

## RANCANG BANGUN PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS PLC SCADA DENGAN HMI HAIWELL MELALUI SISTEM JARAK JAUH

Eva Damayanti<sup>1)</sup>, Alji Leanardi<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik TEDC Bandung<sup>1),2)</sup>

Email: evadamayanti@poltektedc.ac.id<sup>1)</sup>, alji.nardi@gmail.com<sup>2)</sup>

### Abstrak

Motor induksi tiga fasa merupakan komponen vital di industri, namun pengendalian kecepatannya memerlukan metode khusus dan pemantauan jarak jauh agar lebih efisien. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengendalian kecepatan dan arah putaran motor yang terintegrasi dengan PLC, SCADA, dan HMI Haiwell. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pemrograman, hingga pengujian data. Sistem ini menggunakan VFD Delta 007EL021 sebagai pengatur frekuensi untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran. VFD tersebut dikendalikan oleh PLC Omron CP2E ND20DR-A melalui modul komunikasi CP1W-CIF11. Untuk antarmuka pemantauan, digunakan HMI Haiwell B7s yang terhubung ke *Haiwell Cloud SCADA*, memungkinkan pengoperasian melalui *smartphone* selama terkoneksi internet. Hasil pengujian menunjukkan sistem berfungsi dengan baik secara *real-time*. Kecepatan motor terbukti dipengaruhi linear oleh frekuensi; pada frekuensi 5 Hz motor berputar 148 rpm, dan pada 50 Hz mencapai 1496 rpm. Integrasi ini berhasil mempermudah pengawasan jarak jauh dan menyederhanakan pengkabelan konvensional yang rumit.

**Kata Kunci:** Motor Induksi Tiga Fasa, VFD Delta 007EL021, PLC, HMI Haiwell B7s, SCADA.

### Abstract

*Three-phase induction motors are vital components in industry, but controlling their speed requires special methods and remote monitoring for greater efficiency. This research aims to design a motor speed and rotation direction control system integrated with PLC, SCADA, and Haiwell HMI. The research methods include literature study, system design, hardware assembly, programming, and data testing. This system uses Delta 007EL021 VFD as a frequency regulator to control speed and rotation direction. The VFD is controlled by an Omron CP2E ND20DR-A PLC through a CP1W-CIF11 communication module. For the monitoring interface, a Haiwell B7s HMI connected to Haiwell Cloud SCADA is used, enabling operation via a smartphone as long as there is an internet connection. The test results show that the system works well in real-time. The motor speed is proven to be linearly affected by frequency; at a frequency of 5 Hz, the motor rotates at 148 rpm, and at 50 Hz, it reaches 1496 rpm. This integration has succeeded in facilitating remote monitoring and simplifying conventional complex wiring.*

**Keywords:** *Three-Phase Induction Motor, Delta 007EL021 VFD, PLC, Haiwell B7s HMI, SCADA.*

### I. PENDAHULUAN

Sebagian besar dari peralatan industri menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utamanya. Salah satunya yaitu motor induksi, penggunaan motor induksi banyak diaplikasikan di berbagai sektor industri. Beberapa alasannya motor induksi memiliki konstruksi yang sederhana, harga relatif lebih murah, memiliki efisiensi tinggi dan mudah dalam pemeliharannya. Tetapi motor induksi ini bukan tanpa kekurangan, ada kekurangannya yaitu motor induksi tidak bisa diatur kecepatannya dengan teknik kontrol konvensional untuk merubah kecepatan motor diperlukan teknik khusus sehingga kita dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan keinginan kita, karena motor induksi memiliki karakteristik yang tidak linear, maka diperlukan teknik yang dapat digunakan untuk melakukan pengaturan kecepatan. Dari berbagai parameter yang mempengaruhi kecepatan motor induksi diketahui hal yang dapat dilakukan untuk mengatur kecepatan motor induksi yaitu dilakukan dengan mengubah frekuensi yang masuk pada motor induksi. Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian dalam

*lima tahun terakhir, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan sistem kendali kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis Variable Frequency Drive (VFD) dengan Programmable Logic Controller (PLC), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), dan Human Machine Interface (HMI), serta dilengkapi dengan fitur monitoring dan kendali jarak jauh berbasis internet atau smartphone yang diuji secara sistematis dalam konteks industri nyata. Salah satu teknologi yang efektif dan berkembang belakangan ini adalah inverter atau VFD (Variable Frequency Drive).*

