

Smart Control and Monitoring System Motor Induksi 3 Fasa

Athaya Atsiq¹, Ta'ali, ² Aswardi³, Muldi Yuhendri⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, email: athaya.atsiq01@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pengoperasian motor induksi 3 fasa melalui implementasi sistem kontrol dan monitoring yang efisien dan terhubung dengan jaringan internet. Dalam penelitian ini, dilakukan pemrograman dan pengaturan parameter pada ATV 12 untuk mengendalikan kecepatan motor melalui PLC M221. HMI GXU-3512 digunakan sebagai antarmuka pengguna yang memudahkan monitoring dan kontrol secara lokal, sementara smartphone/PC digunakan untuk *remote control*. Parameter yang dapat diukur meliputi tegangan, arus, frekuensi, daya, dan kecepatan putaran motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan mampu mengontrol dan memonitor motor secara efisien dan akurat, serta memungkinkan pengguna untuk mengakses data dan informasi motor dari jarak jauh melalui jaringan internet. Diharapkan sistem pengontrolan dan monitoring ini dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja motor, serta mengurangi risiko kerusakan dan kecelakaan. Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri dalam pengembangan sistem pengontrolan dan monitoring motor induksi yang lebih efisien dan efektif.

INFO.

Info. Artikel:

No. 374

Received. March, 30, 2023

Revised. April, 7, 2023

Accepted. April, 12, 2023

Page. 115 – 124

Kata kunci:

- ✓ Remote Control
- ✓ Local Control
- ✓ Monitoring
- ✓ Motor Induksi 3 Fasa
- ✓ ATV 12
- ✓ PLC M221
- ✓ HMI GXU-3512

Abstract

This research aims to enhance the operation of a three-phase induction motor by implementing an efficient control and monitoring system that is connected to the internet. In this study, programming and parameter settings were carried out on the ATV 12 to control the motor speed through the PLC M221. The HMI GXU-3512 was used as a user interface to facilitate local monitoring and control, while a smartphone/PC was used for remote control. The measurable parameters include voltage, current, frequency, power, and motor speed. The research results show that the implemented system can efficiently and accurately control and monitor the motor, and allow users to access data and information from a distance via the internet. The control and monitoring system is expected to improve the efficiency and performance of the motor while reducing the risk of damage and accidents. This study can serve as a reference for industries in developing more efficient and effective control and monitoring systems for induction motors.

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik yang banyak digunakan pada industri besar, menengah dan kecil serta banyak digunakan untuk menggerakkan peralatan rumah tangga. Motor sangkar tupai sering digunakan untuk menangani beban variabel. Motor AC putar disebut juga motor induksi [1]. Secara umum, ada dua jenis motor induksi berdasarkan jumlah fasa yang digunakan: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Cara kerja kedua motor ini pada dasarnya sama karena induksi medan putar pada belitan primer (stator) yang melepaskan batang rotor. sehingga induktansi berlangsung di rotor [2] [3]. Motor listrik arus bolak-balik (AC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi mekanik atau kinetik berupa gerak rotasi rotor [4]. Motor sangkar tupai yang paling umum adalah motor sangkar tupai tiga fasa.

Penggunaan motor sangkar tupai tiga fasa pada mesin industri sudah meluas di dunia industri. Motor listrik tiga fase hubung singkat memiliki struktur yang sederhana. sehingga mudah dirawat meski tanpa perawatan khusus [5]. Motor induksi banyak digunakan di industri sebagai tenaga penggerak pada

peralatan manufaktur seperti ban berjalan, penghancur, kipas atau blower, pompa, dll, tergantung pada fungsi dan pengoperasian motor sangkar tupai. Itu harus bekerja dengan baik dan aman. Namun ada beberapa jenis malfungsi yang dapat mengganggu pengoperasian dan fungsi motor sangkar tupai. atau bahkan merusak motor sangkar tupai itu sendiri [6].

Motor induksi menyebabkan penurunan tegangan yang besar dan arus lonjakan yang tinggi. Hal ini menyebabkan penurunan tegangan yang besar pada tegangan suplai PLN untuk motor listrik kecil [7]. Arus tidak secara signifikan mempengaruhi penurunan tegangan. Di sisi lain, motor besar juga menyebabkan penurunan tegangan yang besar dan menurunkan kualitas arus. yang mempengaruhi kedipan lampu dan ketukan mesin. yang merusak motor Selain itu, saat menggunakan motor berdaya tinggi, waktu idle putaran motor relatif lama. sehingga memperlambat proses produksi industri[8].

