

VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) SEBAGAI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI

Prastyono Eko Pambudi^{1*}, Muhammad Suyanto², Beny Firman³, Oding Dede Saifilla⁴
^{1,2,3} Universitas AKPRIND Indonesia, *Penulis Koresponden
e-mail:¹prastyono@akprind.ac.id, ²myanto@akprind.ac.id, ³benyfirman@akprind.ac.id

ABSTRACT

The use of three-phase induction motors is very massive in industry. The application of control systems has experienced rapid development to support current industrial automation. Based on this, skills in mastering the control system are deemed necessary. The aim of making a 3-phase induction motor control module in this research is to be able to control the speed of a 3-phase induction motor automatically and manually at the desired speed by setting frequency parameters on the VSD and controlling the VSD by the PLC. PLC is used as VSD control. While the motor is controlled by the VSD output. This research focuses on PLC. PLC is a tool that is programmed to control the work of the motor control module. In this training module, the VSD has set speed parameters first so that the PLC can regulate the course of motor speed variations. The operation of this module tool has two operating systems, namely automatic and manual with eight controllable speed variations. Automatic mode uses the timer function and counter function in manual mode using ladder diagram programming with ecostructure machine basic-expert software. At the lowest frequency value of 2 Hz, it produces a voltage output of 30 VAC and a speed of 110 Rpm. Meanwhile, the highest frequency value of 50 Hz produces a voltage output of 227 VAC and a speed of 2991 Rpm

Keywords: Induction motor 3 phase, VSD, PLC

INTISARI

Penggunaan motor induksi tiga fasa sangat masif digunakan pada industri. Penerapan sistem kendali telah mengalami perkembangan yang pesat untuk mendukung otomasi industri yang berlangsung saat ini. Berdasarkan hal tersebut keterampilan dalam penguasaan sistem kendali dirasa perlu. Tujuan pembuatan modul kendali motor induksi 3 fasa pada penelitian ini untuk dapat mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa secara otomatis dan manual dengan kecepatan yang diinginkan melalui setting parameter frekuensi pada VSD dan kontrol VSD oleh PLC. PLC digunakan sebagai kontrol VSD. Sementara motor dikontrol oleh keluaran VSD. PLC adalah sebuah alat yang diprogram untuk mengatur kontrol kerja dari modul kontrol motor. Pada modul latihan ini VSD telah dilakukan setting parameter kecepatan terlebih dahulu sehingga PLC dapat mengatur jalannya variasi kecepatan motor. Pengoperasian alat modul ini memiliki dua sistem operasi yaitu otomatis dan manual dengan delapan variasi kecepatan yang dapat dikendalikan. Mode otomatis menggunakan fungsi timer dan fungsi counter pada mode manual menggunakan pemrograman ladder diagram dengan software ecostruxure machine basic-expert. Pada nilai frekuensi paling kecil 2 Hz menghasilkan output tegangan 30 VAC dan kecepatan 110 Rpm. Sementara nilai frekuensi tertinggi 50 Hz menghasilkan output tegangan 227 VAC dan kecepatan 2991 Rpm.

Kata Kunci: Motor induksi 3 fasa, VSD, PLC

1. PENDAHULUAN

Dalam kemajuan teknologi, kontrol otomatis pada motor induksi 3 fasa memiliki peranan yang sangat penting untuk mendukung proses industri. Teori dan praktek kontrol otomatis mengalami kemajuan yang pesat sehingga memberikan kemudahan dalam melakukan suatu kinerja industri. Seperti pekerjaan rutin yang teralihkan oleh sistem kerja otomatis, kualitas produksi semakin meningkat, dan mempercepat laju produksi. Berdasarkan hal tersebut keterampilan dalam penguasaan sistem kendali dirasa perlu. Tujuan pembuatan modul kendali motor induksi 3 fasa pada penelitian adalah untuk mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa secara otomatis dan manual dengan kecepatan yang diinginkan melalui setting parameter frekuensi pada VSD dan kontrol VSD oleh PLC. Dalam penelitian adalah untuk merealisasikan sebuah sistem kendali delapan kecepatan motor induksi tiga fasa dalam bentuk modul kendali. Modul kendali digunakan perangkat PLC dan kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan perangkat VSD. Modul kendali motor induksi tiga fasa ini membutuhkan beberapa komponen yaitu PLC, VSD, dan motor induksi tiga fasa. Semua komponen dirakit sedemikian rupa dan bekerja sesuai dengan perintah pemrograman serta komunikasi data sehingga modul kendali motor induksi tiga fasa ini dapat bekerja sesuai dengan deskripsi kerja alat yang diinginkan yaitu dapat mengoperasikan motor induksi tiga fasa dengan delapan variasi kecepatan. Pengoperasian motor induksi 3 fasa dapat dioperasikan secara otomatis dan secara manual dengan memanfaatkan tombol *push button* sebagai instruksi kerja alat.

