

## **Rancang Bangun Trainer Kit Pengendali Putaran Motor AC 3 Fasa Dengan VFD Berbasis PLC Omron dan HMI Dengan Operasi Dua Tombol**

**Moody N. Tumembow<sup>1</sup>, Silvy Dollorossa Boedi<sup>2</sup>,  
Apriyantho Risaldhy Apitalau<sup>3</sup>,**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252,  
Indonesia

Email: <sup>1</sup> moodynt63@gmail.com

No. Hp: <sup>1</sup> 081212343773

### ***Abstrak***

*Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun sebuah trainer kit yang berfungsi mengendalikan putaran motor AC tiga fasa menggunakan Variable Frequency Drive (VFD) yang dikendalikan oleh PLC OMRON dan Human Machine Interface (HMI). Sistem ini dirancang dengan mekanisme dua tombol sebagai pengoperasian utama, sehingga mudah digunakan dan cocok untuk kegiatan praktikum di laboratorium mekatronika. Program kontrol pada PLC OMRON dirancang menggunakan perangkat lunak CX-Programmer, sedangkan tampilan HMI dibuat melalui aplikasi Haiwell Cloud SCADA. Komponen utama dalam sistem ini meliputi PLC OMRON CP1E, HMI Haiwell tipe C7H-R, VFD Delta tipe VFD-EL, dan motor AC tiga fasa tipe YME-1HP. Proses perancangan mencakup pemrograman, integrasi perangkat keras, dan uji fungsi alat. Dari hasil pengujian, trainer kit yang dirancang mampu bekerja dengan baik dalam mengendalikan putaran motor sesuai dengan perintah yang diberikan melalui HMI dan logika program dalam PLC. Alat ini sangat berpotensi menjadi media pembelajaran yang efektif dalam memahami sistem kontrol motor berbasis PLC dan VFD.*

*Kata Kunci – Trainer, Kit, Motor AC, 3 fasa, VFD, PLC OMRON, HMI, CX-Programmer.*

## ***Design and Development of a Trainer Kit for Controlling the Rotation of a Three-Phase AC Motor Using a VFD Based on OMRON PLC and HMI with Two-Button Operation***

### ***Abstract***

*This study was conducted to design and build a trainer kit that functions to control the rotation of a three-phase AC motor using a Variable Frequency Drive (VFD) operated by an OMRON PLC and a Human Machine Interface (HMI). The system is designed with a simple two-button operation, making it user-friendly and suitable for laboratory practice in the field of mechatronics. The control logic for the PLC was developed using CX-Programmer software, while the HMI interface was designed using the Haiwell Cloud SCADA platform. The system includes several main components: an OMRON CP1E PLC, a Haiwell C7H-R HMI, a Delta VFD-EL, and a YME-1HP three-phase AC motor. The development process involved programming, hardware integration, and performance testing. Test results showed that the trainer kit was able to operate effectively in controlling*

*motor rotation according to commands from the HMI and the logic programmed into the PLC. This tool is expected to be a practical and efficient learning medium for understanding motor control systems using PLC and VFD technology.*

*Keywords – Trainer kit, 3 Phase AC, Motor, VFD, OMRON PLC, HMI, CX-Programmer.*

## PENDAHULUAN

Untuk mempertahankan daya saing dengan universitas lain dengan meningkatkan kualitas sarana dan prasarana pendukung kebutuhan media pembelajaran dan praktik. Diharapkan bahwa perancangan trainer praktikum dapat berfungsi sebagai media pembelajaran sehingga siswa bisa cepat memahami proses penyampaian materi dan melihatnya secara fisik. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat trainer praktikum untuk membantu proses media pembelajaran dan praktik [1].