Sistem kontrol adalah sistem untuk memantau alur kerja dalam desain alat. Sistem ini banyak digunakan dalam dunia industri untuk mengetahui kinerja alat. Tujuan pemantauan adalah untuk mengetahui apakah tindakan berjalan sesuai dengan rencana [9]. Mengidentifikasi permasalahan yang muncul agar dapat segera dilakukan tindakan perbaikan. Mengevaluasi apakah metode kerja dan manajemen yang digunakan cocok untuk mencapai tujuan. untuk menemukan hubungan selama kegiatan untuk mengukur kemajuan [10]. Banyak aplikasi kontrol motor induksi industri masih menggunakan kontrol lokal atau medan. Hanya sedikit orang yang mulai mengembangkan remote control atau kendali jarak jauh. Menggunakan remote control memiliki banyak keuntungan. Yang terpenting, mudah digunakan dengan kontrol waktu nyata, pemantauan, dan pengumpulan data [11].

Berkembangnya era teknologi zaman sekarang, control dan monitoring data yang cepat dan akurat sangat dibutuhkan. Seperti control dan monitoring motor 3 fasa yang berisi Informasi nilai arus, tegangan, kecepatan dan daya motor sangat diperhatikan setiap waktunya karena motor listrik merupakan penggerak proses produksi dalam dunia industri. Efisiensi proses produksi bagi industri bertujuan untuk meningkatkan daya saing serta keuntungan baik dari segi finansial [12]. Proses pengendalian motor berawal dari proses switch on/off sampai proses monitoring bagian yang lainnya. Pengoperasian motor induksi 3 fasa menggunakan rangkaian motor bekerja dengan menerapkan teknologi berbasis Internet of Things di bidang industri untuk mempermudah menggunakan motor induksi 3 fasa dengan mengontrolnya dari jarak jauh [13].

Kebutuhan Di Era Industri 4.0 saat ini, mesin produksi juga perlu dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh. Oleh karena itu pada penelitian ini melalui antarmuka berupa user interface, sistem monitoring ini menggunakan hardware pendukung berupa Magelis GXU3512 sebagai HMI, ATV12HU22M2 sebagai kontrol motor, Programmable Logic Control (PLC) sebagai controller, Ethernet Switch Network dan serta motor induksi 3 fasa 1,5 kW. pemantauan dan pengendalian akan dilakukan secara lokal kontrol dan remote control menggunakan smartphone dan PC melalui protokol komunikasi modbus. Parameter yang akan di monitoring pada sistem ini adalah nilai tegangan, arus, daya, frekuensi, dan kecepatan motor.

Tujuan dari studi ini adalah untuk :

1. Merancang sebuah alat sistem kontrol dan monitoring motor induksi 3 fasa menggunakan ATV12 yang dapat dimonitoring dan dikendalikan secara *local control* dan *remote control* melalui MODBUS protokol.
2. Sistem kontrol dan monitoring cerdas motor induksi 3 fasa ini dirancang untuk mengatur kecepatan motor berbasis *Internet Of Thing*.

Rumus matematis yang menjelaskan hubungan antara frekuensi dan kecepatan putaran motor pada motor induksi tiga fasa adalah: .

$$N = (120 \times f) / P$$

Dimana :

N adalah kecepatan putaran motor dalam satuan RPM (rotasi per menit),

f adalah frekuensi pasokan daya listrik dalam satuan Hz (hertz),

P adalah jumlah kutub pada motor

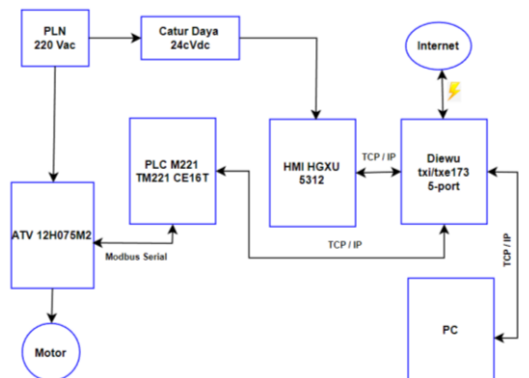
Rumus tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi pasokan daya listrik, maka kecepatan putaran motor akan semakin meningkat, dengan asumsi jumlah kutub pada motor dan tegangan listrik tetap konstan. Hal ini terjadi karena frekuensi listrik mempengaruhi frekuensi magnetik pada stator motor, yang pada gilirannya mempengaruhi kecepatan putaran rotor motor.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang tepat untuk penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Metode ini cocok digunakan untuk menguji dan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem kontrol dan monitoring yang diusulkan dalam penelitian ini, yang menggunakan berbagai jenis perangkat keras dan perangkat lunak. Penelitian eksperimental memungkinkan peneliti untuk membandingkan sistem yang diusulkan dengan sistem kontrol yang ada, serta mengukur kinerja sistem dalam berbagai situasi dan kondisi yang berbeda. Peneliti dapat melakukan pengambilan data secara langsung melalui pengamatan, pengukuran, dan percobaan di lapangan. Peneliti juga dapat menggunakan teknik analisis data statistik untuk mengevaluasi hasil dari penelitian eksperimental [14].

