC-33, sensor arus ACS712, bluetooth HC-05, lima relay, dan empat resistor 15 Ω . Hasil eksperimen yang menunjukkan bahwa metode tahanan biner efektif dalam mengurangi arus asut motor induksi. Suatu antarmuka yang dikembangkan dapat memantau karakteristik motor induksi.

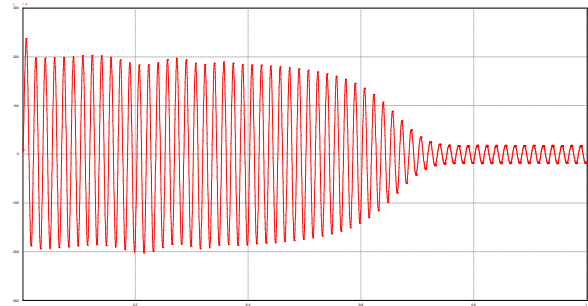
Keywords— arduino uno, motor pompa, tahanan biner, visual studio 2010.

I. PENDAHULUAN

Motor-motor induksi sangat banyak digunakan di industri dan juga untuk keperluan rumah tangga. Kendala dari penggunaan motor induksi adalah saat pengasutan, dimana motor membutuhkan arus lebih tinggi sekitar 5 sampai 7 kali dari arus nominal seperti terlihat pada Gbr. 1, sehingga menyebabkan tegangan pada sistem turun yang dapat mengganggu peralatan lain. Hal ini selaras dengan karakteristik motor induksi dimana pada saat motor dijalankan (*running*) atau berjalan dalam kondisi tanpa beban membutuhkan arus mula (*start*) yang besar dengan torsi beban yang rendah.

Terdapat beberapa jenis metode yang umum digunakan untuk mengasut motor induksi, termasuk motor induksi satu-fasa. Beberapa metode start motor induksi yang paling umum yakni pengasutan langsung (*Direct-On-Line*); Ini adalah metode yang paling umum dan sederhana untuk mengasut motor induksi. Dalam metode ini, motor dihubungkan langsung ke listrik tanpa menggunakan peralatan kontrol tambahan. Metode ini memiliki kekurangan karena menimbulkan lonjakan arus awal yang tinggi, yang dapat menyebabkan penurunan tegangan sistem dan kerusakan pada komponen motor [1-4].

Pengasutan dengan menggunakan kapasitor [5-8]. Metode pengasutan ini menggunakan kapasitor eksternal yang terhubung dengan motor secara seri atau paralel. Kapasitor ini menghasilkan fase tambahan, yang menghasilkan perpindahan arus dan starter yang lebih baik. Metode ini biasanya digunakan pada motor induksi satu-fasa.



Gbr. 1 Arus pengasutan motor induksi

Pengasutan dengan rangkaian Star-Delta [9-12]. Metode pengasutan cukup sering digunakan. Pada awalnya, motor dihubungkan dalam konfigurasi bintang, atau bintang, yang mengurangi tegangan dan arus starter. Namun, setelah motor mencapai kecepatan yang cukup, sambungan diubah menjadi konfigurasi delta, yang memungkinkan motor beroperasi sepenuhnya.

Pengasutan dengan menggunakan soft starter [13-16]. Metode pengasutan ini menggunakan perangkat kontrol elektronik untuk secara bertahap meningkatkan tegangan dan frekuensi motor selama proses starting. Ini memungkinkan starting yang halus dan mengurangi lonjakan arus starting yang tinggi. Metode ini juga memberikan kontrol yang lebih baik terhadap motor selama proses starting dan mengurangi tekanan pada sistem listrik.

Pengasutan dengan tahanan depan [17-19]. Metode ini menggunakan resistor eksternal dalam rangkaian motor selama proses pengasutan. Resistor ini mengurangi arus asut yang tinggi dan memberikan percepatan yang lebih lambat. Biasanya, setelah motor bergerak cukup cepat, resistor akan diputus atau dikurangi nilainya untuk mengurangi jumlah daya yang hilang.

