



## Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi Berbasis Programmable Logic Controller

Agus Supardi\*, Umar, Ilham Setiyoko, Muhammad Saifurrohman  
Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Surakarta, Indonesia  
\*Agus.Supardi@ums.ac.id

**Abstract**— *The conventional induction motor speed control and monitoring system requires complicated wiring, relatively long repair times, and it is difficult to obtain accurate data. The purpose of this research is to design a prototype of an induction motor speed control and monitoring system based on a Programmable Logic Controller (PLC) equipped with a touch screen. Hardware design includes component selection and design of electrical diagrams. The software design includes making a ladder diagram as a program to control the variable speed drive which is used to change the frequency of the motor which in turn regulates the speed of a 3-phase induction motor. A series of tests are carried out to ensure the software and hardware are working properly. The test results show that the prototype of the induction motor speed control and monitoring system has worked well. When compared with standard measuring instruments, the prototype produces a small error of 0.2%. The frequency variation entered into the HMI touch screen from 5 – 50 Hz produces variations in the rotational speed of a 3-phase induction motor from 120 – 1549 RPM.*

**Abstrak**— Sistem kendali dan monitoring kecepatan motor induksi konvensional memerlukan pengkabelan yang rumit, waktu perbaikan yang lama, dan sulit mendapatkan data yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem kendali dan monitoring kecepatan motor induksi berbasis *Programmable Logic Controller* yang dilengkapi dengan layar sentuh. Perancangan perangkat keras meliputi pemilihan komponen dan perancangan diagram kelistrikan. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan *ladder diagram* sebagai program untuk mengontrol *variable speed drive* yang berfungsi untuk mengubah frekuensi motor yang selanjutnya untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fase. Serangkaian pengujian dilakukan untuk memastikan *software* dan *hardware* bekerja sebagaimana mestinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe sistem kendali dan monitoring kecepatan putar motor induksi telah bekerja dengan baik. Ketika dibandingkan dengan alat ukur standar maka prototipe alat yang dibuat menghasilkan kesalahan pengukuran yang kecil yaitu 0,2%. Variasi frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dari 5 – 50 Hz menghasilkan variasi kecepatan putar motor induksi 3 fase dari 120 – 1549 RPM.

**Kata Kunci**— *Control system; monitoring; induction motor speed; touch screen*

### I. PENDAHULUAN

Motor induksi dan sistem kendali otomatis memegang peran yang sangat penting dalam proses produksi di industri. Kemajuan sistem kendali memberikan kemudahan dalam melakukan suatu pekerjaan karena dapat meniadakan pekerjaan rutin yang membosankan, meningkatkan kualitas produksi dan menaikkan laju produksi. Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang paling banyak digunakan di dunia industri. Kelebihan dari motor induksi antara lain konstruksinya

sederhana, harganya murah dan mudah dalam pemeliharaan. Karena keunggulan tersebut, motor induksi lebih banyak digunakan terutama untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan konstan.

Terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor induksi antara lain dengan mengubah jumlah kutub, mengatur tegangan sumber, mengatur frekuensi sumber, dan menambahkan hambatan luar. Pengaturan kecepatan putar dengan mengubah jumlah kutub hanya dapat dilakukan dengan cara mengubah konstruksi belitan pada bagian statornya. Hal ini berarti motor tersebut harus dibongkar dan dililit ulang belitannya atau motor tersebut didesain dari awal untuk beroperasi dengan beberapa kecepatan putar. Pengaturan tegangan sumber juga dapat digu-

Naskah diterima 29 November 2021, diterima setelah revisi 9 Desember 2021, terbit online 25 Februari 2022. Emitor merupakan jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi Sinta 4 dengan alamat Gedung H Lantai 2 UMS, Jalan Ahmad Yani Tromol Pos 1 Surakarta Indonesia 57165.

nakan untuk mengatur kecepatan putar motor induksi tetapi daya keluarannya akan berubah sehingga kinerjanya bisa menurun. Penambahan tahanan luar untuk mengatur kecepatan putar hanya dapat dilakukan pada motor induksi jenis rotor belitan.