Programmable logic controller merupakan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pusat kontrol atau kendali dengan pemrograman yang dilakukan didalamnya menggunakan bahasa *ladder*. PLC dapat melakukan fungsi-fungsi kontrol yang kompleks dengan salah satunya pemanfaatan digital input dan digital output pada PLC untuk melakukan kendali pada alat yang dikendalikan. *Variable speed drive* merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengendalikan proses kerja motor meliputi arah putar dan ragam kecepatan motor dengan mengubah frekuensi dan tegangan dengan melakukan pengaturan pada VSD.

2. METODOLOGI PENELITIAN

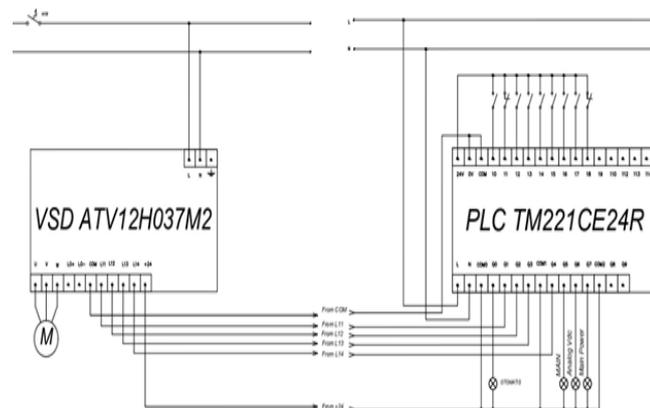
2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah jenis metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian empiris eksperimental. Metode empiris eksperimental yaitu dengan merancang alat dan melakukan pengujiannya secara nyata, sehingga data diperoleh secara langsung dari alat hasil perancangan.

2.2 Perancangan Sistem

Untuk mendapatkan rancangan modul pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa dilakukan beberapa tahap perancangan sistem meliputi:

1. Merencanakan tata letak perangkat PLC TM221CE24R, VSD ATV12, dan komponen pendukung lainnya kedalam box panel listrik.
2. Melakukan *wiring* menggunakan kabel NYAF menghubungkan perangkat satu sama lain.
3. Mengatur VSD sesuai dengan deskripsi kerja alat yang diinginkan meliputi pengaturan, konfigurasi VSD terhadap motor, delapan *speed* kontrol, pengaturan frekuensi setiap kecepatan, dan konfigurasi terhadap PLC.
4. Membuat program PLC menggunakan *Ecostruxure machine expert-basic* sesuai dengan deskripsi kerja alat.
5. Melakukan konfigurasi antara PLC dan VSD untuk memastikan keduanya dapat terkoneksi dan bekerja sesuai dengan deskripsi kerja alat yang diinginkan.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Pembuatan *mapping* I/O sebelum membuat *ladder* program pada *software EcoStruxure Machine Expert-Basic* bertujuan untuk memudahkan dalam proses melakukan perancangan program serta mengetahui alokasi ketersediaan *input* dan *output* pada perangkat PLC dan juga agar proses pembuatan program dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Adapun *mapping input logic* dan *output logic* disajikan pada tabel 1 dan tabel 2 dimana setiap *input* diperuntukkan untuk tombol *push button* dan *output* untuk lampu indikator serta *logic input* untuk VSD.