Blok Diagram

Blok diagram merupakan pendefinisian terhadap suatu sistem yang bersifat menyeluruh. Aturan didalam proses penganalisaan bahwa perlu dilakukan pendefinisian terhadap sistem yang dirancang secara menyeluruh, artinya harus ada gambaran secara jelas mengenai ruang lingkup pembahasan yaitu dengan menggunakan blok diagram[15]. Gambar 1. dibawah merupakan blok diagram alat kontrol dan monitoring motor induksi 3 fasa.

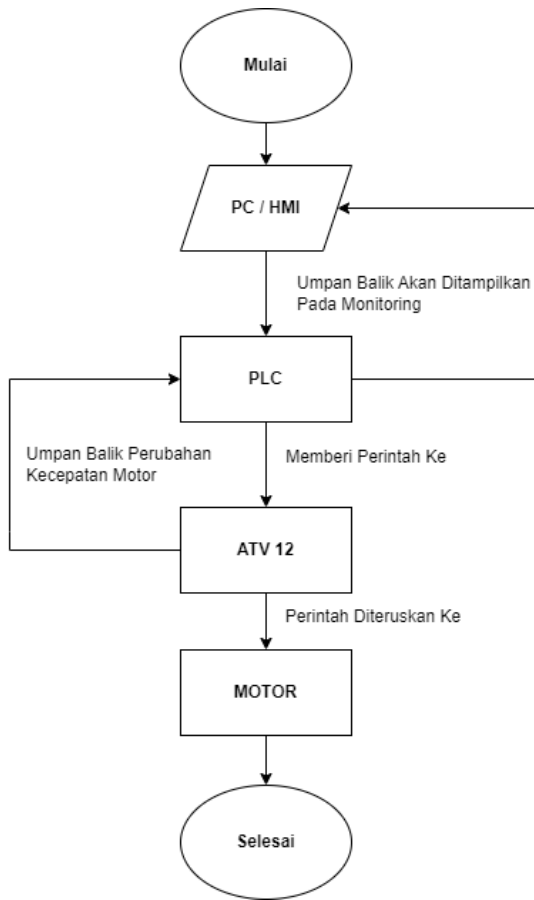


Gambar 1. blok diagram alat kontrol dan monitoring motor induksi 3 fasa

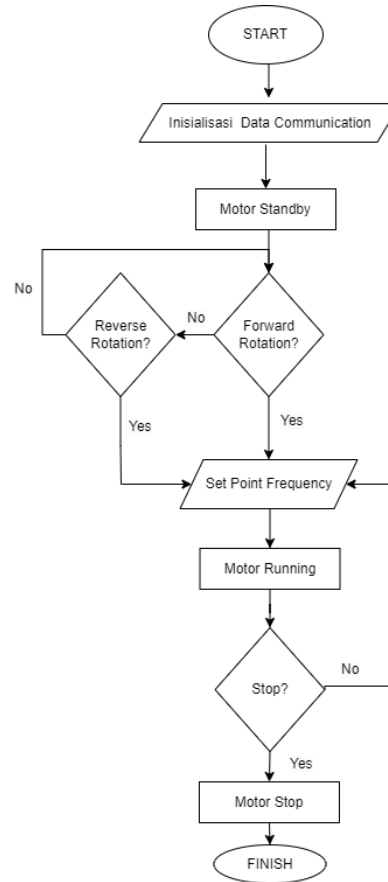
PLN mempunyai sumber daya 220 Vac sedangkan HMI dan ICPDAS membutuhkan 24 Vdc sehingga daya dari PLN akan masuk pada catu daya terlebih dahulu sebelum masuk ke HMI . Sedangkan ATV12 membutuhkan daya 220 Vac sehingga tidak membutuhkan catu daya pengubah tegangan menjadi DC, jadi sumber dari PLN akan langsung menuju ATV12. PC dan *Smartphone* akan berfungsi sebagai monitoring dan remote kontrol jarak jauh, sedangkan HMI berfungsi sebagai kontrol dan monitoring di lapangan. Protokol komunikasi data akan memproses setiap perintah yang diberikan oleh pemberi perintah baik dari PC sebagai remote kontrol maupun dari HMI yang ada di lapangan. Kemudian perintah akan diteruskan ke ATV12 melalui protokol Modbus sehingga dapat mengatur kecepatan putaran motor.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dapat menunjukkan secara jelas arus pengendalian Algoritma, yaitu bagaimana rangkaian pelaksanaan kegiatan. Adapun tujuan dari pembuatan flowchart adalah untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terurai, rapi dan jelas dengan menggunakan simbol-simbol standar. Diagram alir penelitian pada pembahasan ini dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Alat



