
Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Phasa dengan Labview Berbasis Ethernet PLC Omron Via Ethernet Omron CJ1M dan Labview

Aeri Sujatmiko
Dosen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Elektro /Teknik Kendali/Teknik
Universitas Islam 45 Bekasi
Bekasi, Indonesia
aeri.sujatmiko@gmail.com

Semakin berkembangnya teknik elektro daya dalam industri, sehingga motor induksi lebih banyak digunakan. Salah satunya dengan dikembangkan inverter, motor induksi lebih mudah pengaturan kecepatan putaran motor. Pada penelitian ini pengaturan kecepatan putaran motor dengan menentukan perubahan frekuensi dari inverter, dimana perubahan frekuensi akan dikontrol dengan menggunakan PLC Omron CJ1M berdasarkan perubahan tegangan dari keluaran DAC MAD 42. Pengaturan dan Monitoring akan dikendalikan melalui Human Machine Interface dengan menggunakan Aplikasi Labview berbasis Ethernet dengan memanfaatkan acces point TP Link atau berbasis wifi. Dari hasil percobaan yang dilakukan sistem berjalan sesuai dengan rencana, labview dan PLC Omron dapat dengan mudah dikoneksikan tanpa mengalami hambatan. Data yang diperoleh dari hasil percobaan didapat Pengujian putaran motor memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 4,57 rpm. Pengujian frekuensi motor memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,204 Hz. Pengujian tegangan keluaran DAC memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,0023 Vdc.

Kata Kunci : *Inverter, Human Machine Interface, Inverter, Labview, Motor Induks, PLC.*

Perkembangan dalam dunia industri merupakan contoh nyata dari perkembangan tersebut. Motor induksi AC 3 phasa sangat dibutuhkan khususnya di industri. Disamping berbagai kelebihan yang dimilikinya dalam hal biaya, dan hanya membutuhkan lebih sedikit perawatan dibanding motor DC, kita juga perlu mengatur putaran motor tersebut yaitu dengan Inverter. Pada umumnya, inverter berfungsi merubah listrik DC menjadi AC. Akan tetapi, inverter dalam hal ini adalah memiliki fungsi merubah kecepatan motor induksi AC dengan cara merubah frekuensi outputnya, berdasarkan rumus $n_s = 120 f/p$, n_s merupakan kecepatan putar stator, f adalah frekuensi sedangkan p adalah pole (kutub). Perubahan kecepatan tersebut tergantung dari pengaturan dari parameter yang ada pada display internal inverter itu sendiri, antara lain bisa dengan arus masuk, tegangan masuk ataupun pemanfaatan fasilitas multispeed. Dari pengaturan perubahan tersebut, kita bisa kendalikan oleh software kontrol pada PC, contohnya LabVIEW berbasis hardware yang bisa diprogram seperti PLC Omron, sistem tersebut biasa disebut HMI (Human Machine Interface). Itu akan mempermudah dalam kendali dan monitoring putaram motor walaupun dalam jarak yang berjauhan. Kemudian riwayat putaran motor akan disimpan di dalam database.

II. LANDASAN TEORI

2.1 MOTOR INDUKSI 3 PHASA

Hampir semua motor AC yang digunakan adalah motor induksi. Motor induksi 3 phasa sangat banyak dipakai sebagai penggerak di proses produksi karena

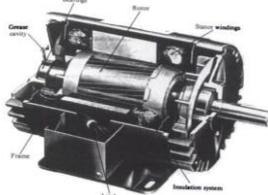
I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin cepat dan semakin canggih, secara langsung maupun tidak langsung memberikan pengaruh yang besar terhadap semua aspek kehidupan.

banyak memiliki keuntungan. Diantara keuntungan yang ada yaitu perawatannya mudah, motor induksi 3 fase memiliki efisiensi yang tinggi pada kondisi kerja yang normal. Jika dilihat dari konstruksi motor tersebut terlihat lebih sederhana dan dengan adanya inverter mudah dalam pengaturan kecepatannya.

2.2 Konstruksi Motor Induksi 3 Fase

Konstruksi motor induksi secara detil terdiri dari dua bagian yaitu bagian stator dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian yang berputar, terdiri atas rotor sangkar dan poros rotor.



Gambar 2.1

Konstruksi Motor Induksi

2.3 INVERTER

Inverter secara umum adalah pengubah tegangan DC menjadi AC. Dalam pemakaian untuk pengaturan motor AC, biasanya inverter merupakan Converter AC to DC to AC. Secara prinsip tegangan dari AC dirubah ke DC dan dirubah kembali ke AC, dengan perubahan frekuensi. Atau sering disebut Variable Speed Drive.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan inverter 3G3MX2-A2002-V1 merupakan jenis inverter yang diproduksi oleh perusahaan OMRON.



Gambar 2.2 Inverter Omron 3G3MX

2.4 PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

Secara bahasa, PLC berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, namun fungsional PLC tidak hanya berfungsi sebatas pengontrol logika saja. Sebuah PLC dapat melakukan perhitungan aritmatika yang relatif kompleks, fungsi komunikasi dan lain sebagainya.

PLC merupakan pengembangan dari sebuah sistem pengendali listrik konvensional yang biasa disebut Kontrol Sequencer yang membutuhkan relay yang sangat banyak untuk kontak-kontaknya. Secara garis besar, PLC dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu PLC tipe Built In dan PLC Tipe Monoblock.