Untuk pengasutan motor yang efektif dan aman, metode asut yang dipilih tergantung pada aplikasi, kapasitas motor, dan kondisi jaringan listrik. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan tertentu.

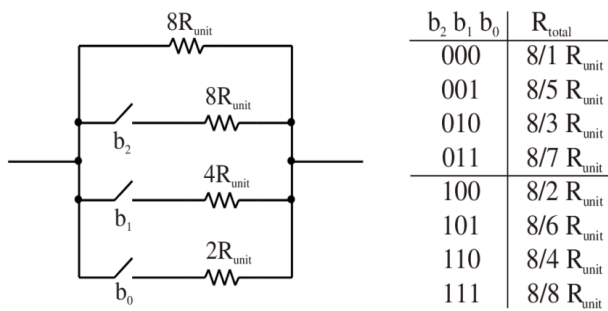
II. TAHANAN BINER

Tahanan biner digunakan untuk pengasutan motor induksi dengan dua resistensi atau lebih yang dapat diubah secara elektronik. Konsep dasar tahanan biner adalah mengubah

resistansi yang terhubung dalam rangkaian motor untuk mengontrol kecepatan. Dua resistensi atau lebih yang terlibat dalam tahanan biner dapat diatur dengan sangat baik (Gbr. 2), yang memberikan fleksibilitas dalam pengendalian arus motor.

Tahanan biner memiliki kemampuan untuk mengontrol motor induksi dengan tepat, yang merupakan salah satu keunggulannya. Kecepatan motor dapat disesuaikan dengan mengubah nilai resistensi yang terhubung. Aplikasi seperti konveyor dan mesin pengemasan yang membutuhkan pengaturan kecepatan yang tepat dapat dioperasikan dengan baik melalui cara ini.

Dalam hal efisiensi energi, tahanan biner juga menguntungkan. Dengan tahanan biner, resistansi yang digunakan hanya sebatas yang diperlukan untuk mencapai pengendalian yang diinginkan. Sebaliknya, dalam pengendalian motor induksi tradisional, seperti menggunakan resistor seri atau resistor-kapasitor, terdapat kerugian daya yang signifikan. Ini meningkatkan kinerja motor dan mengurangi kehilangan daya yang tidak perlu.



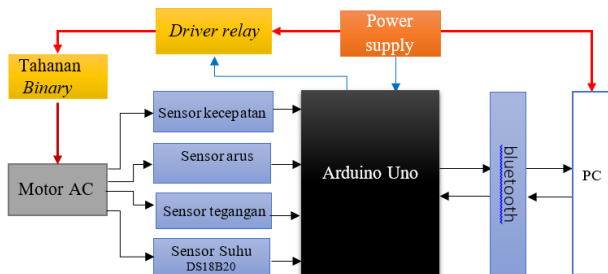
Gbr. 2 Konsep Tahanan Biner

Secara umum untuk resistensi total dari suatu N bit array biner dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_{total} = \frac{R_{unit}}{\frac{1}{2^N} + \sum_{i=0}^{N-1} \frac{b_i}{2^i}} \quad (1)$$

III. METODOLOGI

Pada Gbr.2 diperlihatkan blok diagram dari sistem yang dirancang untuk menerapkan metode tahanan biner dalam pengasutanj motor induksi.