Baik sektor industri besar maupun kecil di negara kita mengalami kemajuan yang pesat sehingga untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya peralatan produksi yang tepat. Motor listrik merupakan salah satu contoh peralatan industri yang menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utama [2]. Motor tiga fasa sering digunakan untuk menggerakkan alat yang merupakan beban dari motor tiga fasa. Alat-alat ini termasuk pompa, conveyor, dan lainnya yang merupakan bagian dari proses produksi [3]. Beberapa keuntungan motor AC tiga fasa termasuk konstruksi yang lebih sederhana, biaya yang lebih rendah, dan tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Namun, satu kekurangan motor induksi adalah sulit untuk mengendalikan kecepatan tanpa menggunakan bantuan teknologi yang tepat [4].

*Variable Frequency Drive* (VFD) adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan dan arus searah menjadi tegangan bolak balik dengan keluaran tegangan dan frekuensi yang dapat diatur (inverter). Karena frekuensi input motor dapat diatur dan dikendalikan, VFD memungkinkan pengendalian kecepatan motor yang berbeda [3]. VFD (*Variable Frequency Drive*) adalah pengontrol gerak atau penggerak yang bekerja dengan mengubah frekuensi sebuah motor AC. VFD hanya dapat dihubungkan dan digunakan untuk motor-motor induksi [1].

Dalam bidang industri manufaktur, farmasi, pakaian, dan bidang lain banyak menggunakan PLC. Dari semula hanya menggantikan relay sebagai kontrol, sekarang PLC dapat melakukan hal lain seperti mengontrol proses, kontrol gerak, sistem distribusi, dan jaringan yang kompleks [5]. PLC, yang diprogram menggunakan bahasa atau perangkat lunak khusus, digunakan dalam lingkungan industri dan dapat digunakan untuk mengontrol proses pada mesin. PLC berbasis mikroprosesor khusus dan dapat diprogram untuk menyimpan instruksi dan melakukan fungsi seperti penghitungan, logika, pewaktuan, dan aritmatika [6].

Untuk membuat sistem kendali cepat dan mudah dioperasikan, Human Machine Interface (HMI) dibutuhkan untuk membuat pengoperasian dan pengawasan motor listrik lebih mudah [7]. HMI adalah sebuah perangkat yang dapat menampilkan sistem melalui layar secara *real time* [4].

Yang menjadi rumusan masalah adalah: bagaimana membuat trainer kit pengendali putaran motor AC tiga fasa dengan VFD berbasis PLC OMRON dan

HMI dengan operasi 2 tombol dan bagaimana merancang rangkaian sistem kontrol PLC dan HMI untuk pengendali kecepatan putaran motor AC tiga fasa dengan operasi 2 tombol.

Sedangkan tujuan dari perancangan adalah : untuk membangun trainer kit pengendali putaran motor AC tiga fasa dengan VFD berbasis PLC OMRON dan HMI dengan operasi 2 tombol dan untuk mendapatkan rancangan rangkaian sistem kontrol PLC dan HMI untuk pengendali putaran motor AC tiga fasa dengan operasi 2 tombol.

### ***Penelitian Terdahulu***

Penelitian terdahulu tentang pengendali kecepatan putaran motor induksi 3 fasa telah membantu mengembangkan sistem kontrol yang baik. Studi awal mengemukakan bahwa menggunakan VFD, kecepatan perputaran motor tiga fasa dapat disesuaikan dengan mengubah frekuensi yang ada. Ini dilakukan untuk mencapai kestabilan kinerja motor ketika motor tiga fasa diberi beban dengan berat tertentu; studi tambahan menunjukkan bahwa menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) memungkinkan perubahan kecepatan motor yang lebih fleksibel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan motor dapat disesuaikan dengan baik dengan pengaturan frekuensi.

Studi lain juga menunjukkan bahwa dengan menggunakan perangkat lunak *CX Programmer* yang memiliki kemampuan untuk melakukan koreksi dan simulasi dapat memungkinkan perancangan sistem kerja dilakukan pada komputer pribadi atau laptop; penelitian tambahan menunjukan bahwa frekuensi input yang diatur mempengaruhi kecepatan putaran motor; penelitian lainnya juga menunjukan bahwa pengaturan signal input PLC akan mempengaruhi besarnya frekuensi keluaran VFD dan RPM motor naik dan turun.