Struktur Dasar PLC Secara umum sebagai berikut:

- 1) Power Supply Unit (PSU)
Power Supply Unit berfungsi menyediakan sumber listrik bagi CPU, I/O Unit dan Spesial Unit.
- 2) Central Processing Unit (CPU)
CPU merupakan otak dari PLC, karena CPU yang melaksanakan segala perintah program yang ada seperti mencatat, mengubah, dan memperbaiki serta merawat user program.
- 3) Memory Unit
Sebagai media penyimpanan program baik secara permanen atau ketika proses berlangsung. Terdiri dari dua bagian :
 - a) Random Access Memory (RAM)
RAM adalah salah satu jenis memori yang fungsinya untuk menyimpan program yang telah kita buat pada komputer agar dapat dijalankan oleh PLC, dan RAM juga merupakan unit dasar dari PLC.
 - b) Read Only Memory (ROM)
ROM adalah salah satu jenis memori yang merupakan memori system bawaan dari CPU. Berbeda dengan RAM, sekali data masuk ke dalam ROM, maka tidak akan terhapus dan tidak akan hilang walaupun sumber daya dimatikan, juga tidak akan bisa dihapus.
- 4) Input dan Output Unit (I/O Unit)

Hal yang sangat penting dalam mewujudkan operasi control listrik dengan menggunakan PLC adalah adanya I/O Unit (bagian masukan dan keluaran) berisi I/O terminal. Dibagian perlengkapan input dan output dihubungkan.

a) Gambaran Data Analog Output

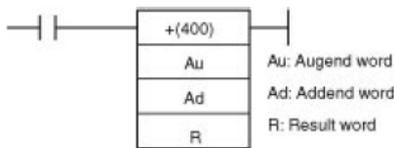
2.5 Instruksi pada PLC OMRON

Beberapa instruksi-instruksi yang digunakan dalam pemrograman PLC Omron, dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Instruksi LOAD (LD)
- b) Instruksi LOAD NOT (LD NOT)
- c) Instruksi AND
- d) Instruksi AND NOT
- e) Instruksi OR
- f) Instruksi OR NOT
- g) Instruksi OUT
- h) Instruksi OUT NOT
- i) Increment (INC(38) dan Decrement (DEC(39)

Instruksi ini merupakan instruksi BCD. INC(38) berfungsi untuk menambah data BCD dengan 1, sedangkan instruksi DEC(39) berfungsi untuk mengurangi data BCD dengan 1.

Simbol ladder diagramnya adalah :

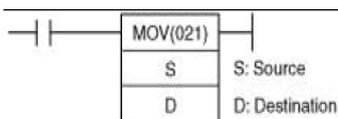


Gambar 2.3

Simbol Instruksi Increment

j) Move (MOV(21)

Instruksi ini berfungsi untuk memindahkan data channel (16 bit data) dari alamat memori asal ke alamat memori tujuan atau untuk mengisi suatu alamat yang ditunjuk dengan data bilangan (hexadecimal atau BCD).



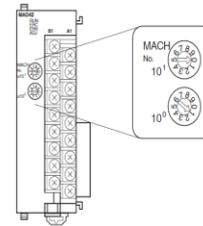
Gambar 2.4

Simbol Instruksi Mov

2.6 Pengaturan dan Pemilihan Parameter IO Unit.

Pengaturan parameter disesuaikan dengan nilai I/O yang akan kita gunakan. Jika pengaturan parameter tidak sesuai dengan nilai I/O yang digunakan maka akan terjadi kesalahan (Error) pada Module MAD-42. Pengaturan parameter ini dilakukan dengan membuat ladder diagram inialisasi pada program CX-Programmer. Adapun Parameter-parameter yang harus diatur adalah sebagai berikut :

a) Pengaturan Sakelar untuk Posisi Modul.



Gambar 2.5

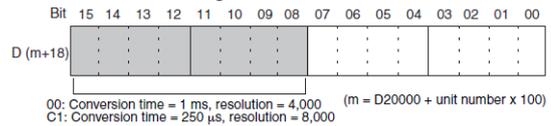
Posisi Skaler Pengaur Module

Pengaturan Unit Number berfungsi untuk menentukan alamat CIO dan alamat DM yang akan digunakan pada ladder.

b) Pengaturan Waktu Konversi dan Resolusi pada AD.

Pengaturan waktu konversi dan resolusi digunakan untuk menentukan lama waktu konversi data A/D dan D/A. Ada dua waktu konversi yang dapat dipilih, yaitu 1 ms dan 500s, sedangkan resolusi yang dapat dipilih adalah 4,000 dan 8,000.

Pengaturan waktu konversi dan resolusi berada pada alamat D (m+18) pada bit 8 – 15.



Gambar 2.6

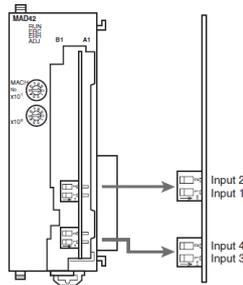
Mapping
 Resolusi
 dan
 Waktu
 Konversi

Tabel 2.1 Nilai bit pada Voltage/Current

Bit	Keterangan	Setting Nilai
00	Output 1	0 : Voltage, 1 -5 1 : Arus, 4 - 12 mA
01	Output 2	
04	Input 1	
05	Input 2	
06	Input 3	
07	Input 4	

c) Pengaturan Pemilihan arus atau tegangan.

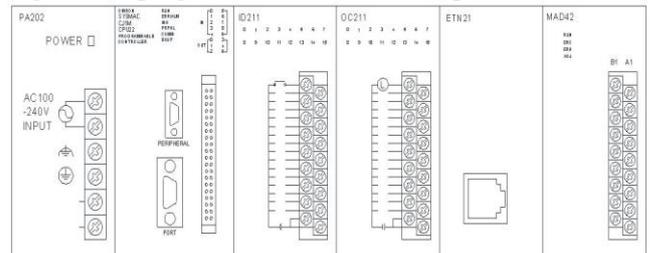
Pengaturan tegangan atau arus berfungsi untuk menentukan masukan yang akan digunakan, yaitu tegangan atau arus. Konversi Input Analog dapat diatur dari voltage ke current dengan mengubah pin pengatur Voltage/Current Switch yang berada di belakang terminal blok.