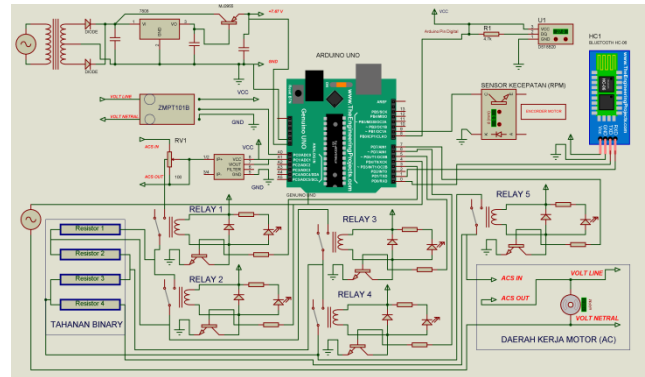
Gbr. 3. Blok Diagram Sistem

Pada blok diagram diatas dapat dilihat bagaimana alur data dari sensor dan berlanjut pada Arduino dan kemudian diolah

dengan kalibrasi alat ukur sebenarnya. Data kemudian dikirim ke PC melalui bluetooth untuk ditampilkan dan dimonitor.

Pengambilan data dilakukan dengan cara menghidupkan motor sesaat, selanjutnya mengaktifkan relai secara berurutan dengan cara menekan fungsi tombol yang ada pada program Visual Studio yang telah dibuat. Dengan mengaktifkan relai, diharapkan dapat mereduksi arus starting motor.

Pada Gbr.4 diperlihatkan skematik rangkaian keseluruhan dan dapat dilihat bagaimana koneksi sensor pada Arduino kemudian koneksi antara Arduino dan bluetooth. Serta letak susunan resistor dan tata letak motor.



Gbr. 4 Skema Rangkaian Keseluruhan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diujikan dan pengambilan data dilakukan, kemudian hasil pengujian akan dianalisa dan dilakukan perbandingan. Hasil pengukuran oleh beberapa sensor yang terpasang dibandingkan dengan alat ukur sebenarnya. Kemudian bagaimana dampak pengaktifan resistor sebagai tahanan starting pada motor.

Untuk mengukur tegangan yang digunakan oleh motor, digunakan sensor ZMPT101B dan sebagai perbandingan untuk menentukan persentase kesalahan maka digunakan multimeter digital Fluke 110. Hasil dari pengukuran dan persentase kesalahan tegangan dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
PERBANDINGAN SENSOR TEGANGAN DAN MULTIMETER

No.	Tahanan (Ω)	Multimeter digital (V)	ZMPT101B (V)	Kesalahan (%)
1	60	170	161,65	5,36
2	45	183,9	171,38	6,81
3	30	191,2	190,82	0,20
4	15	196,2	202,55	3,24
5	Tanpa tahanan	201,2	213,92	6,33

Pengukuran suhu motor adalah dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang mana nilai dari sensor suhu DS18B20 akan dilakukan perbandingan untuk mencari persentase kesalahan dengan thermometer digital. Untuk hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel II.

Sensor kecepatan FC-33 digunakan untuk mengukur kecepatan motor saat beroperasi dan untuk membandingkan hasil persentase kesalahan menggunakan tachometer digital

dengan jenis Lutron DT2236. Hasil dari pengukuran dan persentase kesalahan dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
PERBANDINGAN SENSOR TEMPERATUR DAN THERMOMETER

No	Thermometer (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Kesalahan (%)
1	34,8	34,25	1,58
2	31,2	30,62	1,86
3	28,2	27,56	2,27
4	25,7	25,18	2,02
5	20,1	19,33	3,83
6	15,6	14,88	4,62
7	11,5	10,56	8,17

TABEL III
PERBANDINGAN SENSOR KECEPATAN DAN TACHOMETER

No.	Tahanan Resistor (Ω)	Tachometer (RPM)	Sensor (RPM)	Kesalahan (%)
1	60	2946	2940	0,20
2	45	2951	2940	0,37
3	30	2953	2940	0,44
4	15	2954	2940	0,47
5	Tanpa Resistor	2955	3000	1,52

Sensor Arus ACS712 digunakan untuk mengukur arus motor pada saat beroperasi dan sebagai perbandingan untuk menemukan error dan persentase kesalahan maka digunakan multimeter digital. Hasil dari pengukuran dan persentase kesalahan dapat dilihat pada Tabel IV.

