

Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan *Programmable logic controller*

Noorly Evalina, Abdul Azis H, Zulfikar

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
noorlyevalina@ac.umsu.id

Abstrak

Motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. Namun dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk dilakukan, dengan berkembangnya Teknologi sistem kontrol salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan Inverter satu fasa dan frekuensi 50 Hz untuk digunakan mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa. Pengaturan frekuensi tegangan motor induksi dapat dilakukan dengan menggunakan inverter. Inverter mengkonversikan sumber tegangan AC 3 fasa maupun sumber tegangan AC 1 fasa yang memiliki frekwensi 50 Hz konstan menjadi sumber tegangan AC 3 fasa yang frekuensinya dapat diatur antara 0 – 50 Hz. Pada penelitian ini program Ladder diagram dirancang menggunakan CX-Programmer pada Programmable Logic Controller (PLC) yang digunakan sebagai pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa melalui inverter. Frekuensi yang dikendalikan mulai dari 5 Hz sampai 60 Hz dan putaran yang dihasilkan 124 rpm sampai dengan 1441 rpm. Semakin besar data frekuensi yang disetting ke PLC, maka kecepatan putaran motor induksi akan berubah semakin cepat.

Kata Kunci : Motor Induksi, Inverter, PLC

I. PENDAHULUAN

Kemajuan industri di negara kita mengalami perkembangan yang pesat, baik pada perindustrian besar maupun perindustrian yang kecil. Sejalan dengan perkembangan tersebut kebutuhan akan peralatan produksi yang tepat sangat diperlukan agar dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar dari peralatan industri menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utama, salah satunya motor listrik. Dan motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. tetapi pengaturan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk dilakukan. Oleh sebab itu diperlukan teknologi yang tepat untuk dapat mengatur putaran motor induksi stabil.

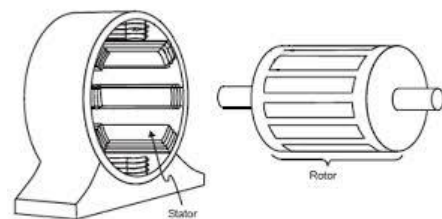
Dengan adanya putaran beban yang bervariasi, kecepatan dari motor induksi tersebut harus dapat dikendalikan. Pengendalian kecepatan motor dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya yaitu dengan mengubah jumlah pasangan kutub dan pengaturan frekuensi. Pengaturan kecepatan motor dengan prinsip pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan inverter yang dikontrol secara otomatis oleh PLC. Cara pengaturan kecepatan ini paling mudah dan efektif apabila dibandingkan dengan yang lain, terutama untuk motor induksi. Pengaturan putaran motor dengan peralatan pendukung yang telah tersedia di pasaran akan mempermudah untuk merangkai sesuai dengan program yang direncanakan. Oleh

karena itu penelitian yang berkaitan tentang pengaturan kecepatan putaran motor induksi 3 fasa dengan menggunakan PLC Omron Tipe CJ1M diharapkan mampu mengatur kecepatan pada motor induksi. Sistem kendali ini diharapkan dapat memberikan jangkauan pengaturan kecepatan yang lebar, dan dapat dioperasikan dan dikontrol melalui PLC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Induksi Tiga Fasa

Sebuah motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya. Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator yang merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1, Antara bagian stator dan rotor dipisahkan oleh celah udara yang sempit, dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm.



Gambar 1. Penampang Stator dan Rotor Motor Induksi Tiga Fasa

B. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor

induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik (Emf) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi. Bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

Dan apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan (stator) akan timbul arus yang menghasilkan fluksi. Fluksi pada stator biasanya konstan, kecepatan medan putar stator dapat di tulis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

Di mana :

N_s = kecepatan putaran stator (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub

C. Karakteristik Motor Induksi

Garis grafik kopel sebagai fungsi dari waktu daya dan kecepatan putaran, diperlihatkan pada Gambar 2. Pada bagian AB dari grafik, kopel hampir sebanding dengan bilangan slip (adalah pengurangan kecepatan sesuai dengan perubahan kopel). Sebaliknya pada bagian DE (motor berbeban lebih) bilangan slip bertambah terus tetapi kopel berkurang dan motor berhenti.