Tabel 1. Mapping I/O input PLC

No	Input	Alamat PLC	Fungsi
1	PB_on otomatis	%I0.0	Mode otomatis
2	PB_Off	%I0.1	Menghentikan proses kerja alat
3	PB_on manual	%I0.2	Model manual

4	PB_speed up	%I0.3	Menaikkan kekecepatan
5	PB_speed down	%I0.4	Menurunkan kekecepatan
6	PB_reset	%I0.5	Merest counter
7	PB_on analog input Vdc	%I0.6	Power kendali mode analog input Vdc
8	PB_on	%I0.7	Power utama
9	PB_off	%I0.8	Mematikan power utama (sistem)

Tabel 2. Mapping I/O Output PLC

No	Output	Alamat PLC	Fungsi
1	Indikator auto	%Q0.0	Lampu indikator sistem otomatis
2	LI1	%Q0.1	Masukan LI1 pada VSD
3	LI2	%Q0.2	Masukan LI2 pada VSD
4	LI3	%Q0.3	Masukan LI3 pada VSD
5	LI4	%Q0.4	Masukan LI4 pada VSD
6	Indikator manual	%Q0.5	Lampu indikator mode manual
7	Indikator analog input Vdc	%Q0.6	Lampu indikator mode analog input Vdc
8	Indikator power utama	%Q0.7	Lampu indikator power utama

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan menguji sistem agar dapat bekerja sesuai seperti deskripsi kerja alat yang sudah direncanakan. Adapun pengujiannya meliputi:

1. Pengujian sistem kendali dengan cara menekan push button untuk mengoperasikan mode otomatis, manual, dan analog input Vdc. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan seperti semestinya atau tidak.
2. Pengujian sistem komunikasi PLC dengan software ecostuxure macine expert – basic. Dengan cara melakukan commisioning PLC melalui software yang dijalankan pada PC. Saat menjalankan simulasi ini pengujian dilakukan dengan cara mengaktifkan kontak normaly close dan normaly open pada simulasi program untuk mengetahui apakah komunikasi PLC dapat berkerja atau tidak.
3. Pengujian konfigurasi antara PLC dan VSD dengan mengamati proses kerja alat. Jika motor bekerja sesuai deskripsi kerja alat maka konfigurasi PLC dengan VSD sudah benar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

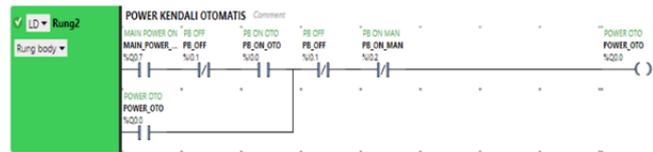
3.1 Pengujian Sistem Program PLC Kerja Motor Saat Mode Otomatis

Pengujian, dilakukan melalui pengamatan nilai frekuensi kerja motor pada layar VSD. PLC akan mengirimkan keluaran sinyal *logic* ke *input logic* LI1, LI2, LI3, dan LI4. Sinyal masukan dari PLC ke VSD akan bekerja dengan mengatur nilai frekuensi yang telah diatur untuk mengoperasikan motor. Jika motor dapat beroperasi sesuai deskripsi kerja alat maka konfigurasi PLC ke VSD dan sistem sudah benar. Ditunjukkan dengan motor akan berputar dengan kecepatan satu bertahap sesuai dengan waktu yang telah diatur dalam beberapa detik hingga kecepatan delapan dan akan berlangsung secara berulang.