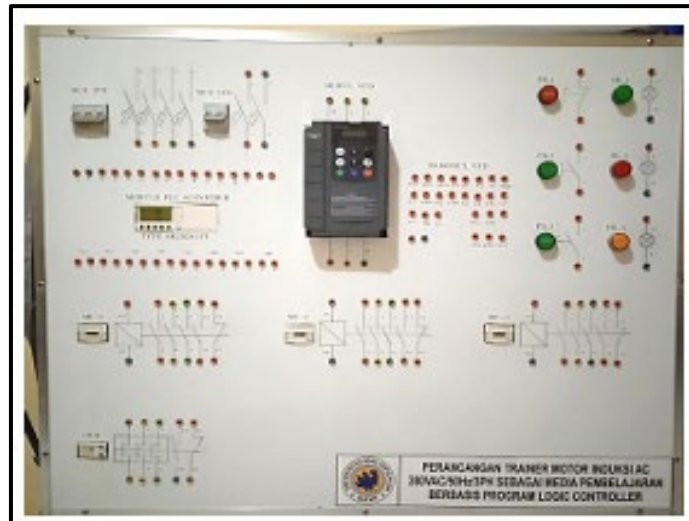
Studi lain menunjukan bahwa dikarenakan semua terlihat di tampilan *hardware Human Machine Interface* (HMI), operator dapat dengan mudah mengatur kecepatan motor AC 3 phase; penelitian tambahan memaparkan data dari lima puluh kali pengujian, sistem kendali motor induksi tiga fasa dapat melakukan fungsi pengoperasian dan pemantauan menggunakan HMI dan PC dengan sempurna.

Berdasarkan penelitian terdahulu penulis mengambil kesimpulan bahwa VFD, PLC, dan HMI dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi operasional dalam pengendalian motor induksi 3 fasa. Penelitian kali ini akan berfokus pada rancang bangun alat trainer kit pengendali putaran motor AC 3 fasa dengan VFD berbasis PLC OMRON dan HMI.

### **Trainer Praktikum**

Alat trainer praktikum kontrol dapat digunakan untuk membantu berbagai kebutuhan pelajar dalam proses pembelajaran, seperti simulasi dan instalasi. Dalam rancangan pembuatan alat ini, menggunakan VFD (*Variable Frequency Drive*) yang berfungsi sebagai pengendali kecepatan motor, PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai rancang utama *Ladder Diagram* PLC untuk simulasi kontrol

motor induksi 3 fasa [1]. *Human Machine Interface* (HMI) untuk memudahkan pengoperasian dan pengawasan motor listrik [7].



Gambar 1. Ilustrasi Trainer Praktikum

### Motor AC 3 Fasa

Motor AC 3 fasa banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan merupakan bagian penting dari sistem tenaga listrik. Prinsip kerja motor ini adalah sebagai berikut: medan magnet yang berputar di stator menginduksi arus listrik ke rotor, menghasilkan gaya elektromagnetik yang menggerakkan rotor [8].



Gambar 2. Motor AC 3 Fasa

Dua komponen yang sangat penting dari motor AC 3 fasa adalah stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang berputar). Dalam motor AC 3 fasa, kumparan rotor menerima energi listrik secara induksi, seperti yang terjadi pada kumparan transformator [9]. Motor AC 3 fasa sendiri dipilih karena kemudahan perawatan, torsi awal yang baik, dan efisiensi tinggi [10]. Motor induksi sering digunakan bersama dengan perangkat kontrol seperti *Variable Frequency Drive*

(VFD) dan *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk mengatasi keterbatasan dalam pengaturan kecepatan [1].

### ***Variable Frequency Drive (VFD)***

Penelitian ini merancang inverter untuk mengontrol kecepatan putar motor tiga fasa selama proses starting up karena *Variable Frequency Drive* (VFD) mengontrol frekuensi *duty cycle* [3]. Langkah pertama adalah mengonfigurasi parameter VFD berdasarkan spesifikasi motor. Hal ini dilakukan karena VFD dapat menghasilkan berbagai pengaturan frekuensi, yang kemudian dikirim ke motor untuk memvariasikan kecepatan motor sesuai dengan frekuensi yang diterimanya. Bahkan saat motor mengangkat beban, stabilitas putaran motor dapat dicapai dengan menggunakan VFD [3].