Tidak semua tenaga listrik yang diserap motor induksi berubah menjadi tenaga mekanik yang berguna, tetapi sebagian hilang dalam bentuk tenaga panas. Tenaga mekanik ($W_{mekanik}$) sama dengan tenaga listrik ($W_{listrik}$) dikurang tenaga panas (W_k), rendamen (η) sebagai fungsi dari tenaga mekanik dan tenaga listrik.

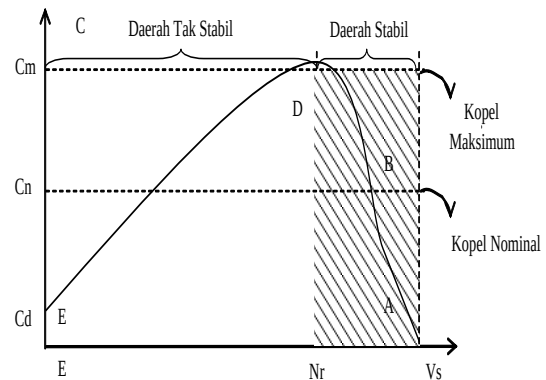
$$\eta = \frac{W_{mekanik}}{W_{listrik}}$$

Di mana:

η = efisiensi

$W_{mekanik}$ = daya mekanik (watt)

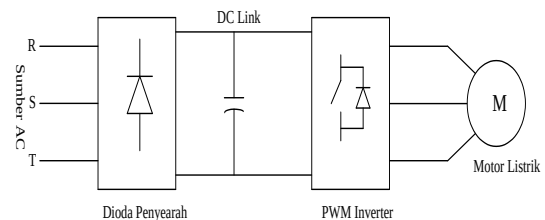
$W_{listrik}$ = daya listrik (watt)



Gambar 2. Grafik kopel sebagai fungsi dari daya dan kecepatan putaran

D. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya.



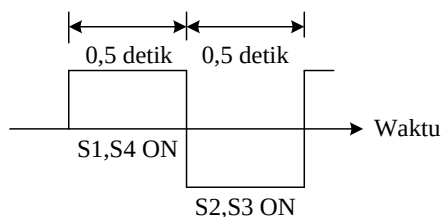
Gambar 3. Bagian utama inverter

Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang menghasilkan tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan tegangan AC dilakukan dengan menggunakan dua pasang saklar, seperti contoh di Tabel 1.

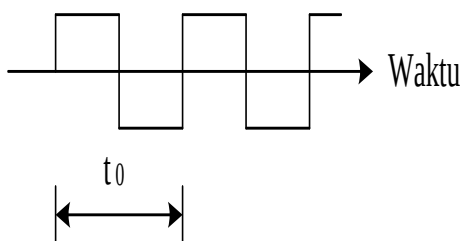
Untuk dapat menghasilkan arus bolak-balik maka kerja saklar S1 sampai S4 yang disuplai oleh tegangan DC harus bergantian, dan gelombang tersebut terbentuk dari keempat buah saklar. Ketika saklar S1 dan S4 hidup maka arus akan mengalir dari titik A ke titik B, sehingga terbentuklah tegangan positif. Dan saat saklar S2 dan S3 yang hidup maka arus akan mengalir dari titik B ke titik A, sehingga terbentuklah tegangan negatif.

Tabel 1. Pembentukan tegangan AC

Mode	Metode	Keterangan	Hasil
Saklar S1 -S4	Beri Tegangan DC	Secara Bergantian	Aktif
Saklar S1 -S4	Kondisi Hidup	Arus mengalir A ke B	Terbentuk Tegangan Positif
Saklar S2-S3	Kondisi Hidup	Arus mengalir B ke A	Terbentuk Tegangan Negatif
Saklar S1 -S4 dan Saklar S2-S3	Pada 1/2 periode pertama arus dari A ke B dan pada 1/2 periode kedua arus mengalir dari B ke A		Terbentuk Gelombang arus bolak-balik (Sinusoida)
Saklar S1 -S4 dan Saklar S2-S3	mengatur ON - OFF transistor selama 0,5 detik		Menghasilkan gelombang bolak balik dengan frekuensi 1 Hz