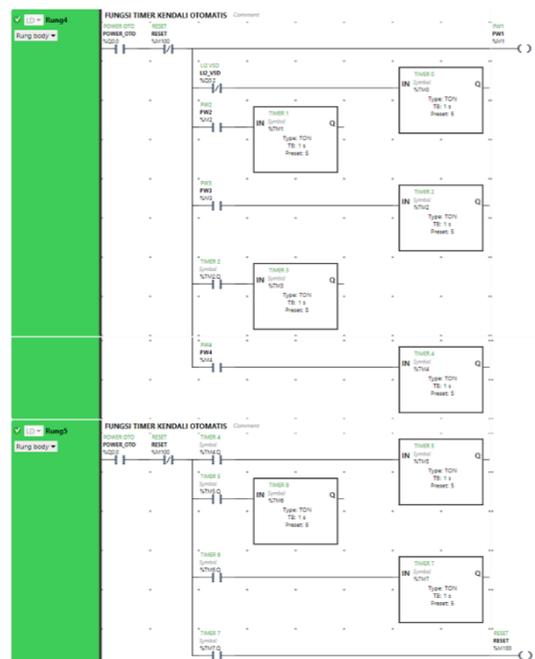
Gambar 2. Diagram Ladder pada Rung 0

Diagram *ladder* pada rung 0 merupakan *main power* untuk memberikan *power standby* pada mode otomatis, manual, dan *analog input*. Alamat *address* untuk mengaktifkan power sistem ini dengan mengaktifkan %I0.7 yang mewakili *push button start*. Alamat *address* %Q0.7 merupakan output *main power*.



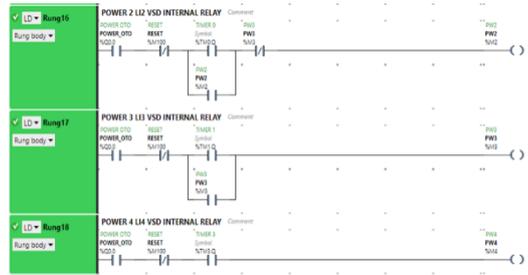
Gambar 3. Power Kendali Mode Otomatis

Diagram *ladder* pada rung 2 merupakan power kendali otomatis dengan alamat *address* %I0.0 yang mewakili selector switch otomatis. Alamat *address* %Q0.0 merupakan output power kendali otomatis yang dihubungkan pada lampu indikator mode otomatis.



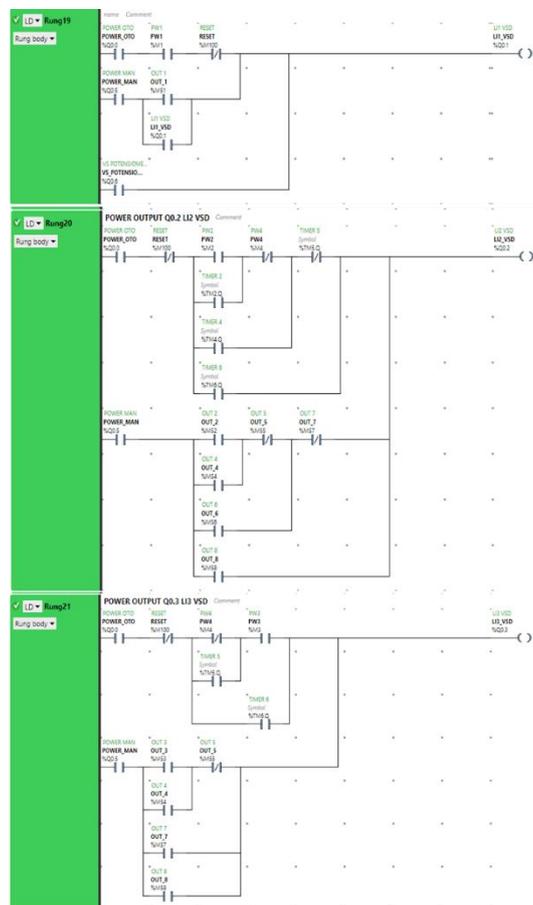
Gambar 4. Fungsi Timer Kendali Otomatis

Diagram *ladder* pada rung 4 dan 5 merupakan fungsi timer untuk kendali otomatis. Terdapat delapan *timer on delay* dengan alamat *address* %TM0, %TM1, %TM2, %TM3, %TM4, %TM5, %TM6, dan %TM7 dengan pengaturan nilai preset 5 detik untuk mengatur kendali delapan kecepatan motor yang aktif secara bergantian selang waktu 5 detik. Input %Q0.0 akan mengaktifkan internal relai %M1 dan menjalankan keseluruhan fungsi *timer* secara bertahap. Internal relai %M1 akan mengaktifkan keluaran %Q0.1 sebagai input logic LI1 pada VSD.