Untuk pengaplikasian kerja, *Variable Frequency Drive* (VFD) digunakan karena kontrol kecepatan sangat penting sebab perubahan beban yang memerlukan peningkatan atau pengurangan kecepatan. Sistem ini memungkinkan kontrol kecepatan yang tepat, peningkatan, dan pengurangan, serta mengoptimalkan kinerja berbagai sistem seperti pompa, kipas, dan sabuk konveyor [6].

Prinsip dasar inverter atau VFD untuk mengatur frekuensi dan tegangan yang diberikan ke motor listrik AC tiga fasa adalah sebagai berikut:

1. Inverter atau VFD menerima tegangan utama AC (arus bolak-balik) dari Converter. Setelah melewati bagian Converter, tegangan utama AC diubah menjadi tegangan arus searah (DC).
2. *Capacitor bank*, atau bus DC, akan menampung tegangan yang sudah diserahkan (DC) untuk menghasilkan tegangan arus searah (DC) yang konstan atau tetap.
3. Bagian inverter menerima tegangan arus searah (DC). Rangkaian flip-flop kemudian memodulasi tegangan arus bolak-balik (AC) untuk menghasilkan gelombang pseudo-sine atau PWM dengan frekuensi yang diinginkan.
4. Frekuensi dasar dan amplitudo sinyal PWM biasanya tetap, sementara lebar pulsa berfluktuasi. Sinyal PWM memiliki frekuensi bentuk gelombang yang tetap, tetapi siklus kerjanya berfluktuasi antara 0% dan 100% karena lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang tidak termodulasi.

VFD digunakan untuk mengendalikan kecepatan, tetapi sistem itu sendiri membutuhkan peralatan kontrol. Alat untuk mengendalikan sistem dalam penelitian ini adalah PLC [4].



**Gambar 3. VFD Tipe Delta MS300**

### ***Programmable Logic Controller (PLC)***

Banyak industri menggunakan perangkat elektronik bernama PLC untuk memantau dan mengontrol proses produksi dan sistem manufaktur. PLC berbeda dari komputer dan smartphone, yang dibuat untuk melakukan banyak tugas, tetapi dimaksudkan untuk melakukan serangkaian tugas tertentu dengan kinerja dan keandalan yang unggul dalam situasi waktu nyata [8].

PLC memiliki memori yang dapat digunakan untuk menyimpan logika dan mengendalikan operasi mesin atau peralatan yang digerakkan. *Ladder Logic* adalah bahasa grafis tingkat tinggi yang mudah dipahami oleh para insinyur yang digunakan untuk memprogram PLC [6].

PLC sering digunakan sebagai unit kontrol utama untuk mesin produksi di sektor industri. PLC adalah sekelompok sakelar elektronik yang dapat dihidupkan dan dimatikan sesuai dengan hukum *Logic Control* yang telah dikodekan [11].

PLC Omron dapat mengatur putaran motor induksi dari frekuensi minimum 10 Hz hingga frekuensi maksimum 50 Hz, dengan kecepatan putaran yang sebanding dengan 1029 rpm hingga 2958 rpm, menurut hasil pengujian. Motor induksi 3 fasa tidak dibebani apa pun selama kondisi pengujian ini [5].

PLC terdiri dari unit pemrosesan pusat (CPU), memori, dan modul I/O. PLC juga dapat digunakan untuk merencanakan urutan kerja dan mengatur waktu. Sistem PLC yang kecil hanya dapat mengendalikan pemesinan skala menengah, sementara sistem PLC yang besar dapat mengendalikan otomatisasi seluruh pabrik [12].

Perangkat lunak CX-Programmer digunakan oleh PLC untuk beradaptasi dengan jenis PLC yang digunakan. Diagram tangga digunakan untuk mengatur *Variable Frequency Drive* (VFD) [4].