Gambar 2.7 Pengatur Pemilihan arus / tegangan

2.7 PLC OMRON CJ1M-CPU22

PLC yang digunakan untuk pengaturan kecepatan motor ini adalah PLC OMRON type CJ1M-CPU22. Semua komponen dasar dari PLC digunakan termasuk I/O Unit dan juga Analog Input Unit. Adapun tampilan lengkap dari PLC adalah sebagai berikut :

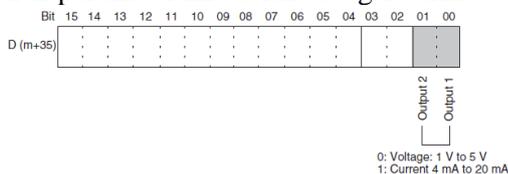


Gambar 2.8

Konfigurasi PLC
 OMRON type
 CJ1M-CPU22

d) Pengaturan range arus dan tegangan.

Parameter ini digunakan untuk menambah akurasi pembacaan konversi dari range yang kita pilih. Ada dua pilihan range, yaitu 1 – 5 V dan 4 – 20 mA. Parameter ini berada pada alamat D (m+35). Cara pengaturan parameter ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.7

Mapping alamat
 pengaturan
 arus/tegangan

Nilai default bit diatas adalah 0 tapi jika ingin mengaktifkannya dapat dengan memberi logika 1 pada bit yang bersangkutan. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

Adapun kegunaan dari masing-masing komponen diatas adalah sebagai berikut :

1) Power Supply Unit

Power Supply Unit yang digunakan adalah Type CJ1W-PA202 yang menggunakan sumber tegangan masukan AC dengan rating tegangan dari 100-240 VAC. Output dari PSU ini berupa tegangan DC 5 dan 24 Volt DC. Total daya konsumsi 14 W.



Gambar 2.9

Power Supply
 Unit Type CJ1W-
 PA202



2) CPU Unit

Dalam komponen PLC, CPU merupakan salah satu bagian yang terpenting karena semua program PLC disimpan dan dijalankan oleh bagian ini. Termasuk kecepatan waktu scan juga ditentukan oleh bagian CPU. Type CPU yang digunakan dalam penelitian ini adalah CJ1M CPU22.



Gambar 2.10

OMRON CJ1M-
 CPU22

3) Input Unit Type CJ1W-ID211

Input Unit Type CJ1W-ID211 memiliki tegangan input 24 Volt DC dengan jumlah input sebanyak 16 point.



Gambar 2.11

Input Unit Type
 CJ1W-ID211

4) Output Unit Type CJ1W-OC211

Output Unit Tpe CJ1W-OC211 adalah Output Unit dengan relay kontak yang memiliki I/O sebanyak 16 poin dengan kapasitas maksimum switching sebesar 2 A, 250 Volt AC / 24 Volt DC.

Output Unit Type
 CJ1W-OC211

5) Communication Unit Type CJ1W-ETN21

Merupakan modul PLC OMRON yang digunakan untuk mengkomunikasikan PC dengan PLC selain dengan Peripheral dan Port. Pengaturan default untuk menentukan IP Address yaitu 192.168.250.(node address) dengan Subnet Mask 255.255.255.0. Node address diisi sesuai dengan setting switch yang ada pada modul ETN21.



Gambar 2.13

Modul Ethernet
 Type CJ1W-
 ETN21

6) Analog I/O Unit Type CJ1W-MAD42

Modul ini memiliki AD/DA converter sehingga dapat mengkombinasikan input analog berupa arus atau tegangan kemudian diubah menjadi data digital. Data digital tersebut lalu diolah oleh PLC dan digunakan untuk memerintahkan output mengeluarkan data analog (arus/tegangan). Arus dan tegangan inilah yang akan diolah oleh PLC untuk memerintah besarnya frekuensi yang dikeluarkan oleh inverter.



Gambar 2.14

Analog I/O Unit
 Type CJ1W-
 MAD42

2.8 ROTARY ENCODER

Rotary Encoder berfungsi untuk mengetahui kecepatan aktual motor. Alat ini akan merubah putaran motor menjadi pulsa. Rotary Encoder mempunyai tiga keluaran yaitu A, B dan Z. Keluaran A dan B menghasilkan 10 pulsa perputaran, sedangkan keluaran Z menghasilkan 1 pulsa perputaran. Dalam tugas akhir ini digunakan keluaran A untuk mencacah naik.

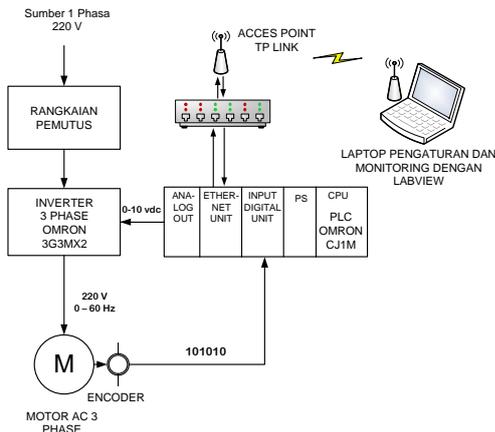


Rotary Encoder

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1. SISTEM KERJA ALAT

Pada penelitian ini percobaan system pengaturan kecepatan motor induksi phasa tiga menggunakan LabVIEW berbasis PLC OMRON. Blok diagram dari rancangan tersebut seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Pengaturan Motor 3 Phasa dengan Labview.

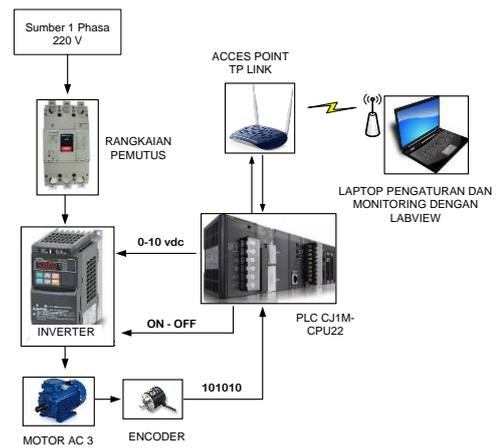
Pada system ini, motor induksi 3 phasa dikontrol oleh inverter atau Variable Speed Drive (VSD). Perubahan kecepatan berdasarkan perubahan frekuensi yang masuk