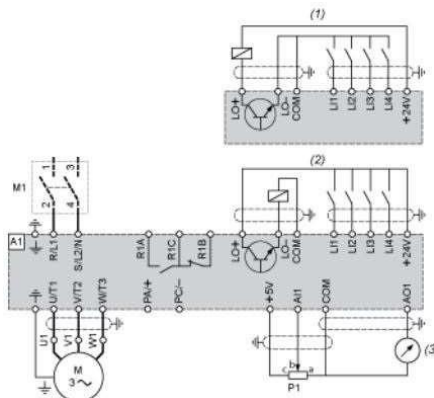
Gambar 3. Flowchart Pengendali Kecepatan Motor

Smartphone sebagai *remote control* dan HMI sebagai *local control* merupakan media untuk menampilkan data, mengumpulkan data, dan mengirimkan sinyal kontrol kepada PLC dan ATV12. Sinyal kontrol pada PLC dengan basis komunikasi modbus serial melalui serial line, akan meneruskan data ke drive motor ATV12 untuk mengontrol arus energi listrik motor 3 phase. Umpan balik dari perubahan kecepatan motor akan diberikan dari ATV12 ke PLC dan kemudian diteruskan PC/HMI untuk monitoring. Apabila terjadi over voltage / over current, maka PLC akan melakukan shutdown atau memutuskan tegangan pada sistem sebagai bentuk proteksinya.

Dapat dilihat pada gambar 3 diatas untuk diaganr alir pengendalian kecepatan motor. Apabila tombol start ditekan, maka alat ini akan melakukan insialisasi data komunikasi, kemudian masuk pada mode stanby untuk pengoperasian alat. Setelah itu, akan muncul pilihan menu untuk arah putaran motor yang diinginkan serta input nilai frekuensi yang diinginkan untuk pengaturan kecepatan putaran motor. Ketika nilai sudah diinputkan dan motor sudah di *running*, maka nilai-nilai yang akan dimonitor akan muncul pada menu monitoring. Lalu apabila motor sudah selesai beroperasi dan ingin di *stop*, tekan tombol *stop* maka motor berhenti beroperasi.

Perancangan Instalasi

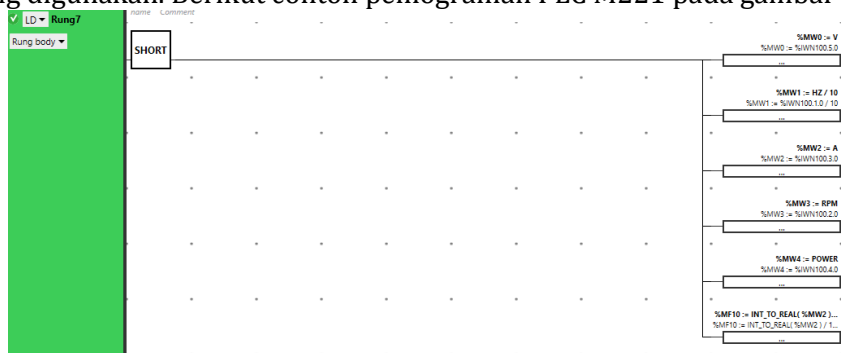
Instalasi dengan pengoperasin terminal I/O (Logic I/O) dan telecontrol (kendali jarak jauh), dengan adanya I/O terminal pembalikan arah putar motor tidak perlu menggunakan kontaktor. Serta me-*Settings Varibales Speed Drive* sebagai *Slave Modbus protocol* dengan menentukan alamat *slave*, *baudrate*, *data frame* dan *time-out*. Berikut rangkian instalasi terminal I/O.



Gambar 4. Rangkaian Terminal I/O pada VSD.