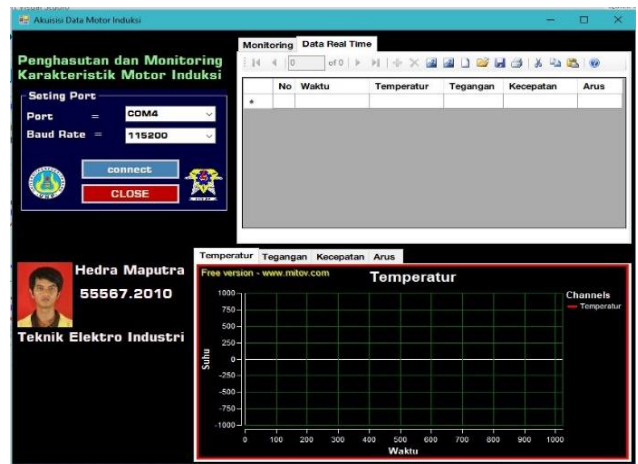
TABEL IIIV
PERBANDINGAN SENSOR ARUS DAN MULTIMETER

No	Tahanan Resistor (Ω)	Multimeter Digital (A)	ACS712 (A)	Kesalahan (%)
1	60	0,42	0,41	2,38
2	45	0,43	0,42	2,32
3	30	0,43	0,45	4,65
4	15	0,46	0,49	6,52
5	Tanpa Resistor	0,49	0,53	8,16

Berdasarkan informasi pada Tabel I sampai dengan Tabel IV, jika dicari persentase kesalahan secara keseluruhan untuk seluruh sensor perbedaan hasil pengukuran dengan alat sebenarnya tidak lebih dari 10%. Dan hal itu merupakan kesimpulan jika sensor berjalan dengan cukup baik.

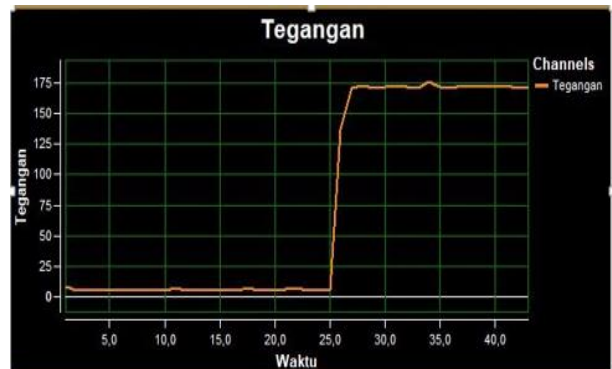
Hasil pengukuran dari sensor tersebut akan diolah oleh arduino sebagai data digital dan dapat ditampilkan ke PC melalui antarmuka Visual Studio 2012. Hal inilah yang berfungsi sebagai monitoring motor.

Pada Gbr. 5 diperlihatkan bentuk tampilan sistem pemantauan karakteristik motor induksi. Pada sistem pemantauan yang dikembangkan beberapa entitas dapat diamati seperti bentuk dan besar tegangan, arus, kecepatan dan suhu pada motor. Data-data yang diamati ditampilkan dalam bentuk grafik. Data akan direkam dan disimpan dalam bentuk database *microsoft access*.