**Gambar 4. Bentuk gelombang AC 1 Hz**

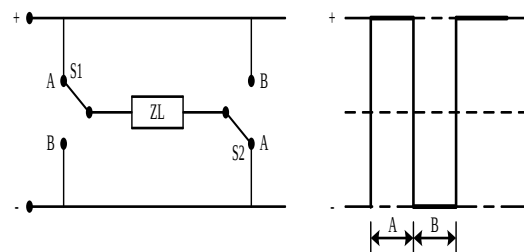
Dengan mengubah arah arus yang mengalir ke beban (pada $\frac{1}{2}$ periode pertama arus mengalir dari titik A ke B dan pada $\frac{1}{2}$ periode kedua arus mengalir dari B ke A) maka akan didapatkan bentuk gelombang arus bolak-balik. Inverter dapat mengatur frekuensi keluarannya dengan mengatur waktu ON-OFF saklar-saklarnya. Sebagai contoh apabila S1 dan S4 ON selama 0,5 detik begitu juga dengan S2-S3 secara bergantian, maka akan dihasilkan gelombang bolak-balik dengan frekuensi 1 Hz.

**Gambar 5. Jumlah frekuensi**

E. Struktur Inverter

Struktur inverter memperlihatkan bahwa inverter dengan transistor yang menghasilkan daya arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi dari sumber komersial yaitu (50 Hz atau 60 Hz). Bagian pertama sirkuit konverter (yang mengubah

sumber AC komersial menjadi sumber DC dan menghilangkan riak (*ripple*) pada output DC. Bagian kedua sirkuit inverter yang mengubah arus DC menjadi arus AC tiga fasa dengan frekuensi beragam (dapat disetel), kedua sirkuit ini disebut sirkuit utama. Bagian ketiga adalah sebuah sirkuit kontrol yang berfungsi sebagai pengontrol sirkuit utama. Gabungan keseluruhan dari sirkuit-sirkuit inilah yang disebut sebagai inverter.

**Gambar 6. Struktur inverter sederhana**

Bila kedudukan S1 dan S2 pada A, beban Z_L mendapatkan tegangan positif, sedangkan tegangan negatif diperoleh ketika S1 dan S2 pada kedudukan B. Dengan demikian pemindahan saklar (S1 dan S2) secara bergantian akan menghasilkan tegangan bolak-balik yang berbentuk persegi yang besarnya ditentukan oleh sumber, dan frekuensinya ditentukan oleh kecepatan pemindahan saklar. Berdasarkan konfigurasi inverter dapat di bedakan menjadi 2 jenis yaitu inverter satu fasa jembatan setengah dan inverter satu fasa jembatan penuh. Sedangkan berdasarkan jumlah phasanya, inverter dapat dibedakan atas 2 jenis juga yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Berdasarkan pengaturan tegangan dan frekuensinya, inverter terbagi atas dua jenis antara lain :

- Inverter Constant Voltage Constant Frequency (CVCF)* yaitu inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang konstan.
- Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Umumnya inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah digunakan pada pemakaian khusus seperti pemakaian pada motor listrik 3 fasa dengan menggunakan sumber tegangan AC. Kerugian cara ini adalah bahwa sistem hanya dapat digunakan pada pemakaian khusus saja, sedangkan keuntungannya adalah kemampuan untuk menggerakkan sistem (beban) dengan sumber-sumber yang berubah-ubah seperti misalnya photovoltaic atau solarcell.

F. Pengendalian Tegangan Inverter

Dalam aplikasi yang sering digunakan didunia industri sering digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Terdapat beberapa teknik untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Pada umumnya teknik yang sering dipakai adalah sistem PWM (*Pulse Width Modulation*),

sistem kontrol yang berbeda-beda ini menghasilkan karakteristik motor yang berbeda pula seperti (getaran, suara, riak, arus motor, respon torsi). Pada PWM beberapa pulsa hidup mati dihasilkan dalam satu siklus dan lamanya juga beragam untuk mengubah-ubah tegangan output. Jumlah pulsa hidup mati yang dihasilkan dalam satu detik disebut frekuensi pembawa. Pada sistem PWM ini getaran motor dan kebisingan motor dari komponen frekuensi sebanding dengan frekuensi pembawa yang dihasilkan, Frekuensi pembawa dari sebuah inverter bersuara akustik lebih rendah, jadi pada inverter dengan nilai frekuensi pembawa yang besar dapat menghaluskan suara bising dari motor listrik. Akan tetapi hal tersebut dapat membuat arus bocor yang terjadi antara motor dan inverter menjadi lebih besar, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya arus lebih. Untuk kondisi seperti ini pemilihan penghantar kebocoran arus kebumi / pentanahan harus dilakukan dengan benar.