Perancangan Software *Machine Expert Basic*

Pada bagian configuration, atur spesifikasi PLC yang digunakan, kemudian pilih protokol komunikasi data yang ingin di gunakan, lalu sinkronkan settingannya dengan HMI. Kemudia untuk koneksi dengan inverter, tambahkan pada bagian Serial Line >> Modbus Serial IO Scanner >> lalu pilih jenis inverter yang digunakan. Berikut contoh pemograman PLC M221 pada gambar 5 dibawah.

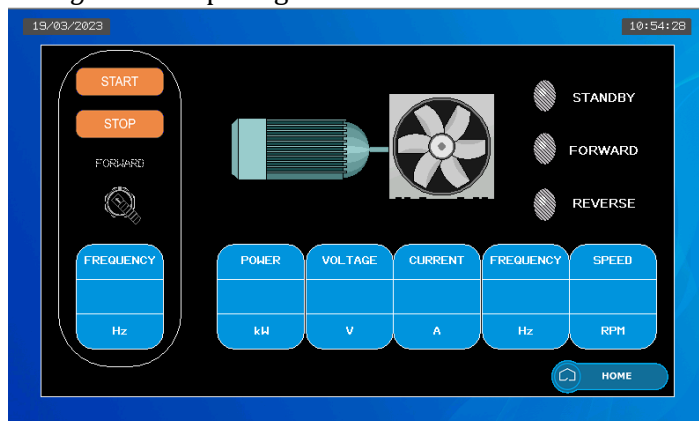


Gambar 5. Pemograman PLC Pada Software *Machine Expert Basic*

Untuk ladder diagram PLC, tarik address yang ingin digunakan melalui parameter yang sudah tersedia pada inverter. Gambar diatas merupakan pemograman untuk penarikan nilai parameter arus, tegangan, power, daya, kecepatan motor dan frekuensi.

Perancangan Software *Vijeo Designer Basic*

Berikut adalah *design interface* untuk pengontrolan dan monitoring kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan *Vijeo Designer Basic* pada gambar 6.

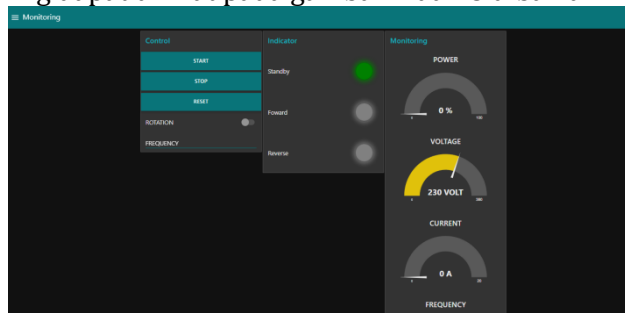


Gambar 6. Menu Kontrol dan Monitoring pada HMI

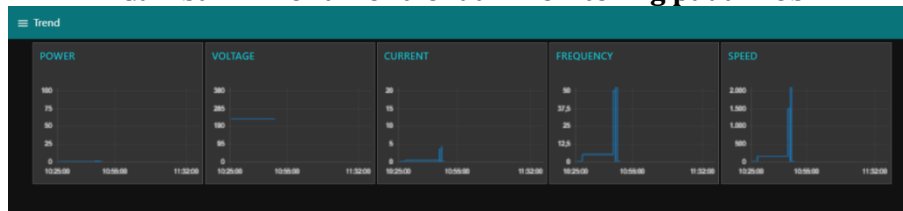
Dapat dilihat pada bagian sebelah kiri merupakan menu kontrol, yaitu untuk start, stop, forward/reverse, dan input nilai frekuensi. Sedangkan pada bagian sebelah kanan merupakan bagian untuk menu monitoring kerja alat.

Perancangan Server Web Acces

Untuk perancangan kontrol dan monitoring secara *remote* menggunakan server nodeJS. NodeJS adalah platform yang dibangun di atas mesin JavaScript V8 Google Chrome, yang memungkinkan Anda menulis kode JavaScript di sisi server. Nodejs juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi yang berjalan di lingkungan Internet of Things (IoT) dan pemrograman PLC. User interface untuk medial pengontrolan dan monitoring dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 dibawah.



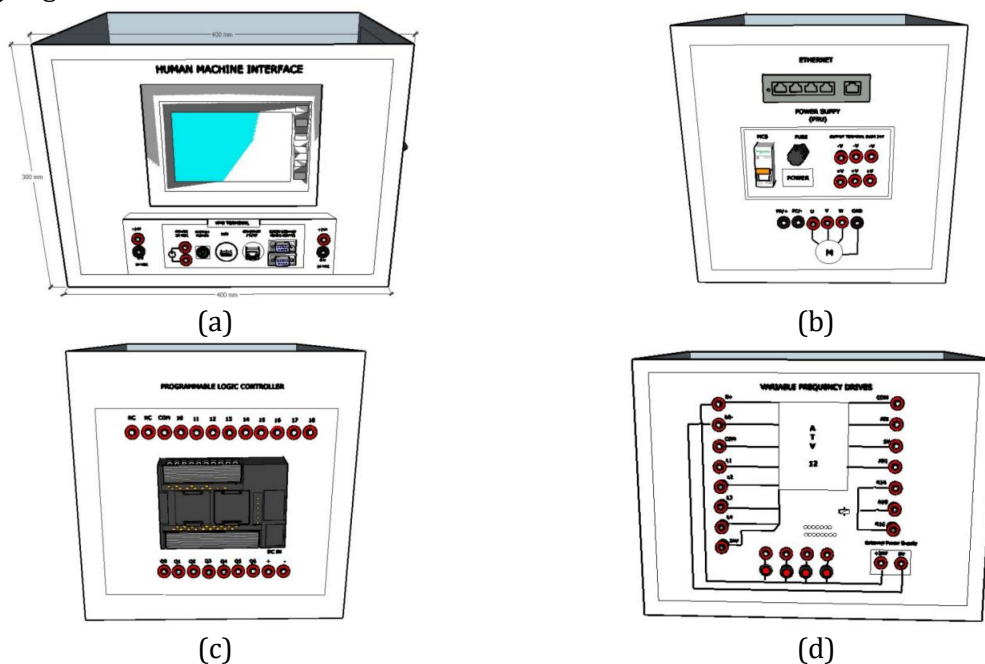
Gambar 7. Menu Kontrol dan Monitoring pada Web



Gambar 7. Menu Grafik Trend pada Web

Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik dilakukan sebagai gambaran dalam merealisasikan bentuk asli dari *hardware* yang akan dibuat. Berikut ini adalah gambar 8 yang berisi gambaran dari perancangan mekanik yang telah dibuat.



Gambar 8. Perancangan Trainer Box (a) tampak depan, (b) tampak kanan, (c) tampak kiri, (d) tampak belakang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengoperasian trainer untuk pengontrolan motor induksi 3 fasa berbasis web acces melalui protokol komunikasi modbus dengan arah putaran bisa di set untuk *forward* dan *reverse* berhasil untuk dijalankan. Berikut gambar 9. saat pengujian sistem secara keseluruhan :



Gambar 9. Uji coba sistem keseluruhan

Pada HMI GXU3512 sistem yang dikontrol dan dimonitoring adalah pengontrolan menghidupkan motor , mematikan motor, pengaturan *set point frequency*, serta memonitoring data tegangan, arus, kecepatan, daya, kecepatan putaran motor, frekuensi dan durasi(up-time) penyalaan. Selain itu, pada HMI GXU3512 juga terdapat fitur alarm yang dapat memberikan peringatan kepada operator jika terdapat kondisi yang tidak normal pada motor seperti overcurrent, overvoltage, atau overload. Hal ini dapat membantu operator untuk mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan sebelum terjadi kerusakan atau kecelakaan yang lebih serius pada motor.



Gambar 10. Uji coba sistem web server

Pada gambar 10 uji coba web server yang di akses melalui *smartphone* sistem yang dikontrol dan dimonitoring sama dengan di HMI, tetapi ada penambahan grafik untuk setiap parameter yang ada. Dalam hal ini, data kecepatan motor yang diukur pada motor akan diambil oleh sistem kontrol dan monitoring, kemudian data tersebut akan diproses dan disimpan dalam database. Selanjutnya, pengguna dapat mengakses data kecepatan motor tersebut melalui aplikasi web yang terhubung dengan sistem kontrol dan monitoring. Pengguna dapat melihat grafik atau tampilan visual lainnya yang menunjukkan kecepatan motor selama waktu tertentu dan juga memantau perubahan kecepatan motor saat motor beroperasi. Hal ini akan memudahkan pengguna untuk mengetahui kondisi motor, serta memungkinkan untuk melakukan perubahan dan penyesuaian pada sistem kontrol motor untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja motor.

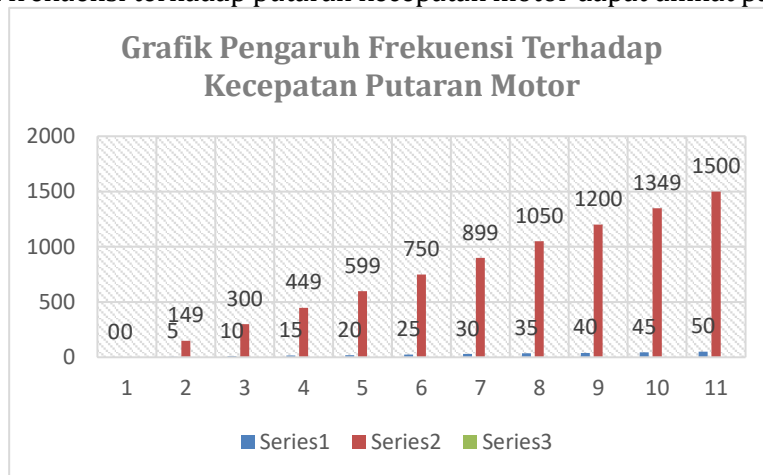
Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

KONTROL		MONITORING			
Frequency (Hz)	Power (Kwh)	Voltage (V)	Current (I)	Frquency (Hz)	Speed (RPM)
5	2,2	230	0,3	5	149
10	2,2	230	0,3	10	300
15	2,2	230	0,3	15	449
20	2,2	230	0,3	20	599
25	2,2	230	0,3	25	750
30	2,2	230	0,3	30	899
35	2,2	230	0,3	35	1050
40	2,2	230	0,3	40	1200
45	2,2	230	0,3	45	1349
50	2,2	230	0,3	50	1500

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa kecepatan putaran motor dapat di kontrol dengan mengubah nilai frekuensi yang ada, saat nilai frekuensi dinaikan maka kecepatan putaran motor akan semakin cepat, begitupula sebaliknya.

Analisis Data

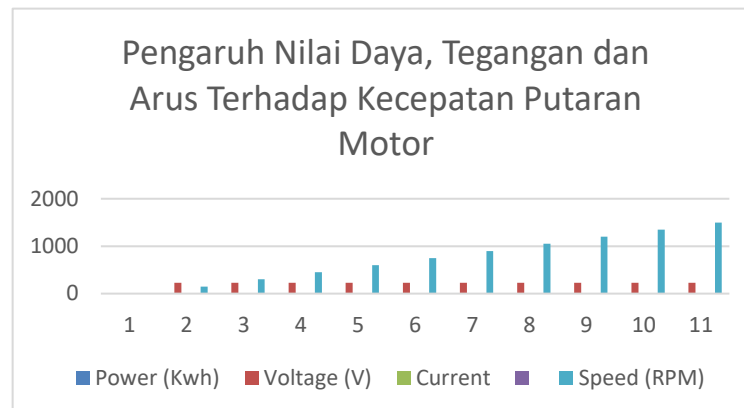
Pengaruh frekuensi terhadap putaran kecepatan motor dapat dilihat pada gambar 11 dibawah :



Gambar 11. Pengaruh frekuensi terhadap putaran kecepatan motor

Pada motor induksi 3 fasa, kecepatan sinkron motor dipengaruhi oleh frekuensi suplai listrik yang diberikan. Dalam kondisi ideal, kecepatan sinkron motor induksi 3 fasa adalah proporsional dengan frekuensi suplai listrik, yaitu kecepatan sinkron ($n = 120 \times f / p$), dimana: n = kecepatan sinkron motor (dalam rpm), f = frekuensi suplai listrik (dalam Hz), p = jumlah kutub motor. Dari persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa meningkatkan nilai frekuensi suplai listrik akan meningkatkan kecepatan sinkron motor. Namun, kecepatan sebenarnya motor induksi 3 fasa biasanya lebih rendah dari kecepatan sinkron karena adanya slip (selisih antara kecepatan sebenarnya dan kecepatan sinkron). Oleh karena itu, kenaikan frekuensi listrik juga akan meningkatkan kecepatan sebenarnya motor, meskipun tidak secara proporsional. Selain itu, perlu diingat bahwa peningkatan frekuensi listrik juga dapat mempengaruhi kondisi operasi motor, seperti peningkatan suhu dan rugi-rugi daya. Oleh karena itu, peningkatan frekuensi listrik harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan batas-batas yang disarankan oleh produsen motor dan peraturan yang berlaku.

Pengaruh nilai tegangan dan arus terhadap kecepatan motor dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Pengaruh nilai tegangan dan arus terhadap kecepatan motor

Ketika kecepatan motor bertambah, nilai tegangan dan arus tetap pada umumnya tidak berubah. Hal ini dikarenakan tegangan dan arus tetap pada motor merupakan karakteristik listrik dari motor tersebut, yang ditentukan oleh desain dan spesifikasi motor tersebut. Namun, jika terdapat perubahan pada beban atau torsi yang diberikan pada motor ketika kecepatannya bertambah, maka nilai tegangan dan arus pada motor dapat berubah. Pada beban yang lebih berat, motor akan membutuhkan arus yang lebih besar untuk menjaga kecepatannya. Sebaliknya, pada beban yang lebih ringan, motor membutuhkan arus yang lebih kecil.

Selain itu, pada motor dengan sistem pengaturan kecepatan variabel, seperti motor DC dengan pengatur kecepatan menggunakan PWM (Pulse Width Modulation), pengaturan kecepatan dapat mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang masuk ke motor. Pada kecepatan yang lebih tinggi, pengaturan PWM dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dan arus yang lebih besar untuk menjaga kecepatan motor tetap stabil.

Namun, pada motor AC yang tidak dilengkapi dengan pengaturan kecepatan variabel, kecepatan motor biasanya diatur dengan mengubah frekuensi listrik yang masuk ke motor. Pada frekuensi yang lebih tinggi, motor AC dapat menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan menghasilkan tegangan dan arus yang sama seperti pada frekuensi yang lebih rendah. Namun, perubahan frekuensi dapat mempengaruhi efisiensi motor dan perubahan nilai tegangan dan arus pada motor dapat terjadi akibat efek skin atau efek joule

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa pengontrolan dan monitoring motor induksi 3 fasa berhasil dilakukan menggunakan ATV12 dan PLC dengan protokol komunikasi modbus melalui serial. Monitoring yang dilakukan melalui *Smartphone* dan HMI Magelis GXU3512 menunjukkan nilai yang sesuai terhadap perubahan nilai di setiap variable. *Internet Of Things* (IOT) berhasil diimplementasikan pada pengontrolan dan monitoring motor induksi 3 fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siswoyo. "Teknik Listrik Industri". Depdiknas, Jakarta. 2008.
- [2] M. Sayuti and S. Saptadi, "Dasar-dasar Teknik Listrik", Yogyakarta: Penerbit Andi, 2020.
- [3] H.Suyitno and E. Nurhayati "Sistem Tenaga Listrik: Konsep, Teori, dan Praktikum," Yogyakarta: Penerbit Deepublish, 2019.
- [4] A. Sulistiyo and D. Arifianto, " Analisis Kinerja Motor Listrik Arus Bolak-Balik 1 Fasa pada Penggerak Pompa Air" Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 7, no. 2, pp. 81-87, 2019.
- [5] Y. Badruzzaman, "Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa dengan Variable Speed Drive Berbasis PLC dan SCADA" *Orbith*, Vol. 11 No. 2, pp. 147-152, 2015.
- [6] S. Ashari, B. I. M. Sukmadana, F. Citarsa, and I. B "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengamat Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535", *Dielektrika*. Vol. 2, No. 2, pp. 124-130, 2015.

- [7] D. Prasetyo and Handoko, "Analisis Dampak Pengoperasian Motor Induksi Terhadap Kualitas Daya Listrik pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 115-126, 2019.
- [8] J. Prakoso, I. Irawan, A. Warsito and Sukmadi, "Perancangan Pengasutan Bintang-Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan PLC," *Ejournal.undip.ac.id*, pp.1-6, jun. 2013.
- [9] M. A. Riyadi, "Perancangan Sistem Kontrol Dalam Meningkatkan Efisiensi Sistem Mesin," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 6 no.2, pp. 70-76, 2018.
- [10] M. Mudjahidin and N. D. P. Putra, "Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Perkembangan Proyek Berbasis Web Studi Kasus di Bina Marga dan Pemantusan," *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 11, No.1, pp. 75-81, 2010.
- [11] A. Z. Arifin and F. Fahmi, F, "Perancangan Remote Control Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 7, no.3, pp. 227-234, 2019.
- [12] A. Muchtar, U. Muhammad, and A. Mariyah, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Java Programming," *Jurnal Teknologi Terpadu*, Vol. 5, No. 1.
- [13] S. Mushoffa, "Rancang Bangun Kontrol Motor Induksi 3 Fasa dan Sistem Monitoring Berbasis IoT," *Skripsi, PPs Universitas Pendidikan Indonesia, Jakarta*, 2018.
- [14] M. Arif, "Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri," *Deepublish, Yogyakarta*, 2016.
- [15] P. Purwadi, S. Sunaryono, and A. Yuniarto, "Implementasi Kontroler PID dan Fuzzy Logic pada Motor DC dengan Metode Blok Diagram," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 7, no. 3, pp. 289-296, 2018.