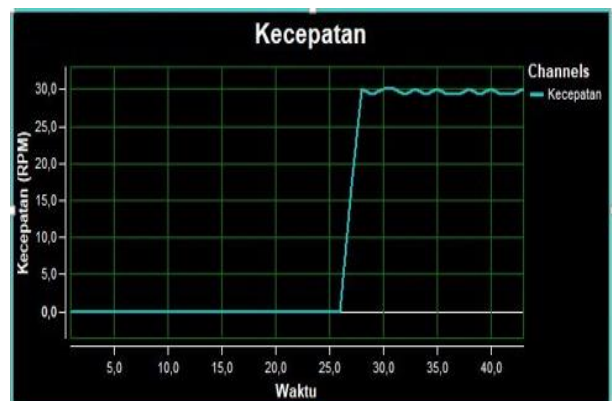


Gbr. 5 Bentuk Program Antarmuka pemantauan motor

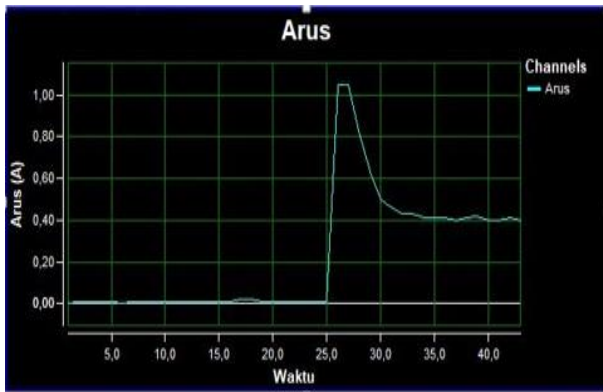
Pada program antarmuka tersebut tidak hanya menampilkan data dan menyimpan data, juga terdapat fungsi untuk mengaktifkan resistor yang telah terhubung melalui beberapa relai pada rangkaian. Hanya dengan menekan salah satu *button* pada program maka relai aktif resistor akan bekerja pada rangkaian. Hal inilah menjadi fokus utama pada kajian ini bagaimana dampak pada arus asut motor ketika diberikan sebuah resistor sebelum motor bermula. Pada Gbr. 6 diperlihatkan pengamatan perubahan tegangan saat relai 1 aktif berarti seluruh resistor aktif untuk *starting* motor, pada Gbr. 7 diperlihatkan untuk karakteristik kecepatan dan arus serta suhu diperlihatkan pada Gbr. 7 dan Gbr. 8.



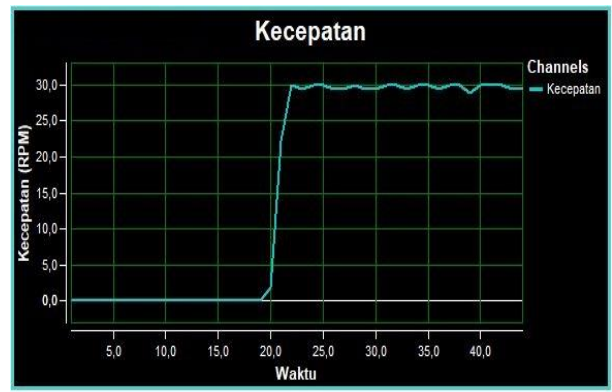
Gbr. 6 Grafik Tegangan Saat Relay 1 aktif



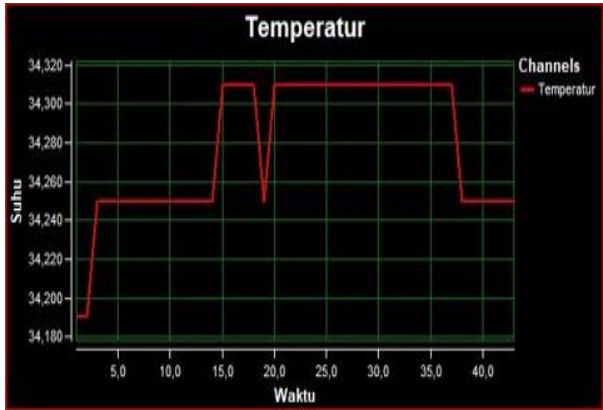
Gbr. 7 Grafik Kecepatan Saat Relay 1 aktif