ke sumber tegangan motor induksi. Sesuai persamaan kecepatan putaran motor induksi bahwa putaran stator dipengaruhi oleh frekuensi, dengan persamaan sebagai berikut :

$$N_s = \frac{60 \times f}{2p} \tag{3.1}$$

Dimana : N_s = Putaran Stator
 f = frekuensi
 $2p$ = pasang kutub

Perubahan frekuensi dari inverter akan diatur berdasarkan perubahan tegangan keluaran dari analog output PLC Omron CJ1M berkisar 0 – 10 VDC. Pengaturan keluaran tegangan analog ini diatur dari laptop dengan aplikasi Labview sebagai interface, melalui wireless yang diterima oleh Acces point TP Link. Selain sebagai pengatur kecepatan system yang dibuat juga akan memonitoring kecepatan putaran motor induksi. Data kecepatan akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada labview. Encoder digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi putaran dari motor induksi tersebut. Secara lengkap system tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Pengaturan Motor Dengan Labview

3.2 PERALATAN YANG DIGUNAKAN

3.2.1 Motor Induksi

Motor yang digunakan adalah motor induksi sangkar tupai tiga phasa empat kutub dengan rating 220 V (terhubung bintang), 1,07 A, 50 Hz, 1380 rpm, 0,37 KW.



Gambar 3.2 Motor Induksi 3 Phasa

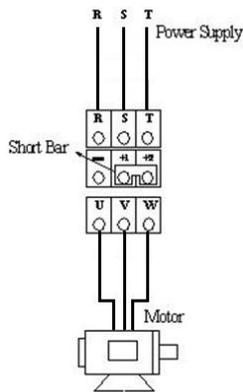
3.2.2 INVERTER

Inverter yang digunakan dalam penelitian ini adalah Inverter OMRON 3G3MX2, dengan rating daya = 0,75 KW, arus dan tegangan masukan maksimal = 6,4 A dan 200-230 V, dengan range frekuensi 0 – 200 Hz. Sedangkan yang digunakan pada sistem ini adalah 0-50 Hz. Jadi tegangan keluaran PLC sebesar 0-10 V merepresentasikan tegangan keluaran inverter sebesar 0-200 V dengan frekuensi 0-50 Hz.



Gambar 3.3 Inverter OMRON 3G3MX2-A2002-V1

Instalasi rangkaian daya.



Gambar 3.4 Instalasi rangkaian daya inverter

3.2.3 Access Point (TP-LINK)

Access Point yang digunakan dalam penelitian ini adalah acces point merk TP Link. Acces point fungsinya adalah sebagai hub atau switch di jaringan lokal, berfungsi menghubungkan jaringan lokal dengan jaringan wireless pada client.

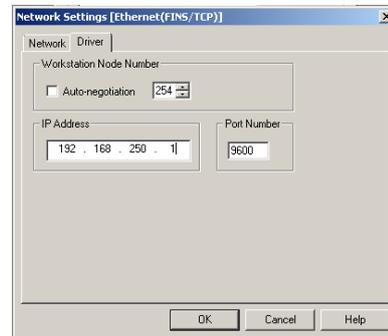


Gambar 3.5 Acces point TP Link

3.2.4 PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)

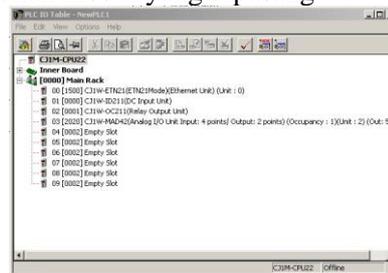
Inverter membutuhkan masukan berupa tegangan 0-10 V. Untuk itu perlu Modul Analog I/O Unit Type MAD-42 pada PLC OMRON CJ1M-CPU22 untuk menjadi sebuah controller. Semua perancangan program pada PLC ini dilakukan dengan program CX-Programmer.

Pengaturan pada Module ETN21 berfungsi untuk menentukan IP address yang digunakan pada jaringan. Pengaturan IP address pada module ini adalah 192.168.250.1 sesuai dengan IP Address PC.



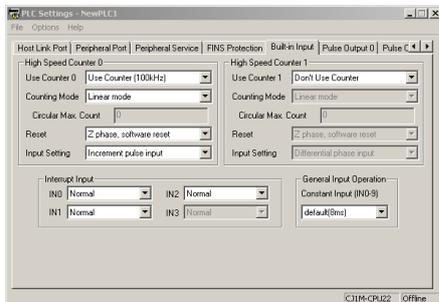
Gambar 3.6 Tampilan Jendela pada Pengaturan Network

Pengaturan I/O Table dan Unit module. Berfungsi untuk mengaktifkan module yang akan dipasang pada PLC. Penentuan alamat dari masing – masing module, akan tergantung dari dimana module tersebut dipasang. Berikut susunan modul yang dipasang :



Gambar 3.7 Jendela PLC I/O Table

Pendeteksi kecepatan adalah dengan menggunakan encoder Omron. Untuk menjalankan Antara encoder dan PLC pada Penelitian ini memanfaatkan fasilitas fungsi high speed counter yang ada pada PLC ini. Adapun pengaturan high speed counter untuk encoder sesuai dengan jendela tampilan sebagai berikut :



Gambar 3.8 Jendela Pengaturan High Speed

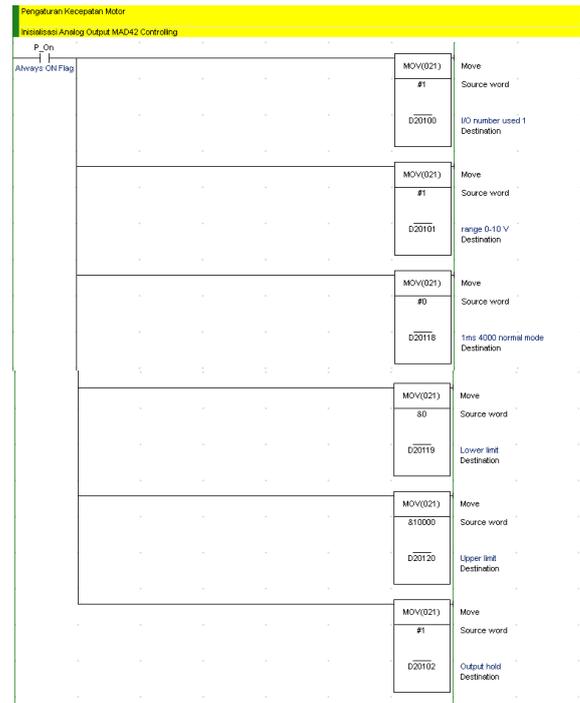
Dalam penelitian ini, pemrograman PLC menggunakan CX Programmer V9.0. Berikut adalah diagram tangga (ladder diagram) yang dibuat untuk system tersebut :

- Ladder diagram untuk menjalankan motor berputar maju dan berputar mundur.



