

Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Phasa dengan PLC Voltage

Author:

Anggara Trisna
Nugraha¹,
Rachmat Marjuki²,
Diego Ilham Yoga
Aghna¹,
Fahmi Ivannuri¹

Affiliation:

D4-Teknik Kelistrikan
Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri
Surabaya.¹
D4-Teknik Otomasi,
Politeknik Pekapalan
Negeri Surabaya.²

Corresponding email

anggaranugraha@ppns.ac.id

Histori Naskah:

Submit: 2023-05-23

Accepted: 2023-05-23

Published: 2023-05-29



*This is an Creative Commons
License This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License*

Abstrak:

Pembangkit listrik yang sering digunakan biasanya menggunakan motor induksi sebagai generatornya karena perawatannya yang tidak terlalu sulit dikarenakan Main Powernya berasal dari energi terbarukan. Namun pada motor induksi terdapat permasalahan yaitu terkadang kurang stabilnya tegangan yang dihasilkan yang dipengaruhi oleh beban yang ada, oleh karena itu tujuan paper ini adalah menemukan bagaimana cara menstabilkan tegangan pada generator induksi 3 phasa menggunakan kontrol PLC. Untuk menstabilkan genreator tersebut digunakan Inverter satu fasa dan frekuensi 50 Hz untuk mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa. Untuk kontrol tegangan generator 3 fasa akan dilakukan menggunakan rangkaian inverter. Inverter digunakan untuk mengontrol daya yang masuk yaitu AC 3 fasa ataupun AC 1 fasa agar frekuensi dapat dikontrol. PLC diagram dibuat menggunakan CX-Programmer yang digunakan sebagai pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa melalui inverter. Frekuensi yang dapat dikontrol mulai dari 5 Hz sampai 60 Hz dan putaran yang dihasilkan 124 rpm sampai dengan 1441 rpm. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah percobaan dengan menggunakan ladder diagram yang di terapkan pada PLC Omron dan melakukan pengukuran langsung dengan menggunakan alat ukur tachometer dan multi meter. Pada saat pengujian yang terakhir, saat frekuensi 60 Hz disetting ke PLC kecepatan putaran motor induksi yang didapat sebesar 1441 rpm. Jika dihitung menggunakan rumus pada frekuensi 50 Hz yang dimasukkan, maka putaran yang didapat sebesar 1500 rpm. Berdasarkan pengujian pada aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pengendali kecepatan motor yang terbaca melalui encoder sebesar 150 RPM sampai pada tegangan referensi 10,23 volt. PLC dapat digunakan untuk mengontrol perubahan putaran motor induksi dengan bantuan software CX-Programmer, pada saat frekuensi disetting ke PLC.

Kata kunci: Generator, Motor Induksi, PLC

Pendahuluan

Industri pada zaman ini sudah merupakan industri yang maju dari yang berskala kecil hingga yang besar. Dalam mengimbangi kemajuan tersebut dibutuhkan sistem dan peralatan yang memiliki efektifitas yang tinggi untuk meningkatkan profitabilitas [1]. Pada industri yang sedang berjalan kebanyakan menggunakan alat yang bertenaga listrik, salah satunya motor listrik. Dan motor listrik induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, yang disebabkan banyaknya keuntungan penggunaannya. Namun pengaturan kecepatan dan torsi motor relatif kurang stabil. Sehingga diperlukan kontrol yang dapat menstabilkan generator [2].

Pada generator dapat dipasang beban yang berbeda beda sehingga kecepatan motor dapat diatur namun cara itu kurang efektif. Pengendalian kecepatan motor dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya

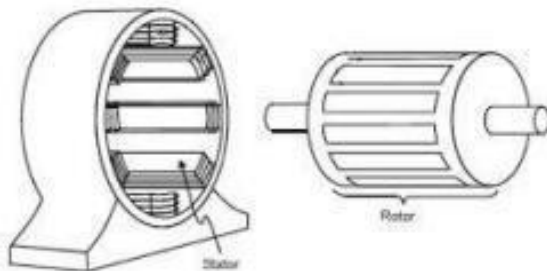
yaitu dengan mengubah jumlah pasangan kutub dan pengaturan frekuensi [3]. Kontrol generator menggunakan frekuensi dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan PLC. Cara pengaturan kecepatan ini paling mudah dan efektif apabila dibandingkan dengan yang lain, terutama untuk motor induksi. Pengaturan putaran motor dengan peralatan pendukung yang telah tersedia di pasaran akan mempermudah untuk merangkai sesuai dengan program yang direncanakan [4]. Oleh karena itu pengaturan kecepatan putaran motor induksi 3 fasa dengan menggunakan PLC Omron Tipe CJ1M diharapkan mampu mengatur kecepatan pada motor induksi. Sistem kendali ini diharapkan bisa mengontrol secara efektif dan pengoperasianya dapat dilakukan secara langsung [5].

Studi Literatur

2.1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Pada dasarnya, motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan saat keadaan tidak berbeban (zero/no-load) maupun beban penuh (full-load). Kecepatan motor induksi 3 fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Namun sekarang untuk pengontrolannya dapat menggunakan alat pengontrol frekuensi [6].

Konstruksi motor induksi pada dasarnya terdiri dari stator dan rotor. Stator merupakan bagian motor pasif yang terdiri atas badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar dan terdiri atas rotor sangkar, poros rotor. Pada motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator. Stator dan rotor tidak bersentuhan secara langsung yang dipisahkan oleh gap kecil sehingga tidak perlu pelumas untuk mencegah gesekan. Konstruksi motor induksi lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan sikat arang sehingga pemeliharaan motor induksi hanya bagian mekanik saja [7].



Gambar 2.1 Motor Induksi 3 Fasa

2.2 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 [8].

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 [9].

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

2.3 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 [10].

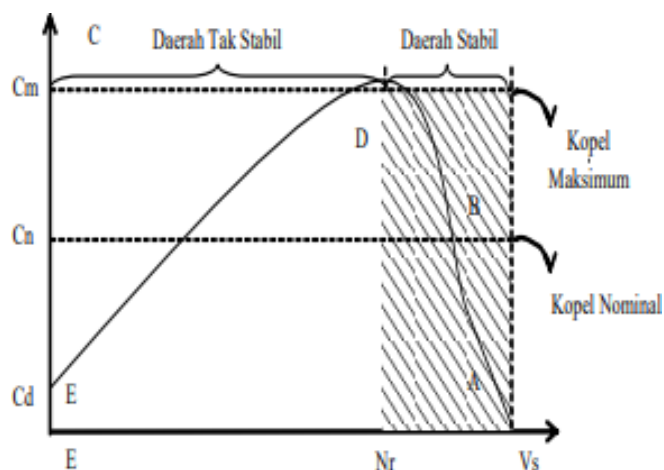
$$\eta = \frac{W_{mekanik}}{W_{listrik}}$$

Di mana:

η = efisiensi

W mekanik = daya mekanik (watt)

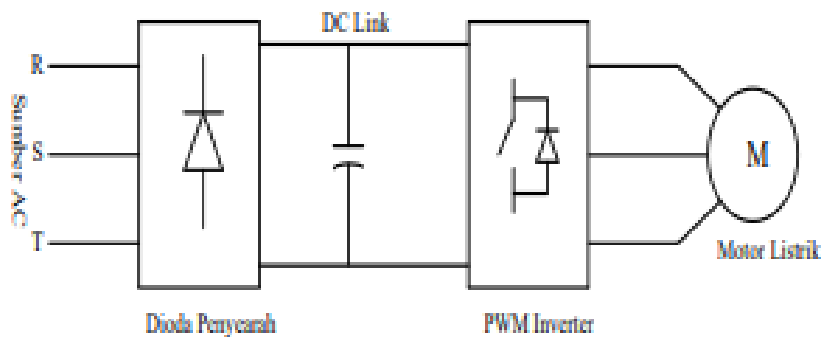
W listrik = daya listrik (watt)



Gambar 2.2 Grafik kopel sebagai fungsi dari daya dan kecepatan

2.3 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 [11].

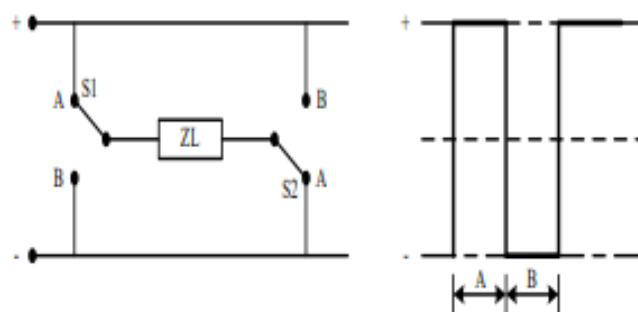


Gambar 2.3 Bagian utama inverter

Konsep 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 [12].

2.4 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 [13].



Gambar 2.4 Struktur inverter sederhana

Bila kedudukan S1 dan S2 pada A, beban ZL 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 konfigurasinya inverter dapat di bedakan menjadi 2 jenis yaitu inverter satu phasa jembatan setengah dan inverter satu phasa jembatan penuh. Sedangkan berdasarkan jumlah phasanya, inverter dapat dibedakan atas 2 jenis juga yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga phasa. Berdasarkan pengaturan tegangan dan frekuensinya, inverter terbagi atas dua jenis antara lain :

- a. Inverter Constant Voltage Constant Frequency (CVCF) yaitu inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang konstan.
- b. 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 phasa 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 [14].

2.5 Pengendalian Tegangan Inverter

Dalam aplikasi yang sering digunakan didunia industri sering digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Untuk mengendalikan tegangan luaran inverter digunakan sistem PWM (Pulse Width Modulation). Pada PWM beberapa pulsa hidup mati dihasilkan dalam satu siklus dan lamanya juga beragam unuk 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 mengaluskan 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 [15].

2.6 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.

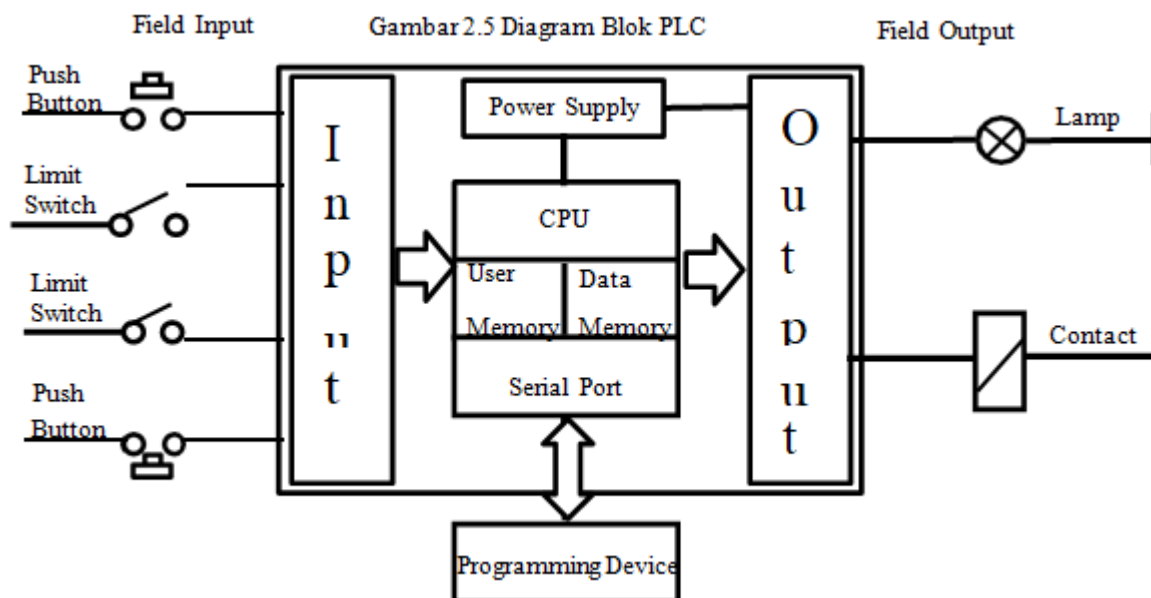
2.7 PLC (Programmable Logic Control)

PLC diperkenalkan pertama kali pada tahun 1969 oleh Modicon (sekarang bagian dari Gould Electronics) for General Motors Hydermatic 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

2.8 Prinsip Kerja PLC

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

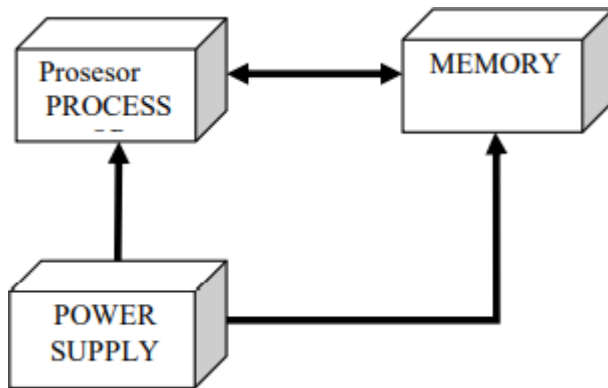
1. Central Processing Unit (CPU)
2. Sistem antarmuka input/ output.



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



Gambar 2.6 Blok diagram CPU pada PLC

4. 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.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah percobaan dengan menggunakan ladder diagram yang diterapkan pada PLC Omron dan melakukan pengukuran langsung dengan menggunakan alat ukur tachometer dan multi meter.

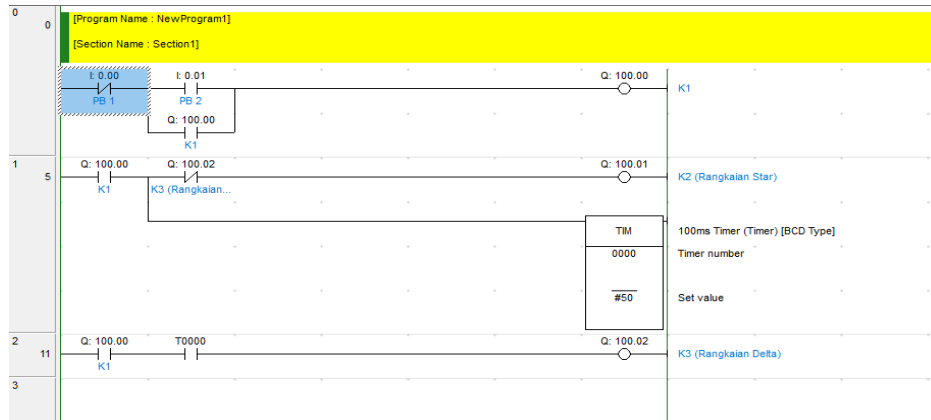
3.1 Alat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Laptop HP Windows 7 32 bit, Prosesor 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

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini adalah :



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows

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

3.3 Perancangan Alat

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

3.3.1 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

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak berupa pemrograman yang membuat sistem dapat bekerja sesuai dengan cara kerja alat.

3.3.3 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.

Gambar 3.1 Ladder diagram pengaturan kecepatan putaran motor

Pada Gambar 3.1. di ruang 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 dikeluarkan 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

Hasil

Data-data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.

V _{rin} (Volt)	V _{rout} (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:

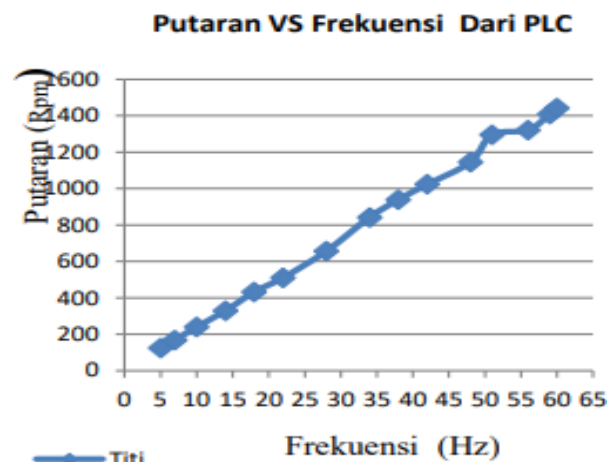
$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} - \frac{120 \cdot 50}{4} = 1500 \text{ Rpm}$$

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

Pembahasan

Perbandingan Antara Putaran Dengan Frekuensi

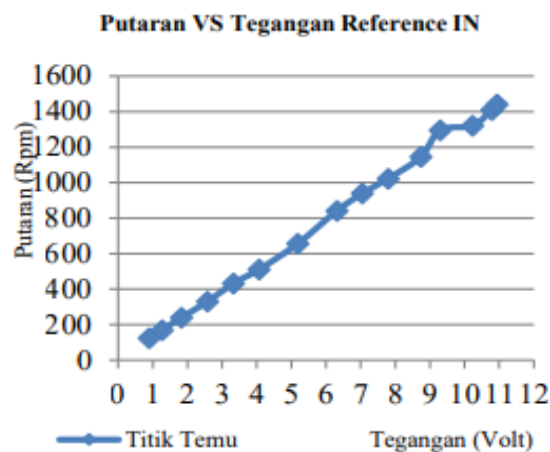
Grafik pada Gambar 4.1. menunjukkan hubungan antara frekuensi yang di input di PLC terhadap putaran motor induksi. Kurva yang nilainya linier dimana setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.



Gambar Grafik 4.1 perbandingan antara putaran motor induksi dengan frekuensi yang

Perbandingan Antara Putaran Dengan Tegangan

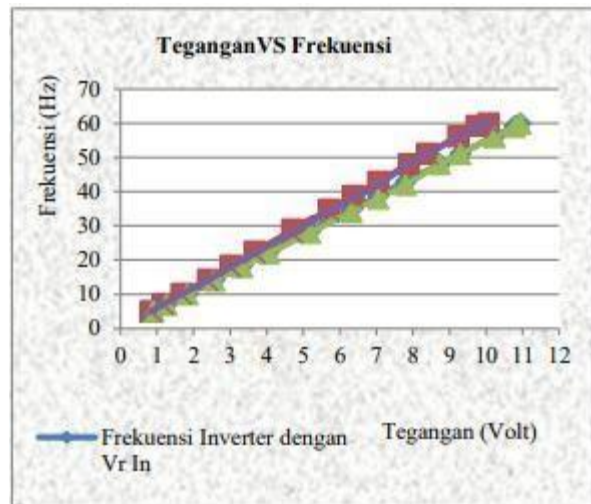
Grafik pada Gambar 4.2. menunjukkan hubungan antara tegangan reference input terhadap putaran motor induksi. Kurva nilainya tetap linier di mana setiap kenaikan frekuensi diikuti juga dengan kenaikan tegangan reference inputnya dan itu juga sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.



Gambar Grafik 4.2 Perbandingan antara putaran motor induksi dengan tegangan

Perbandingan Antara Tegangan Dengan Frekuensi Terhadap Putaran Motor Induksi

Grafik pada Gambar 4.3. menunjukkan hubungan antara tegangan dengan frekuensi terhadap putaran motor induksi di mana setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan tegangan dan putaran motor induksi.



Gambar Grafik 4.3 Perbandingan antara tegangan dengan frekuensi terhadap putaran

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.

Referensi

- 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.
- Agus Darwanto, Pebri Budiarto, 2009, Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa ¼ Hp 220/380 V Menggunakan Inverter Berbasis PLC Glofa, Majalah Ilmiah STTR Cepu.
- Heri Haryanto, 2011, Pembuatan Modul Inverter Sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi, Jurnal Ilmiah, Vol 4 No. 1, April 2011: 149-159.
- 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, Yogyakarta
- Marappung M, 1998, Teknik Tenaga Listrik, Armico, Bandung.
- Muhammad H Rashid, 2006, Elektronika Daya, Rangkaian, Devais dan Aplikasinya, Edisi Bahasa Indonesia Jilid satu edisi kedua, PT. Prenhallindo, Jakarta.

-
- 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
- Ardiansyah, Heri, 2012, Studi Regulasi Output Generator Induksi Dengan Voltage Source Inverter, Surabaya: FTI. Institute Teknologi Sepuluh November.
- Dirgantara, Afiat. 2010, Analisis Dan Simulasi Pengaturan Tegangan Generator induksi Berpenguat Sendiri Dengan Menggunakan Konverter AC-DC-AC Pada Sifat Beban Yang Berbeda, Skripsi. FT.UI. Depok. ISSN : 2598 – 1099 (Online) ISSN : 2502 – 3624 (Cetak) Said Abubakar, Supri Hardi, Sistem Pengemдали 26 *Journal of Electrical Technology*, Vol. 2, No. 3, Oktobert 2017
- Darjad, dkk., 2008, Aplikasi Kontrol Proporsional Integral Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Untuk Pengaturan Suhu Pada Alat Pengering Kertas, Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen. Depok: Universitas Gunadarma.
- Hardi, Supri. dkk. 2015, Rancang Bangun Thyristor Controlled Reaktor (TCR) sebagai penstabil tegangan dan peredam harmonisa aplikasi pada generator induksi Pembangkit Mikrohidro. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Hardi, Supri. 2015, Instrumentasi, Buku Ajar. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Harahap, R., 2016, Motor Induksi, repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/55591/4/Chapter%20II.pdf. Diakses 23 Desember 2016
- Frank D. Petruzela (The McGraw-Hill Companies, Inc) (2001).Sistem distribusi daya, mencakup operasi dan aplikasi transformer, distribusi-in-plant.Alat kendali industrial, mencakup saklar yang dioperasikan secara manual dan mekanis, transducer dan sensor, aktuator.
- HartonoFandy (2016).Pengaturan Kecepatan Dan Posisi Motor AC 3 Fasa Menggunakan DT AVR Low Cost Micro System. *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Shiddiq, Muhammad Jafar, Moch Fadhil Ramadhan, and Anggara Trisna Nugraha. "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI BAYU KINCIR SAVONIUS GUNA MEWUJUDKAN PEMANFAATAN RENEWABLE ENERGY PADA JEMBATAN SURAMADU." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- Zakariz, Naufal Praska, Joessianto Eko Poetro, and Anggara Trisna Nugraha. "PENGARUH VARIASI INLET NOTCH TERHADAP KECEPATAN DAN DAYA YANG DAPAT TERBANGKITKAN DARI GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- Tiwana, Mayda Zita Aliem, Adiando Adiando, and Anggara Trisna Nugraha. "PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN ALARM BERBASIS LOGIC PANEL DAN KOMUNIKASI MODBUS." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- Ramadhan, Moch Fadhil, Muhammad Jafar Shiddiq, and Anggara Trisna Nugraha. "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI SURYA UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK JEMBATAN SURAMADU GUNA MEWUJUDKAN TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.