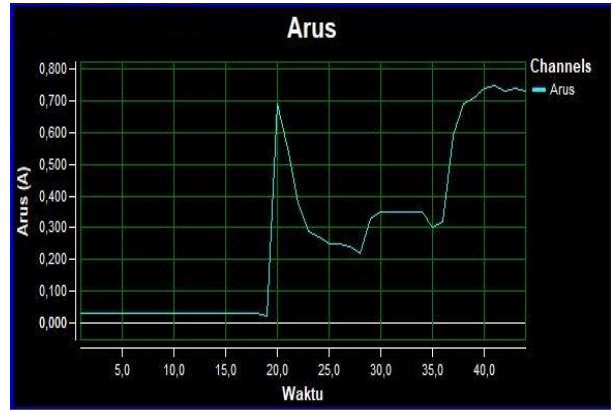
Gbr. 8. Grafik Arus Saat Relai 1 aktif



Gbr 11 Grafik Kecepatan Saat Relay 1,2,3 aktif



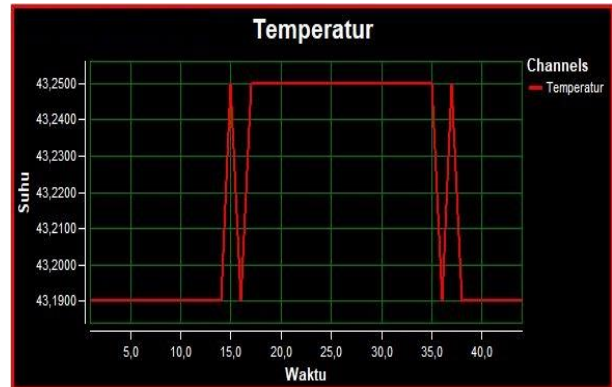
Gbr. 9 Grafik Temperatur Saat Relai 1 aktif



Gbr . 12 Grafik Arus Saat Relay 1,2,3 aktif

Berdasarkan gambar garfik tersebut dapat diamati terjadi penurunan tegangan serta arus ketika motor mulai *start* dan hal ini berarti 4 resistor bernilai 60 ohm tersebut mampu menurunkan arus awal motor yang cukup besar sebesar 0.38 A. dan tegangan 160 V.

Gbr. 10 s.d Gbr. 13 memperlihatkan karakteristik motor induksi ketika relai 1, 2, dan 3 diaktifkan. Pada kondisi ini pengujian dilakukan dengan mengaktifkan relai 1 2, dan 3 yang berarti ada 2 resistor aktif maka diperoleh nilai kenaikan arus motor rata-rata dapat menurunkan arus motor mulai dari arus 0.73 A dan tegangan sebesar 185 V. Nilai resistor yang terhubung pada kondisi ini adalah 30 ohm.



Gbr. 13. Grafik Temperatur Saat Relay 1,2,3 Aktif



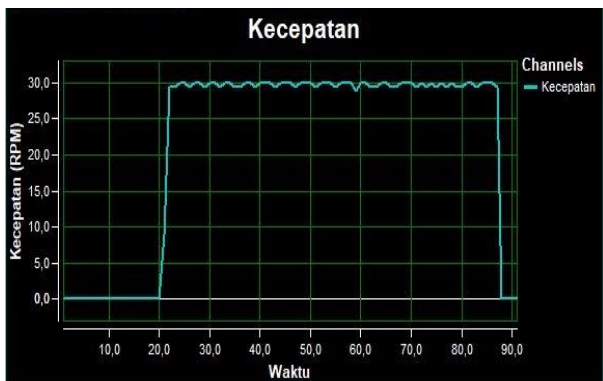
Gbr. 10 Grafik Tegangan Saat Relay 1,2,3 aktif

Kondisi saat diaktifkan relai 1 2, 3, 4, dan 5 dimana kondisi ini dapat dikatakan dalam keadaan *short* (tanpa resistor), kenaikan arus motor mulai dari arus 1.20 A. Dan tegangan 220 V. Pada tahap ini tegangan input motor tanpa melalui resistor. Hasil database karakteristik motor induksi saat relai 1-5 diaktifkan dapat diamati pada Gbr. 14 -17.