Gambar 5. Output Internal Relai Mode

Diagram ladder pada rung 16, 17, dan 18 merupakan *output* yang memanfaatkan internal relai dengan alamat *address* %M2, %M3, dan %M4. *Output internal relay* ini digunakan untuk memberikan masukan pada keluaran %Q0.1, %Q0.2, dan %Q0.3 yang secara berurutan sebagai masukan untuk *logic input* LI2, LI3, dan LI4 pada *variable speed drive*. *Output internal relay* digunakan untuk pengoperasian kontak NO dan NC pada output %Q0.1 - %Q0.3. Pemanfaatan *internal relay* juga menghemat alokasi kontak NO dan NC pada output %Q0.1 - %Q0.3 agar *ladder* tidak penuh.



Gambar 6. Output Logic Input VSD

Diagram ladder pada rung 19-22 merupakan *output* yang terhubung ke *logic input* VSD dengan alamat *address*: %Q0.1 ke *logic input* LI1 VSD, %Q0.2 ke *logic input* LI2 VSD, %Q0.3 ke *logic input* LI3 VSD dan %Q0.4 ke *logic input* LI4 VSD. Output %Q0.1 - %Q0.4 memberikan sinyal keluaran ke VSD berdasarkan kontak NO dan NC yang telah diatur penempatannya pada *ladder* untuk memperoleh kendali on off pada output %Q0.1-%Q0.4. Kontak NO NC pada rung 19-22 merupakan keluaran dari fungsi timer dan output internal relai.

Berikut data hasil pengujian mode otomatis disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Mode Otomatis

Mode Otomatis												
No	Hz	LI1 (Q0.1)	LI2 (Q0.2)	LI3 (Q0.3)	LI4 (Q0.4)	Ns Rpm	Nr Rpm	Slip	Tegangan Output Vac			
									U-V	U-W	V-W	
1	2	1	0	0	0	120	115	0.04167	30	31	32	
2	15	1	2	0	0	900	895	0.00556	75,7	75,8	75,9	
3	20	1	0	1	0	1200	1197	0.0025	97,6	97,7	97,8	
4	25	1	1	1	0	1500	1499	0.00067	119,5	119,6	119,7	
5	30	1	0	0	1	1800	1797	0.00167	150,7	150,8	150,9	
6	35	1	1	0	1	2100	2095	0.00238	170,2	170,3	170,4	
7	40	1	0	1	1	2400	2395	0.00208	190	190	190	
8	50	1	1	1	1	3000	2992	0.00267	227	227	227	

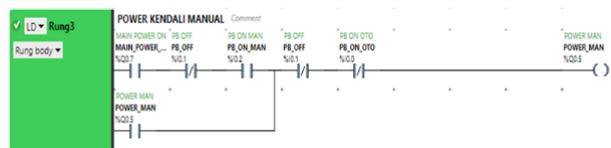
Dari pengujian mode otomatis diperoleh data yang telah ditulis dan ditunjukkan pada Tabel 3. Pada tabel tersebut terdapat beberapa data sebagai berikut:

- Informasi *logic* input VSD yang aktif pada setiap kecepatan motor
- Nilai NS yang diperoleh dari hasil perhitungan.
- Nilai NR dan VAC yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung.
- Nilai persentase slip motor yang diperoleh dari hasil perhitungan.

Nilai aktual (Nr) kecepatan rotor yang diukur menggunakan *tachometer* pada mode otomatis tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan jika dibandingkan dengan nilai kecepatan stator dari hasil perhitungan (Ns).

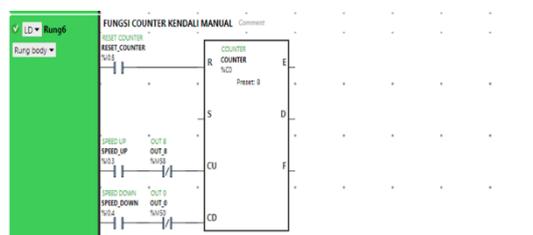
3.2 Pengujian Sistem Program PLC Kerja Motor Saat Mode Manual

Saat pengujian, dilakukan pengamatan nilai frekuensi kerja motor pada layar VSD. PLC akan mengirimkan keluaran sinyal *logic* ke *input logic* LI1, LI2, LI3, dan LI4. Sinyal masukan dari PLC ke VSD akan bekerja dengan mengatur nilai frekuensi yang telah diatur untuk mengoperasikan motor. Jika motor dapat beroperasi sesuai deskripsi kerja alat maka konfigurasi PLC ke VSD dan sistem sudah benar. Ditunjukkan dengan motor akan bekerja ketika tombol *push button up* dan *push button down* ditekan. Nilai kecepatan motor sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh *push button up* dan *push button down*.