G. Pengaturan frekuensi Inverter melalui PLC

Penggunaan pengaturan putaran motor induksi 3 phasa melalui PLC dengan cara menggunakan Analog input, Analog output dan digital output pada terminal PLC yang terhubung melalui terminal inverter pengaturan ini menggunakan fungsi Move dan *Binary multiply*, jika PLC membaca besaran analog dari inverter maka nilai akan dirubah dengan *multiply* dan akan dipindahkan ke input PLC untuk move digunakan untuk dua bagian yaitu untuk pengaturan frekuensi dan untuk reset setting frekuensi ke 0 setelah motor mati. Dan fungsi dari SCAL 40 untuk membatasi setting frekuensi pada inverter, *Binary multiply* digunakan untuk membaca analog input dan output.

Inverter dalam hal ini yang dimaksud adalah pengendali motor AC bisa dikendalikan menggunakan PLC. Pengendaliannya bisa menggunakan hubungan serial atau perintah digital dan analog, cara mengendalikan inverter secara sederhana dengan menggunakan PLC melalui I/O digital dan analog PLC. I/O modul yang dibutuhkan untuk aplikasi ini adalah digital output, analog output, dan analog input juga output. Inverter 3G3MX2 Series memiliki terminal input untuk dikendalikan oleh PLC.

H. PLC (Programmable Logic Control)

PLC diperkenalkan pertama kali pada tahun 1969 oleh Modicon (sekarang bagian dari Gould Electronics) for General Motors Hydromatic Division, PLC adalah tipe sistem kontrol yang memiliki masukan peralatan yang disebut sensor, kontroler serta peralatan keluaran. Peralatan yang dihubungkan pada PLC yang berfungsi mengirim sebuah sinyal ke PLC disebut peralatan masukan. Sinyal masuk ke PLC melalui terminal atau pin-pin yang dihubungkan ke unit. Tempat sinyal masuk disebut titik masukan, ditempatkan dalam lokasi memori sesuai dengan status ON atau OFF pada PLC. Sedangkan bagian kontroler adalah

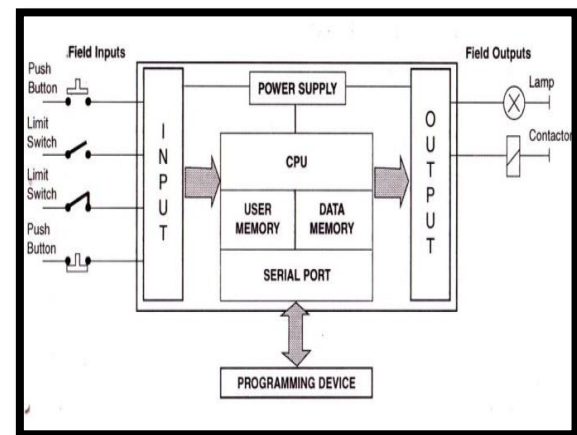
melaksanakan perhitungan, pengambilan keputusan, dan pengendalian dari masukan untuk dikeluarkan dibagian keluaran. Semua proses mulai dari masukan, keluaran, pengendalian, perhitungan, dan pengambilan keputusan dilakukan oleh PLC

PLC digunakan untuk kontrol *feedback*, pemrosesan data dan sistem monitor terpusat yang sangat memudahkan pekerjaan dalam dunia industri

I. Prinsip Kerja PLC

Secara umum, PLC terdiri dari dua komponen penyusun utama, yaitu :

1. *Central Processing Unit (CPU)*
2. Sistem antarmuka input/ output

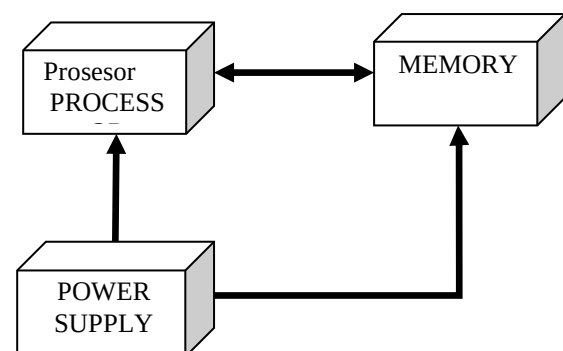


Gambar 7. Diagram blok PLC

Fungsi dari CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC. Ada tiga komponen utama penyusun CPU ini.

1. Prosesor
2. Memory
3. Power supply

Interaksi antara ketiga komponen ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Blok diagram CPU pada PLC

Pada dasarnya, operasi PLC relatif sederhana, peralatan luar dikoneksikan dengan modul input output pada PLC yang tersedia. Peralatan ini dapat berupa sensor analog, push button, limit switch, motor starter, solenoid, lampu dan sebagainya.

E. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

F. Pengenalan CX-Programmer

G. Instal Software CX-Programmer

H. Ladder Diagram

Ladder diagram pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 10, *line* yang berwarna hijau menunjukkan bahwa *line* tersebut hidup. Pada waktu tombol Start (W0.01) ditekan maka output Q:1.00 (*internal relay*) akan hidup dan langsung menghidupkan output Q:100 yang bisa dihubungkan langsung ke relay external untuk menghidupkan motor. Setelah selesai tekan tombol Stop (W0.02) untuk menghentikan atau mematikan motor.

A. Alat Penelitian

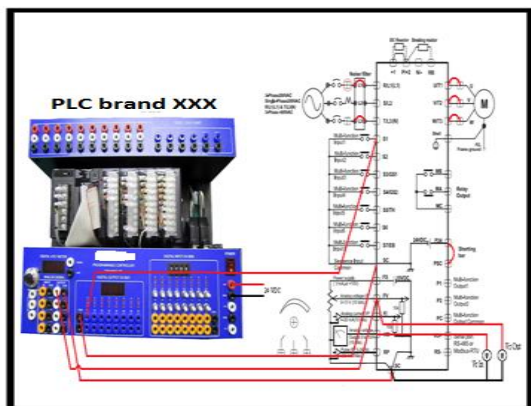
1. Laptop HP Windows 7 32 bit, Processor Intel Core I3, Ram 2 Gb, HDD 320 Gb
2. PLC brand XXX,
3. Inverter 3G3MX2
4. Motor induksi 3 phasa
5. Power Suplai
6. Encoder Pembaca RPM
7. Multi Meter
8. Kabel Jumper
9. Tachometer

1. Kecepatan putaran motor induksi (Rpm)
2. Frekuensi (Hz)
3. Jumlah kutub motor (p)
4. Diagram ladder

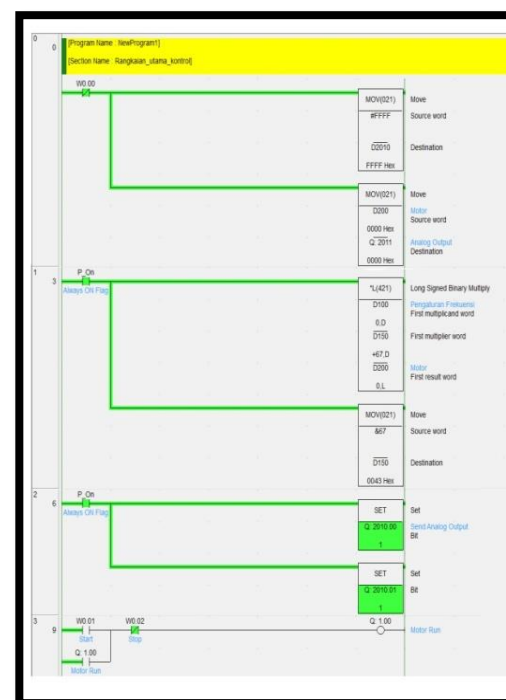
Perancangan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

D. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras berupa penyusunan komponen-komponen sehingga menjadi satu kesatuan sistem rangkaian yang bisa bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Penyusunan komponen-komponen ini dimulai dari menghubungkan Komputer (PC) dengan PLC dan PLC training kit ke inverter training kit yang telah di sediakan sebelumnya



Gambar 9. Diagram pengawatan kendali kecepatan motor yang di kontrol melalui PLC



Gambar 10. Ladder diagram pengaturan kecepatan putaran motor

Pada Gambar 10. di rung 0 perintah MOV(021) digunakan sebagai pembaca data analog output pada PLC, #FFFF untuk mengaktifkan 16 bit dan D2010 untuk memindahkan data yang terbaca ke data memori D2010. Dan pada perintah MOV(021) dibawahnya, data memori D200 dibaca dan dipindahkan ke output Q:2011 sebagai hasil dari pengaturan frekuensi yang dihasilkan dan keluaran melalui Q:2011.

Kemudian di rung 1 digunakan sebagai factor perkalian data analog, dimana data analog yang terbaca pada PLC berupa data Hexa dan dikonversi menjadi data Binery yang kemudian dikonversi lagi menjadi bilangan decimal untuk memudahkan proses pengaturan frekuensi melalui unit PLC.

Dan di rung 2, perintah SET digunakan sebagai set conversion enabled bit agar mengaktifkan data memorinya. Atau dengan kata lain, mengeksekusi operan bit pada data memori agar bekerja ON. Lalu di rung 3, digunakan sebagai rangkaian untuk menghidupkan dan menghentikan motor dengan menggunakan internal relay kontak NO dan NC.

Langkah-Langkah Pengujian

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan memastikannya dalam kondisi baik.
- 2) Merangkai rangkaian pengawatan sesuai dengan gambar 10
- 3) Memeriksa ulang rangkaian apakah sudah siap untuk dilakukan pengujian.
- 4) Memberikan suplai tegangan pada inverter training kit dengan mengaktifkan MCB.
- 5) Setelah inverter mendapat tegangan AC, pada *display* inverter, akan muncul angka 00.0 dan menunjukkan bahwa inverter berada dalam posisi *stand by*.
- 6) Menekan tombol menu ke atas atau ke bawah sampai muncul huruf "Drv" pada *display* inverter lalu tekan tombol *enter*. Kemudian pilih angka 1 dan tekan tombol *enter*, dengan demikian maka kerja atau tidaknya inverter di kontrol dari luar.
- 7) Kemudian cari menu "Frq", tekan tombol *enter* lalu masukan angka 2 kemudian tekan tombol *enter* kembali. Dengan demikian frekuensi dapat diatur melalui tombol pengatur yang ada pada inverter.
- 8) Kemudian pastikan PLC juga telah mendapat suplai tegangan dan dalam posisi *stand by*. Lalu tekan *power supply switch* yang ada pada PLC, dengan demikian PLC siap untuk dioperasikan.
- 9) Lalu buka ladder diagram pada CX Programmer yang telah di program, setelah itu transfer data ke PLC.
- 10) Kemudian hidupkan motor dengan mengaktifkan *input Start* (W0.01) yang terdapat pada *ladder diagram* pada CX Programmer.
- 11) Setelah itu masukkan nilai frekuensi pada D100 di ladder diagram dengan cara mengklik

icon *Toogle Watch Window*. Kemudian mendouble klik D100, maka akan muncul Set New Value disitu. Kemudian memasukkan nilai frekuensi yang diperlukan, lalu tekan Set Value. Dengan demikian motor akan berputar dengan frekuensi yang di masukkan tadi.

- 12) Lalu mengukur besar tegangan reference input dan tegangan reference outputnya dengan menggunakan multimeter, serta kecepatan putaran motor dengan menggunakan tachometer digital yang telah di sediakan.
- 13) Kemudian memasukkan data dalam tabel pengujian.
- 14) Melakukan pengujian beberapa kali dengan frekuensi yang berbeda-beda.
- 15) Membahas data hasil pengujian yang telah di dapat.
- 16) Setelah selesai, menghentikan motor dengan cara mengaktifkan input Stop(W0.02) yang terdapat pada ladder diagram pada CX programmer

IV. ANALISIS DAN HASIL

Data-data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Dasar Sistem Kontrol Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Vrin (volt)	Vrout (volt)	f (Hz) PLC	N (rpm) pengujian	N (rpm) perhitungan
0.90	0.84	5	124.1	150
1.27	1.17	7	168.8	210
1.83	1.67	10	240	300
2.58	2.39	14	329.1	420
4.07	3.69	22	510.4	660
5.19	4.70	28	656.9	840
6.32	5.71.	34	841.9	1020
7.05	6.38	38	939.2	1140
8.74	7.05	42	1023	1260
9.30	7.89	46	1145	1380
10.23	9.24	50	1296	1500

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa, pada pengujian yang pertama saat frekuensi 5 Hz disetting ke PLC maka kecepatan putaran motor induksi sebesar 124,1 Rpm. Kemudian di dapat pula tegangan reference input sebesar 0,90 Volt dan tegangan reference output sebesar 0.84 Volt, serta frekuensi yang terbaca di inverter sebesar 5,10 Hz.

Pada saat pengujian yang ke-5, saat frekuensi 18 Hz disetting ke PLC kecepatan putaran motor induksi sebesar 432,5 Rpm. Kemudian tegangan reference input sebesar 3,33 Volt dan tegangan reference output sebesar 3,02 Volt, serta frekuensi yang terbaca di inverter sebesar 18,38 Hz.

Pada saat pengujian yang ke-10, saat frekuensi 42 Hz disetting ke PLC kecepatan putaran motor induksi sebesar 1023 rpm. Kemudian tegangan reference input sebesar 7,80 Volt dan tegangan

reference output sebesar 7,05 Volt, serta frekuensi yang terbaca di inverter sebesar 42,93 Hz.

Dan pada saat pengujian yang terakhir, saat frekuensi 60 Hz disetting ke PLC kecepatan putaran motor induksi yang didapat sebesar 1441 rpm. Kemudian tegangan reference input yang terbaca sebesar 10,95 Volt dan tegangan reference output sebesar 10,07 Volt, serta frekuensi yang terbaca di inverter sebesar 18,38 Hz. Dengan ini Tabel 2. menunjukkan bahwa semakin besar data frekuensi yang disetting ke PLC, maka kecepatan putaran motor induksi akan semakin cepat.

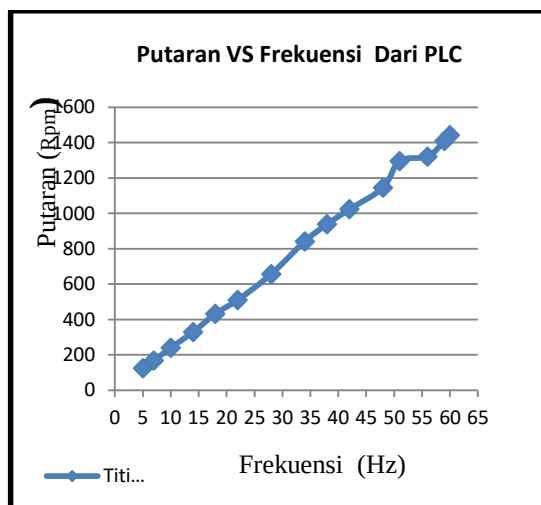
Jika dihitung menggunakan rumus pada frekuensi 50 Hz yang dimasukkan, maka putaran yang didapat sebesar :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ Rpm}$$

Menurut perhitungan didapat 1500 rpm, sedangkan pada percobaan ke saat frekuensi 50 Hz diinput putaran yang terukur sebesar 1296 rpm. Ini sangat berbeda jauh dari perhitungan, hal ini disebabkan tegangan referensi input yang seharusnya 10 volt hanya 0,9 volt

A. Perbandingan Antara Putaran Dengan Frekuensi

Grafik pada Gambar 11. menunjukkan hubungan antara frekuensi yang di input di PLC terhadap putaran motor induksi. Kurva yang nilainya linier dimana setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.

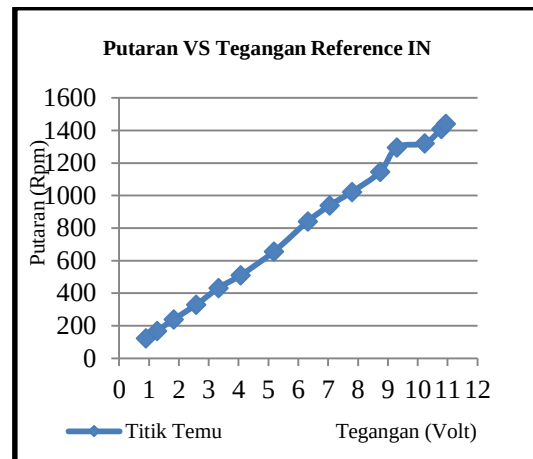


Gambar 11 . Grafik perbandingan antara putaran motor induksi dengan frekuensi yang di input di PLC

B. Perbandingan Antara Putaran Dengan Tegangan

Grafik pada Gambar 12. menunjukkan hubungan antara tegangan reference input terhadap putaran motor induksi. Kurva nilainya tetap linier di mana setiap kenaikan frekuensi

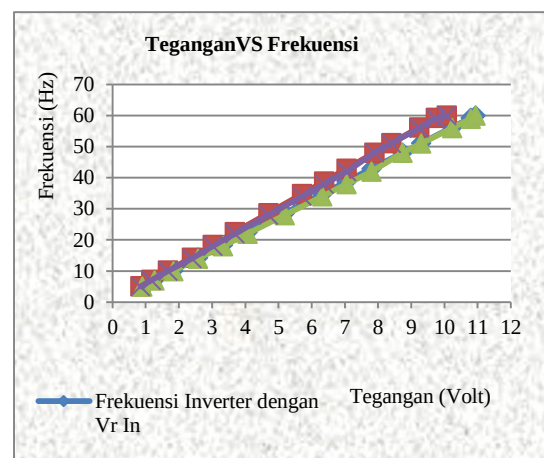
diikuti juga dengan kenaikan tegangan reference inputnya dan itu juga sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.



Gambar12. Grafik perbandingan antara putaran motor induksi dengan tegangan reference

C. Perbandingan Antara Tegangan Dengan Frekuensi Terhadap Putaran Motor Induksi

Grafik pada Gambar 13. menunjukkan hubungan antara tegangan dengan frekuensi terhadap putaran motor induksi di mana setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan tegangan dan putaran motor induksi.



Gambar 13 . Grafik perbandingan antara tegangan dengan frekuensi terhadapn putaran motor induksi

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian pada aplikasi *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. PLC dapat digunakan untuk mengontrol perubahan putaran motor induksi dengan bantuan *software CX-Programmer*, pada saat frekuensi disetting ke PLC dirubah maka kecepatan putaran motor induksi akan berubah.

2. Berdasarkan hasil penelitian bahwa ketika tegangan *referensi output* bernilai 0,9 volt maka frekuensi keluar sebesar 5 Hz dan putaran motor yang terbaca melalui encoder sebesar 150 RPM sampai pada tegangan referensi 10.23 volt dengan frekuensi terbaca sebesar 50 Hz dan putaran yang terbaca sebesar 1296 RPM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Adi Wasono, 2011, *Rancang Bangun Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Melalui Inverter*, Jurnal Ilmiah (Vol.7 No. 3 November 2011 : 401-406), Politeknik Negeri Semarang.
- [2]. Agus Darwanto, Pebri Budianto, 2009, *Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa ¼ Hp 220/380 V Menggunakan Inverter Berbasis PLC Glofa*, Majalah Ilmiah STTR Cepu.
- [3]. Heri Haryanto, 2011, *Pembuatan Modul Inverter Sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi*, Jurnal Ilmiah , Vol 4 No. 1, April 2011: 149-159.
- [4]. Hari, W.W., Bambang, S., 2004, *Aplikasi Mikrocontroller AT89C51 Sebagai Pembangkit PWM Sinusoida 1 Fasa Untuk Mengendalikan Putaran Motor Sinkron*, Jurnal Penelitian, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta
- [5]. Marappung M, 1998, *Teknik Tenaga Listrik*, Armico, Bandung.
- [6]. Muhammad H Rashid, 2006, *Elektronika Daya, Rangkaian, Devais dan Aplikasinya*, Edisi Bahasa Indonesia Jilid satu edisi kedua, PT. Prenhallindo, Jakarta.
- [7]. Z. Tharo, A.P.U. Siahaan N. Evalina, 2016, *Improvisation analysis of reaktif power saving lamps based on Inverter*, International journal of engineering and techniques, vol 2 no. 5, pp 141-145.