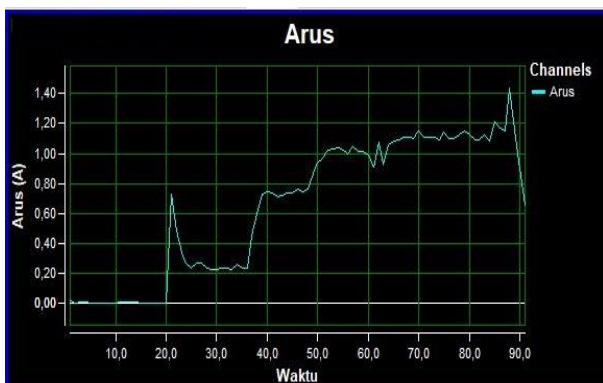
Gambar-gambar yang disajikan merupakan contoh sebagian ketika motor dihidupkan dengan menghubungkan resistor pada sisi masukan. Rangkuman besar tahanan yang terlibat dalam sistem yang dirancang ini diperlihatkan pada Tabel V.



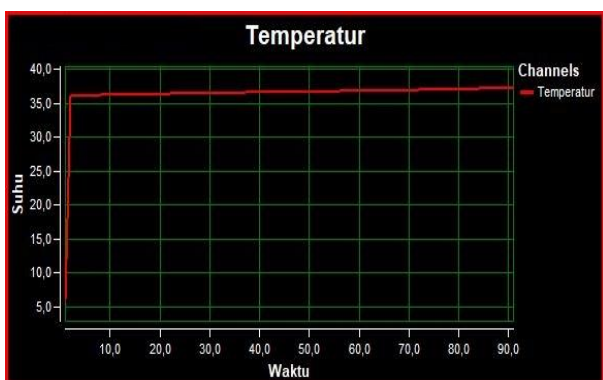
Gambar 14. Grafik Tegangan Saat Relai 1,2,3,4,5 aktif



Gambar 15. Grafik Kecepatan Saat Relai 1,2,3,4,5 aktif



Gambar 16. Grafik Arus Saat Relai 1,2,3,4,5 aktif



Gambar 17. Grafik Temperatur Saat Relai 1,2,3,4,5 aktif

TABEL V
RANGKUMAN HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN

No.	Kondisi relai aktif	Arus (A)	Tegangan (V)	kecepatan
1	Relai 1	0,38	160	2940
2	Relai 1 & 2	0,50	178	2940
3	Relai 1, 2 & 3	0,73	185	2940
4	Relai 1, 2, 3 & 4	1,12	209	2940
5	Relai 1, 2, 3,4 &5	1,20	220	2940

Tabel V merupakan rangkuman hasil pengujian dengan perbandingan relai aktif. Pada kondisi ketika semua relai aktif yang berarti tidak ada resistor yang aktif maka arus maksimum didapatkan 1.20 A dengan tegangan 220 Vac. Poin ini merupakan nilai maksimum motor tanpa adanya *starting device*. Ketika semua resistor diaktifkan dengan kondisi relai 1 aktif arus maksimum berkurang menjadi 0.38 A dengan tegangan 160 V. Adapun beberapa kondisi lainnya merupakan variasi ketika resistor dihidupkan, terdapat beberapa kondisi tidak stabil dikarenakan keterbatasan kualitas komponen rangkaian. Namun jika dilihat secara keseluruhan maka rangkaian dapat menurunkan arus *starting* motor induksi yang cukup besar yang merupakan tujuan dari penelitian ini.

Data hasil pengukuran dan pengamatan merupakan data yang tersimpan dalam sebuah database *microsoft access* dan bukan merupakan data rekap manual. Dan perlu diketahui sistem rekap data dilakukan secara otomatis.

V. PENUTUP

Metoda tahanan biner adalah metoda yang sederhana dan murah untuk mengasut dan memonitor motor induksi satu-fasa. Namun, metoda ini memiliki kelemahan karena daya yang terbuang pada resistor selama proses pengasutan dan sensitivitasnya terhadap perubahan tahanan resistor selama proses monitoring. Oleh karena itu, metoda ini lebih cocok untuk motor dengan daya kecil dan aplikasi yang tidak memerlukan akurasi yang tinggi.