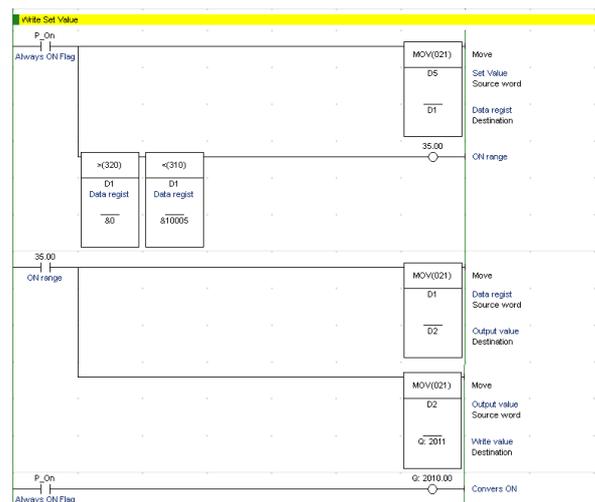
Gambar 3.9 Diagram tangga untuk mengendalikan motor.

- Ladder diagram untuk inialisasi Analog I/O pada Modul MAD 42 dengan keluaran tegangan 0 – 10 V DC. Chanel yang digunakan Pada modul ini adalah chanel 1.



Gambar 3.10 Diagram tangga inialisasi Analog I/O

- Ladder diagram untuk DAC. Dari data heksa decimal ke bentuk tegangan analog 0 – 10 Vdc.



Gambar 3.10 Diagram tangga Inialisasi DAC.

- Ladder diagram untuk pembacaan encoder berupa data heksadesimal.

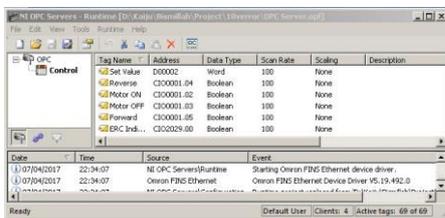


Gambar 3.11 Diagram tangga pembacaan encoder.

3.2.5 NI OPC Server

Adalah modul yang disediakan oleh National Instrument, dalam hal ini digunakan sebagai komunikasi antara PLC OMRON dengan LabVIEW. Device driver yang digunakan adalah OMRON FINS Ethernet sebagai komunikasi serialisasinya.

Berikut ini adalah tampilan jendela pengaturan n komunikasi melalui OMRON FINS Ethernet pada OPC Server yang digunakan sebagai komunikasi antara PLC dengan LabVIEW.



Gambar 3.12 Jendela Konfigurasi NI OPC Server

Pengaturan alamat dan konfigurasi OPC Server dan Omron FINS harus sesuai. Dibawah ini adalah tabel konfigurasi alamat untuk nama Tag dan Alamat pada PLC Omron.

Tabel 3.1 Konfigurasi Alamat Tag dan Alamat PLC

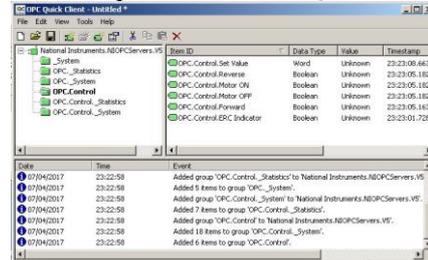
Nama Tag	Alamat PLC	Tipe Data
Write Value	D2	Word
Encoder Read	D200	Word
Set Value	D5	Word
Output DAC	CIO2011	Word
Reverse	CIO1.4	Boolean
Forward	CIO1.5	Boolean
Motor ON	CIO1.2	Boolean
Inverter ind	CIO1.7	Boolean

3.2.6 NI OPC Quick Client

Adalah sub modul NI OPC Server yang disediakan oleh National Instrument sebagai *controlling* dan *monitoring* program ladder PLC OMRON melalui

alamat yang telah diinisialisasi oleh NI OPC Server sendiri.

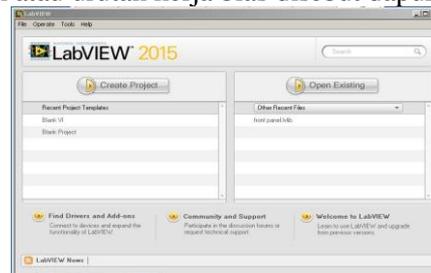
Berikut jendela tampilan file OPC Quick Client:



Gambar 3.13 Jendela Tampilan file OPC Quick Client

3.2.7 LABVIEW

LabVIEW merupakan software aplikasi yang banyak digunakan untuk membuat aplikasi control dan Human Machine Interface dari National Instrumen. Software ini terdiri dari dua lembar kerja yaitu *front panel* dan *block diagram*, dimana setiap lembar kerja menggunakan icon gambar untuk mendesain aplikasi, hal ini memudahkan pengguna dalam pemrograman. *Front panel* adalah tampilan utama atau hasil desain saat telah selesai dalam pembuatan program, sedangkan *block diagram* adalah tempat membuat program rancangan atau urutan kerja bias disebut dapur.



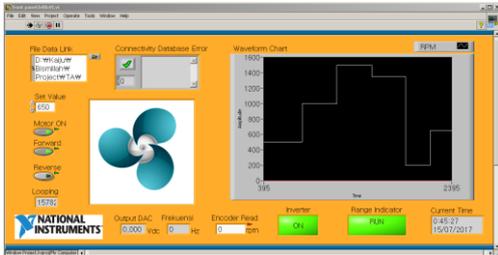
Gambar 3.14 Jendela Labview 2015 dari NI

Dalam pengendalian kecepatan putar motor AC ini, LabVIEW digunakan dalam sistem sebagai berikut :

- 1) Sebagai sistem *controlling* dan *monitoring* pada PC, *object control* akan memberi nilai ke *tag* yang ada pada OPC Quick Client, dimana *tag* tersebut merupakan alamat I/O PLC OMRON yang telah dimanipulasi agar mampu dibaca oleh program LabVIEW itu sendiri.
- 2) Sebagai sistem perekam data (*recording*) kecepatan motor AC kemudian disimpan ke *database* pada *Microsoft Access*.

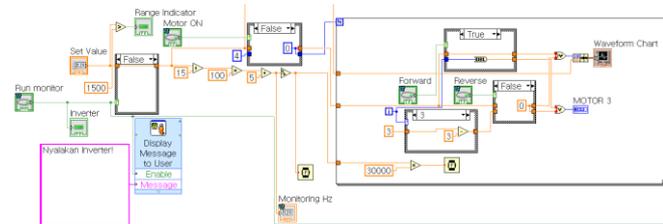
Berikut ini merupakan tampilan program *front panel* dan *block diagram* yang dibuat dalam penelitian ini.

- Tampilan program *front panel*



Gambar 3.15 Tampilan program Front Panel

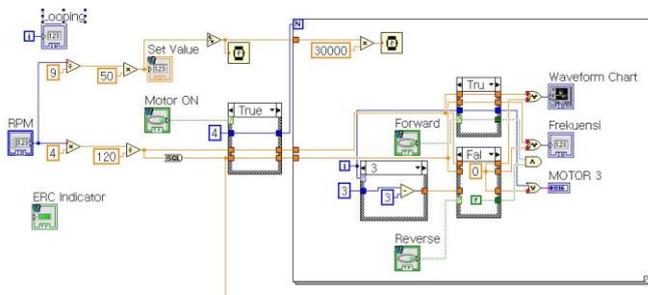
- Tampilan program *block diagram*



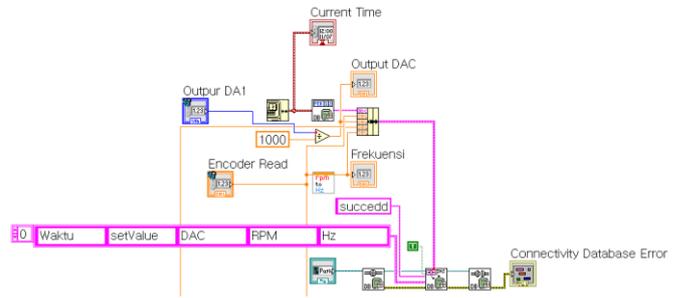
Gambar 3.16 Tampilan program blok diagram.

Sistem yang dibuat, selain sebagai kontrol dan monitoring, sistem yang dibuat berfungsi sebagai recording atau pencatatan.

Berikut adalah blok diagram kontrolling dan monitoring.



Gambar 3.17 Tampilan program blok diagram kontrolling and monitoring.

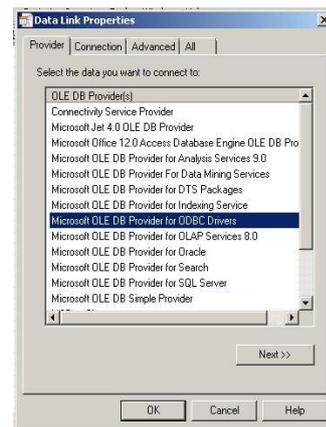


Gambar 3.18 Tampilan program blok recording

3.2.8 MICROSOFT OFFICE ACCESS DATABASE

Digunakan pada program LabVIEW bagian *Recording*. Toolkit Database *Connectivity* didalam LabVIEW membutuhkan *Microsoft Data Link (UDL)* agar bisa terhubung dengan Microsoft Access database. File UDL dapat juga digunakan untuk menghubungkan dengan jenis database yang lain.

Komunikasi data base antara labview dan Microsoft access pada penelitian ini menggunakan *Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider*. Berikut tampilan jendela data link property koneksi data base yang digunakan.



Gambar 3.19 Tampilan Data Link Properties

BAB IV HASIL PENGUJIAN

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk menentukan ketelitian dan akurasi dari sistem yang dibuat apakah berjalan sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian putaran motor dan tegangan keluaran

DAC dari PLC. Untuk menentukan medan putar dengan rumus berikut ini :

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (4.1)$$

Keterangan : N_s = Kecepatan medan putar stator (rpm)
 f = Frekuensi (Hz)
 P = Jumlah kutub

Adapun rumus untuk mencari nilai output analog dari modul DAC yaitu :

$$V_{out} = \frac{N_{sout}}{N_{smax}} \times V_{max} \quad (4.2)$$

Keterangan : V_{out} = Tegangan yang keluar (Vdc)
 N_{sout} = Putaran yang dihasilkan (rpm)
 V_{max} = Tegangan maksimum (Vdc)
 N_{smax} = Putaran maksimum (rpm)

Dibawah ini merupakan tabel dan gambar grafik yang dihasilkan dari pengujian untuk membandingkan antara hasil perhitungan dengan pengukuran Output DAC, frekuensi motor dan putaran motor :

Tabel 4.1 Perhitungan dan Pengukuran Sistem

No	Set Value	Perhitungan			Pengukuran		
		Out DAC	Frek	RPM	Out DAC	Frek	RPM
1	150	1	5	150	0,99	5,05	150,2
2	300	2	10	300	2	10,14	300,2
3	450	3	15	450	3	15,23	451,2
4	600	4	20	600	4	20,3	604,4
5	750	5	25	750	5	25,4	756,4
6	900	6	30	900	6	30,47	908,6
7	1050	7	35	1050	7	35,57	1061
8	1200	8	40	1200	8	40,65	1212
9	1350	9	45	1350	9,01	45,75	1366
10	1500	10	50	1500	10,02	50	1494

Dari data yang didapat, ada perbedaan hasil pembacaan terhadap nilai pengukuran. Maka dari itu perlu menghitung standar deviasi dan standar error untuk mengetahui toleransi penyimpangan pembacaan dari nilai yang dimasukkan. Berikut ini rumus standar deviasi dan standar error.

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4.3)$$

Keterangan : σ = Standar Deviasi
 n = Ukuran sampel
 x_i = Nilai x ke- i

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.4)$$

Keterangan : SE = Standar Error
 σ = Standar Deviasi
 n = Banyaknya sampel

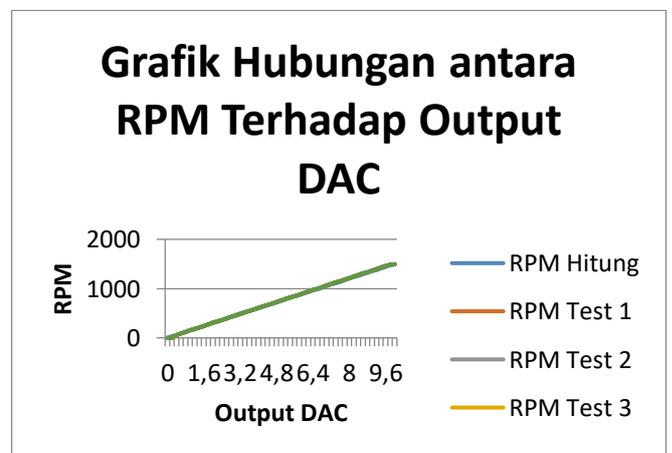
4.1 Hasil Pengujian Putaran Motor

Pada tabel 4.2 menampilkan data perbandingan antara RPM dengan data hasil percobaan untuk menghasilkan nilai akurasi pembacaan encoder. Pengujian tersebut telah didapatkan dimana kolom RPM merupakan beberapa titik pengambilan data sedangkan kolom Tes 1 sampai Tes 5 merupakan data yang terbaca pada percobaan yang dilakukan sebanyak lima kali.

Tabel 4.2 Hasil pengujian Putaran Motor

No	RPM	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 4	Tes 5	SD	SE
1	150	150,2	150,2	150,1	150,2	150,3	0,25	0,11
2	300	300,2	302,4	302	302,4	302,4	2,35	1,05
3	450	451,2	455,5	454,2	455,5	455,6	5,5	2,46
4	600	604,4	607,4	605,9	607,4	607,4	8,13	3,63
5	750	756,4	759,5	759,4	759,5	759,5	11,08	4,96
6	900	908,6	911,9	911,2	912	911,9	13,9	6,22
7	1050	1061	1065	1063	1064	1064	16,75	7,49
8	1200	1212	1213	1214	1213	1212	16	7,16
9	1350	1366	1366	1367	1366	1365	20	8,94
10	1500	1494	1493	1493	1493	1494	8,25	3,69

Berikut ini grafik yang dihasilkan dari percobaan diatas :



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara RPM terhadap Output DAC

Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa data pengukuran dengan data hasil pembacaan oleh encoder mengalami banyak perubahan saat mendekati 1500 RPM, sebaliknya pada saat set value RPM kecil, toleransi yang timbul mendekati hasil yang diharapkan. Rata-rata penyimpangan (standar error) hasil pembacaan RPM bisa dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Sigma SE}{10} \\ &= \frac{45,71}{10} \\ &= 4,57 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata penyimpangan yang terbaca berkisar $\pm 4,57$ rpm.

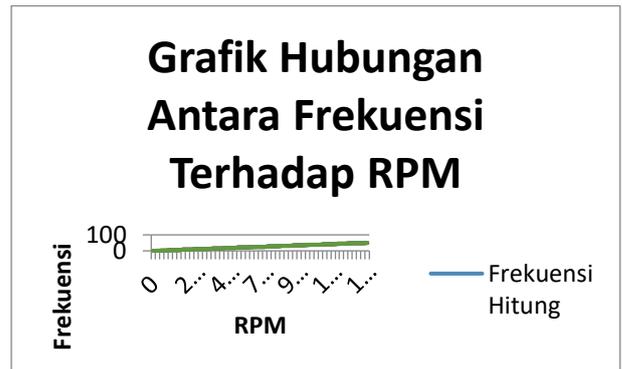
4.2 Hasil Pengujian Frekuensi

Pada tabel 4.3 menampilkan data perbandingan antara frekuensi dengan data hasil percobaan untuk menghasilkan nilai akurasi yang terbaca pada Inverter. Pengujian tersebut telah didapatkan dimana kolom Frekuensi merupakan beberapa titik pengambilan data sedangkan kolom Tes 1 sampai Tes 5 merupakan data yang terbaca pada percobaan yang dilakukan sebanyak lima kali.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Frekuensi

No	F	Tes 1	Tes 2	Tes 3	Tes 4	Tes 5	SD	SE
1	5	5,05	5,05	5,05	5,05	5,04	0,06	0,03
2	10	10,14	10,14	10,14	10,15	10,14	0,18	0,08
3	15	15,23	15,24	15,24	15,24	15,24	0,3	0,13
4	20	20,3	20,33	20,33	20,33	20,34	0,41	0,18
5	25	25,4	25,41	25,41	25,41	25,41	0,51	0,23
6	30	30,47	30,47	30,49	30,47	30,48	0,6	0,27
7	35	35,57	35,58	35,58	35,58	35,6	0,73	0,33
8	40	40,65	40,66	40,66	40,68	40,66	0,83	0,37
9	45	45,75	45,74	45,77	45,74	45,74	0,94	0,42
10	50	50	50	50	50	50	0	0

Berikut ini grafik yang dihasilkan dari percobaan diatas :



Gambar 4. 2 Grafik hubungan antara Frekuensi terhadap RPM

Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa data pengukuran dengan data hasil pembacaan oleh Inverter mengalami banyak perubahan saat mendekati 50 Hz, sebaliknya pada saat set value Hz kecil, toleransi yang timbul hampir mendekati hasil yang diharapkan. Rata-rata penyimpangan (standar error) hasil pembacaan Frekuensi oleh Inverter bisa dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Sigma SE}{10} \\ &= \frac{2,04}{10} \\ &= 0,204 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata penyimpangan yang terbaca berkisar $\pm 0,204$ Hz.

4.3 Hasil Pengujian Output DAC

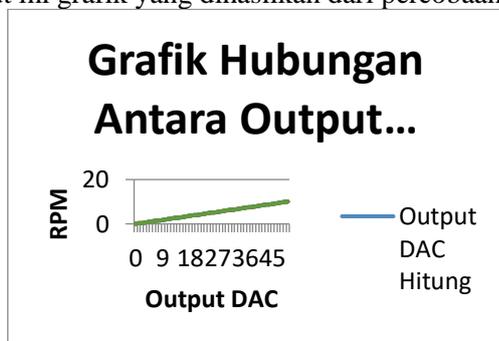
Pada tabel 4.4 menampilkan data perbandingan antara tegangan yang keluar dari modul DAC (Digital to Analog Converter) pada PLC OMRON dengan data hasil percobaan untuk menghasilkan nilai akurasi yang terbaca menggunakan multimeter. Pengujian tersebut telah didapatkan dimana kolom Output DAC merupakan beberapa titik pengambilan data sedangkan kolom Tes 1 sampai Tes 5 merupakan data yang terbaca pada percobaan yang dilakukan sebanyak lima kali.

Tabel 4.4 Hasil pengujian Output DAC

No	Outt DAC	Tes1	Tes2	Tes3	Tes4	Tes5	SE
1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,006
2	2	2	2	1,99	1,99	2	0,002
3	3	3	3	3	3	3	0
4	4	4	4	3,99	4	4	0,001
5	5	5	5	4,99	5	5	0,001

6	6	6	6	5,99	6	6	0,001
7	7	7	7	6,99	7	7	0,001
8	8	8	8	7,99	8,01	8	0,002
9	9	9,01	9,01	9	9,01	9	0,003
10	10	10,02	10,01	10	10,01	10,01	0,006

Berikut ini grafik yang dihasilkan dari percobaan diatas:



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara Output DAC terhadap Frekuensi

Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa data pengukuran dengan data hasil pembacaan pada multimeter tidak mengalami perubahan yang signifikan, walaupun masih ada penyimpangan yang sangat kecil disetiap titik pengujian. Rata-rata penyimpangan (standar error) yang dibaca pada multimeter bisa dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Sigma SE}{10} \\ &= \frac{0,023}{10} \\ &= 0,0023 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata penyimpangan yang terbaca berkisar $\pm 0,0023$ Vdc.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil percobaan dan pengujian sistem yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Maka dapat diperoleh kesimpulan penelitian ini sebagai berikut :

1. Sistem yang dibuat telah bekerja sesuai rancangan, pengontrolan dan monitoring kecepatan putaran motor dapat dikendalikan melalui aplikasi Labview dengan PLC CJ1M melalui Acces Point TP Link.

2. Pengujian putaran motor memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 4,57 rpm.
3. Pengujian frekuensi motor memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,204 Hz.
4. Pengujian tegangan keluaran DAC memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,0023 Vdc.
5. Labview sebagai aplikasi Human Machine Interface mudah digunakan untuk komunikasi dengan PLC, lebih murah secara ekonomis.
6. PLC CJ1M dengan modul DAC MAD 42, lebih mudah untuk pengaturan kecepatan motor, dengan hasil lebih linier dari pada menggunakan multispeed dengan menggunakan IO PLC.

5.1 Saran

Pada penelitian ini tentu masih banyak mengalami kekurangan dalam penyempurnaan penelitian selanjutnya. Maka saran dari penyusun dalam perbaikan selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Grafik yang ditampilkan dalam front panel labview belum sempurna, hasil display masih tidak linier, dikarenakan belum sempurna di pembuatan blok diagram pada labview oleh penyusun.
2. Penyimpangan pengukuran putaran motor dalam penelitian ini masih cukup besar, dikarenakan penggunaan resolusi encoder yang terlalu kecil. Dalam penelitian ini penyusun menggunakan encoder dengan resolusi 10 pulsa per putaran. Sebaiknya gunakan resolusi yang lebih tinggi, misalnya 60 pulse per rotation.

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah hirobil alamin. Segala puji bagi Allah yang telah memberikan kesempatan dan banyak hal sehingga penelitian ini dapat dikerjakan dengan baik. Tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam 45 Bekasi, Bapak. H. Sugeng, S.T, M.T.
2. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam 45 Bekasi, Bapak Setyo Supratno, S.Pd, M.T.
3. Rekan – rekan seluruh Dosen dan Staff di Lingkungan Fakultas Teknik dan khususnya Teknik Elektro Universitas Islam 45 Bekasi.

4. Istri dan anak-anaku yang tercinta, dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tulisan ini.

Daftar Pustaka

- [1] Nader N. Barsoum, Pin Rui Chin , Ethernet Control AC Motor via PLC Using LabVIEW, Journal Ica, 2011.
- [2] Dedid Cahya Happyanto, Dr, M.T., Mauridhi Hery Purnomo, Prof., Ir., M.Eng., Ph.D, Teknik Kendali Motor Tiga Phasa Berbasis Kecerdasan Komputasional Sebagai Penggerak Mobil Listrik, Graha Ilmu, 2014.
- [3] CJ-series Built-in I/O CJ1M-CPU21/22/23 CPU Units Operation Manual, OMRON, 2003.
- [4] Hugh Jack, Automating Manufacturing System With PLC, 2008.
- [5] SYSDRIVE MX2 Series User's Manual, OMRON, 2010.
- [6] Labview User Manual, National Instrument, 2005.