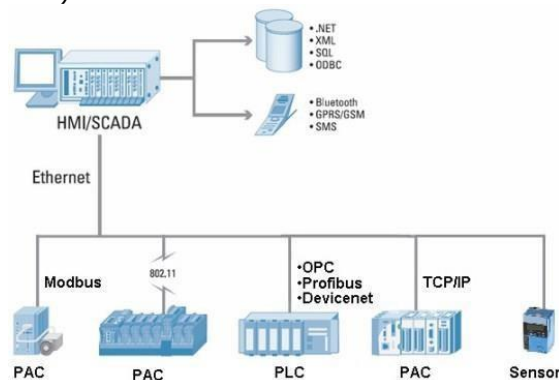
Dengan VFD kecepatan motor induksi dapat dikendalikan sesuai kebutuhan. Pengaturan kecepatan motor induksi yang dapat dikontrol secara terprogram pada VFD biasanya dihubungkan dengan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai kontrolnya dan untuk efektifitas pengoperasian menggunakan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dan pemantauan sistem dapat dipadukan dengan menggunakan HMI (*Human Machine Interface*) yang terkoneksi dengan *smartphone*.

Teknologi pengendalian jarak jauh saat ini sudah bisa dilakukan dengan memanfaatkan jaringan internet, dengan begitu kita bisa mengontrol dan memonitor motor induksi tiga fasa dengan efektif dan efisien karena dapat dilakukan dari manapun dan kapanpun selagi terkoneksi dengan jaringan internet menggunakan *smartphone*, hal ini tentunya akan mempermudah dan menghemat biaya.

**II. LANDASAN TEORI**

**A. Pengertian SCADA**

SCADA adalah suatu arsitektur dalam sistem kendali yang berbasis komputer, *network data communication*, dan *Graphical User Interface (GUI)* untuk pengontrolan maupun pengawasan suatu sistem, untuk terhubung dengan mesin pada suatu industri, biasanya menggunakan *interface* khusus agar dapat terhubung dengan mesin, *interface* yang digunakan dapat berupa (PLC) dan HM. SCADA merupakan singkatan dari *Supervisory Control and Data Acquisition* yang mengandung pengertian sekumpulan peralatan yang bekerja membentuk suatu kesatuan dan bekerja bersama-sama yang saling berkomunikasi untuk menjalankan fungsi pengukuran, kontrol, dan permintaan/pengiriman data. SCADA digunakan untuk membantu mendapatkan sistem pengoperasian yang optimum dengan kenyataan yang ada di lapangan yang berupa kekurangan maupun kelebihan yang terdapat pada suatu sistem. SCADA terdiri dari perlengkapan *hardware* dan *software* (Badruzzaman, 2015).

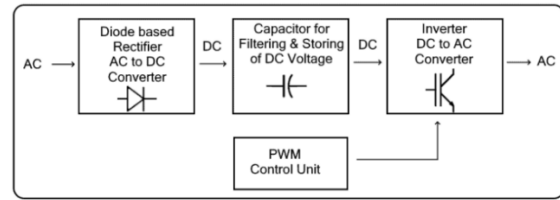


**Gambar 1.** Arsitektur SCADA

**B. Pengertian VFD/Inverter**

VFD merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk mengkonversikan sumber daya 3 fasa AC menjadi tegangan DC yang kemudian dikonversikan lagi menjadi sumber daya 3 fasa AC dengan frekuensi yang sesuai. Cara ini dapat dipakai karena diketahui bahwa kecepatan sinkron motor induksi berbanding lurus dengan frekuensi sumber dayanya. Pada umumnya VFD merubah sumber AC menjadi DC terlebih dulu. Maka dari itu dibutuhkan rangkaian penyearah (*rectifier*) atau bisa juga menggunakan rangkaian penyearah terkendali (*converter*). Sehabis listrik AC diubah menjadi DC, dengan menambahkan DC Link atau semacam

regulator, diperlukan perataan bentuk gelombang DC yang mengandung *ripple*. Setelah mendapatkan tegangan DC yang baik (Rachman, 2015).



**Gambar 2.** Skematik *Variable Speed Drive*

Rumus untuk menentukan kecepatan motor induksi adalah sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120f}{P}$$

Dimana:

- ns : Kecepatan stator (RPM)
- f : Frekuensi (Hz)
- P : Jumlah kutup

Hubungan antara Periode dan Frekuensi Getaran Terdapat 2 rumus, yaitu:

$$f = \frac{1}{T}$$

Keterangan:

- f : Frekuensi (Hz)
- T : Periode

Dengan mengubah frekuensi yang masuk pada motor, maka kecepatan motor akan berubah. Karena itu inverter biasa disebut juga *Variable Speed Drive* (Badruzzaman, 2015).

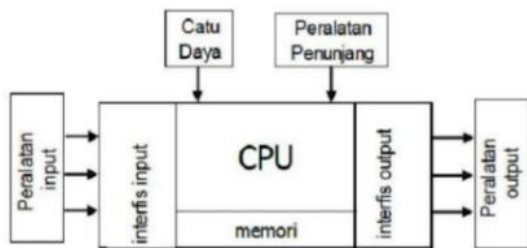
**C. Pengertian Programmable Logic Controllers (PLC)**

*Programmable Logic Controller (PLC)* adalah sebuah alat elektronik yang dioperasikan secara digital, yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *relay* yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor yang terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, bisa berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (logika 0 atau 1, hidup atau mati). Program yang dibuat umumnya dinamakan *ladder diagram* yang kemudian harus dijalankan oleh PLC yang bersangkutan. Dengan kata lain, PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati.

*Programmable logic controllers (PLC)* merupakan suatu peralatan elektronik yang dioperasikan secara digital, dimana di dalamnya terdapat memori (yang dapat diprogram) dimana memori tersebut merupakan tempat menyimpan instruksi-instruksi yang penggunaannya berkaitan dengan fungsi pengendalian tertentu. *Programmable Logic Control (PLC)* dapat melakukan tiga macam tipe kontrol yaitu, kontrol Sekuensial, kontrol

Canggih, dan kontrol Pengawasan. Berdasarkan namanya konsep *Programmable Logic Controllers* (PLC) dapat di uraikan sebagai berikut:

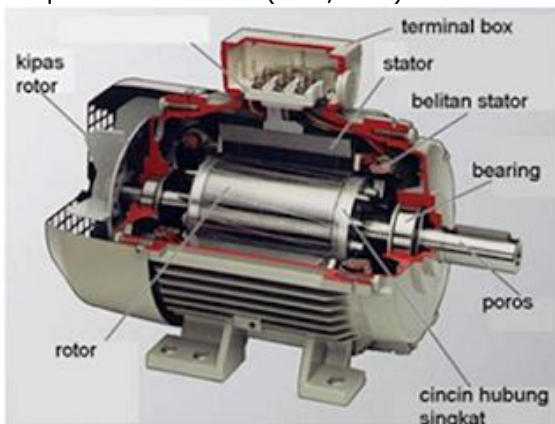
1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori guna menyimpan program yang telah dibuat dimana dapat dengan mudah diubah – ubah fungsi dan kegunaannya,
  2. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan *logic* (ALU), yaitu melakukan operasi membandingkan, mengurangi, menjumlahkan, mengalikan, membagi, negasi, AND, OR, dll.
- Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.



Gambar 3. Diagram PLC

D. Pengertian Motor Induksi

Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Motor induksi sering juga disebut motor asinkron (Siswoyo, 2008). Motor induksi 3 fasa banyak digunakan untuk menggerakkan peralatan-peralatan di industri. Hal ini karena motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya. Pada dasarnya, motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan saat keadaan tidak berbeban (*zero/no-load*) maupun beban penuh (*full-load*). Kecepatan motor induksi 3 fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Meskipun begitu, peralatan mengatur frekuensi (*variable frequency electronic drive*) semakin banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi (Wildi, 2002).



Gambar 4. Kontruksi Motor Induksi 3 Fasa

E. Pengertian Human Machine Interface

Merupakan bagian penting dari sistem SCADA. Secara sederhana HMI berfungsi sebagai “jembatan” bagi operator untuk memahami proses yang terjadi pada mesin. Tanpa HMI, manusia akan kesulitan dalam mengawasi dan mengendalikan mesin tersebut (Handy Wicaksono, 2012, Hal 25). Di dunia industri masa kini, biasanya HMI muncul dalam bentuk panel-panel kontrol dengan *touch screen*, serial komunikasi *ethernet* dan dilengkapi *router* dan *personal computer* dengan *software* khusus.

*Human Machine Interface* (HMI) merupakan *interface* antara *operator* dengan RTU, sehingga data yang didapatkan dari lapangan dapat dimengerti oleh operator. Data yang ditampilkan dengan HMI dapat berupa grafik maupun numerik. HMI yang akan digunakan ialah menggunakan HMI Haiwell BS *Series Cloud* HMI.



Gambar 5. HMI Haiwell

F. Pengertian Catu Daya

Catu daya adalah sebuah piranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya supaya piranti lain dapat bekerja. Catu daya memiliki rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC. DC *Power Supply* atau Catu Daya ini juga sering dikenal dengan nama “Adaptor”. Catu daya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut diantaranya: a. Transformator b. Penyearah (*Rectifier*) c. Penyaring (*Filter*) d. Regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan (Kho, n.d.).



Gambar 6. Power Supply

G. Pengertian Mniatur Circuit Breaker (MCB)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau miniatur pemutus sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara

otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (*Short Circuit*) ataupun adanya beban lebih (*Overload*). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan *Fuse*/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.



Gambar 7. Miniature Circuit Breaker

H. Pengertian Thermal Overload Relay (TOR)

*Thermal overload relay* merupakan sebuah komponen pengaman pada kontaktor utama atau pelindung ketika terjadi arus berlebih yang bisa mengakibatkan kerusakan pada suatu rangkaian motor listrik. Jika suatu arus mengalir dalam sebuah panel listrik sangat besar, maka TOR ini akan memberikan sinyal berupa perubahan posisi kontak NC-NO yang kemudian akan diteruskan pada rangkaian listrik untuk memutus arus pada beban motor listrik (Rifa'i, n.d.).



Gambar 8. Thermal Overload Relay

I. Pengertian Internet of Things

*Internet of things* adalah suatu deskripsi dari jaringan fisik atau "things" yang dipasangi dengan menggunakan sensor, *software* dan juga teknologi lain dengan tujuan agar bisa terhubung dan menukarkan data antara divisi dan sistem lain yang menggunakan internet.

*Industrial internet of things* atau IOT adalah penerapan dari teknologi *internet of things* dalam suatu proses industri, khususnya yang berhubungan dengan instrumentasi dan juga kontrol sensor serta perangkat yang memanfaatkan teknologi *cloud*. Akhir-akhir ini, sudah banyak industri yang memanfaatkan *machine-to-machine* atau M2M agar bisa mencapai otomatisasi dan juga kontrol pada jaringan nirkabel.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode literatur, meliputi tahap literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pemrograman sistem, serta pengujian dan analisis data.

Tahapan perancangan dapat dilakukan dengan cara memilih komponen yang akan digunakan, mempelajari karakteristik dan data fisiknya, lalu membuat rangkaian dengan melihat fungsi-fungsi dari komponen yang telah dipelajari, sehingga dapat membuat alat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, untuk mendapat hasil perancangan yang sesuai dengan karakteristik yang diinginkan maka diperlukan beberapa syarat diantaranya yaitu:

1. Ketersediaan komponen di pasaran apabila terjadi kerusakan pada bagian fisik atau salah satu komponen, maka mudah untuk mencari komponen pengganti
2. Aspek biaya lebih ekonomis
3. Adapun tahapan perancangan mulai dari perancangan mekanik, perancangan rangkaian elektrik dan seterusnya.

Blok diagram dari sebuah sistem, dimana bagian utama atau fungsi yang diwakili oleh blok dihubungkan dengan garis yang menunjukkan hubungan dari blok. Blok diagram banyak digunakan dalam dunia rekayasa dalam desain *hardware*, desain elektronik, *software* desain, dan proses aliran diagram.



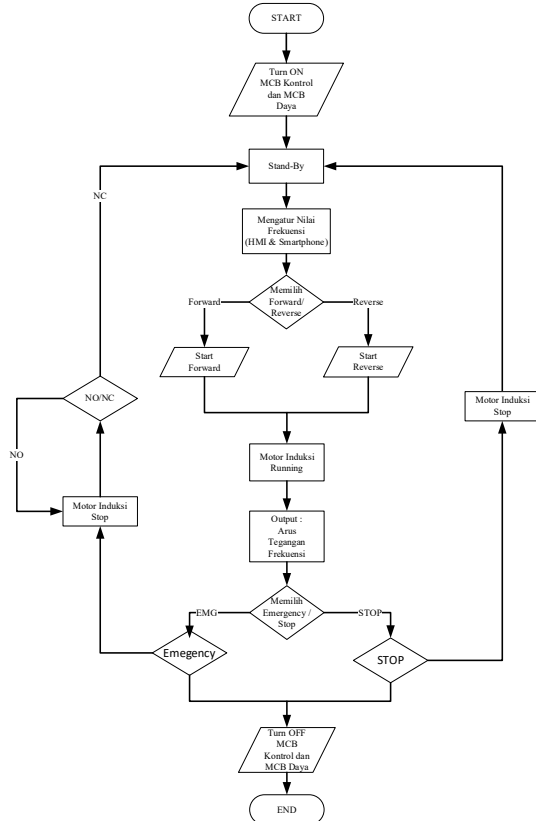
Gambar 9. Blok Diagram

Pada gambar 9 dapat dijelaskan fungsi dari sistem secara umum. Blok diagram terdiri dari 3 bagian, diantaranya adalah blok *Input* (HMI, *Push Button*), *Kontroller* (PLC), dan *Output* (*Motor Speed dan Direction*). Berikut penjelasan singkat dari beberapa bagian blok diagram:

1. *Input*  
Terdapat tiga pengendali utama. Pertama melalui kontrol panel dengan menggunakan push button, kedua dengan HMI dan

smartphone telah terprogram karena dibantu oleh IoT Cloud Haiwell

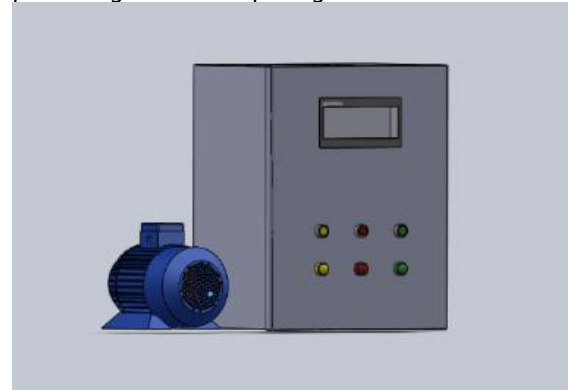
2. **Kontroller**  
Rangkaian *main control* terdiri dari PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai master unit control yang berfungsi sebagai proses, penyimpann dan pengeksekusian data utama pada input dan *output*.
3. **Output**  
*Output* yang diharapkan dalam kontrol ini adalah kecepatan dan arah putaran motor yang dikontrol oleh controller.



**Gambar 10.** Flowchart Sistem

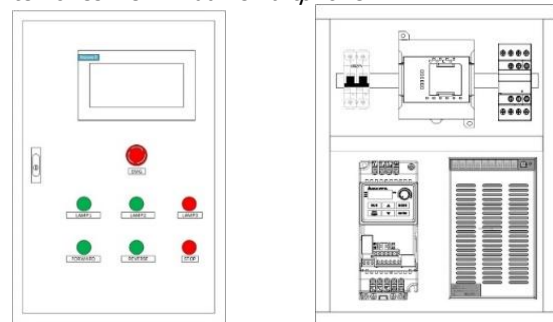
Pada gambar 10 menjelaskan cara kerja sistem secara bertahap, mulai dari menghidupkan MCB, maka sistem akan menyala dan kemudian pada posisi *Stand By* dan terlebih dahulu diminta untuk mengatur frekuensi pada HMI dan sebelum menggubungkan ke *smartphone* pastikan HMI telah terhubung dengan jaringan wifi setelah itu motor siap di *running* dengan menekan tombol *forward* atau *reverse* sehingga motor pun akan *running* dan untuk menghentikan jalannya motor ada dua cara yakni dengan menekan tombol *Emergency* atau tombol *Off*, jika motor dimatikan dengan menekan tombol *Emergency* maka harus terlebih dahulu direset untuk mengaktifkan sistem motor, berbeda dengan tombol *Off* yang ketika ditekan bisa menghentikan jalannya motor namun ketika tombol *forward* atau *reverse* ditekan maka akan kembali mengaktifkan jalan nya motor kembali tanpa melakukan *reset* seperti pada tombol *Emergency*.

Perancangan mekanik pada pengendalian Motor Induksi Tiga Fasa jarak jauh dengan HMI Haiwell berbasis PLC SCADA dilengkapi dengan IoT Cloud HMI bertujuan untuk membantu penulis dalam merancang dan menganalisis apa yang diperlukan pada tugas akhir yang akan dibuat. Berikut perancangan mekanik pada gambar 11.



**Gambar 11.** Desain alat

Pada Perancangan Pengendalian Motor Induksi Tiga Fasa Dengan *Variable Frequency Drive* berbasis PLC SCADA ini, terdiri dari beberapa bagian motor induksi tiga fasa, panel *box control* yang dilengkapi dengan HMI IoT Cloud sehingga bisa terkoneksi ke wifi dan *smartphone*.



**Gambar 12.** Tampak Depan Panel & Tampak Komponen Pada Panel

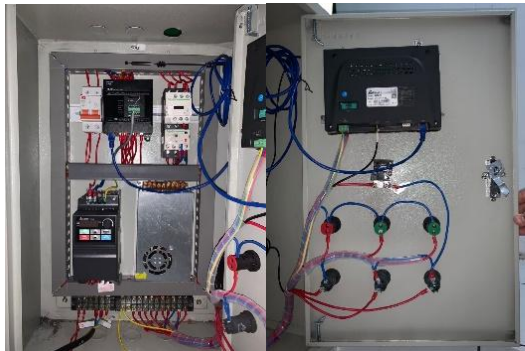
Perancangan Perangkat Lunak, perancangan ini merupakan perancangan program pada *software* CX-Programmer dan panduan dalam memprogram *interface* HMI pada *software* Haiwell *Cloud SCADA Development*.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kendali kecepatan jarak jauh motor induksi 3 fasa dengan HMI Haiwell berbasis PLC SCADA.



**Gambar 13.** Hasil alat tampak depan



**Gambar 14.** Hasil alat tampak dalam

Dalam melakukan pengujian harus dipastikan sistem keamanan terjaga dengan baik dahulu sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan. Langkah pertama yang harus dilakukan ada proses pengujian adalah menghidupkan *power* dan pastikan spesifikasi *input* yang dibutuhkan sesuai dengan kompatibilitasnya.

Pastikan juga aplikasi Haiwell Cloud SCADA sudah terpasang pada *smartphone* dan sudah login. Langkah selanjutnya menghubungkan HMI ke jaringan wifi agar bisa terhubung ke server Haiwell Cloud dan sudah *login* pada akun yang sama pada *smartphone*, pastikan kabel ethernet sudah terhubung dengan baik dan terbaca di HMI, berikutnya masukan *input* IP Address yang sesuai dengan IP Address PLC dan buat angka terakhir alamat IP berbeda dengan IP Address PLC, lalu I pada HMI kemudian klik NEXT sampai berada di halaman utama kontrol, untuk memulai menghidupkan motor induksi kita input terlebih dahulu nilai frekuensi yang ingin kita berikan pada motor dan motor siap dijalankan, dan untuk kendali jarak jauhnya kita tinggal membuka aplikasi dan lihat di bagian Cloud Device, kemudian akses perangkat dan jika sudah bisa, lakukan langkah yang sama seperti pada HMI untuk melakukan pengujian.

Terdapat tiga metode yang bisa dilakukan untuk mengendalikan motor yakni dari tombol, HMI, dan Kendali jarak jauh dari *Smartphone* Pengujian kontrol motor dengan tombol dilakukan untuk mengetahui apakah tombol bisa berfungsi sebagai pengontrol dari motor, dan pada pengujian ini ketika tombol di tekan maka motor akan menyala sesuai dengan tombol yang di tekan (*forward/reverse*) serta dapat menghentikan motor dari tombol *emergency* dan tombol *stop*.

Berikut ini hasil mengujian kontrol motor dengan tombol:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kontrol dengan Tombol

No.	Input	Output	Kondisi
1	Tombol Forward	Motor Forward Lampu Indikator Hijau forward	Motor Running

3	Tombol Stop	Lampu Indikator Merah	Motor Stop
4	Tombol Emergency	Lampu Indikator Merah	Motor Stop

Pengujian Kontrol Motor dengan HMI dilakukan untuk mengetahui apakah HMI bisa mengontrol arah putaran motor dan menghentikan motor dengan HMI.



**Gambar 15.** Pengujian Kontrol Forward HMI



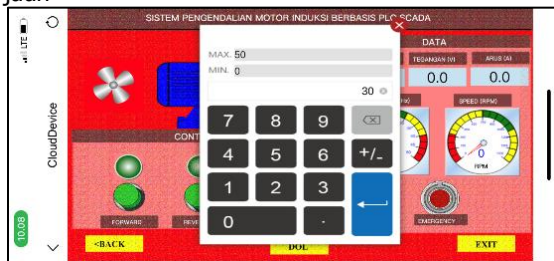
**Gambar 16.** Pengujian Reverse pada HMI

**Tabel 2.** Pengujian Kontrol HMI

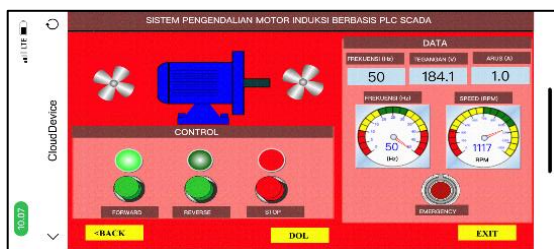
No.	Input	Output	Kondisi
1	Tombol Forward	Motor Forward Lampu Indikator Hijau forward	Motor Running
2	Tombol Reverse	Motor Reverse Lampu Indikator Hijau reverse	Motor Running
3	Tombol Stop	Lampu Indikator Merah	Motor Stop
4	Tombol Emergency	Lampu Indikator Merah	Motor Stop

Hasil pengujian kontrol menggunakan HMI dapat dilihat pada tabel bahwa kontrol dengan tombol seperti *forward*, *reverse*, *stop*, dan *emergency* sudah berfungsi dengan baik sesuai dengan apa yang kita inginkan pada perencanaan.

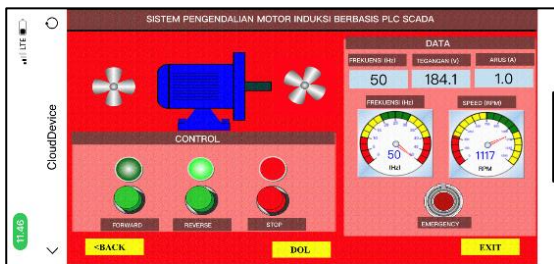
Pengujian Kontrol Motor dengan kendali jarak jauh



**Gambar 17.** Pengujian set frekuensi dari smartphone



**Gambar 18.** Kontrol Forward dari Smartphone



**Gambar 19.** Kontrol Reverse dari Smartphone

Dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kendali jarak jauh bisa berkomunikasi dan mengontrol arah putaran motor dan menghentikan motor dengan kendali jarak jauh. Berikut ini adalah hasil pengujian kontrol motor dengan sistem kendali jarak jauh:

**Tabel 3.** Pengujian Kontrol Jarak Jauh

No.	Input	Output	Kondisi
1	Tombol Forward	Motor Forward Lampu Indikator Hijau forward	Motor Running
2	Tombol Reverse	Motor Reverse Lampu Indikator Hijau reverse	Motor Running
3	Tombol Stop	Lampu Indikator Merah	Motor Stop
4	Tombol Emergency	Tidak terjadi apa-apa	Motor Stop

Hasil pengujian kontrol menggunakan jarak jauh dapat dilihat pada tabel bahwa kontrol dengan tombol seperti *forward*, *reverse*, *stop*, dan *emergency* sudah berfungsi dengan baik sesuai dengan apa yang kita inginkan pada perencanaan.

Pengujian perubahan motor dilakukan untuk mengetahui apakah kecepatan motor sudah bisa kita

ubah dengan mengatur frekuensi nya, pengujian ini dilakukan selama 2 menit dengan mengubah frekuensi input VFD. Frekuensi yang di uji dari 0 sampai 50 Hz dengan interval 10. Berikut ini adalah hasil pengujian pengaturan kecepatan motor induksi dengan mengubah nilai frekuensi nya:

**Tabel 4.** Pengujian Kontrol Kecepatan Motor

No	Frekuensi Input (Hz)	Kecepatan di Tacho Meter (RPM)	Kecepatan di HMI (RPM)	Status
1	0	0	0	Motor Stop
2	5	148	111	Motor Running
3	10	291	223	Motor Running
4	20	597	546	Motor Running
5	30	897	670	Motor Running
6	40	119	893	Motor Running
7	50	1496	1117	Motor Running

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa dengan mengubah frekuensi *input* pada motor maka kecepatan putaran motor terjadi perubahan dan motor akan berputar, dan ketika memberikan frekuensi input pada dari 0 Hz – 3 Hz motor tidak berjalan. Terlihat kecepatan minimum pada frekuensi 5 Hz di tacho meter adalah 148 rpm sedangkan yang ditunjukkan pada HMI adalah 111 rpm serta kecepatan maksimum motor pada frekuensi 50 Hz hasil pengujian dengan tacho meter adalah 1496 rpm sedangkan hasil pengujian yang ditunjukkan oleh HMI adalah 1117 rpm.

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan maka dapat didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontrol arah putaran dan kecepatan motor induksi 3 fasa melalui tombol, HMI dan *smartphone* bekerja sebagaimana fungsinya sesuai dengan tujuan pada perancangan sistem.
2. Pengiriman data VFD yang dikirimkan pada HMI dan Cloud SCADA merupakan data *real-time*, namun karena menggunakan koneksi wifi terjadi *delay* yang disebabkan oleh jaringan.
3. Monitoring dan kontrol motor induksi 3 fasa sudah dibisa dilakukan dari jarak jauh melalui HMI dan *Smartphone*.
4. Perubahan kecepatan motor bisa dilakukan dengan mengatur frekuensinya dan dari hasil pengujian terjadi perubahan kecepatan saat frekuensi diatur.
5. Hasil pengujian kecepatan dengan tachometer pada set frekuensi 5 Hz motor berjalan dengan kecepatan 148 rpm dan pada frekuensi 50 Hz motor berjalan pada kecepatan 1496 rpm.

6. Hasil monitoring dari HMI pada frekuensi 5 Hz menunjukkan 111 rpm dan pada frekuensi 50 Hz di HMI menunjukkan angka 1117 rpm.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Kontrol arah putaran dan kecepatan motor induksi fasa berkerja sebagaimana fungsinya sesuai dengan tujuan pada perancangan sistem.
2. Komunikasi antara PLC dan HMI serta *smartphone* sudah bisa terjalin dari jarak jauh.
3. Monitoring dan kontrol motor induksi 3 fasa sudah dibisa dilakukan dari jarak jauh melalui *smartphone*.
4. Dari hasil pengujian pengoperasian motor induksi tiga fasa sudah bisa dilakukan melalui tombol, HMI dan *smartphone*.
5. Kontrol dari jarak jauh hanya bisa dilakukan jika HMI sudah terhubung dengan jaringan wifi yang terkoneksi dengan internet.

### B. Saran

- Saran untuk pengembangan sistem ini adalah
1. Penambahan kontrol PID pada sistem kedali motor induksi tiga fasa.
  2. Penggunaan jaringan wifi yang stabil dengan menambahkan router sehingga tidak bergantung dengan koneksi *hotspot* dari *smartphone*.
  3. Penambahan data *logging* pada sistem sehingga data bisa di olah.
  4. Penambahan sesor *rotary encoder* sehingga bisa memonitoring data kecepatan motor yang sebenarnya sehingga bisa dibandingkan dengan data yang didapat dari inverter.
  5. Pengujian dengan beban motor sehingga dapat mengetahui apakah kecepatan motor akan tetap konstan seiring dengan bertambahnya beban.

## DAFTAR PUSTAKA

- ABB Group, *Variable Speed Drives Fundamentals*, Zurich: ABB Library, 2025.
- A. Hughes and B. Drury, *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*, 5th ed. Oxford: Elsevier, 2021.
- A. Pratama dan Y. Kurniawan, "Sistem Monitoring dan Kontrol Motor Induksi Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi dan Sistem Kendali*, vol. 6, no. 2, pp. 101–109, 2024.
- A. S. Nugroho dan D. Setiawan, "Implementasi PLC dan SCADA untuk Pengendalian Motor Induksi Tiga Fasa," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- B. K. Bose, *Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends*, 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2021.
- Dian. (2017, Desember 8). *Arsitektur SCADA*. Retrieved Desember 19, 2021, from <https://www.scribd.com/document/366678974/Arsitektur-SCADA>

- Haiwell Automation, *Haiwell HMI User Manual*, Shenzhen: Haiwell Technology Co., Ltd., 2023.
- M. A. Hannan, M. Faisal, and P. J. Ker, "Induction Motor Speed Control Using PLC and SCADA System," *Journal of Electrical Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 512–520, 2022.
- M. S. Hossain et al., "Remote Monitoring and Control of Induction Motor Using SCADA System," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 33421–33430, 2024.
- R. Ardiansyah, I. Wahyudi, dan F. Ramadhan, "Monitoring dan Kontrol Motor Induksi Berbasis SCADA Menggunakan HMI," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 15, no. 2, pp. 87–95, 2023.
- R. Krishnan, *Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control*, New Jersey: Prentice Hall, 2021.
- Siemens AG, *PLC Programming and Industrial Automation Systems*, Berlin: Siemens Press, 2023.
- S. K. Pillai, "Speed Control of Three Phase Induction Motor Using VFD," *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 45–52, 2022.