REFERENSI

- [1] Kucuk S, Ajder A. "Analytical voltage drop calculations during direct on line motor starting: Solutions for industrial plants". *Ain Shams Engineering Journal*. 2022 Jun 1;13(4):101671.
- [2] Hammid AT. "Direct on Line Starter Motor and Reverse System in Allen-Bradley PLC". *Diyala Journal for Pure Sciences (DJPS)*. 2016;12(4):132-48.
- [3] Satria MA, Andre AD. "Analisa Sistem Starting Dol (Direct On Line) Pada Motor Listrik PT. Semen Baturaja". *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*. 2022 Oct 5;1(03 October):395-402.
- [4] Ganesan AU, Natesan Chokkalingam L. "Single-phase direct-on-line synchronous motor for a specific application in comparison with an induction motor". *International Transactions on Electrical Energy Systems*. 2019 Apr;29(4):e2809.
- [5] Malyar V, Hamola O, Maday V. "Calculation of capacitors for starting up a three-phase asynchronous motor fed by single-phase power supply". In 2016 17th *International Conference Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)* 2016 Sep 14 (pp. 1-4). IEEE.
- [6] Habyarimana M, Dorrell DG. "Methods to reduce the starting current of an induction motor". In 2017 *IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI)* 2017 Sep 21 (pp. 34-38). IEEE.
- [7] Sarac V, Trajchevski N. "Impact of capacitor on operating characteristics of single-phase motor". In 2019 *16th Conference on*

- Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)* 2019 Jun 6 (pp. 1-5). IEEE.
- [8] Kumar MK, Datta D, Muni V. "Performance enhancement of asynchronous machine with super capacitor". *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019;8(4):1208-10.
 - [9] Sudaryana IG. "Pemanfaatan relai tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (phb) untuk praktek penghasutan starting motor star delta". *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 2015 Jul 30;12(2):97-108.
 - [10] Itajiba JA, Varnier CA, Cabral SH, Stefenon SF, Leithardt VR, Ovejero RG, Nied A, Yow KC. "Experimental comparison of preferential vs. common delta connections for the star-delta starting of induction motors". *Energies*. 2021 Mar 1;14(5):1318.
 - [11] Hardine L, Santoso DB, Hadikusuma RS. "Analysis of The Influence of Star Delta System in Reduce Electric Starting Surge in 3 Phase Motors". *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 2022 May 27;16(2):208-14.
 - [12] Sukarna IN, Ta IK, Sajayasa IM. "Comparison of three phase induction motor start using DOL, Star Delta and VSD Altivar61". *Journal of Physics: Conference Series* 2020 Feb 1 (Vol. 1450, No. 1, p. 012045). IOP Publishing.
 - [13] Lendi, Daniel. "Control analysis and validation of a high dynamic motor starter." *Master's thesis, University of Malta*, 2021.
 - [14] Ferreira, Fernando JTE, and Aníbal T. de Almeida. "Reducing energy costs in electric-motor-driven systems: savings through output power reduction and energy regeneration." *IEEE Industry Applications Magazine* 24, no. 1 (2017): 84-97.
 - [15] Adam, M., Harahap, P., Oktrialdi, B. and Herlambang, R., 2021. Analisis Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Softstarter dan Inverter. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)/Journal MESIL (Machine Electro Civil)*, 2(2), pp.81-87.
 - [16] Fauzi, Yoki Rijal. "Perancangan Soft Starting pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler Atmega328." *Tugas Akhir, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya* (2017).
 - [17] Puzakov, Andrey. "Modeling of failures of the starter electric motor." In *MATEC Web of Conferences*, vol. 298, p. 00006. EDP Sciences, 2019.
 - [18] Wigington, Adam John. "A comparison of induction motor starting methods being powered by a diesel-generator set." (2010).
 - [19] Farade, Rizwan. "Speed control of single phase induction motor by using triac." (2016).