Gambar 4. PLC Tipe CP1H

### ***Human Machine Interface (HMI)***

Suatu alat atau mesin yang digunakan sebagai antarmuka untuk proses tertentu yang terjadi pada sistem kendali adalah *Human Machine Interface* (HMI). HMI ini dapat menampilkan data dalam bentuk yang mudah dibaca, seperti grafik atau diagram [2].

Program HMI terdiri dari tiga bagian: Operasi, Pengawasan, dan Alarm. Bagian Operasi dan Pengawasan terletak di layar utama, dan Bagian Alarm terletak di layar khusus untuk alarm [7].

HMI dapat mengontrol on dan off pada PLC yang terkoneksi dengan VFD. Untuk menentukan nilai yang akan diberikan ke PLC, HMI dapat memasukkan frekuensi dan kemudian mengirimkannya ke VFD untuk menjalankan motor sesuai frekuensi yang diberikan. Selain mengendalikan frekuensi, HMI juga dapat melihat nilai kecepatan putar saat motor induksi berputar [4].



Gambar 5. HMI

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan metode perancangan dan pembuatan trainer praktikum pengendali kecepatan putaran motor AC 3 fasa dengan VFD berbasis PLC OMRON dan HMI.

### *Prosedur Penelitian*

Dalam penulisan skripsi ini, langkah-langkah penelitian diambil untuk mendukung proses penelitian yang akan dilakukan, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan lebih sistematis dan terarah sebagai berikut:

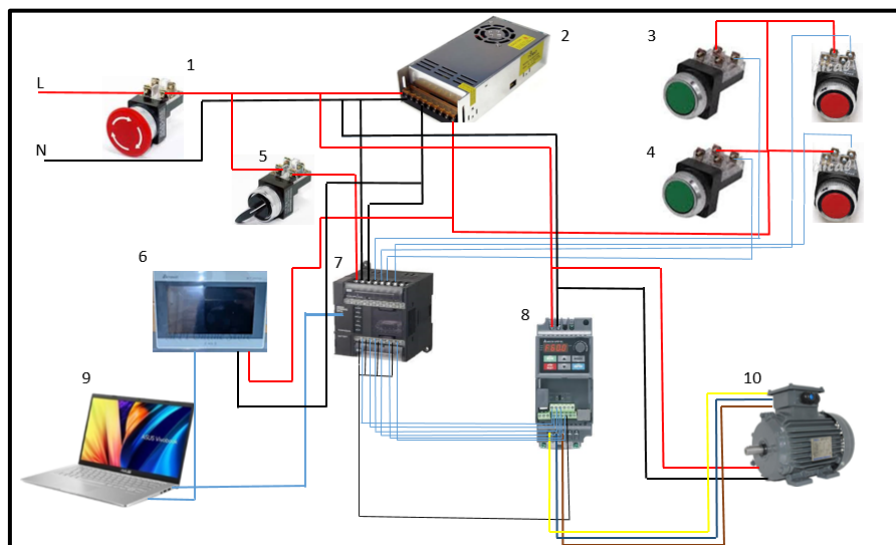
1. Penelitian dimulai dengan pencarian dan pengumpulan data dari penelitian terdahulu agar bisa dipakai sebagai acuan dalam perancangan trainer praktikum.
2. Perancangan program software dilakukan untuk PLC dan HMI dengan menggunakan *software CX Programmer* dan *NB Designer*.
3. Program yang telah dibuat diaplikasikan ke PLC dan HMI.
4. Pembuatan *hardware* adalah proses membuat meja trainer praktikum.
5. Pengujian alat yang sudah dibuat dan pengumpulan data yang diperlukan untuk membantu memecahkan masalah yang menjadi fokus penelitian.
6. Setelah tahap pengumpulan data selesai, data harus diproses dan diolah untuk menghasilkan kesimpulan tentang masalah. Sedangkan, jika terjadi kecacatan pada sistem rangkaian maka kembali lagi ke tahap perancangan program software.
7. Kesimpulan Akhir mencakup kesimpulan dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan.