Gambar 7. Power Kendali Mode Manual

Diagram ladder pada rung 3 pada Gambar 7, merupakan power kendali mode manual dengan alamat address %I0.2 merupakan selector switch manual. Alamat address %Q0.5 output power kendali manual pada lampu indikator mode manual. Power pada alamat address %I0.2 disuplai oleh main power dengan alamat address %Q0.7.



Gambar 8. Fungsi Counter pada Mode Kendali Manual

Ketika *push button speed up* dan *speed down* ditekan maka motor akan berputar sesuai dengan nilai level *speed* yang tampil pada *counter*. Preset 8 merupakan jumlah *speed* pada VSD dimana setiap nilai 1 sampai 8 memiliki nilai frekuensi masing-masing yang telah dilakukan pengaturan pada VSD. Nilai *counter* dibatasi oleh kontak NC %M50 dan %M58 sehingga *push button speed up* dan *speed down* dibatasi agar tidak bisa memberikan masukan pada *counter* dengan nilai lebih kecil dari 0 dan lebih besar dari 8.



Gambar 9. Output Internal Relai Mode Manual

Diagram ladder pada rung 7-15 merupakan *output* yang memanfaatkan internal relai dengan alamat *address* seperti ditunjukkan pada *Output internal relay* ini digunakan untuk memberikan masukan pada keluaran %Q0.1, %Q0.2, dan %Q0.3 yang secara berurutan merupakan *logic input* LI2, LI3, dan LI4 pada VSD. *Output* internal relai digunakan untuk pengoperasian kontak NO dan NC. Berikut data hasil pengujian mode manual disajikan pada Tabel 4.

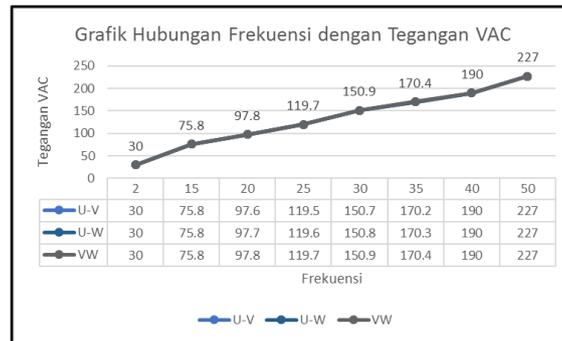
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Mode Manual

Mode Manual											
No	Hz	LI1 (Q0.1)	LI2 (Q0.2)	LI3 (Q0.3)	LI4 (Q0.4)	Ns Rpm	Nr Rpm	Slip	Tegangan Output Vac		
									U-V	U-W	V-W
1	2	1	0	0	0	120	110	0.08333	30	30,3	32
2	15	1	2	0	0	900	899	0.00111	75,6	75,7	75,9
3	20	1	0	1	0	1200	1199	0.00083	97,6	97,7	97,8
4	25	1	1	1	0	1500	1498	0.00133	119,5	119,1	119,7
5	30	1	0	0	1	1800	1796	0.00222	150,7	150,6	150,9
6	35	1	1	0	1	2100	2094	0.00286	170,2	170,3	170,4
7	40	1	0	1	1	2400	2393	0.00292	190	190,7	190,3
8	50	1	1	1	1	3000	2991	0.003	227	226	227

Dari pengujian mode maual diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 4. Pada tabel tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Informasi *logic input* VSD yang aktif pada setiap kecepatan motor
- Nilai NS yang diperoleh dari hasil perhitungan.
- Nilai NR dan VAC yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung.
- Nilai persentase slip motor yang diperoleh dari hasil perhitungan.