Mayoritas motor induksi yang digunakan di industri adalah jenis rotor sangkar tupai. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar. Bila beban motor bertambah maka putaran rotor cenderung menurun. Pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa dengan mengubah frekuensi dan tegangan sumber dapat dilakukan dengan lebih leluasa [1–8]. Sebagian besar dari pengendalian kecepatan motor induksi masih menggunakan cara konvensional atau menggunakan kontaktor magnet [9]. Sistem konvensional ini memerlukan pengkabelan (*wiring*) yang cukup rumit, sehingga bila ada kerusakan akan memerlukan waktu perbaikan yang relatif lama. Dalam proses produksi, kehilangan waktu akibat perbaikan berarti kehilangan jumlah produksi dan mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan. Sistem monitoring motor induksi konvensional mengakibatkan kesulitan dalam mendapatkan data yang akurat dan *real-time*. Terkadang terjadi kesalahan dalam pencatatan parameter motor seperti tegangan dan arus yang terbaca pada alat ukur. Kesalahan yang terjadi bisa disebabkan kesalahan pembacaan atau kesalahan alat ukur.

Pemanfaatan motor induksi untuk menjalankan proses produksi di industri membutuhkan sistem kendali yang baik agar menghasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan. *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dimanfaatkan sebagai otak dalam sistem kendali dengan cara menghubungkannya pada *Variable Frequency Drive* (VFD). PLC merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengambil alih rangkaian beberapa relay yang terdapat pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan mengamati masukan dari sensor-sensor terkait, lalu melakukan serangkaian proses dan tindakan yang dibutuhkan yaitu berupa menghidupkan atau mematikan luarannya (*logic 0* atau 1, hidup atau mati) [10–13]. VFD merupakan alat yang digunakan untuk mengatur frekuensi sumber listrik. Cara kerja alat ini adalah dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang memasukkan daya listrik ke motor induksi 3 fasa. Perubahan frekuensi akan mengubah kecepatan putar motor induksi [14]. Untuk menghasilkan listrik AC dengan gelombang sinus diperlukan rangkaian *Pulse Width Modulator* (PWM). Rangkaian ini yang akan mencacah listrik DC menjadi listrik

AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus. Setelah itu arus dialirkan ke motor listrik dengan frekuensi yang berubah-ubah sehingga diperoleh kecepatan yang diinginkan [15–17].

Pemanfaatan PLC untuk mengendalikan motor induksi telah banyak diterapkan di industri. Sebagian besar masih memanfaatkan *push button*, saklar, variabel resistor, dan piranti input analog lainnya sebagai piranti untuk memberi perintah pengendalian. Monitoring dari sistem yang dikendalikan masih banyak yang menggunakan instrumen analog. Dalam penelitian ini diusulkan pemanfaatan layar sentuh sebagai piranti penghubung antara manusia dan mesin (*Human Machine Interface*, HMI). Melalui layar sentuh tersebut, operator dapat melakukan perintah pengendalian dan monitoring sistem. Layar sentuh tersebut akan dihubungkan dengan PLC yang merupakan otak dari keseluruhan sistem kendali. PLC akan dihubungkan dengan VFD yang merupakan piranti pengatur frekuensi. VFD akan dihubungkan dengan motor induksi yang merupakan mesin listrik yang kecepatannya ditentukan oleh frekuensi sumbernya. Hasil pengolahan data yang sudah diproses oleh PLC dapat ditampilkan pada layar sentuh sehingga operator dapat memonitor kondisi motor induksi.

*Field Oriented Control* (FOC) merupakan salah satu metode lain yang dikembangkan dalam pengaturan kecepatan motor induksi. Metode ini berguna untuk mengatur secara langsung fluks dan torsi motor yang pada umumnya menggunakan kontrol *Proportional Integral* (PI), namun kontrol ini memiliki kelemahan dalam penentuan konstantanya. Perencanaan dan implementasi kontrol motor untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dilakukan dengan menggunakan *fuzzy logic control*, artinya fuzzy disini sebagai pengendali kecepatan motor hingga sesuai dengan keinginan [18]. Kontrol tegangan dan frekuensi pada motor induksi 3 fasa mampu menjaga besarnya fluks dan nilai torsi maksimum agar tetap konstan. Kendali vektor merupakan salah satu metode pengontrolan yang dapat diterapkan pada motor induksi. Metode modulasi ruang vektor (*space vector modulation*) ditanamkan pada mikrokontroler STM32F100 untuk pembangkitan pulsa PWM *inverter* sesuai dengan urutan pensaklaran *inverter* sumber tegangan 3 fasa (VSI). Lebar pulsa dari tiap pulsa PWM ditentukan oleh pengaturan variabel waktu dalam SVM. Kontrol sistem dilakukan secara loop terbuka dengan mengubah-ubah nilai *set point* kecepatan yaitu mengatur nilai frekuensi yang secara bersamaan mengatur nilai tegangan sesuai nilai indeks modulasi [19, 20].

Dalam pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa

juga dapat menggunakan *inverter* sebagai alat yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi. Untuk mengatur nilai frekuensi yang sesuai pada *inverter* dibutuhkan suatu kontroler. Salah satu kontroler yang banyak digunakan adalah kontroler PID. Nilai parameter kontrol yang ada pada kontroler PID sangat berpengaruh terhadap respon kecepatan motor, sehingga diperlukan sebuah metode pencarian yang mana digunakan algoritma genetik dalam penentuan parameter kontrol PID. Penentuan parameter kontrol PID dilakukan dengan lima jangkauan pembatasan pada nilai pembangkitan individu sehingga didapatkan berbagai macam nilai yang berbeda - beda dan diharapkan sesuai dengan respon kecepatan yang diinginkan [21].

Penelitian yang diusulkan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron Sysmac CP1L dan menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) ATV 11HU29M2A untuk mengatur frekuensi pada motor induksi 3 fasa. Layar sentuh digunakan sebagai piranti penghubung antara manusia dengan sistem kendalinya sehingga akan lebih memudahkan operator dalam mengendalikan dan memonitor kondisi motor induksi.

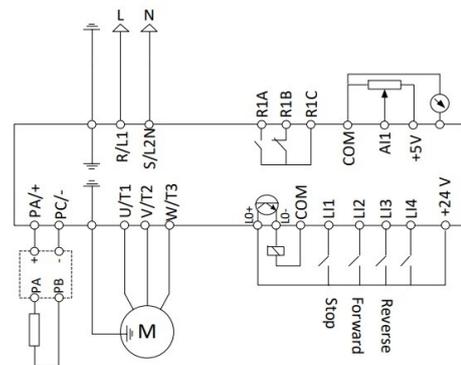
## II. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi motor induksi 3 fasa, *Variable Frequency Drive* (VFD), *Programmable Logic Controller* (PLC), *Human Machine Interface* (HMI), arduino uno, multimeter, tachometer, kabel *jumper*, kabel komunikasi, solder dan tenol, obeng, mesin bor, gerinda, dan komputer. Perancangan sistem kendali kecepatan motor induksi dibagi menjadi 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi pemilihan komponen dan perancangan diagram kelistrikan yang menghubungkan keseluruhan sistem kendali. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan *ladder diagram* sebagai program untuk mengontrol VFD yang berfungsi untuk mengubah frekuensi yang masuk ke motor sehingga dapat digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor induksi 3 fasa.

### i. Perancangan perangkat keras

Tahapan perancangan perangkat keras dimulai dengan menentukan motor induksi yang akan dikendalikan, menentukan VFD yang akan dipakai untuk mengatur frekuensi, menentukan jenis PLC yang akan dipakai sebagai otak utama sistem kendali, menentukan HMI yang akan dipakai untuk menjembatani manusia dan

mesin, serta menentukan perangkat pendukung yang akan dipakai untuk menyempurnakan kinerja sistem kendali. VFD yang digunakan dalam penelitian ini adalah *telemecanique altivar ATV11HU29M2A*. Parameter VFD disesuaikan dengan spesifikasi motor induksi yang tercantum dalam *name plate* seperti tegangan, frekuensi kerja, daya, dan kecepatan putarnya. Dalam penelitian ini, sebagai masukan dari VFD menggunakan sistem *digital input* yaitu *setting drive parameter* yang ditampilkan pada layar VFD. Sistem *digital input* dipilih karena pengaturan frekuensi keluaran dari VFD akan dilakukan dengan menggunakan PLC. Penyambungan kabel pada VFD cukup penting karena setiap terminal yang dihubungkan ke *driver* maupun beban yang berupa motor induksi 3 fasa mempunyai fungsi dan peran yang berbeda-beda. Diagram pengawatan VFD ditunjukkan pada gambar 1.

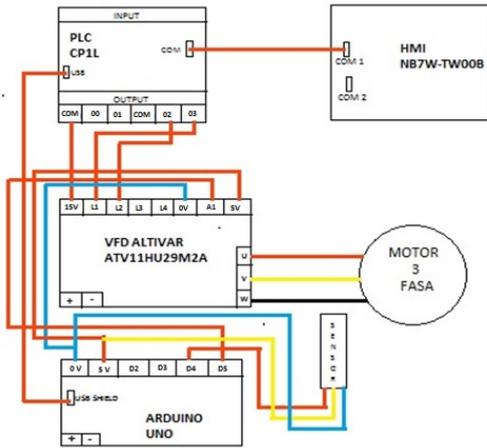


Gambar 1: Diagram pengawatan VFD

Perancangan perangkat keras diakhiri dengan merancang diagram pengawatan dari seluruh peralatan yang dipakai. Rancangan diagram pengawatan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada gambar 2.

### ii. Perancangan perangkat lunak PLC

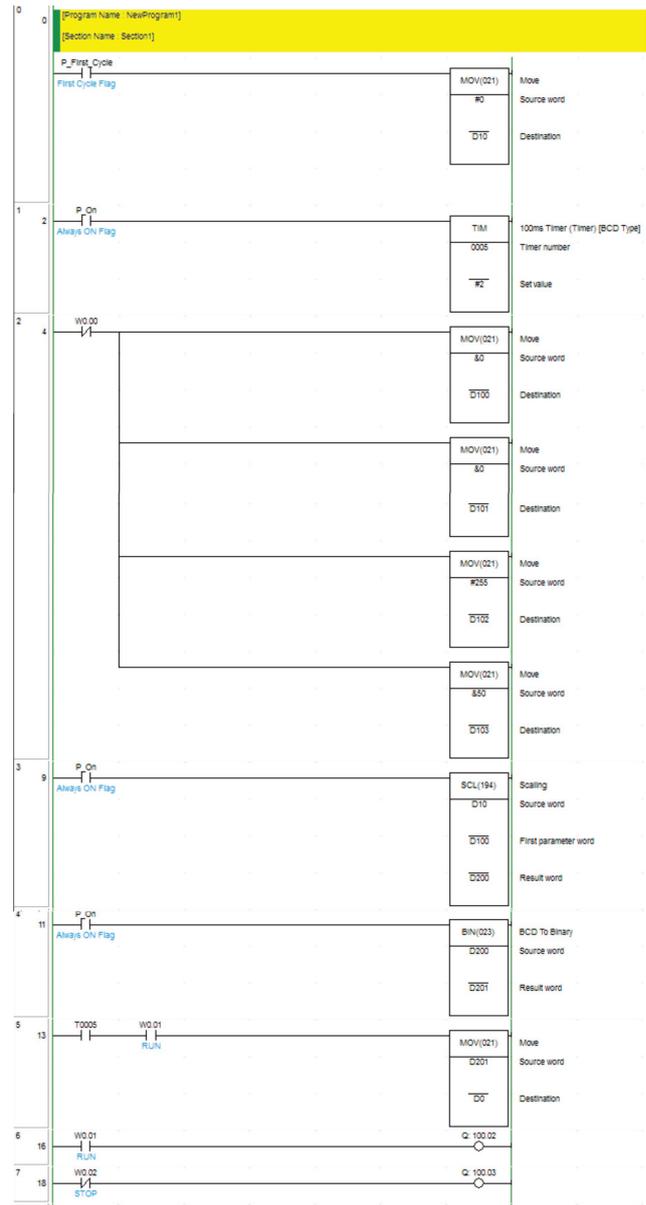
Sistem kendali kecepatan putar motor induksi 3 fasa menggunakan PLC sebagai kontrol utama, arduino uno sebagai komponen tambahan untuk mengolah data kecepatan putar, dan HMI untuk mengatur frekuensi yang masuk ke motor induksi 3 fasa serta menampilkan nilai kecepatan putar motornya. Perancangan perangkat lunak berupa pembuatan program yang digunakan untuk mengatur alur kerja sistem sehingga dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Pengamatan *input* dan *output* dilakukan untuk pertama kalinya. Kemudian dilakukan setting CPU karena ini merupakan bagian utama dari PLC sebagai memori yang menyimpan dan memproses sinyal data input. Setelah itu dibuat pro-



**Gambar 2:** Rancangan diagram pengawatan perangkat keras

gram PLC yang berupa *ladder diagram* dengan menggunakan software CX-Programmer. Program ini berisi serangkaian proses terkait piranti input, proses dan output. Program inilah yang mengatur proses pada sensor, layar sentuh, PLC, VFD, dan motor induksi. Sebelum membuka lembar kerja CX-Programmer terlebih dahulu dilakukan konfigurasi tipe PLC yang akan digunakan. Perancangan *ladder diagram* dengan Cx-Programmer ditunjukkan pada gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan *ladder diagram* PLC yang disusun dengan menggunakan *software cx-programmer*. Baris pertama berfungsi untuk memindahkan nilai nol ke register D10 dengan tujuan agar saat alat pertama kali dinyalakan mengeluarkan data kosong. *Timer* pada baris kedua berfungsi untuk memberikan jeda agar tidak langsung mengeksekusi program saat PLC dihidupkan. Baris ketiga digunakan untuk memindahkan secara otomatis parameter-parameter nilai *scaling* pada register di sekitar register “*First parameter word*” (D100, D101, D102, D103). Baris selanjutnya yaitu mengubah nilai dari register sumber “*Source Word*” (D10) dengan rasio 0-50 menjadi 0-255 yang dimasukkan ke register tujuan “*Result Word*” (D200). Lalu nilai pada register D200 yang sebelumnya berupa BCD diubah menjadi binary ke register D201 agar dapat dikirim ke arduino. Baris 6 memuat program untuk memindahkan nilai register D201 ke register D0 yang merupakan register pengirim data ke arduino. Pemindahan itu dilakukan pada saat kontak bantu W0.01 ditutup atau saat tombol *run* pada HMI ditekan. Dua baris terakhir untuk mengontrol kontak relay CPIO di alamat 100.02 dan 100.03 yang tersambung pada terminal L1 dan L2 VFD sebagai pengatur hidup dan mati dari motor induksi 3 fasa.

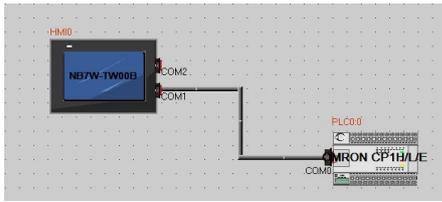


**Gambar 3:** Ladder Diagram PLC

iii. Perancangan perangkat lunak HMI

Pemrograman HMI Omron NB7W-TW00B dilakukan dengan menggunakan *software Nb-Designer*. Sebelum membuka lembar kerja terlebih dulu harus dituliskan keterangan nama filenya dan dilanjutkan dengan memilih PLC yang akan dikomunikasikan dengan HMI. Setelah itu dilakukan pengesetan HMI dengan mengatur konfigurasi tipe HMI yang akan digunakan dan dilakukan penyambungan port COM 1 HMI dengan port COM PLC agar kedua komponen tersebut terkoneksi seperti ditunjukkan pada gambar 4.

Langkah selanjutnya adalah perancangan tampilan pada HMI dan fitur-fitur yang akan digunakan dalam mengendalikan kecepatan putar motor induksi yang



Gambar 4: Hubungan antara HMI dengan PLC

terdiri dari *display input number*, *display number*, *push button on*, dan *push button off* seperti ditunjukkan pada gambar 5. *Display input number* digunakan untuk menginputkan frekuensi yang masuk ke motor induksi. *Display number* digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran kecepatan putar motor induksi. *Push button on* digunakan untuk menghidupkan motor induksi sedangkan *push button off* digunakan untuk mematikan motor induksi. Setelan alamat pada masing-masing fitur disesuaikan dengan alamat pada PLC.



Gambar 5: Rancangan tampilan HMI

#### iv. Pemrograman pada Arduino Uno

Pemrograman pada arduino uno cukup penting karena arduino uno berfungsi sebagai komponen tambahan dari PLC yang berfungsi untuk mengolah data PLC yang diinputkan dari HMI. *Software* yang digunakan dalam memprogram arduino uno adalah arduino IDE. Gambar 6 menunjukkan program arduino. Pemrograman pada arduino menggunakan bahasa C diawali dengan memasukkan *library* USB arduino dan memasukkan identitas USB PLC, lalu deklarasi variabel penghubung antara arduino PLC dan variabel pengolahan data, lalu mengatur fungsi masing-masing pin, pembacaan data dari sensor IR, dan inialisasi program USB arduino. Data dari register PLC dengan alamat D0 diolah di arduino menggunakan *mapping*, kemudian hasil *mapping* dari arduino dimasukkan ke dalam variabel penghubung di register D2. Register D2 juga berfungsi untuk alamat pengiriman dari arduino ke PLC.

```

MoreStableRPMWith0Value
1 #include <usbhub.h>
2 #include <Arduino.h>
3 #define VendorID 0x0590
4 #define ProductID 0x005B
5
6 USB Usb;
7 USB_DEVICE_DESCRIPTOR buf;
8 uint8_t addr;
9 uint8_t rcode;
10 uint8_t PLC_State;
11 uint16_t Omron_PLC_D0_Value;
12 uint16_t Omron_PLC_D2_Value;
13 bool USB_RUN = false;
14 static unsigned long timeout=1000;
15
16 const int analogInPin = A0; // Potentiometer
17 const int analogOutPin = 5; // VoltMeter
18 uint16_t PotentiometerValue = 0;
19 int VoltMeterValue = 0;
20

```

Gambar 6: Program arduino ono dengan bahasa C

#### v. Pengujian Perangkat Lunak dan Perangkat Keras

Tahap awal pengujian perangkat lunak dilakukan dengan mensimulasikan program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* CX-Programmer. Setiap baris program disimulasikan dan diamati hasilnya. Jika ada yang belum sempurna maka dilakukan perbaikan pada programnya. Setelah itu, program tersebut diupload ke PLC. Tahap pengujian perangkat keras dilakukan dengan terlebih dulu menghubungkan seluruh piranti yang diperlukan dengan menggunakan kabel yang sesuai. Setelah itu sumber listrik dinyalakan dan dilakukan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem kendali kecepatan motor induksi. Tombol perintah yang terpampang di layar sentuh kemudian dioperasikan dan diamati pengaruhnya pada putaran motor induksi. Pengamatan juga dilakukan pada data hasil pengukuran yang ditampilkan di layar sentuh. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan landasan teorinya. Penyempurnaan alat dilakukan jika ditemukan ada yang belum sesuai.

### III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

#### i. Hasil Perancangan Alat

Prototipe sistem kendali dan monitoring kecepatan motor induksi beserta koneksi antar komponen penyusunnya ditunjukkan pada gambar 7. Koneksi antara HMI dan PLC menggunakan kabel RS232. Koneksi antara PLC dan arduino uno menggunakan kabel USB. Koneksi antara PLC dan VFD serta arduino dan VFD menggunakan kabel *jumper* dengan *pin* tipe *male*, begitu juga dengan koneksi VFD dan motor induksi 3 fasa.



**Gambar 7:** Koneksi semua piranti sistem kendali motor induksi

ii. Prinsip Kerja Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini dilakukan dengan membuat program pada komponen PLC, HMI dan arduino uno. Masing-masing komponen memiliki *software* tersendiri untuk memprogramnya. Pemrograman PLC dilakukan dengan menggunakan Cx-Programmer, pemrograman HMI dengan menggunakan Nb-Designer, dan pemrograman arduino uno dengan menggunakan arduino IDE. Prinsip kerja dari program pada PLC, arduino uno, dan HMI yang sudah terkoneksi satu sama lain adalah register W1.00 di HMI yang berupa *button* diubah di *ladder diagram* PLC menjadi relay “nyata” atau *output* dengan alamat 100.02 dan 100.03. Data frekuensi yang dimasukkan ke HMI yang bernilai 0 - 50 Hz kemudian dimasukkan ke register PLC dengan alamat D10 yang selanjutnya akan diolah menggunakan *ladder diagram* PLC dengan instruksi *scalling* untuk mengubah nilai frekuensi tersebut menjadi data 0 - 255. Arduino menerima data dari register D2 PLC dan dipindah ke variabel arduino uno yang bernama “Omron\_PLC\_D0.Value” dengan nilai 0 - 255. Arduino mengubah data 0 - 255 menjadi 0 - 237 dengan menggunakan *mapping* agar tegangan yang dihasilkan *pin* PWM arduino uno tidak melebihi tegangan referensi *pin* A1 di VFD. Data dari sensor infrared arduino diolah menjadi data kecepatan putar motor induksi 3 fasa dimana variabel “Send RPM” arduino dipindah ke variabel “Omron\_PLC\_D2” untuk dikirim ke PLC yang kemudian diteruskan ke HMI melalui register D2. Setelah diatur parameternya, alat diuji dalam mengatur kecepatan putar motor induksi 3 fasa berdasarkan pe-

ngaturan input frekuensi. Gambar 8 (a) menunjukkan tampilan layar sentuh HMI pada saat proses mengeset frekuensi yang masuk ke motor induksi dan gambar 8 (b) menunjukkan tampilan layar sentuh HMI pada saat pengukuran kecepatan putar motor induksi. (a) (b)

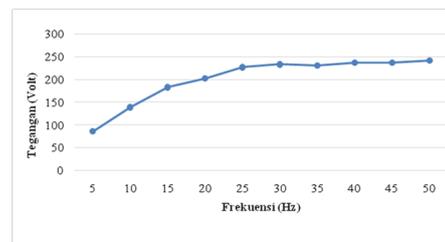


**Gambar 8:** Tampilan layar sentuh HMI pada saat pengujian (a) saat mereset layar (b) saat pengukuran kecepatan motor

Gambar 8. Tampilan layar sentuh HMI pada saat pengujian Kecepatan putar motor induksi diatur dengan memanipulasi frekuensi menggunakan prinsip kerja PWM pada rangkaian di dalam VFD. Pengujian alat ini menggunakan 10 variasi frekuensi diantaranya 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dan 50 Hz. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian alat dengan variasi frekuensi 5 - 50 Hz.

**Tabel 1:** Hasil pengujian alat

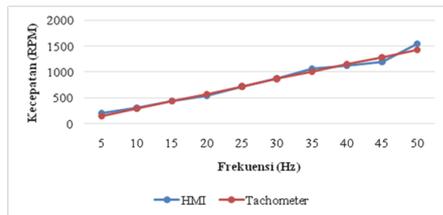
Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Kecepatan putar (RPM)	
		HMI	Tachometer
5	85,5	210	155
10	138,3	310	301
15	182,3	442	440
20	202,6	541	576
25	226,6	722	724
30	232,7	875	869
35	230,4	1064	1008
40	237,1	1129	1151
45	236,9	1198	1278
50	241,3	1549	1425



**Gambar 9:** Hubungan variasi frekuensi dengan tegangan motor induksi

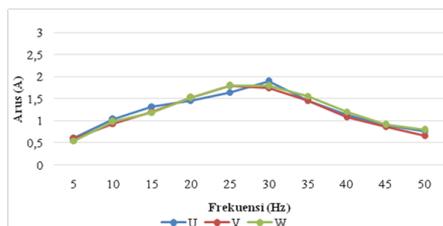
Gambar 9 menunjukkan pengaruh variasi frekuensi

ensi terhadap tegangan pada motor induksi 3 fasa. Kenaikan frekuensi berbanding lurus dengan tegangan. Ketika frekuensi yang dimasukkan pada layar sentuh HMI bernilai dari 5 – 25 Hz maka tegangan keluaran dari VFD yang mencatu motor induksi juga akan naik. Ketika frekuensi yang dimasukkan pada layar sentuh HMI bernilai dari 30 – 50 Hz maka tegangan keluaran dari VFD yang mencatu motor induksi akan stabil sekitar 220 V.



**Gambar 10:** Perbandingan hasil pengukuran kecepatan putar motor induksi

Gambar 10 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran kecepatan putar motor induksi 3 fasa menggunakan tachometer dan layar sentuh HMI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dinaikkan maka kecepatan putar motor induksi juga akan naik. Grafik antara frekuensi dengan kecepatan putar merupakan fungsi linear. Hasil ini sesuai landasan teori yang menyatakan kecepatan putar motor induksi akan berbanding lurus dengan kecepatan putar dan berbanding terbalik dengan jumlah kutubnya. Jumlah kutub motor induksi yang digunakan dalam penelitian tidak diubah-ubah sehingga kecepatan putar motor induksi hanya dipengaruhi oleh frekuensinya saja. Hasil pengukuran kecepatan putar motor induksi yang ditampilkan oleh HMI dikalibrasi dengan menggunakan alat ukur kecepatan standar yang berupa tachometer digital. Hasil pengukuran kedua alat tersebut sebagaimana tercantum pada tabel 1 menunjukkan nilai yang hampir sama. Setelah dihitung, kesalahan pengukuran (*error*) dengan menggunakan HMI adalah sebesar 0,2% jika dibandingkan dengan alat ukur standar.



**Gambar 11:** Hubungan antara frekuensi dengan arus motor induksi

Gambar 11 menunjukkan hubungan antara frekuensi dan arus pada motor induksi 3 fasa. Ketika frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dinaikkan dari 5 – 30 Hz maka arus yang diserap oleh motor induksi juga akan naik. Ketika frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dinaikkan dari 30 – 50 Hz maka arus yang diserap oleh motor induksi akan turun. Arus yang mengalir ke setiap belitan motor induksi akan mempunyai sedikit perbedaan nilai antara satu dengan yang lainnya. Pada saat pengujian dengan frekuensi 5 - 30 Hz motor induksi 3 fasa mengalami kenaikan suhu sehingga pengujian dihentikan sekitar 10 menit. Setelah suhunya normal maka pengujian dilanjutkan kembali.

#### IV. KESIMPULAN

Prototipe sistem kendali dan monitoring kecepatan putar motor induksi dengan menggunakan PLC, HMI dan arduino uno telah bekerja dengan baik. Ketika dibandingkan dengan alat ukur standar maka prototipe alat yang dibuat menghasilkan kesalahan pengukuran yang kecil yaitu 0,2%. Variasi frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dari 5 – 50 Hz menghasilkan variasi kecepatan putar motor induksi 3 fase dari 120 - 1549 RPM. Ketika frekuensi yang dimasukkan ke layar sentuh HMI dinaikkan dari 5 – 30 Hz maka tegangan dan arus motor induksi akan naik. Ketika frekuensi dinaikkan lagi sampai 50 Hz maka tegangan motor induksi akan stabil sekitar 220 V sedangkan arusnya akan turun.

#### PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan ke Lembaga Riset dan Inovasi Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mendanai penelitian reguler kompetitif ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nakiya, M. A. Makwana, dan R. G. Ramesh, "An overview of a continuous monitoring and control system for 3-phase induction motor based on programmable logic controller and scada technology," *Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET)*, vol. 4, no. 4, 2013.
- [2] Y. P. Su, L. N. Sim, X. Li, H. G. Coster, dan T. H. Chong, "Anti-fouling piezoelectric pvdf membrane: Effect of morphology on dielectric and piezoelectric properties," *Journal of Membrane Science*, vol. 620, p. 118818, 2021.
- [3] Z. He, F. Rault, M. Lewandowski, E. Mohsenzadeh, dan F. Salaün, "Electrospun pvdf nanofibers for piezoelectric applications: A review of the influence of electrospinning parameters on the  $\beta$  phase and crystallinity enhancement," *Polymers*, vol. 13, no. 2, p. 174, 2021.

- [4] S. Wang, H.-Q. Shao, Y. Liu, C.-Y. Tang, X. Zhao, K. Ke, R.-Y. Bao, M.-B. Yang, dan W. Yang, "Boosting piezoelectric response of pvdF-trfe via mxene for self-powered linear pressure sensor," *Composites Science and Technology*, vol. 202, p. 108600, 2021.
- [5] M. K. Patel dan H. R. Choksi, "Analysis of induction motor speed control using scada based drive operated system," *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 10, 2015.
- [6] S. Vidhate, V. Bhojwani, dan O. Mobale, "Scada system applied to two-wheeler chassis dynamometer," in *Techno-Societal 2020*. Springer, 2021, pp. 115–127.
- [7] W. Udo dan Y. Muhammad, "Data-driven predictive maintenance of wind turbine based on scada data," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 162 370–162 388, 2021.
- [8] X. Liu, J. Du, dan Z.-S. Ye, "A condition monitoring and fault isolation system for wind turbine based on scada data," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 2, pp. 986–995, 2021.
- [9] V. Kodkin, A. Anikin, dan A. Baldenkov, "The analysis of the quality of the frequency control of induction motor carried out on the basis of the processes in the rotor circuit," in *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 944, no. 1. IOP Publishing, 2018, p. 012052.
- [10] S. P. Jain dan S. L. Haridas, "Energy efficient automized bottling plant using plc and scada with speed variable conveyor assembly," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 9–14, 2014.
- [11] R. Amudhevalli dan T. Sivakumar, "Iot based smart energy metering system for monitoring the domestic load using plc and scada," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1055, no. 1. IOP Publishing, 2021, p. 012154.
- [12] M. M. Syahid, Y. Badruzzaman, N. F. C. Setyoko *et al.*, "Monitoring and controlling trainer of automatic grain dryer machine based on plc and scada," *JAICT*, vol. 7, no. 1, pp. 68–73, 2022.
- [13] N. S. Krishna, "Voltage regulation of dc microgrid using plc and scada," *Journal of Advanced Research in Signal Processing and Applications*, vol. 2, no. 1, pp. 24–26, 2021.
- [14] T. Aditya, "Research to study variable frequency drive and its energy savings," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 2, no. 6, pp. 253–256, 2013.
- [15] M. Deepa, "Design of vfd drive for a 3-phase induction motor," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 18 755–18 762, 2015.
- [16] P. M. Wibowo, M. Haddin, dan A. Marwanto, "Energy saving analysis of air fan motor in power plant boiler controlled by variable frequency drive," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, vol. 12, no. 4, p. 2059, 2021.
- [17] A. C. Sullberg, M. Wu, V. Vittal, B. Gong, dan P. Augustin, "Examination of composite load and variable frequency drive air conditioning modeling on fidvr," *IEEE Open Access Journal of Power and Energy*, vol. 8, pp. 147–156, 2021.
- [18] R. B. Shirsath dan S. L. Shaikh, "Power optimisation scheme for electric vehicle using induction motor," in *2021 International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON)*. IEEE, 2021, pp. 1–9.
- [19] R. Iqbal, "Pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan metode vektor kontrol berbasis jaringan syaraf tiruan radial basis function–pd (jst rbf–pd) hybrid," Ph.D. dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [20] D. S. A. Pambudi, M. S. M. Sarwoko, dan E. Kurniawan, "Kontrol kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan tegangan dan frekuensi dengan modulasi vektor ruang," *TEKTRIKA-Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [21] F. M. Wildan, E. A. Hakim, dan D. Suhardi, "Sistem pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan kontroler pid berbasis genetic algorithm," *KINETIK*, vol. 1, no. 1, pp. 23–32, 2016.