### **Diagram Alur Perancangan**

Bagian ini menunjukkan diagram alur desain yang mencakup berbagai komponen, seperti *Programmable Logic Control* (PLC OMRON) yang berfungsi sebagai pengendali utama, *Human Machine Interface* (HMI Haiwell) yang menjadi interface untuk pengguna, *Variable Frequency Drive* (VFD) yang mengatur frekuensi putaran motor, motor AC 3 fasa yang berperan sebagai aktuator utama, dan laptop sebagai media pembuatan sistem kerja untuk PLC dan HMI.

Keterangan :

- |    |   |                                 |
|----|---|---------------------------------|
| 1  | = | Tombol Darurat                  |
| 2  | = | Power Suplly 220AC 24VDC        |
| 3  | = | Tombol Forward Dan Reverse      |
| 4  | = | Tombol Up Dan Down              |
| 5  | = | Selector Switch                 |
| 6  | = | Human Machine Interface (HMI)   |
| 7  | = | Programmble Logic Control (PLC) |
| 8  | = | Variable Frequency Drive (VFD)  |
| 9  | = | Laptop                          |
| 10 | = | Motor AC 3 Fasa                 |



**Gambar 6. Tampilan Diagram Alur Perancangan**

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Data Hasil dan Pembahasan**

Komponen yang dipakai terdiri dari beberapa bagian seperti:

1. PLC OMRON Tipe CP1E

PLC OMRON model CP1E berfungsi sebagai pengendali utama karena kemampuannya yang baik dalam pemrosesan logika. Di samping itu,



perangkat ini dapat berinteraksi dengan alat lainnya seperti HMI dan VFD, baik melalui *serial port* maupun dengan menggunakan komunikasi Modbus.

2. HMI Haiwell Tipe C7H-R

HMI Haiwell tipe C7H-R berfungsi sebagai interface bagi pengguna, mempermudah pengawasan dan pengendalian sistem. Ini mencakup pengaturan frekuensi, memeriksa status motor, serta menghidupkan atau mematikan motor dengan cara manual.

3. VFD Tipe Delta VFD-EL

DELTA VFD-EL berfungsi untuk mengontrol putaran motor AC tiga fasa dengan mengubah frekuensi keluaran, dan dapat dioperasikan secara langsung menggunakan sinyal dari PLC.

4. Motor AC 3 Fasa Tipe YME-1HP

Motor AC tiga fasa model YME-1HP berfungsi sebagai aktuator utama yang akan dikendalikan. Motor ini dipilih dengan menyesuaikan dari tipe VFD yang dipakai.

### Pengoperasian Sistem Kerja

Sistem kontrol ini berfungsi melalui beberapa langkah utama yang dibuat untuk membantu pengguna dalam mengatur mengendalikan putaran motor AC tiga fasa. Proses operasional dimulai dengan menyalakan *Selector Switch* yang berperan sebagai saklar utama untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik ke PLC.

Setelah sistem diaktifkan, pengguna dapat memilih antarmuka untuk PLC OMRON pada tampilan awal HMI, di mana semua fungsi kontrol terlihat. Pada tampilan HMI ini, terdapat beberapa tombol yang memiliki fungsi berbeda-beda, yaitu:

- Tombol On/Off: Berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan motor.
- Tombol Reset: Digunakan untuk menghentikan motor sebelum mengubah arah putarannya.
- Tombol Naik dan Turun: Memungkinkan pengguna untuk mengatur frekuensi yang dikirim ke motor melalui VFD, sehingga kecepatan motor dapat diatur secara manual.
- Tombol *Forward/Reverse*: Berfungsi untuk mengganti arah putaran motor, baik searah jarum jam maupun berlawanan arah.