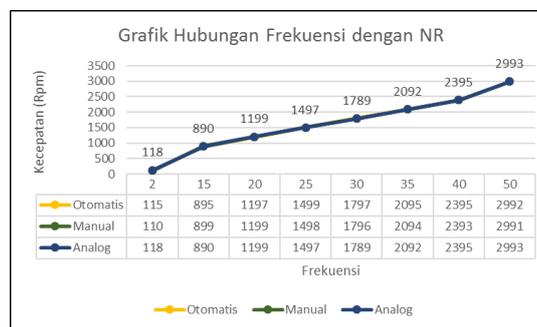
3.3 Hubungan antara Frekuensi dengan Tegangan Vac



Gambar 10. Grafik Hubungan Frekuensi dengan Tegangan AC

Pada Gambar 10 menunjukkan semakin besar frekuensi maka tegangan keluaran AC akan semakin besar.

3.4 Hubungan antara Frekuensi dengan Kecepatan Rotor



Gambar 11. Grafik Hubungan Frekuensi dengan NR

Dari bentuk grafik di atas menunjukkan hubungan linier antara nilai frekuensi dengan kecepatan rotor dimana semakin tinggi nilai frekuensi maka kecepatan rotor semakin tinggi.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian *Variable Speed Drive (VSD)* sebagai pengendalian kecepatan motor induksi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kendali kecepatan motor induksi 3 fasa delapan speed mode otomatis menggunakan fungsi timer dan pada mode manual menggunakan fungsi *counter* pada pemrograman *ladder* diagram dengan *software ecostruxure machine basic-expert*.
2. Modul kontrol delapan kecepatan dilengkapi dengan sistem *close loop* untuk mengendalikan kecepatan motor pada nilai kecepatan setting dari variasi perubahan beban yang diberikan oleh *prony brake*.
3. Pada nilai frekuensi paling kecil 2 Hz menghasilkan *output* tegangan 30 VAC dan kecepatan 110 RPM. Sementara nilai frekuensi tertinggi 50 Hz menghasilkan *output* tegangan 227 VAC dan kecepatan 2991 RPM.
4. Nilai kecepatan motor dipengaruhi oleh frekuensi, semakin besar frekuensi yang diberikan mengakibatkan nilai tegangan VAC ke motor dan nilai kecepatan motor akan naik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mitra dan rekan-rekan penelitian, yang telah membantu dalam proses penulisan. dan kesuksesan penelitian. Kami berharap pada penelitian selanjutnya, semoga kita masih dapat bekerja sama dalam hal penelitian sistem kontrol terutama sistem pengendalian sistem kelistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. M. (2022). *Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Pada Kipas Sentrifugal di PT. Kimia Farma TBK. Plant Semarang*. Semarang.
- Alima, S. N., Fauziah, M., & Dewatama, D. (2020). PI Controller Untuk Mengatur Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa.
- Atmam, Tanjung, A., & Zulfahri. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri.*, 52-59.

- Belinda, D., Siswoyo, & Setiadi, B. (2022). Rancang Bangun Dynamometer Model Prony Brake untuk Alat Uji Motor Listrik. 269.
- lectric, S. (2023). *Modicon M221 Logic Controller User Guide*.
- Fikri, Ariyasha, T., & Azriyenni. (2021). Analisis Ekonomis Penggunaan Variable Speed Drive Sebagai Pengendali Motor Induksi 3 Fasa. *Jom FTEKNIK*, 8.
- Firman, B., Handajadi, W., & Maulana, S. (2021). Sistem Pengendalian Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Programable Logic Control & Variable Speed Drive Berpenampil Human Machine Interface.
- Firnando, V., Prismar, & Hamri, S. (2022). Analisis Perubahan Beban Terhadap Arus Listrik Pada Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kendali VSD di Laboratorium Centre Of Excellence SMK Negeri 1 Rejang Lebong. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 2.
- Kusnadi. (2020). *Modul Pembelajaran PLC*. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
- Pratama, A. K., Zondra, E., & Yuvendus3, H. (2020). Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 35 – 43.
- Riski Anda Rangkuti, A. E. (2020). Studi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Variable Speed Drive (VSD) dan Progrmable Logic Controller (PLC). *14*, 121-128.
- Suda, K. R., Purwanto, E., Sumantri, B., Fakhruddin, H. H., Muntashir, A. A., & Rusli, M. R. (2021). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pemodelan Sistem (DTC) Direcy Torque Control. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*.
- Yahya, M., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2016). Perancangan Modul Prony Brake Untuk Penentuan Karakteristik Mekanik (Torsi) Terhadap Kecepatan dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa.