

**ANALISIS SISTEM KENDALI DAN MONITORING MOTOR INDUKSI
TIGA FASA BERBASIS SCADA**

OLEH:

**ULIL AMRI
T2121007**

SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO

2023

**ANALISIS SISTEM KENDALI DAN MONITORING MOTOR INDUKSI
TIGA FASA BERBASIS SCADA**

OLEH:

ULIL AMRI

T2121007

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian guna memenuhi gelar sarjana dan telah
disetujui tim pembimbing pada tanggal Juni 2023

Gorontalo, 07 Juni 2023

Pembimbing I

Steven Humena, ST, MT

NIDN. 0907118903

Pembimbing II

Amelya Indah Pratiwi, ST., MT

NIDN. 0907028701

HALAMAN PERSETUJUAN
ANALISIS SISTEM KENDALI DAN MONITORING MOTOR INDUKSI
TIGA FASA BERBASIS SCADA

OLEH:

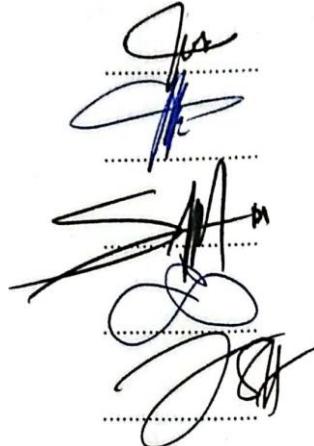
ULIL AMRI

T2121007

SKRIPSI

Di periksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

1. Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
2. Amelya Indah Pratiwi, ST., MT
3. Ir. Steven Humena, ST., MT
4. Sjahril Botutihe, ST., MT
5. Muhammad Asri, ST., MT



Gorontalo, 8 Juni 2023

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



Amelya Indah Pratiwi, ST., MT

NIDN. 0907028701

Ketua Program Studi TEKNIK ELEKTRO



LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ulil Amri

NIM : T2121007

Kelas : Reguler Sore

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya (skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah disebutkan Nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo.

Gorontalo, 07 Juni 2023



Ulil Amri

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji dan Syukur dipanjangkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan Rahmat dan karunia Nya shalawat dan salam dikirimkan ke manusia terbaik yang pernah hadir di muka bumi yakni nabi Muhammad SAW, sehingga Proposal Skripsi/Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar dan tepat waktu. Adapun penyusunan proposal ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo. Penulis menyadari begitu banyak hambatan dan tantangan yang ditemui namun melalui bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi/tugas akhir ini sebagaimana yang diharapkan. Untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah azza wa jalla.
2. Nabi Muhammad SAW, beserta seluruh sahabat dan keluarganya.
3. Orang tua yang telah membantu dengan doa dan materi yang dibutuhkan penulis.
4. Bapak Afandi dan bapak Ikbal selaku pembimbing dan motivator penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi/tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Dra. Hj. Juriko Abdussamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
6. Bapak Dr. Abdul Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
7. Bapak Amru Siola, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Unisan Gorontalo.
8. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Unisan Gorontalo.
9. Bapak Steven Humena, ST., MT sebagai Pembimbing I

10. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST., MT sebagai Pembimbing II
11. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Ichsan Gorontalo, Pegawai Staf Administrasi Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo Khususnya Jurusan Teknik Elektro.
12. Rekan-Rekan Pegawai Politeknik Industri Logam Morowali yang telah mendukung saya dari berbagai aspek.
13. Semua rekan-rekan mahasiswa Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo, yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi kepada penulis.

Akan menjadi sesuatu yang sangat berarti guna menyempurnakan Skripsi ini bila kritikan dan saran disampaikan pada penulis. Semoga Tuhan yang Maha Esa yang membalas budi baik dan kerelaan saudara.

Gorontalo, 07 Juni 2023



Ulil Amri

ABSTRACT

ULIL AMRI. T2121007. ANALYSIS OF SCADA-BASED THREE-PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL AND MONITORING SYSTEM

Three-phase induction motor is one of the tools used to convert electrical energy into motion energy which is commonly functioned as an actuator or driving device in the industry. Seeing the power consumption used in three-phase induction motors with conventional methods and judging from the results of investigations and analysis of power absorption in the industry that is still fairly high, then using variable frequency drives can reduce power absorption in three-phase induction motors. In this study, a conventional motor control scheme and motor control using a variable frequency drive with Scada monitoring are designed. In this design, voltage, current, and frequency are observed to determine the power absorption in a three-phase induction motor using two motor control methods. The observation results show that motor control using conventional methods absorbs more power when compared to motor control using variable frequency drives. And also, the durability of the motor is longer in its use period, namely by using a variable frequency drive when compared to using conventional methods. Monitoring the characteristics of a three-phase induction motor is more user-friendly when using a variable frequency drive than using conventional ones. Motor control using variable frequency drive is more varied per consumer needs.

Keywords: actuator, monitoring, conventional, variable frequency drive, SCADA

ABSTRAK



ABSTRAK

ANALISIS SISTEM KENDALI DAN MONITORING MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS SCADA

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak yang biasa digunakan sebagai aktuator atau alat penggerak di industri. Melihat konsumsi daya yang digunakan pada motor induksi tiga fasa dengan metode konvensional serta dilihat dari hasil investigasi dan analisa penyerapan daya di industri masih terbilang tinggi, maka dengan menggunakan *variable frequency drive* bisa mereduksi penyerapan daya pada motor induksi tiga fasa. Pada penelitian ini dirancang skema kendali motor secara konvensional dan kendali motor menggunakan *variable frequency drive* dengan monitoring *scada*. Pada rancangan ini diamati tegangan, arus, dan frekuensi untuk mengetahui penyerapan daya pada motor induksi tiga fasa dengan menggunakan dua metode kendali motor. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kendali motor dengan menggunakan metode konvensional lebih banyak menyerap daya jika dibandingkan dengan kendali motor dengan menggunakan *variable frequency drive*. Dan juga ketahanan motor yang lebih lama masa penggunaannya yaitu dengan menggunakan *variable frequency drive* jika dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional. Monitoring karakteristik motor induksi tiga fasa lebih ramah pengguna jika menggunakan *variable frequency drive* dibanding menggunakan metode konvensional. Kendali motor dengan menggunakan *variable frequency drive* lebih bervariasi sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Kata kunci: Aktuator, Monitoring, konvensional, *variable frequency drive*, *scada*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Literatur Review	5
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Peralatan Utama kendali Motor Tiga Fasa.....	10
a. Motor Induksi Tiga Fasa	11
b. Variabel Frequency Drive	11
c. Programmable Logic Control.....	13

d. Supervisory Control and Data Acquisition	14
e. Kontaktor Magnet	16
f. Power Meter.....	17
 2.2.2 Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa	18
a. Daya Aktif.....	20
b. Daya Reaktif.....	20
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Kerangka Konsep Penelitian	20
3.2. Objek Penelitian/Alat dan Bahan	24
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.4. Alur Penelitian.....	25
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Data Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa	20
4.2. Skema Ladder Diagram	31
4.3. Hasil Perancangan Dan Pengukuran	31
4.3.1 Perancangan SCADA	37
4.3.2 Hasil Perancangan Kendali Motor Induksi Tiga Fasa	40

4.3.3 Hasil Pengukuran Data Pengoperasian Motor Dengan VFD	41
4.3.4 Hasil Pengukuran Data Pengoperasian Motor Konvensional	43
BAB IV KESIMPULAN	45
4.3. Kesimpulan.....	45
4.3. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk fisik motor insukdi tiga fasa	10
Gambar 2.2 Konstruksi motor induksi tiga fasa.....	11
Gambar 2.3 Diagram blok variable frequency drive.....	12
Gambar 2.4 Variable frequency drive.....	13
Gambar 2.5 PLC siemens S7 1200	14
Gambar 2.6 Contoh penggunaan scada PLC siemens	15
Gambar 2.7 Simbol dan bentuk fisik Kontaktor Magnet	16
Gambar 2.8 Power Meter Schnaider	17
Gambar 3.1 Kendali motor tiga fasa secara konvensional	20
Gambar 3.2 Kendali motor konvensional hubung bintang (Y).....	25
Gambar 3.3 Kendali motor menggunakan VFD dan PLC	26
Gambar 3.4 Bagan alur pengontrolan motor induksi tiga fasa.....	27
Gambar 3.5 Flow chart penelitian.....	28
Gambar 4.1 Name Plate Motor Induksi Tiga Fasa.....	30
Gambar 4.2 Name Plate variable frequency drive	31
Gambar 4.3 Bagan diagram blok skema ladder diagram	33
Gambar 4.4 Bagan diagram blok skema perancangan scada	37
Gambar 4.5 Tampilan <i>screen monitoring</i> scada	38
Gambar 4.6 Tampilan <i>screen trend</i> scada.....	38
Gambar 4.7 Hasil Perancangan kendali konvensional dan VFD	40

Gambar 4.8 Tegangan, frekuensi dan arus terhadap waktu	42
Gambar 4.9 Frekuensi Starting motor induksi	42
Gambar 4.10 frekuensi saat pemberhentian motor induksi.....	43
Gambar 4.11 Trend starting metode konvensional	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Bentuk fisik motor insukdi tiga fasa	9
Tabel 2.1 Metode Pengukuran Efisiensi Motor InduksiIEEE	19
Tabel 4.1 <i>Tag Main program ladder diagram</i>	36
Tabel 4.2 Parameter setting scada	39
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Metode VFD	41
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Metode Konvensional.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam kawasan lingkungan industri, sistem mekanis digerakkan oleh motor listrik yang digunakan di sebagian besar proses produksi, terhitung lebih dari dua pertiga konsumsi listrik industri. Motor induksi tiga fasa sangat banyak digunakan di industri karena efektivitas biaya, keandalan tinggi, efisiensi tinggi, dan ketahanan mekanis. Motor induksi tiga fasa biasanya digunakan dalam proses yang berbeda, sesuai dengan jenis dan kondisi kerjanya, sehingga butuh penyesuaian daya dan beban yang akan diproses. Adapun jenis atau macam pengendalian motor induksi tiga fasa yang biasanya digunakan di industri yakni kendali konvensional. Kendali motor induksi tiga fasa secara konvensional masih memiliki beberapa kekurangan dalam hal keandalan [1]. Pada dasarnya motor induksi tiga fasa perlu memberikan sumber tegangan tiga fasa selama pengoperasiannya, namun akan terdapat beberapa kendala dalam pengoperasian motor induksi tiga fasa tersebut, salah satunya adalah masalah kestabilan tegangan yang disuplai terhadap motor induksi tiga fasa [2]. Oleh karena itu pemantauan data arus dan kecepatan motor induksi tiga fasa sangat penting untuk mencapai efektivitas maupun efisiensi motor induksi tiga fasa. Pengenalan *variable frekuency drive* meningkatkan otomatisasi dan produktivitas dalam proses efisiensinya. *Variable frekuency drive* dikoneksikan dengan motor induksi tiga fasa dimana kecepatan motor dapat divariasikan dari nol hingga frekuensi maksimum [1].

Adapun pengaturan kecepatan pada motor induksi tiga fasa terdiri dari pengaturan tegangan suplai dan pengaturan frekuensi tegangan suplai motor induksi. Penelitian ini membahas tentang penggunaan pengaturan frekuensi untuk mendapatkan kecepatan yang bervariasi atau dapat diatur. Pengaturan frekuensi pada motor induksi akan mempengaruhi kecepatan motor, dan juga akan mempengaruhi arus yang masuk melewati kumparan motor induksi, disebabkan oleh perubahan frekuensi berbanding lurus dengan perubahan reaktansi induktif pada kumparan motor. Maka dari itu perlu diketahui batasan frekuensi agar motor beroperasi dengan efisiensi yang tidak terlalu rendah dan dengan arus yang tidak membuat motor dalam kondisi kritis. Untuk itu, diperlukan kajian tentang pengaturan frekuensi sumber motor induksi 3 fasa untuk mengatur kecepatan motor [2].

Adapun *monitoring* dan *control* yang akan digunakan pada sistem kendali motor tiga fasa ini yaitu *supervisory control and data acquisition* (SCADA), yang nantinya berfungsi untuk menampilkan kondisi motor yang sedang beroperasi dan juga dapat mengontrol pengoperasian motor tiga fasa ini. Sebagai *interface* dari penelitian ini. Pada penelitian ini *controller* yang digunakan untuk menghubungkan motor induksi tiga fasa ke sistem SCADA yaitu *Programmable Logic Controller* (PLC) siemens S7-1200. Sedangkan pada kendali motor induksi tiga fasa secara konvensional menggunakan komponen kontaktor pada proses *switching* sumber tegangan ke motor induksi tiga fasa, yang memiliki lonjakan arus *starting* yang tidak efisien pada motor induksi tiga fasa.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana dampak dari penerapan variable frekuensi drive pada motor tiga fasa jika dibandingkan dengan hanya menggunakan kendali konvensional pada motor tiga fasa?
- 2) Berapa persen efisiensi dan efektivitas dari penggunaan variable speed drive?
- 3) Bagaimana skema leader-diagram pada PLC yang digunakan untuk menghubungkan sistem kendali motor tiga fasa ke scada?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menganalisa dampak dari penggunaan variable frekuensi drive dibandingkan dengan menggunakan kendali konvensional.
- 2) Menghitung persentase efisiensi penggunaan variable frekuensi drive pada motor induksi tiga fasa
- 3) Merancang ladder-diagram pada PLC yang akan dihubungkan ke sistem scada pada pengoperasian motor tiga fasa

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini mebandingkan penggunaan kendali motor secara konvensional dan kendali menggunakan variable frekuensi drive dilengkapi dengan *controller PLC*.
- 2) Penelitian dibatasi hanya untuk beban motor induksi tiga fasa pada tegangan 380 VAC dan dengan daya 0.75 kw
- 3) Penelitian ini hanya membahas tentang dampak penggunaan variable frekuensi drive dan kendali konvensional pada motor induksi tiga fasa.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan kepada industri untuk menerapkan sistem kendali motor tiga fasa yang lebih efisien dan handal dalam pengoperasian dan monitoring motor induksi tiga fasa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Literatur Review

Berbagai penelitian tentang penggunaan *variabel frekuensi drive* pada motor tiga fasa sudah dilakukan, dengan meneliti beberapa aspek pada sistem pengoperasian motor induksi tiga fasa, termasuk sistem *monitoring* dan kendali motor induksi tiga fasa.

Penelitian oleh Zuriman Anthony, ST.,MT dengan judul "Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumparan Motor" dari Institut Teknologi Padang tahun 2011 mengatur dan menentukan frekuensi terendah dari motor induksi tiga fasa[2]. Pengaruh perubahan frekuensi pada motor induksi tiga fasa menjadi alasan penulis untuk mereview dan menentukan frekuensi terendah motor induksi tiga fasa dari frekuensi standar agar motor masih dapat bekerja dengan baik dan tidak membahayakan motor. Frekuensi pada motor induksi tiga fasa memiliki batasan. Frekuensi mempengaruhi perubahan arus kumparan motor, frekuensi berbanding lurus dengan perubahan reaktansi induktif yang terjadi pada kumparan motor.

Penelitian selanjutnya oleh Ahmad Kurnia Pratama, Elvira zondra, Hazra Yuvendius dari Program Studi Elektro, Fakutas Teknik, Universitas kuning Pekanbaru berjudul "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan

Tegangan”[3]. Pada penelitian ini dilakukan analisis dan perhitungan efisiensi motor induksi tiga fasa dengan kondisi tegangan sumber yang berubah-ubah dari tegangan rating, yaitu 380 Volt. Adapun dalam proses penyelesaian penelitian ini menggunakan *softwere* Matlab sebagai validasi dan pembanding. Variabel yang diambil yaitu kecepatan, tegangan antar fasa, arus, dan faktor daya.

Jurnal selanjutnya oleh Yogi Pranata, Teguh Arfianto, Nandang Taryana dengan judul ”Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa” membahas tentang penggunaan inverter untuk mengatur frekuensi yang berbanding lurus dengan pengaturan tegangan. Untuk menghemat daya menggunakan inverter, dan akan dilakukan pengaturan kecepatan motor induksi dengan menggunakan inverter dengan motor pompa agar debitnya bisa diatur dengan mengatur kecepatan putaran motor, volume air diatur dengan mengatur pompa menggunakan inverter dan akan dibandingkan dengan pengaturan menggunakan throttle. Adapun pengaturan menggunakan throttle dengan memutar valve. Sedangkan pengaturan menggunakan inverter yaitu dengan mengatur frekuensi suplai yang masuk ke motor [4].

Phavitra. G dalam jurnal yang berjudul ”*Remote Monitoring and Control of VFD fed Three Phase Induction Motor with PLC and Labview softwere*”. Meneliti tentang pengontrolan dan monitoring parameter motor listrik jarak jauh seperti kecepatan, arus *variable frequency drive* (VFD) yang diumpulkan ke motor induksi tiga fasa dengan *Programmable Logic Control* (PLC) dan perangkat lunak Labview[5]. Antarmuka pengguna Grafis (GUI) LabView bertindak seperti server yang

berkomunikasi dengan klien resmi jarak jauh dan dapat mengakses parameter motor melalui protokol kontrol transmisi/protokol internet (TCP/IP). Pengaturan perangkat keras dan algoritma telah dikembangkan dalam modul PLC dan arduino untuk akuisisi tiga data arus dan kecepatan motor induksi tiga fasa. Kecepatan dan kontrol arah rotasi motor induksi tiga fasa dicapai melalui pemrograman PLC. Penautan objek dan penyematan untuk server proces control (OPC) digunakan sebagai antarmuka untuk berkomunikasi PLC dengan perangkat lunak Labview.

Penelitian selanjutnya oleh Guo-Ming sung, Yen-shih shen, Leilisa Teso Keno, and Chih-Ping Yu dengan judul "*Internet of Things Based Controller of a Three-Phase Induction Motor Using a Variable-Frequency Driver*" meneliti tentang pengontrolan dan monitoring kecepatan, getaran dan suhu motor induksi tiga fasa menggunakan *Variable Frequency Drive* dan Node MCU devkit. Kecepatan rotasi dapat dikontrol dengan memvariasikan arus sumbernya melalui komunikasi komputer, wi-fi dengan menggunakan aplikasi selular. Selanjutnya suhu, kelembapan, dan getaran dapat dipantau secara bersamaan dengan menggunakan sensor DHT dan SW-420 data sensor ditransmisikan ke *server cloud* secara real time melalui internet[6]. Oleh karena itu, aplikasi selular dapat mengakses dan memantau status getaran pada motor induksi tiga fasa. Berikut tabel perbandingan penelitian yang penulis rangkum untuk mempermudah dalam menganalisisnya.

No	Judul Penelitian	Masalah yang dibahas	Solusi yang ditawarkan	Keterangan tahun
1	Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumparan Motor.	Efisiensi dan arus kumparan motor induksi tiga fasa.	Menggunakan variable frequency drive.	2011
2	Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan Tegangan	Perubahan tegangan yang mempengaruhi efisiensi pada motor induksi motor 3 fasa	Menggunakan softwere Matlab sebagai alat simulasi.	2020
3	Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa	penggunaan inverter untuk mengatur frekuensi yang berbanding lurus dengan pengaturan tegangan	Menggunakan inverter 3 fasa.	2018
4	<i>Remote Monitoring and Control of VFD fed Three Phase Induction Motor with PLC and Labview softwere</i>	pengontrolan dan monitoring parameter motor listrik jarak jauh seperti kecepatan, arus <i>variable frequency drive</i> (VFD) yang diumpulkan ke motor induksi tiga fasa dengan <i>Programmable Logic Control</i> (PLC) dan perangkat lunak Labview	Menggunakan PLC dan Labview.	2018 IEEE
5	<i>Internet of Things Based Controller of a Three-Phase Induction Motor Using a Variable-Frequency Driver</i>	meneliti tentang pengontrolan dan monitoring kecepatan, getaran dan suhu motor induksi tiga fasa menggunakan <i>Variable Frequency Drive</i> dan Node MCU devkit	Menggunakan VFD dan node MCU devkit.	2019 IEEE

Tabel 1.1 Perbandingan referensi penelitian

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Peralatan utama kendali motor tiga fasa

a. Motor Induksi Tiga Fasa

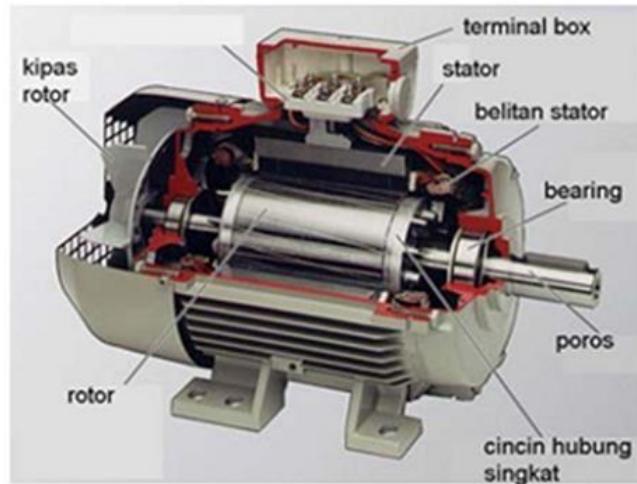
Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Motor induksi sering juga disebut motor asinkron (Siswoyo, 2008). Adapun penerapan motor induksi tiga fasa yaitu untuk menggerakkan peralatan industri [7].



Gambar 2.1 bentuk fisik motor induksi tiga fasa

Adapun konstruksi motor induksi terdiri atas dua bagian utama, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Stator merupakan bagian motor yang diam sedangkan rotor adalah bagian motor yang berputar. Pada motor induksi 3 fasa tidak ada bagian rotor yang bersentuhan langsung dengan bagian stator. Konstruksi stator dan rotor dipisahkan oleh *air gap*. Konstruksi motor induksi 3 fasa lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, disebabkan oleh tidak adanya komutator dan sikat

arang sehingga proses pemeliharaan motor induksi 3 fasa hanya bagian mekanik saja. Motor induksi sangatlah handal dan jarang sekali rusak pada bagian elektrik (Siswoyo, 2008). Konstruksi motor induksi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



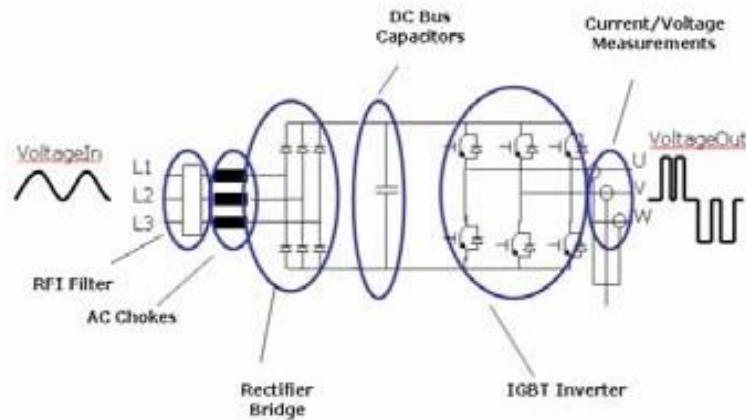
Gambar 2.2 konstruksi motor induksi tiga fasa

b. Variable Frequency Drive (VFD)

VFD (*variable frequency drive*) merupakan sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dengan metode mengubah frequencynya. Adapun fungsi dari VFD adalah untuk mengontrol supply utama yang akan menuju proses melalui shaftmotor listrik, dengan cara mengontrol dua besaran, yaitu torque dan kecepatan. VFD banyak diperlukan dalam dunia industri. Jika sebelumnya banyak dipergunakan sistem mekanik, kemudian beralih ke motor penggeraman maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti softstarter yang mengontrol

level tegangan, VFD menggunakan frekuensi untuk mengatur kecepatan motor. Seperti diketahui, pada kondisi ideal jadi dengan mengelola perubahan frekuensi pada motor, kecepatan motor akan berubah [7]. Adapun prinsip kerja dari *variable frequency drive* adalah sebagai berikut:

1. Tegangan yang masuk dari jala-jala 50 Hz akan dialirkan ke rectifier/penyearah DC, dan ditampung ke capacitor. Jadi dari gelombang AC akan diubah ke gelombang DC.
2. Tegangan DC kemudian diteruskan ke inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan [7].



Gambar 2.3 Diagram blok *variable frequency drive*



Gambar 2.4 *variable frequency drive*

c. Programmable Logic Control (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan sebuah rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi-fungsi atau perintah kontrol pada level- level yang kompleks. PLC dapat dengan mudah diprogram, dikontrol, dan dioperasikan oleh operator yang tidak berpengalaman dalam mengoperasikan computer sekalipun. PLC umumnya digambarkan dengan garis dan symbol-simbol peralatan atau komponen pada suatu diagram ladder. Hasil dari diagram tersebut menggambarkan suatu proses dari hulu sampai hilir. PLC akan mengoperasikan semua sistem yang mempunyai input atau output apakah harus ON atau OFF atau biasa disebut bernilai satu dan nol. Dan dapat juga digunakan untuk mengoperasikan suatu sistem dengan output yang bervariasi.

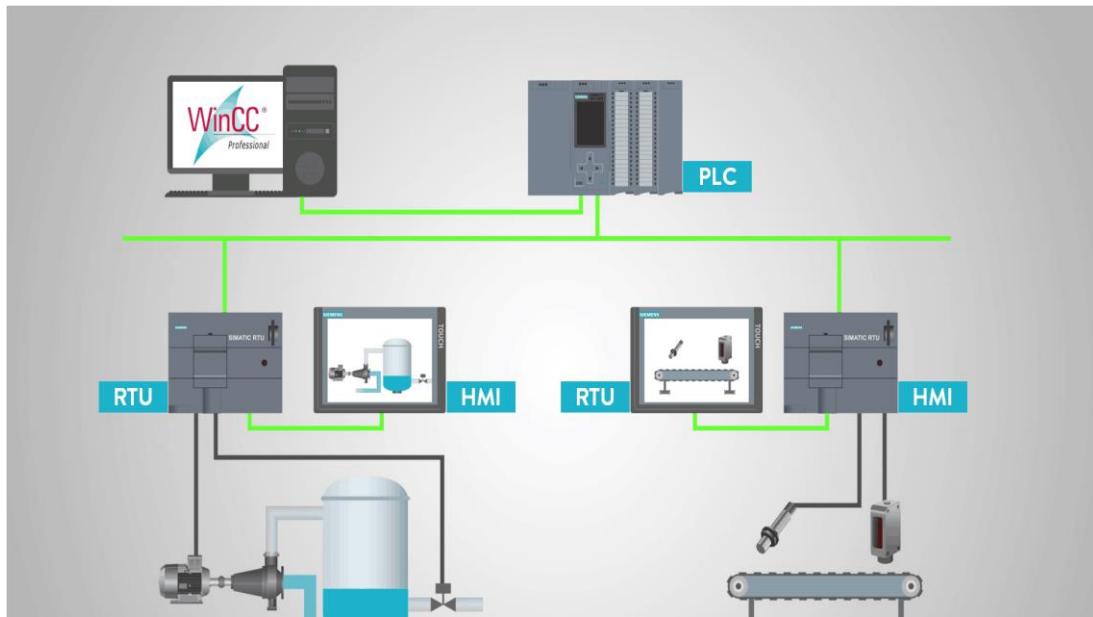


Gamabar 2.5 PLC Siemens seri S7-1200

d. Supervisory Control and Data Acquisition

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) merupakan suatu sistem yang mengacu pada kombinasi telemetri dan akuisisi data. Terdiri dari pengumpulan data informasi, lalu mentransfer/mengirim kembali ke pusat data kendali, melakukan analisis yang diperlukan dan melakukan pengontrolan, kemudian menampilkan data ini pada sejumlah display. SCADA digunakan untuk memantau dan mengendalikan pabrik atau peralatan dalam bentuk tampilan atau *display*.

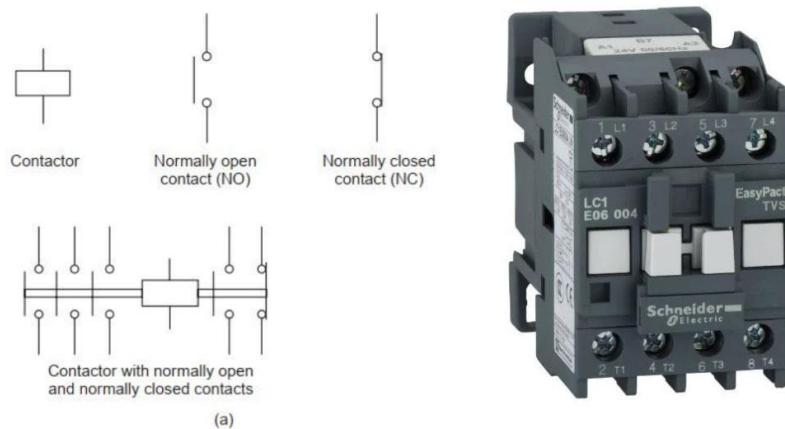
Informasi dapat berupa pengukuran, seperti tegangan, kecepatan atau aliran dll. Data-data tersebut dikirimkan ke lokasi lain melalui media seperti kabel, telepon atau radio. Informasi dapat berasal dari berbagai lokasi. Merupakan sebuah cara mengatasi tempat-tempat yang berbeda yang tergabung dalam satu kesatuan sistem.



Gambar 2.6 contoh penggunaan SCADA PLC Siemens

e. Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus listrik pada skala tertentu yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor magnet terdapat suatu belitan atau kumparan tembaga yang mana bila dialiri listrik akan menimbulkan magnet pada inti besi yang berbentuk huruf E, akan membuat semua kontaknya tertarik oleh gaya magnet yang timbul. Kontak bantu NO (*Normally open*) akan menutup dan kontak bantu NC (*Normally close*) akan membuka. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian control. Untuk kontaktor dibedakan dari jenis tegangan kerjanya mulai dari 24V, 32V, 220V dst [10].



Gambar 2.7 simbol dan bentuk fisik kontaktor magnet

f. Power Meter

Power meter merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memonitoring parameter-parameter yang sedang beroperasi pada motor induksi tiga fasa. Adapun penelitian kali ini menggunakan power meter schnaider. Dimana nantinya alat ini akan dikomunikasikan atau dihubungkan dengan perangkat PLC sehingga datanya bisa ditampilkan dalam bentuk scada wincc. Power meter dapat menggantikan bermacam-macam alat ukur seperti volt meter, clamp ampere meter, dan lain sebagainya. Power meter ini menggunakan port komunikasi RS-485(Protokol Modbus RTU) yang dilengkapi dengan penghubung dalam setiap monitoring daya dan system kendali [9].



Gambar 2.8 power meter schnaider

2.2.2 Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa

Efisiensi motor induksi diartikan sebagai ukuran efisiensi motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yang dinyatakan sebagai rasio / rasio daya keluaran terhadap daya masukan.

Definisi efisiensi energi NEMA adalah bahwa efisiensi adalah rasio atau rasio daya keluaran yang berguna terhadap daya masukan total, yang dinyatakan sebagai persentase. Biasanya juga dinyatakan dengan rasio input dan output *power to loss*. Yang dapat dicari dengan persamaan [3].

$$\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya keluaran motor induksi (Watt)

P_{in} = Daya masukan motor induksi (Watt)

IEEE mempunyai standar metode untuk mencari nilai efisiensi motor induksi. tiap standar memiliki metode yang berbeda, metode tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Metode	Keterangan
1	A	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran
2	B	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran dengan menghitung tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
3	C	Menduplikat mesin dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
4	E	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran langsung rugi-rugi stray
5	E1	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap-tiap rugi yang ada dan asumsi nilai rugi stray
6	F	Rangkaian ekivalen dengan pengukuran langsung pada rugi-rugi stray

7	F1	Rangkaian ekivalen dengan asumsi pada rugi-rugi stray
8	C/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban metode C dengan pengukuran tak langsung rugi-rugi stray
9	E/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban metode E dengan pengukuran langsung rugi-rugi stray
10	E1/F1	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban metode E dengan asumsi nilai rugi-rugi stray

Tabel 2.1 Metode Pengukuran Efisiensi Motor Induksi IEEE

Pada motor induksi, tidak ada catu daya yang langsung terhubung ke rotor, sehingga daya yang melewati celah udara sama dengan masukan daya ke rotor[3].

$$P_{IN} = \sqrt{3} V_L I_1 P F_1 \quad (2)$$

Dimana :

V_L = Tegangan Sumber (Volt)

I_1 = Arus Sumber (Ampere)

$P F_1$ = Faktor Daya Motor Induksi

a. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif murni. Daya aktif pada umumnya digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi lain seperti energi putar, panas, cahaya dan sebagainya. Daya aktif dapat dihitung sebagai berikut [8] ;

$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (1)$$

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah sejumlah daya untuk membentuk medan magnet. Dari

pembentukan medan magnet tersebut maka akan terbentuk fluks medan magnet.

Contoh benda yang menimbulkan daya reaktif adalah seperti beban transformator, motor dan lampu pijar dan sebagainya. Daya reaktif pada motor induksi berguna untuk membangkitkan tegangan induksi dan menyebabkan motor bergerak.

Adapun rumusnya sebagai berikut [8].

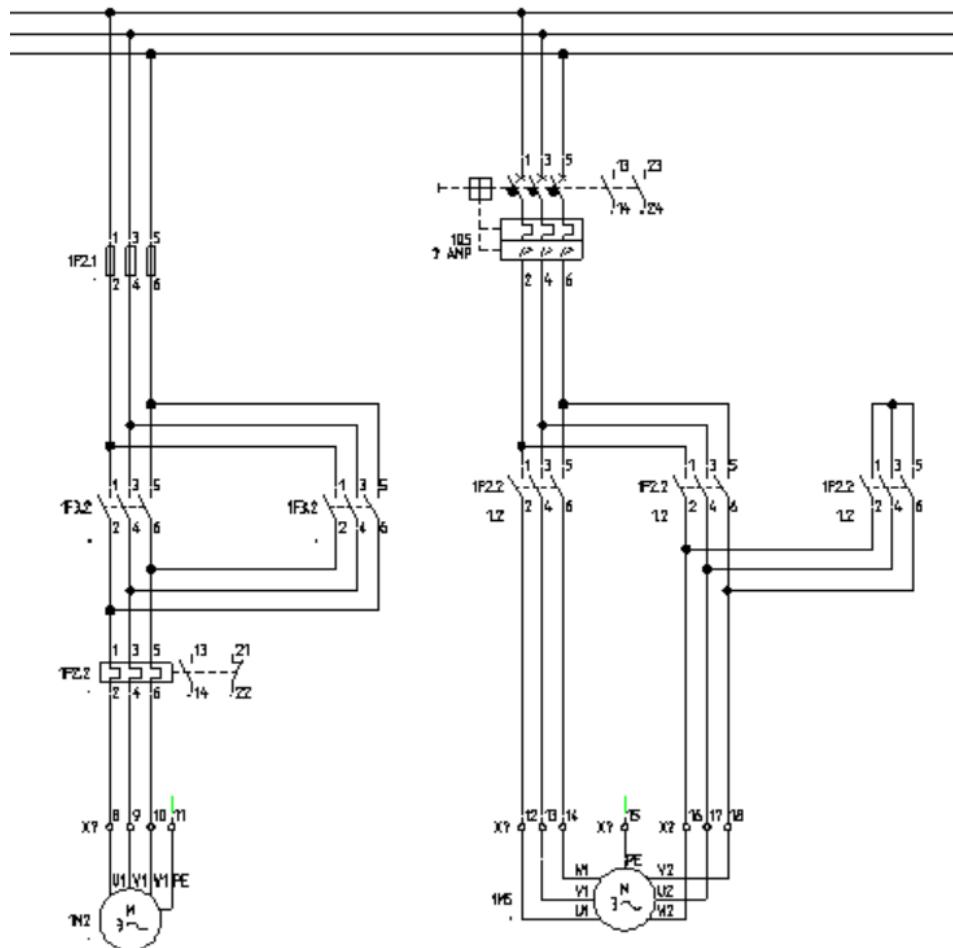
$$P = V \times I \times \sin\theta \quad (2)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Konsep Penelitian

Pada sistem kendali motor induksi tiga fasa yang umumnya digunakan terdiri dari beberapa komponen dasar kendali motor, seperti kontaktor atau sakelar cam yang berfungsi memutus dan mengalirkan daya langsung masuk ke motor induksi tiga fasa.



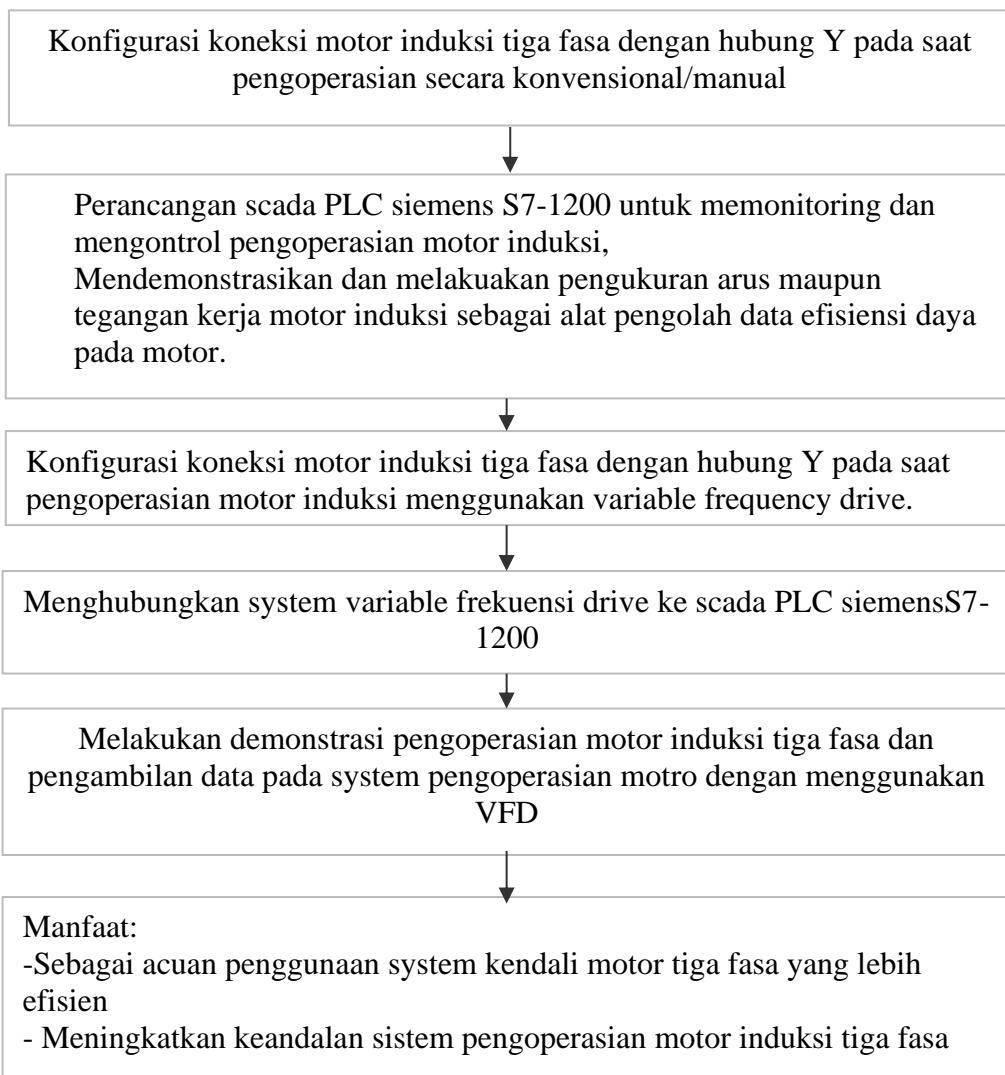
Gambar 3.1 kendali motor tiga fasa secara konvensional

Kendali motor induksi tiga fasa secara manual atau konvensional masih menggunakan rangkaian Y-Delta sebagai konfigurasi hubungan motor. Dan komponen penghubung atau pemutus dayanya menggunakan kontaktor magnet sebagai pengatur konfigurasi Y maupun Delta pada motor induksi tiga fasa.

Sedangkan kendali motor tiga fasa dengan pengatur kecepatan telah menggunakan *variable frequency drive* (VFD) sebagai komponen utamanya. VFD mengatur frekuensi yang masuk kedalam motor induksi tiga fasa sehingga kecepatan motor induksi dapat bervariasi. Berbeda dengan kendali konvensional kecepatan motor tidak dapat diatur sehingga kecepatan yang dihasilkan motor induksi tidak bervariasi.

Maka pada penelitian ini penulis akan membandingkan efisiensi motor induksi tiga fasa dengan metode konvensional dan dengan menggunakan variable frequency drive dilengkapi dengan monitoring pengoperasian motor dengan menggunakan scada wincc dari PLC Siemens S7-1200. Kemudian motor induksi akan dioperasikan secara manual/konvensional agar diperoleh beberapa data yang dibutuhkan. Pada scada wincc pengoperasian motor selain dapat di monitoring juga dapat dikendalikan dari layar interface yang telah dirancang. Sehingga memudahkan dan membuat system pengoperasian motor yang lebih handal dan efisien.

Berikut kerangka konsep dari penelitian ini:



Tabel 3.1 Diagram Konsep Penelitian

3.2. Objek Penelitian/Alat dan Bahan

Objek yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah motor induksi tiga fasa yang akan dioperasikan secara konvensional dan menggunakan *variable frequency drive*. Selain itu data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Data motor induksi:
 - Jumlah fasa
 - Daya motor induksi
 - Tegangan kerja, dan arus motor
 - Frekuensi
- b. Data *Variable Frequency Drive* :
 - Kapasitas daya
 - Tegangan kerja
- c. Data controller :
 - Tegangan kerja PLC Siemens S7-1200
 - Jumlah i/o PLC Siemens S7-1200
 - Tegangan kerja magnetic kontaktor
 - Tegangan kerja relay

3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Perancangan instalasi program studi Teknik listrik dan instalasi Politeknik Industri Logam Morowali. waktu penelitian yaitu dari Januari 2023 – mei 2023.

3.4. Alur Penelitian

Tahapan – tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Merancang rangkaian penelitian

Merangkai rangkaian kendali motor induksi tiga fasa dengan system konvensional dan juga dengan menggunakan *variable frequency drive* dan dilengkapi monitoring scada PLC siemens S7-1200.

2) Pengumpulan Data

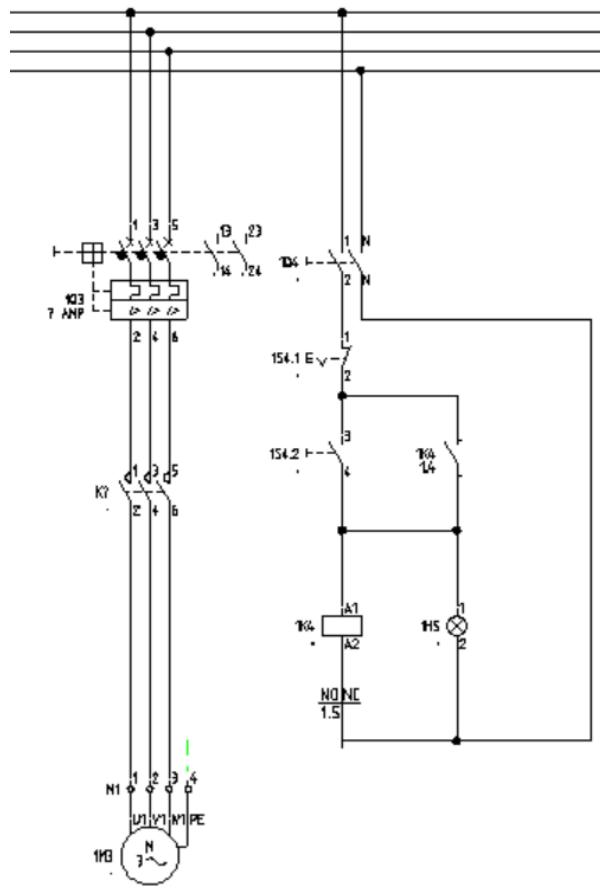
Tahap kedua adalah mengumpulkan data-data yang diperoleh dari pengoperasian motor induksi tiga fasa sebagai bahan dasar Analisa efisiensi penggunaan daya pada motor induksi.

3) Analisa/ Pengolahan Data

Tahap selanjutnya adalah menganalisa atau mengolah data yang sudah dikumpulkan diantaranya adalah menentukan efisiensi daya pada motor induksi, mendemonstrasikan proses pengoperasian motor secara manual maupun menggunakan VFD dengan monitoring scada. Adapun tahapan – tahapan penentuan adalah sebagai berikut:

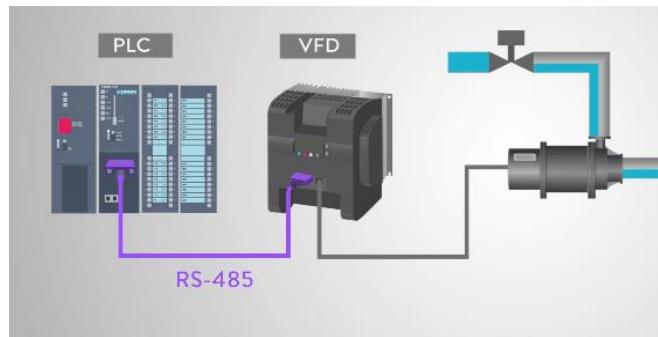
a. Pemodelan Sistem

Membuat gambar skematik dari Sitem konvensional pengendali motor induksi tiga fasa dengan konfigurasi Y/bintang yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu kontaktor, MCB, tombol tekan, dan juga lampu indikator start dan stop. Dan juga membuat ladder diagram pada system kendali motor induksi menggunakan *variable frequency drive* dengan monitoring scada.



Gambar 3.2 kendali motor konvensional hubung Y (bintang)

Aliran daya dari suplai tiga fasa mengalir ke motor induksi tiga fasa dengan bantuan kontaktor sebagai penghubung dan pemutus arus aliran listrik. Ketika tombol push button ditekan maka arus akan mengalir ke kumparan kontaktor magnet sehingga kontaktor magnet akan merubah kontak utama maupun kontak bantunya ke posisi close. Kumparan kontaktor magnet akan tetap disuplai arus listrik walaupun tombol tekan dalam kondisi lepas dari tekanan, yaitu melalui kontak bantu kontaktor yang memngunci arus untuk tetap mengalir ke kumparan kontaktor magnet.



Gambar 3.3 kendali motor menggunakan VFD dan PLC

Berbeda dengan rangkaian konvensional, rangkaian kendali motor induksi dengan menggunakan *variable frequency drive* aliran dayanya mengalir dari suplai masuk ke dalam komponen VFD lalu diteruskan masuk ke dalam motor induksi tiga fasa sehingga langsung dapat mengontrol frekuensi yang mengalir masuk ke dalam motor induksi.

b. Menghitung efisiensi motor

Efisiensi adalah rasio atau rasio daya keluaran yang berguna terhadap daya masukan total, yang dinyatakan sebagai persentase. Biasanya juga dinyatakan dengan rasio input dan output *power to loss*. Yang dapat dicari dengan persamaan.

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

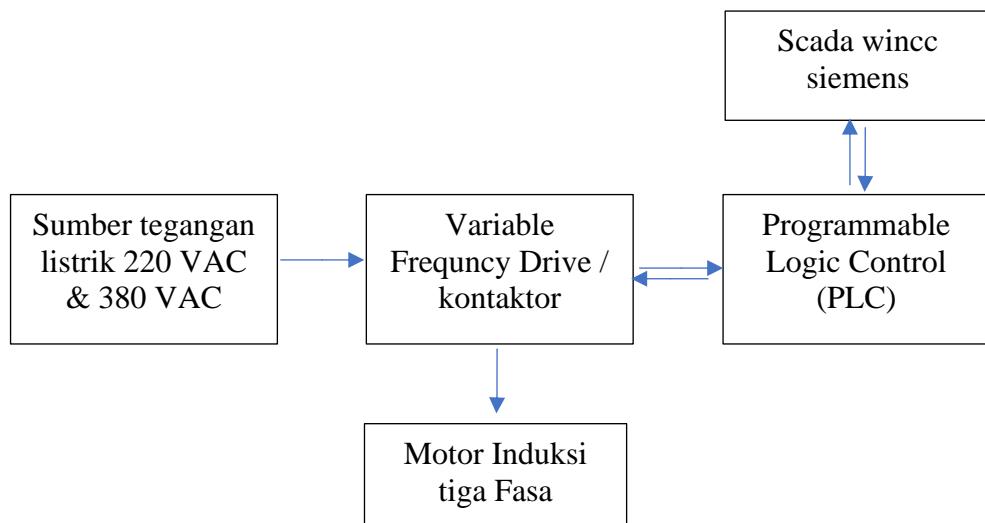
η = Efisiensi (%)

P_{OUT} = Daya keluaran motor induksi (Watt)

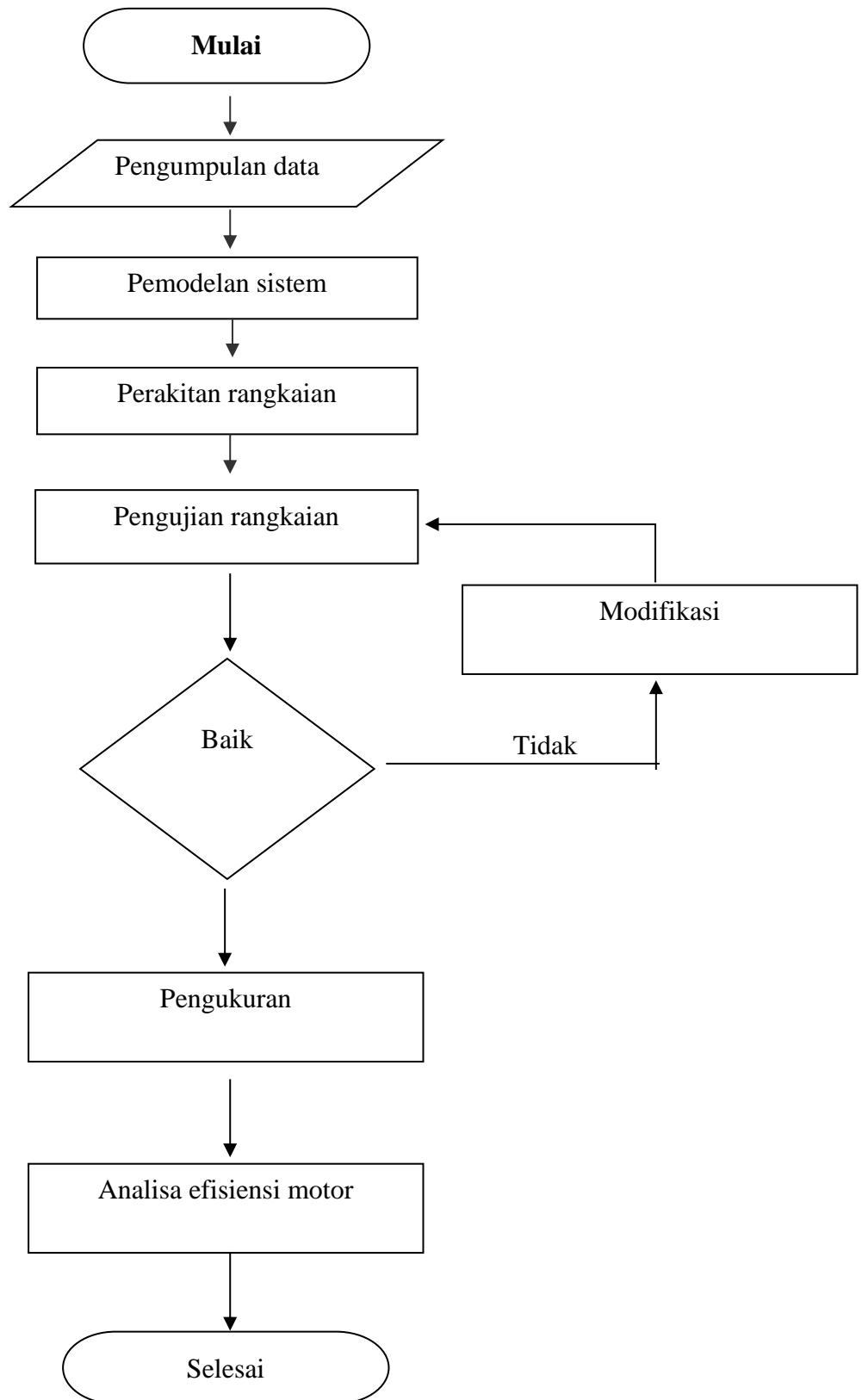
P_{IN} = Daya masukan motor induksi (Watt)

c. Mendemonstrasikan sistem pengoperasian motor induksi

Dengan rancangan rangkaian yang telah dirangkai maka motor induksi tiga fasa siap untuk dioperasikan dengan menggunakan system konvensional dan juga menggunakan VFD, dan melakukan pengukuran sehingga dapat memperoleh data efisiensi motor. Adapun tahapan ini kemungkinan akan dilakukan berulang karena merancang dua rangkaian yang berbeda untuk membandingkan efisiensi motor induksi tiga fasa.



Gambar 3.4 Bagan alur pengontrolan motor induksi tiga fasa



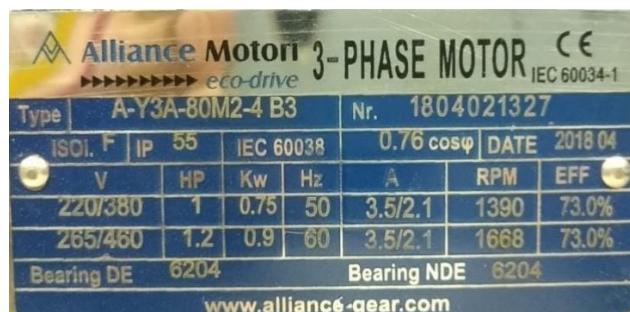
Gambar 3.5 Flow chart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Motor Induksi Tiga Fasa

Adapun data spesifikasi pada motor tiga fasa yang akan dioperasikan yaitu seperti yang terlihat pada gamabar 0.0 di bawah, motor ini akan dioperasikan dengan dua metode yakni dengan metode kendali konvensional dan kendali menggunakan *variable frequency drive*. Dan juga hasil data pengoperasian atau karakteristik pada motor tiga fasa akan dimonitoring pada display scada wincc PLC siemens S71200. Sebagai stander setting pada VFD dibutuhkan beberapa data spesifikasi pada motor induksi tiga fasa yang akan digunakan. Berikut gambar *name plate* yang berisikan spesifikasi motor.



Gambar 4.1 Name Plate Motor Induksi Tiga Fasa

Pengoperasian akan dilakukan dengan stander operasi yang tertera pada name plate motor induksi tiga fasa tersebut. Variable frequency drive akan diset untuk mengikuti parameter induksi tersebut. Adapun PLC yang akan digunakan untuk menampilkan data VFD akan diset parameternya sesuai dengan parameter produk VFD tersebut. Pada penelitian ini VFD yang digunakan yaitu VFD schnaider ATV320 yang berkapasitas 0,75 kw seperti yang terlihat pada gambar 0.0

dibawah. Adapun komponen konvensional yang digunakan berupa kontaktor, dan push button NO dan NC. Dan Adapun spesifikasi dari VFD yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Name Plate variable frequency drive

4.2 Skema Ladder Diagram

Ladder diagram (LD) adalah salah suatu jenis bahasa pemrograman yang digunakan dalam pemrograman PLC (Programmable Logic Control). LD menyediakan representasi grafis yang mirip dengan rangkaian listrik konvensional yang digambarkan dalam bentuk diagram, yang terdiri dari kontak-kontak dan koil-koil yang dihubungkan secara terstruktur sesuai dengan logika kebutuhan. Pada LD, garis horizontal diatas merupakan jalur daya yang menghubungkan sumber daya listrik dan jalur logika. Sedangkan garis vertical disebut rung dan berfungsi sebagai tempat penghubung antara kontak-kontak yang dapat berupa kontak normal terbuka

(NO) atau kontak normal tertutup (NC), sedangkan koil-koil biasanya merupakan koil relay atau solenoid yang mengendalikan peralatan dalam system.

Berikut adalah beberapa bagian -bagian penting dalam ladder diagram PLC:

1. Struktur ladder diagram

Ladder diagram terdiri dari beberapa baris rung yang berjajar secara vertikal. Setiap rung mewakili urutan instruksi berupa perbandingan atau instruksi dasar yang akan dieksekusi oleh PLC.

2. Kontak dan koil

Kontak-kontak pada ladder diagram merupakan bagian yang mewakili kondisi input dari sistem. Kontak dapat berupa kontak fisik seperti tombol atau sakelar, atau dapat berupa kondisi logika hasil pemrosesan dari baris sebelumnya.

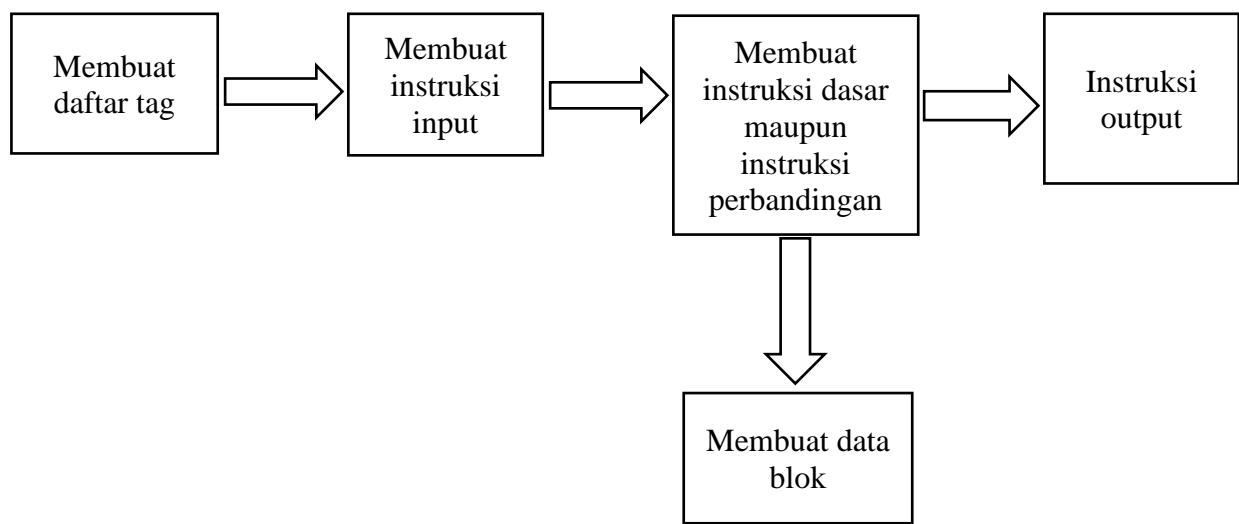
3. Jenis kontak

Kontak pada ladder diagram dapat berupa kontak normal terbuka (NO) atau kontak normal tertutup (NC) pada kontak input ladder diagram PLC. Kombinasi kontak NO dan NC dalam rangkaian logika pada ladder diagram memungkinkan pengendalian yang sederhana maupun kompleks.

4. Instruksi dasar

Ladder diagram PLC menggunakan instruksi dasar dan instruksi lanjutan untuk mengatur aliran logika dan pemrosesan data. Instruksi-instruksi dasar ini mencakup instruksi logika seperti and,or,not,nor serta instruksi perbandingan seperti (=), lebih besar dari (>), dan sebagainya.

Adapun ladder diagram yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki bagan dan table name tag yang akan diinput adalah sebagai berikut:



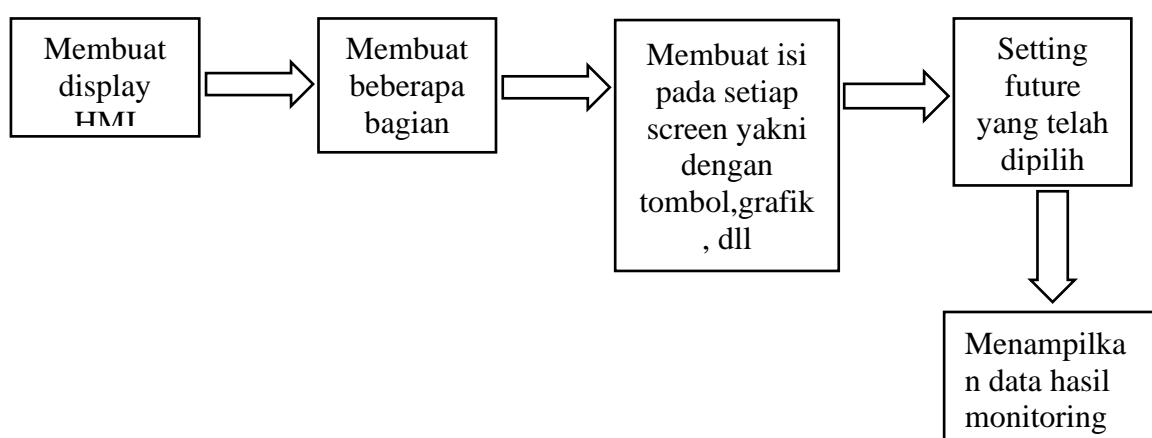
Gambar 4.3 Bagan diagram blok skema ladder diagram

4.3 Hasil Perancangan Dan Pengukuran

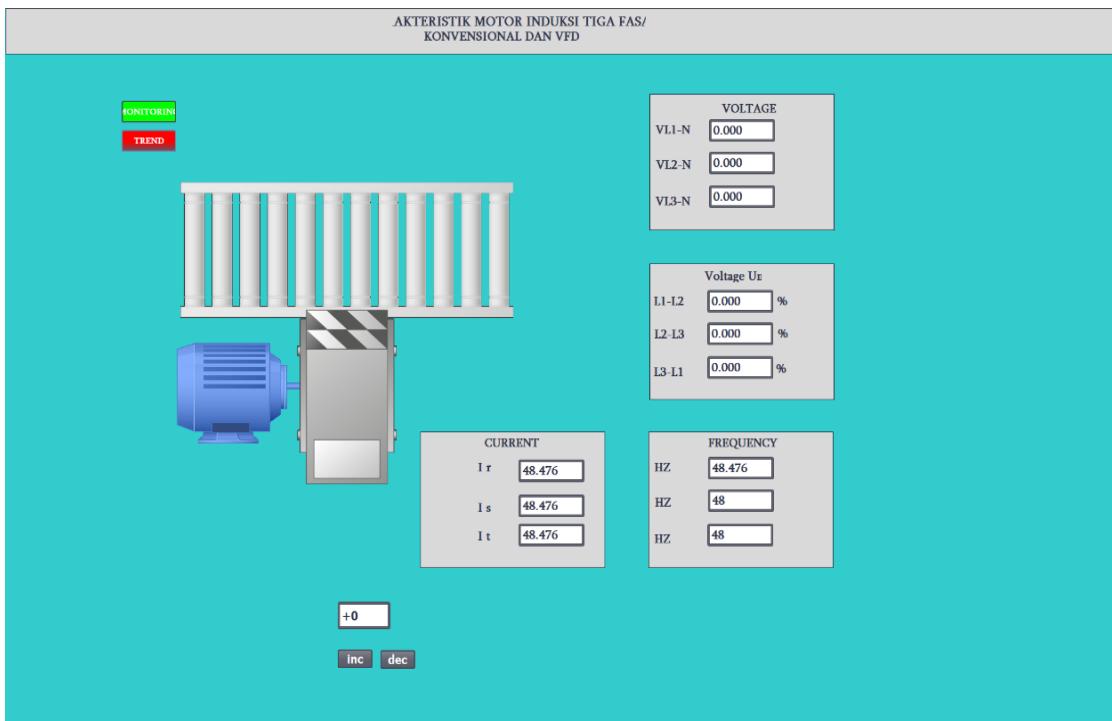
4.3.1 Perancangan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

SCADA adalah system komputer yang digunakan untuk mengawasi dan mengendalikan proses industri secara jarak jauh maupun secara jarak dekat. SCADA memungkinkan pengguna untuk memantau, mengumpulkan data, dan mengontrol perangkat actuator maupun kendali dan proses yang terdistribusi secara geografis melalui antarmuka grafis yang mudah digunakan. Adapun manfaat lain dari SCADA yaitu memungkinkan pengguna untuk memantau proses secara real-time maupun merekam hasil data. Data yang dikumpulkan dari perangkat lapangan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik, table, atau laporan, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja proses lapangan.

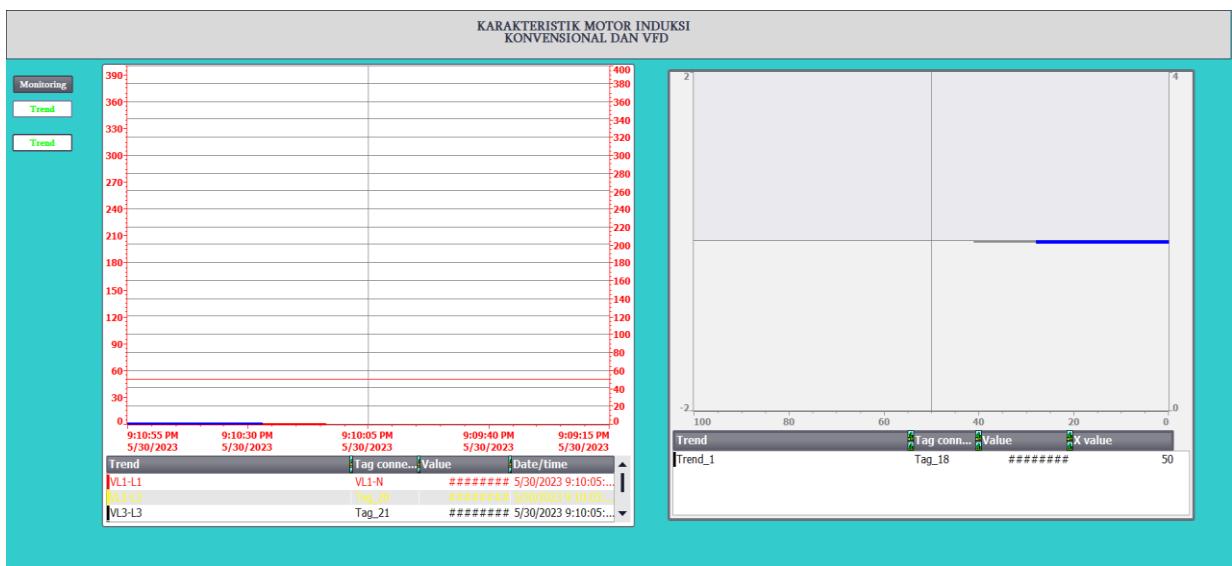
Adapun Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merancang tampilan scada yaitu seperti yang terlihat pada bagan dibawah, setelah melakukan semua tahap tersebut maka display yang akan ditampilkan akan terlihat seperti gambar dibawah.



Gambar 4.4 Bagan diagram blok skema perancangan scada



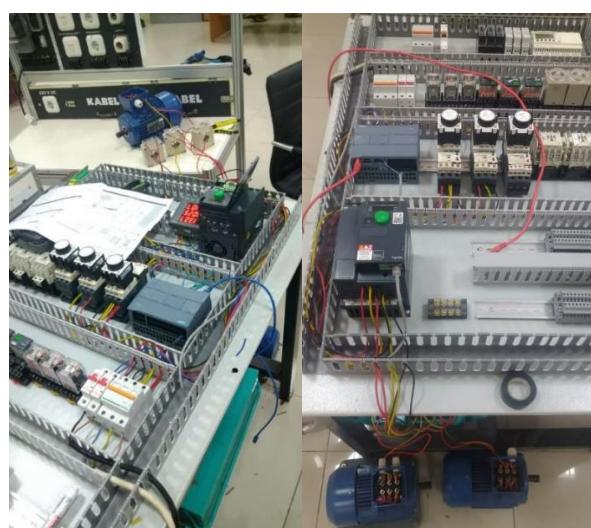
Gambar 4.5 Tampilan *screen monitoring* scada



Gambar 4.6 Tampilan *screen trend* scada

4.3.2 Hasil Perancangan kendali motor induksi tiga fasa

Adapun hasil dari perancangan sistem kendali motor tiga fasa ini terbagi menjadi dua bagian yaitu rancangan rangkaian kendali konvensional dan rancangan rangkaian kendali dengan menggunakan *variable frequency drive*. Dapat dilihat pada gambar di bawah wiring kabel bersumber pada mcb 3 fasa yang akan dialirkan ke komponen dengan dua metode tersebut yakni kontaktor dan *variable frequency drive*. Dan power meter akan dihubungkan ke PLC untuk menampilkan data pada scada wincc. Power meter juga dihubungkan ke beban yang akan diukur yaitu motor induksi tiga fasa. Kontaktor yang digunakan juga dihubungkan ke beban yang sama yaitu motor induksi tiga fasa. Adapun jenis kabel yang digunakan yakni serabut dengan ukuran diameter 0,75 mm dan 1,5 mm. kabel yang berukuran 0,75 digunakan untuk rangkaian control sedangkan kabel dengan ukuran 1,5 mm digunakan untuk rangkaian daya. Berikut gambar hasil perancangan beberapa perangkat pada penelitian ini.



Gambar 4.7 Hasil Perancangan kendali konvensional dan VFD

4.3.3 Hasil Pengukuran Data Pengoperasian Motor Dengan Menggunakan VFD

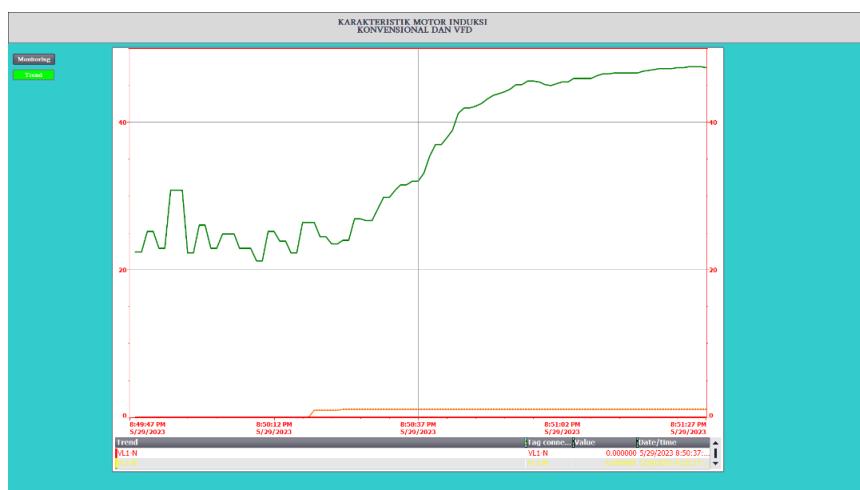
Setelah tahap perancangan telah dilakukan maka dilakukan proses pengukuran pada kedua rangkaian kendali motor dengan VFD dan konvensional. Berikut hasil dari pengukuran pada kendali motor dengan menggunakan metode VFD.

DATA HASIL PENGUKURAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN METODE VFD											
NO	TEGANGAN (V L-L)VOLT				ARUS (I) AMPERE				COS phi	DAYA (watt)	F(Hz)
	VL1- L2	VL2- L3	VL3- L1	V avr	IR	IS	IT	I avr			
1	149	150	151	150	1,035	1,011	1,043	1,0297	0,76	203,31159	20,34
2	155	153	154	154	1,035	1,011	1,047	1,031	0,76	209,00352	21,112
3	162	161	162	162	1,039	1,015	1,047	1,0337	0,76	219,97596	22,012
4	165	166	166	166	1,034	1,013	1,045	1,0307	0,76	224,76443	22,491
5	170	170	172	171	1,037	1,012	1,041	1,03	0,76	231,39829	23,286
6	175	175	176	175	1,039	1,017	1,042	1,0327	0,76	238,34106	24,067
7	183	184	184	184	1,028	1,012	1,034	1,0247	0,76	247,73489	25,114
8	189	191	191	190	1,035	1,016	1,038	1,0297	0,76	257,97981	26,223
9	194	194	195	194	1,035	1,011	1,037	1,0277	0,76	262,88983	26,799
10	198	200	199	199	1,032	1,012	1,036	1,0267	0,76	268,94084	27,448
11	261	259	260	260	1,063	1,045	1,055	1,0543	0,76	360,849	34,352
12	273	272	273	273	1,048	1,037	1,046	1,0437	0,76	374,60027	36,254
13	280	280	282	281	1,055	1,039	1,049	1,0477	0,76	387,06881	37,393
14	302	301	300	301	1,054	1,04	1,048	1,0473	0,76	414,97854	40,275
15	363	363	362	363	1,058	1,048	1,041	1,049	0,76	500,79196	49,949

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Metode VFD



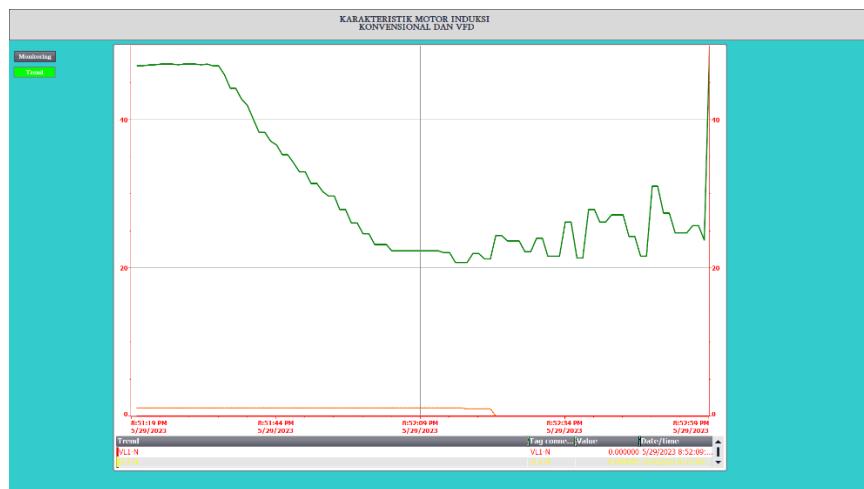
Gambar 4.8 Tegangan, frekuensi dan arus terhadap waktu



Gambar 4.9 Frekuensi Starting motor induksi

Tabel dan gambar diatas memperlihatkan hasil pengukuran tegangan, frekuensi,dan arus pada motor induksi tiga fasa dengan metode pengoperasian VFD. Melihat bentuk grafik kenaikan tegangan dan frekuensi pada motor maka motor masih stabil dalam menyerap daya. Jika dibandingkan dengan metode konvensional maka metode kendali motor dengan menggunakan VFD lebih efisien

dalam hal penyerapan daya. Dan juga starting maupun saat pemberhentian motor diawal dapat mengurangi vibrasi yang biasa terjadi pada metode konvensional.



Gambar 4.10 frekuensi saat pemberhentian motor induksi

4.3.4 Hasil Pengukuran Data Pengoperasian Motor Konvensional

Adapun hasil pengukuran dari rangkaian kendali konvensional yang menggunakan kontaktor magnet sebagai sakelar penghubung langsung daya tiga fasa dari sumber tegangan ke motor induksi tiga fasa yaitu sebagai berikut. Data hasil pengukuran ini jika dibandingkan dengan hasil data pengukuran kendali motor dengan metode VFD maka daya yang diserap metode konvensional lebih boros dibandingkan dengan metode VFD. Adapun data hasil pengukuran, langsung berada pada tegangan maksimal yang disebabkan oleh metode penghubung langsung on-off pada kendali motor konvensional ini. Seperti yang terlihat pada table hasil perbandingan kedua metode berikut ini. terlihat bahwa serapan daya pada metode vfd lebih kecil jika dibandingkan dengan metode konvensional.

DATA HASIL PENGUKURAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN METODE VFD											
NO	TEGANGAN (V L-L)				ARUS (I)				COS phi	DAYA (watt)	F(Hz)
	VL1-L2	VL2-L3	VL3-L1	V avr	IR	IS	IT	I avr			
1	363	363	362	363	1,058	1,048	1,041	1,049	0,76	500,79196	49,949
DATA HASIL PENGUKURAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN METODE KONVENTIONAL											
NO	TEGANGAN (V L-L)				ARUS (I)				COS phi	DAYA (P)	F
	VL1-L2	VL2-L3	VL3-L1	V avr	IR	IS	IT	I avr			
1	399	400	398	399	1,475	1,446	1,511	1,4773333	0,76	775,9355	49,9

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan hasil pengukuran

Dapat dilihat hasil pengukuran dari metode konvensional pada motor induksi tiga fasa hanya pada satu kondisi yaitu kondisi dengan tegangan maksimum dan arus maksimum, tidak lepas dari prinsip kerja kontaktor magnet sebagai penghubung dan pemutus.

$$\eta = \frac{selisih}{P_{vfd}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\eta = 186/775 \times 100\%$$

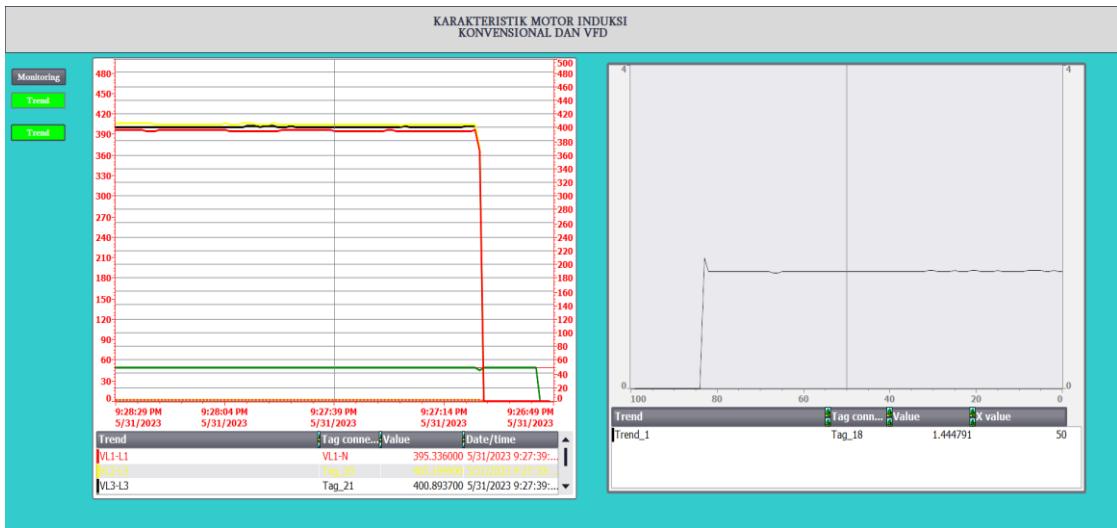
$$\eta = 24\%$$

Dimana:

$$\eta = \text{Efisiensi (\%)}$$

$$P_{vfd} = \text{Daya keluaran motor induksi vfd (Watt)}$$

$$P_{konvensional} = \text{Daya masukan motor induksi konvensional (Watt)}$$



Gambar 4.11 Trend starting metode konvensional

Dapat dilihat dari bentuk grafik yang tampil pada scada, menjelaskan bahwasanya tegangan, frekuensi maupun arus yang mengalir ke motor induksi tiga fasa langsung pada kondisi tegangan maksimum yang sama dengan tegangan sumber. Dan kondisi ini berlangsung terus-menerus sampai kontaktor magnet Kembali pada kondisi terbuka atau *normally open*. Begitu juga dengan kondisi arus yang mengalir terlihat lonjakan arus diawal grafik dan Kembali pada kondisi arus nominal yang dibutuhkan motor induksi tiga fasa.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil perancangan dan pengukuran dari system kendali dan monitoring motor induksi tiga fasa berbasis SCADA dapat mengetahui efisiensi yang ada pada motor induksi jika menggunakan metode VFD dan metode konvensional. Dari hasil pengukuran dengan dua metode tersebut, dapat dibandingkan penyerapan daya pada motor induksi tiga fasa. Sehingga konsumen atau pengguna motor induksi tiga fasa, baik dikalangan industry maupun usaha menengah dapat menghemat hingga 24 % penggunaan daya listrik pada motor induksi tiga fasa tersebut. Dan membuat biaya produksi dari suatu usaha relative menurun.

5.2 Saran

Penggunaan metode kendali motor induksi yang disarankan adalah menggunakan perangkat *variable frequency drive* dengan monitoring scada. Sehingga dapat memudahkan pengguna untuk mengendalikan maupun memonitoring proses dari jarak jauh maupun dari jarak dekat. Dan juga penyerapan daya yang lebih efisien pada motor induksi tiga fasa, sehingga biaya pengeluaran dari pihak industri dapat lebih hemat. Serta efektivitas yang dihasilkan pada motor induksi tiga fasa lebih bertahan lama dalam masa penggunaanya. Dikarenakan vibrasi yang timbul pada motor induksi tiga fasa lebih minim disbanding dengan menggunakan metode konvensional. Adapun untuk penelitian lanjutan yaitu bisa dengan menggunakan perangkat tambahan dari *vbox* agar proses monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abel C. Lima-Filho, Ruan D. Gomes, Marceu O. Adissi, Tassio Alessandro Borges da silva, Fransisco A. Belo, dan Marco A. Spohn, "Sistem tertanam terintegrasi ke dalam jaringan sensor nirkabel untuk torsi dinamis online dan pemantauan efisiensi pada motor induksi," IEEE/ASME Trans. Pada mekatronika, vol. 17,. 3, hal 404-414, juni 2012 .
- [2] Zuriman Anthony, ST.,MT, "Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi dan Arus Kumparan Motor," Jurnal Teknik Elektro, volume 1, No. 1;Januari 2011.
- [3] Ahmad Kurnia Pratama, et al., "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan Tegangan" SainETIn (Jurnal sain,Energi, Teknologi & Industri), Vol.5 No. 1, Desember 2020,pp. 35-43.
- [4] Yogi Pranata, et al., "Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa" Telka ,Vol.4, No.2, November 2018,pp.91-102.s
- [5] Pavitra. G, "*Remote Monitoring and Control of VFD fed Three Phase Induction Motor with PLC and LabVIEW software*" *Proceedings of the second Internasional conference on I-SMAC (Iot in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC 2018)* IEEE Xplore Part Number : CFP180ZV-ART; ISBN:978-1-5386-1442-6.
- [6] Guo-Ming sung, et al., "*Internet -of-things based controller of a three-phase induction motor using a variable-frequency driver*," *2019 IEEE Eurasia conference on IOT,communication and engineering.*

- [7] Gomgon, Penerapan *variable frequency drive* pada motor *fuel screw feeder* untuk bahan bakar pada system boiler di PT.Lontar papyrus pulp & paper industry, jurnal desiminasi teknologi, volume 2, No. 1,Januari 2014.
- [8] Arifin, Nur, Rakhmad Syafutra Lubis, and Mansur Gapy. "Rancang bangun prototype power meter 1 fasa berbasis mikrkontroller atmega328p." *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro* 4.1 (2019).
- [9] Mulia, Mochammad. "Monitoring Besaran Listrik dan Suhu Menggunakan Power Meter dan Temperature Controller Berbasis SCADA pada Simulasi Sistem Pemanas." *JUS TEKNO (Jurnal Sains dan Teknologi)* 6.2 (2022).
- [10] Gunawan, Ery, and Eko Wahyono. "Rancangan Instalasi Lampu Penerangan Jalan Umum Dengan Sistem Kontaktor Dan Timer." *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika* 1.1 (2017): 36-44

LAMPIRAN

--	--	--

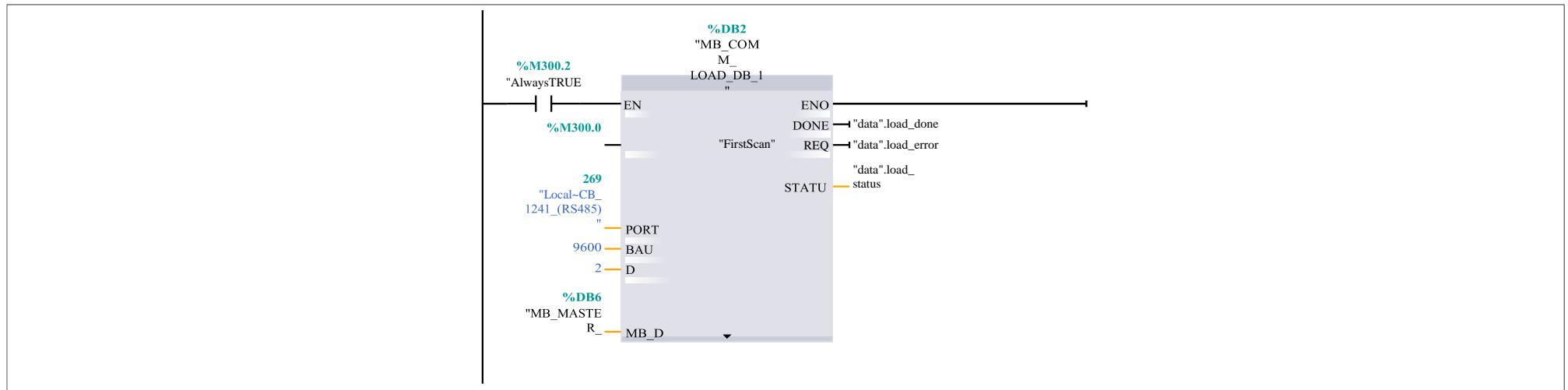
TUGAS AKHIR / PLC_1 [CPU 1215C AC/DC/Rly] / Program blocks

Main [OB1]

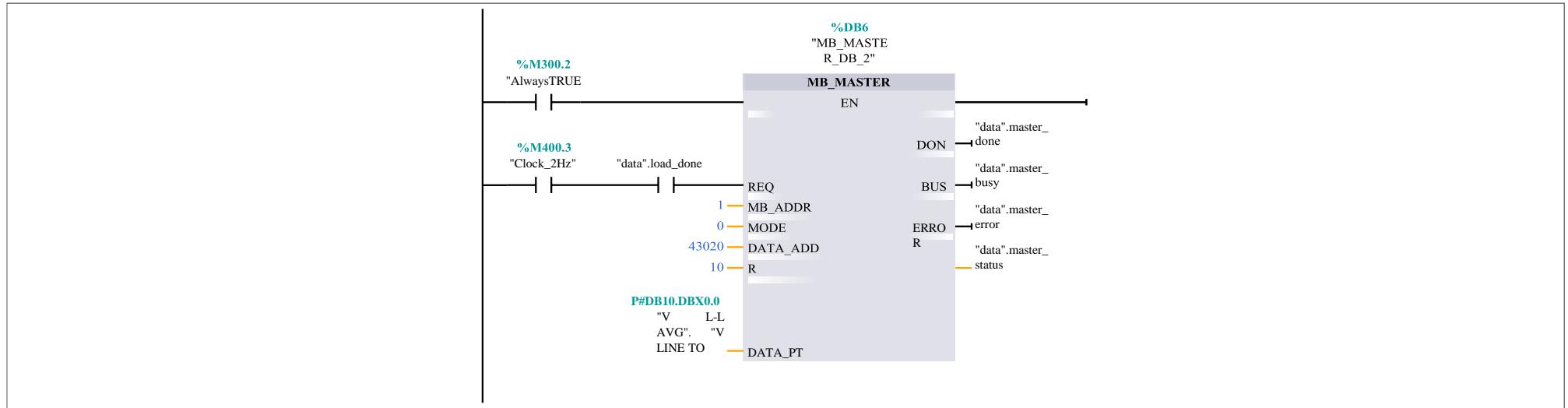
Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Main				
Name	Data type	Default value	Comment	
Input				
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB	
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available	
Temp				
Constant				

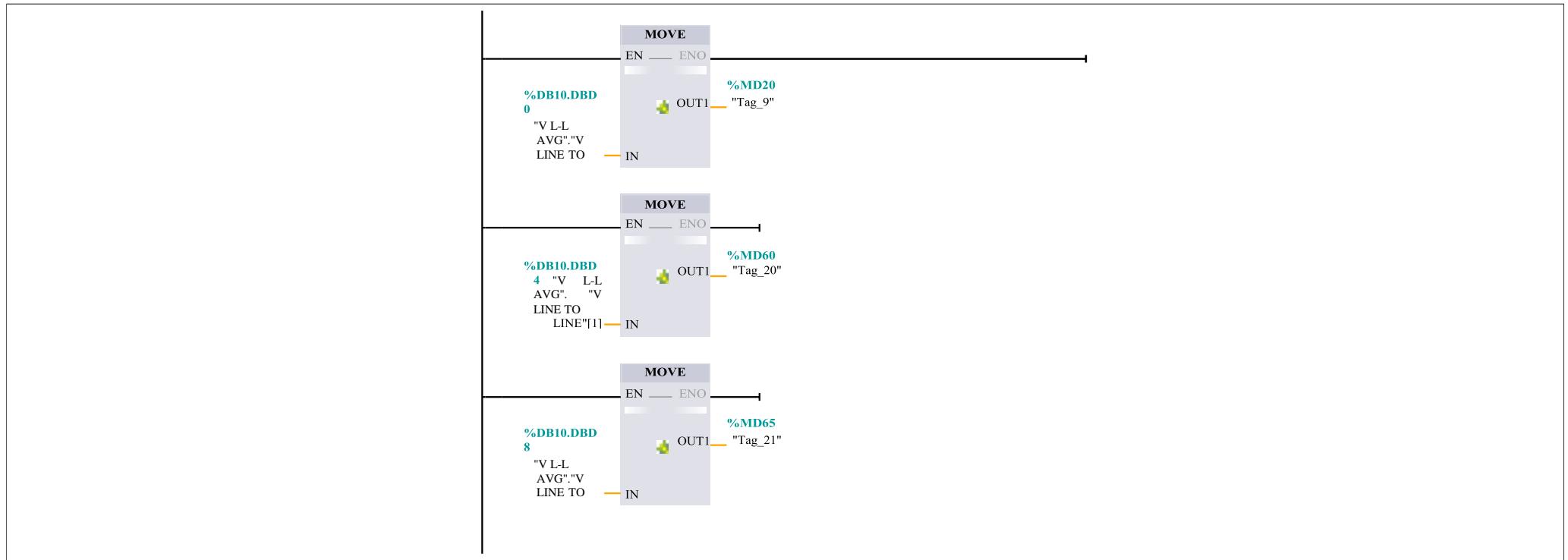
Network 1:



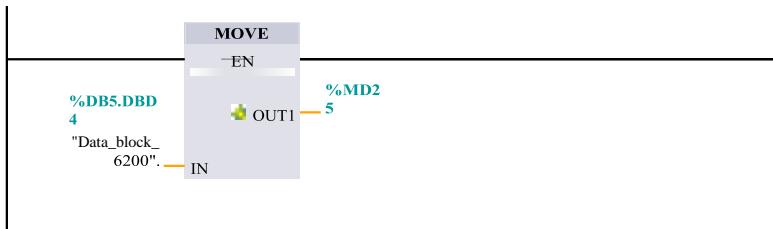
Network 2: Tegangan L-L



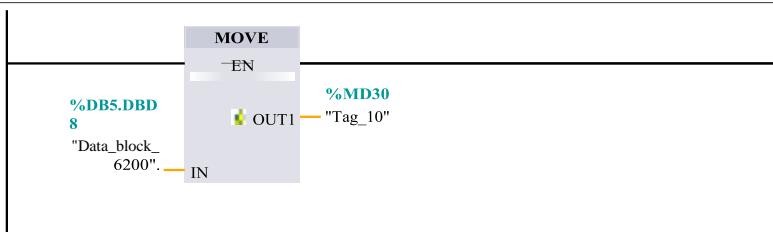
Network 3:



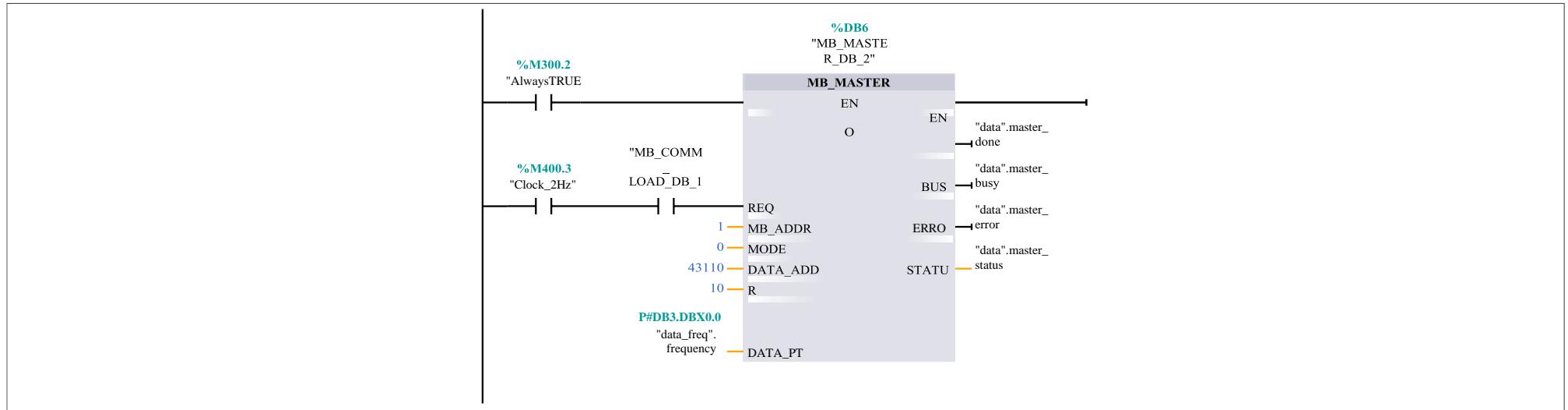
Network 4



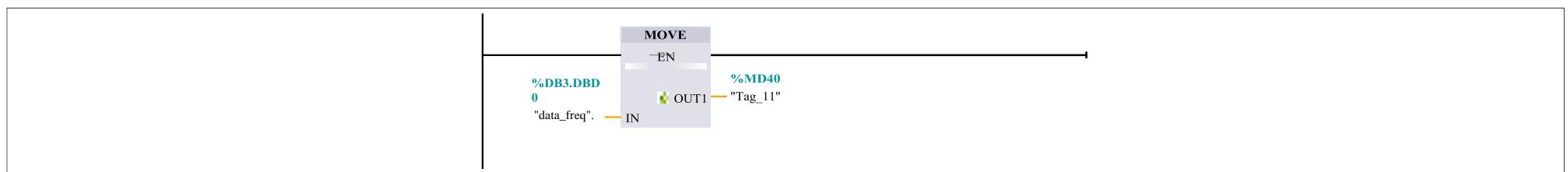
Network 5:



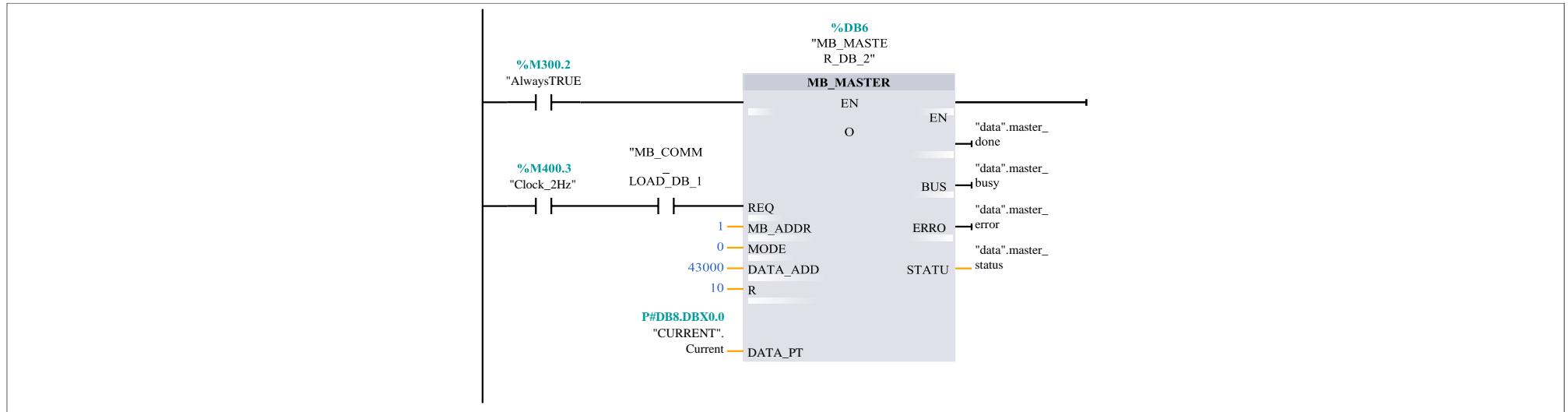
Network 6: Frekuensi



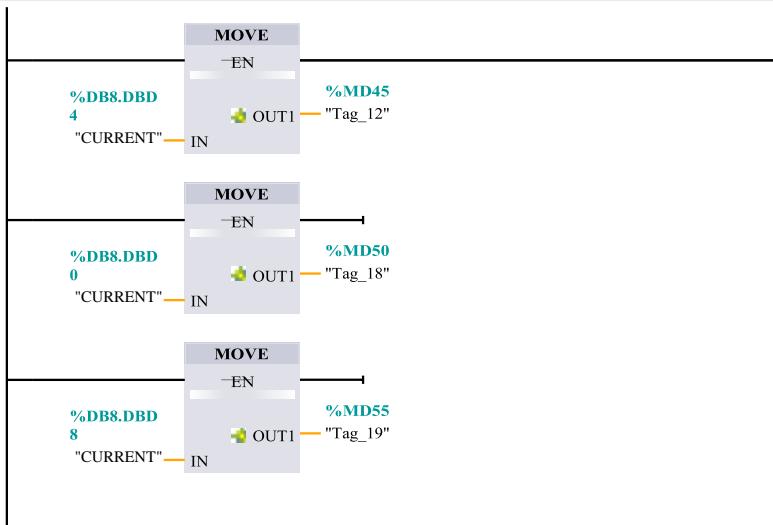
Network 7:



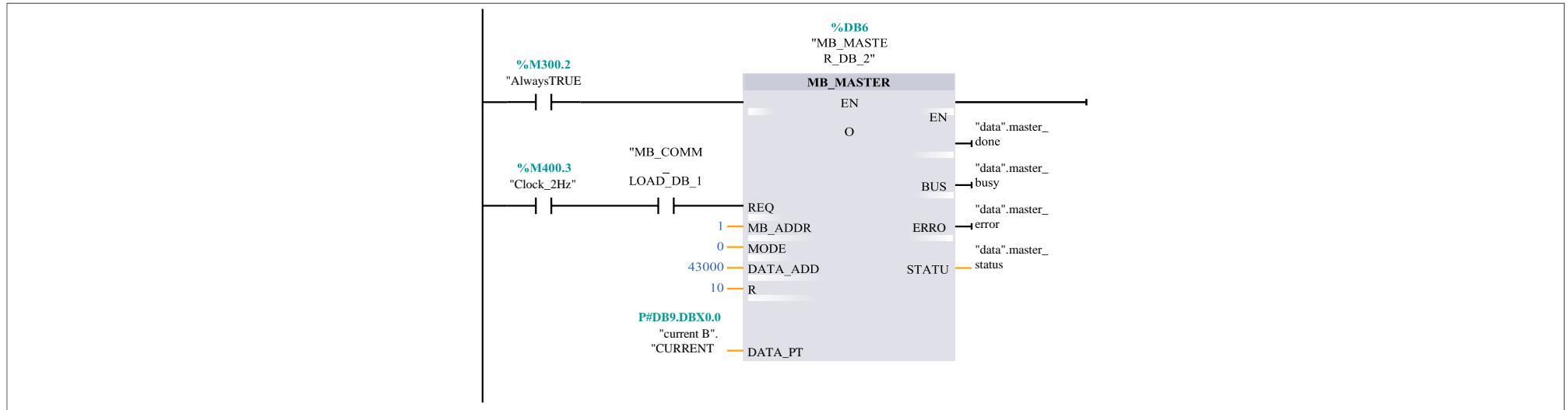
Network 8: Arus



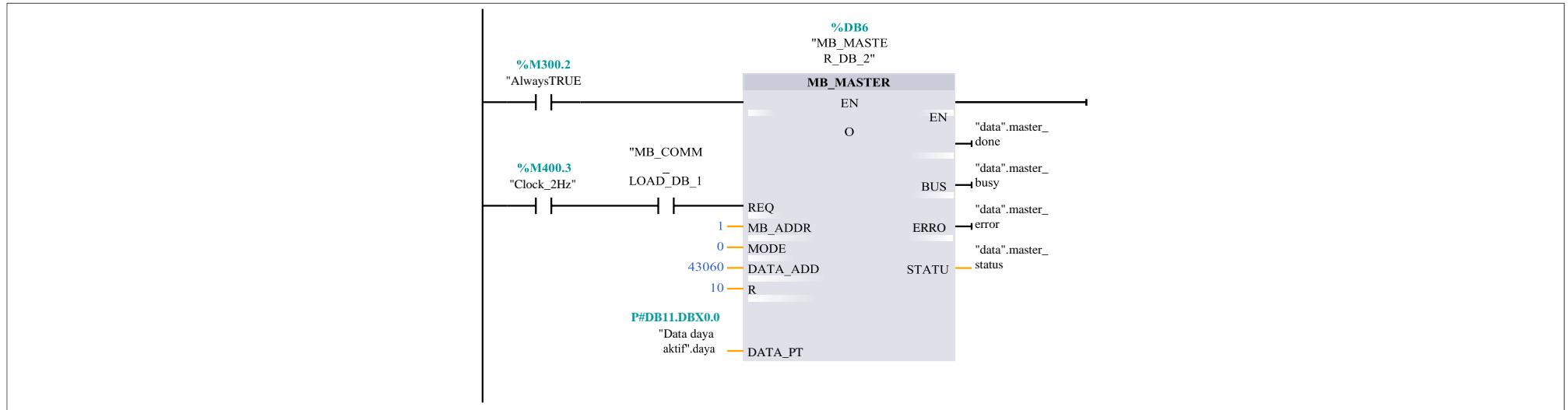
Network 9:



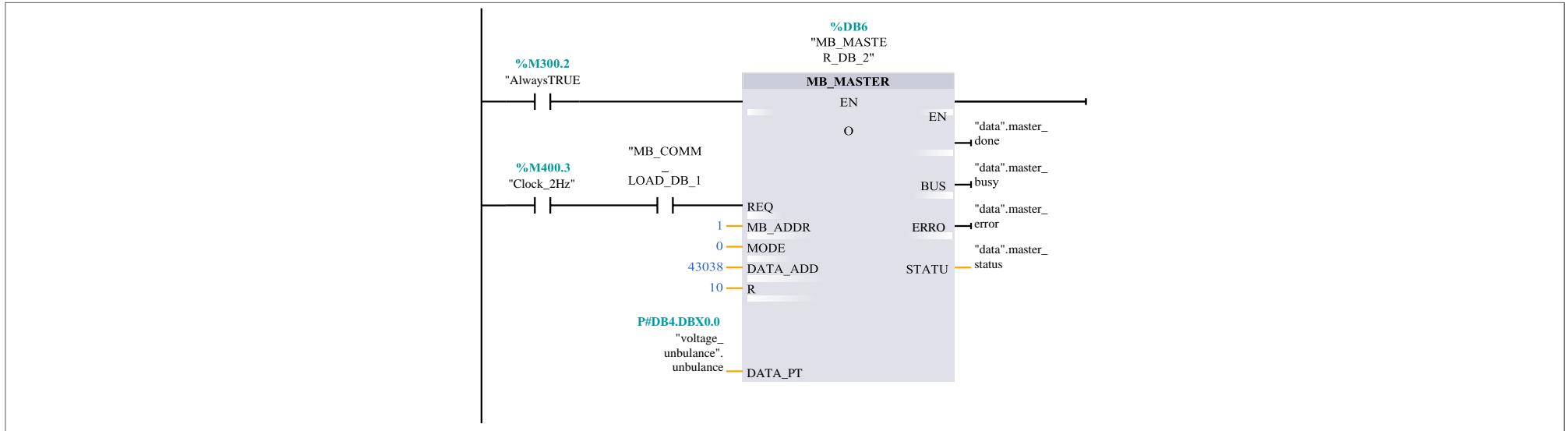
Network 10: Arus



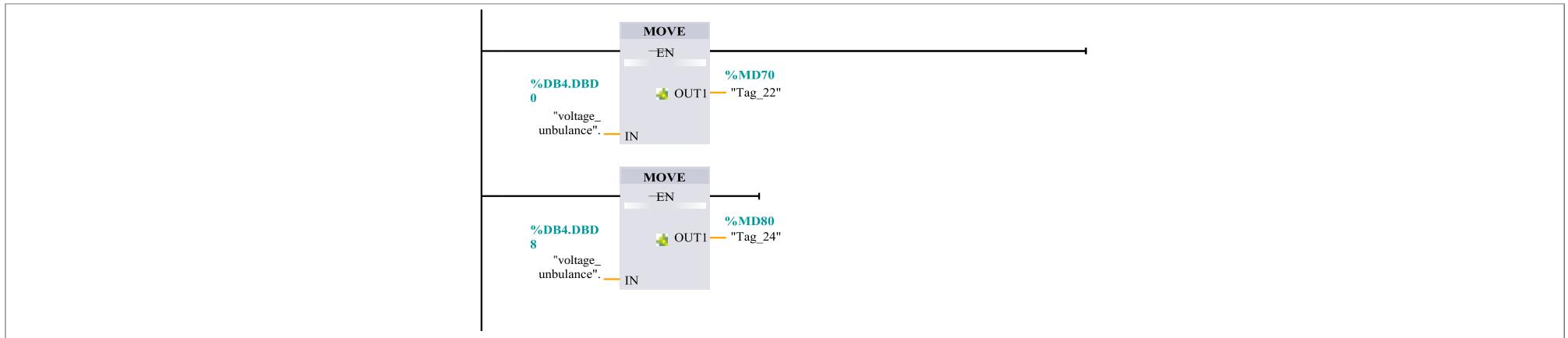
Network 11: daya aktif total



Network 12: Tegangan unbalance



Network 13: UN1



Network 14: UN2



TUGAS AKHIR / PLC_1 [CPU 1215C AC/DC/Rly] / Program blocks

test clock [FB1]

test clock Properties							
General							
Name	test clock	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

test clock									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA	Writable from HMI/OPC UA	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Input									
clock 1	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
clock 2	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
clock 3	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
clock 4	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
clock 5	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Output									
lampa1	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
lampa2	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		

lampu3	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
lampu4	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
lampu5	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
InOut									
Static									
Temp									
Constant									

TUGAS AKHIR / PLC_1 [CPU 1215C AC/DC/Rly]

PLC tags

	Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/O PCUA	Writable from HMI/O PCUA	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment
■	System_Byte	Byte	%MB300	False	True	True	True		
■	FirstScan	Bool	%M300.0	False	True	True	True		
■	DiagStatusUpdate	Bool	%M300.1	False	True	True	True		
■	AlwaysTRUE	Bool	%M300.2	False	True	True	True		
■	AlwaysFALSE	Bool	%M300.3	False	True	True	True		
■	Clock_Byte	Byte	%MB400	False	True	True	True		
■	Clock_10Hz	Bool	%M400.0	False	True	True	True		
■	Clock_5Hz	Bool	%M400.1	False	True	True	True		
■	Clock_2.5Hz	Bool	%M400.2	False	True	True	True		
■	Clock_2Hz	Bool	%M400.3	False	True	True	True		
■	Clock_1.25Hz	Bool	%M400.4	False	True	True	True		

	Clock_1Hz	Bool	%M400.5	False	True	True	True		
	Clock_0.625Hz	Bool	%M400.6	False	True	True	True		
	Clock_0.5Hz	Bool	%M400.7	False	True	True	True		
	Tag_1	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
	Tag_2	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
	Tag_3	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
	Tag_4	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		
	Tag_5	Bool	%Q0.4	False	True	True	True		
	Tag_6	Bool	%M100.0	False	True	True	True		
	Tag_7	Int	%MW20	False	True	True	True		
	Tag_8	Real	%MD25	False	True	True	True		
	Tag_9	Real	%MD20	False	True	True	True		
	Tag_10	Real	%MD30	False	True	True	True		
	Tag_11	Real	%MD40	False	True	True	True		
	Tag_12	Real	%MD45	False	True	True	True		
	Tag_13	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
	Tag_14	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
	Tag_15	Int	%MW10	False	True	True	True		
	Tag_16	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
	Tag_17	Bool	%M0.3	False	True	True	True		

Tabel 4.1 *Tag Main program ladder diagram*

General					
Name	Tag_7	Display name		Connection	HMI_Connection_2
Data type	Int	Array elements	0	Length	2
Address		Access mode	<symbolic access>	Coding	Binary
PLC name	PLC_1				
Settings					
Acquisition cycle	1 s	Acquisition mode	Cyclic in operation		
Limits					
Upper 2		Upper 1		Lower 1	
Lower 2					
Linear scaling					
Linear scaling	Unchecked	PLC value range endvalue	10	PLC value range startvalue	0
HMI device valuerange end value	100	HMI device valuerange start value	0		
Values					
ID tag		Start value			
Comment					
Comment		Source comment			
Multiplexing					
Multiplexing	Unchecked	Index tag			
Logging					
Data log					
GMP (Good Manufacturing Practice)					
Confirmation type	None	GMP relevant	Unchecked	Comment required	Unchecked

Tabel 4.2 Parameter setting scada