### Penyetelan Awal VFD

Sebelum VFD dipakai sebaiknya dilakukan *factory setting* terlebih dahulu dengan memasukan parameter 00.02 pada VFD. Untuk memasukan parameter ini kita perlu terlebih dahulu tau cara membaca setiap *display* pada VFD. Untuk melakukan *factory setting* pada parameter, pengguna hanya perlu menekan *ENTER* kemudian masukan alamat awal yaitu 00 setelah itu masukan alamat akhir yaitu 02 baru setelah itu pilih angka 4 lalu *ENTER* jika *settingan* maka akan muncul *END* pada *display* dan jika gagal maka akan muncul *display ERR*

## KESIMPULAN

1. Trainer kit yang dirancang untuk mengendalikan putaran motor AC 3 fasa menggunakan VFD berbasis PLC OMRON dan HMI dengan operasi dua tombol, berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik.
2. Trainer kit dapat mengikuti perintah sesuai dengan logika yang telah ditentukan, seperti menghidupkan serta mematikan motor, mengubah arah putaran, dan mengatur frekuensi motor melalui VFD dan HMI. Sistem kontrol yang terhubung antara PLC dan HMI juga dapat berfungsi secara terintegrasi, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengendalikan sistem.

## SARAN

1. Akan sangat membantu jika sistem ini memiliki fitur keamanan tambahan, seperti perlindungan terhadap arus lebih atau tanda peringatan ketika terjadi kesalahan sistem, sehingga alat tersebut menjadi lebih aman saat dipakai dalam praktik.
2. Tampilan HMI memiliki potensi untuk menjadi lebih menarik dan interaktif. Contohnya, bisa ditambahkan grafik yang menunjukkan kecepatan motor atau indikator digital yang menampilkan nilai frekuensi
3. Untuk pengendalian pada HMI bisa dikembangkan lagi agar bisa dikendalikan via *smartphone* menggunakan IoT.

## REFERENSI

- [1] Komaruddin, P. Gunoto, and E. Susanti, "Perancangan Trainer Motor Induksi Ac 3Ph Berbasis Program Logic Controller," *Sigma Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 305–320, 2021
- [2] F. Rachman and R. Rahmadewi, "Modul latihan inverter sebagai kendali kecepatan motor induksi menggunakan HMI berbasis PLC," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 255–262, 2023.
- [3] Syaprudin, "MODUL LATIH PENGATURAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN VFD BERBASIS PLC," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2019, vol. 4, pp. 360–365, 2019.
- [4] D. H. Prastiko and A. Supardi, "Pengendali dan Monitoring Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa Berbasis PLC dan Expansion dengan HMI," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 02, pp. 168–176, 2022.
- [5] M. Yusuf and A. Rohman, "Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa menggunakan PLC Omron CP1E dengan Kontrol Proposional," *J. ECOTIPE*, vol. 7, no. 2, pp. 92–98, 2020.
- [6] R. Bhanvase, A. Nagane, A. Salunkhe, V. Vyavahare, P. P. B. Vyavahare, and P. A. R. Masal, "Speed control of induction motor using PLC and VFD," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 6, no. 05, p. 269, 2024.
- [7] M. Rifa'i, A. Suprajitno, and D. Nugroho, "Implementasi Komunikasi Data Pada Sitem Kendali Motor Induksi Tiga Fasa," *Pros. Konf. Ilm. Mhs.*

- Unissula Klaster Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 100–106, 2020.
- [8] Soleh Uddin and D. D. Suharso, “Monitoring and Control of a Variable Frequency Drive Using Plc and Scada,” *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 6, pp. 1065–1071, 2022.
- [9] Alimuddin, A. Jamlean, and I. Sarman, “Desain dan implentasi kendali motor AC 3 fasa menggunakan modul (VSD) variable speed drive,” *J. Elektro Luceat*, vol. 9, no. 1, 2023.
- [10] A. Ridwan, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler,” *JuTEkS (Jurnal Tek. Elektro dan Sains)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [11] A. S. Adi, M. Yusuf, and A. A. Rafiq, “Pengukur kecepatan putar motor menggunakan programmable logic controller ( PLC ),” Politeknik Negeri Cilacap, 2021.
- [12] F. Y. Hartawan and M. Galina, “Implementasi Programmable Logic Control (Plc) Omron Cp1E Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta Untuk Kebutuhan Industri,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 8, no. 2, p. 98, 2022.