

ISBN:
Marine Electrical
Engineering Proceeding

MONITORING DAN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) DAN SCADA

Bambang Suprijono¹

Politeknik Pelayaran Surabaya

Email: Suprijono.b@gmail.com

ABSTRAK

Motor induksi (motor asinkron) merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling banyak digunakan industri saat ini, karena memiliki konstruksi sederhana, relatif murah serta mudah dalam pemeliharaannya. Motor induksi juga banyak digunakan untuk berbagai keperluan dalam proses produksi pada suatu industri. Dengan berkembangnya teknologi sistem kontrol, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan kendali Variable Speed Drive (VSD) yang dihubungkan langsung dengan motor induksi 3 fasa untuk mengatur kecepatan, dan dengan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) yang berfungsi sebagai pengendali Variable Speed Drive (VSD) untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa. Kecepatan motor induksi tiga fasa saat tidak berbeban sebesar 1340 rpm dengan frekuensi 50 Hz dengan pulse 15000, kecepatan 804 rpm pada frekuensi 30 Hz dengan pulse 9000 dan kecepatan 402 rpm pada frekuensi 15 Hz dengan pulse 4500. Dengan kondisi terbeban kecepatan motor induksi tiga fasa sebesar 670 rpm dengan frekuensi 25 Hz dengan pulse 7500, kecepatan 723,6 rpm pada frekuensi 27 Hz dengan pulse 8100 dan kecepatan 938 rpm pada frekuensi 35 Hz dengan pulse 10500. Frekuensi berbanding lurus terhadap kecepatan motor induksi 3 fasa, semakin besar frekuensi yang masuk pada motor induksi 3 fasa maka akan semakin cepat putaran motor induksi 3 fasa tersebut.

Kata kunci : *Motor Induksi 3 Fasa, Variable Speed Drive (VSD), Programmable Logic Controller (PLC).*

1. Pendahuluan

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengontrol kecepatan serta membatasi torsi motor AC berpenggerak VSD yang dikendalikan oleh Programmable Logic Controller (PLC). Hal ini dicapai dengan mengontrol parameter seperti frekuensi suplai dan arus motor. Sistem ini menggunakan antarmuka komunikasi antara PLC dan VSD untuk mengontrol kecepatan motor dan batas torsi. Kemudahan penggunaan ditingkatkan menjelaskan pentingnya setiap

komponen dan menyajikan penjelasan tentang hubungannya dengan penelitian ini.

dengan penerapan Layar Sentuh yang menyediakan antarmuka antara operator dan peralatan yang dikontrol untuk memasukkan dan menampilkan parameter.

Penelitian ini terdiri dari berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi bersama untuk mencapai hasil yang diinginkan untuk mengontrol Kecepatan dan Torsi motor AC melalui PLC. Tabel 1 merangkum komponen utama dan aplikasinya. Bagian di bawah ini

Table 1. Komponen utama dari sistem penggerak

Keterangan Barang	Aplikasi
PLC	Menyediakan Antarmuka antara HMI dan Motor melalui VSD. Berisi algoritma pengguna untuk mengontrol sistem dengan parameter yang diperlukan.
Touch Screen	Antarmuka untuk menyediakan titik setel untuk sistem dan menampilkan data aktual.
VSD	Untuk menyediakan rangkaian daya motor dan menyediakan antarmuka untuk mengontrol motor ke parameter yang diinginkan.
Motor	Perangkat yang dikendalikan

1.1 Programmable Logic Controller

PLC adalah perangkat elektronik yang digunakan di banyak industri untuk memantau dan mengontrol sistem manufaktur dan proses produksi. Tidak seperti komputer dan smartphone, yang dirancang untuk melakukan beberapa fungsi, PLC dirancang untuk: melakukan serangkaian tugas tertentu yang tunduk pada batasan waktu nyata dengan keandalan dan kinerja yang unggul.

Untuk memenuhi tuntutan lingkungan industri yang keras, PLC dirancang untuk menjadi sangat kuat, seringkali mampu: menahan suhu ekstrim, kelembaban, getaran, dan kebisingan listrik. PLC biasanya ditugaskan untuk: memantau dan mengendalikan sejumlah besar sensor dan aktuator, dan karena itu berbeda dari komputer lain sistem dalam pengaturan input/output (I/O) yang ekstensif [1]. PLC adalah bentuk khusus dari mikroprosesor berbasis pengontrol [2]. Ini termasuk memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, pengurutan, pengaturan waktu, penghitungan, dan Aritmatika. Untuk mengontrol mesin dan proses, PLC dirancang untuk menjadi: diprogram dan dioperasikan bahkan oleh teknisi dengan pengetahuan terbatas tentang komputer dan bahasa komputasi. PLC sistem kontrol motor induksi

berbasis dengan berbagai fitur dapat ditemukan dalam literatur. Mulai dari PID pengontrol, pengontrol Fuzzy, pemantauan dan kontrol kondisi [3, 4, 5, 6]. Dalam penelitian ini, PLC digunakan sebagai antarmuka antara layar sentuh dan VSD. PLC dalam penelitian ini, menggunakan logika yang menyediakan keluaran terkontrol ke VSD untuk mencapai titik setting yang disediakan oleh pengguna.

1.2 Touch Screen

Potensi untuk merancang Antarmuka Mesin Manusia (HMI) dengan antarmuka pengguna grafis (GUI) dan SCADA telah berkembang secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini didorong oleh meningkatnya ketersediaan layar multi-sentuh yang cocok untuk penggunaan industri, misalnya seperti yang digunakan pada PC tablet.

Desain dan konfigurasi Panel-PC dapat disesuaikan untuk memenuhi persyaratan area aplikasi. Dalam keluarga, perbedaan utama adalah dalam hal kinerja, ukuran tampilan yang tersedia, dan jangkauan antarmuka [7]. Dalam penelitian ini, HMI digunakan sebagai antarmuka untuk memasukkan parameter kontrol yang diinginkan oleh pengguna untuk PLC dan Variable Speed Drive (VSD).

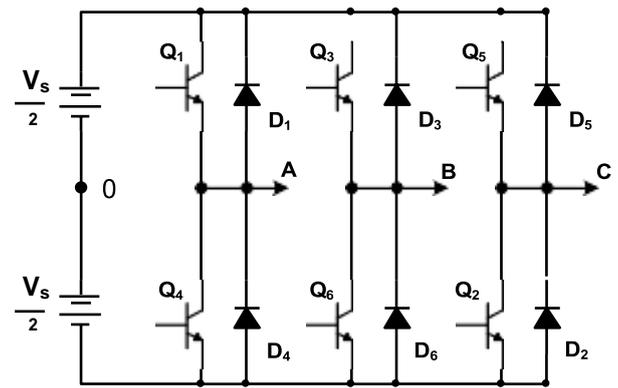
1.3 Variable Speed Drive (VSD)

VSD digunakan untuk aplikasi di mana kontrol kecepatan sangat penting karena perubahan beban di mana kecepatan perlu ditingkatkan atau dikurangi. Metode tradisional yang ada telah mengatasi masalah ini, masing-masing dengan kekurangannya sendiri seperti arus start motor yang tinggi, faktor daya yang lebih rendah, rugi-rugi energi, dll. Untuk mengatasi masalah ini, VSD menyediakan pendekatan yang fleksibel dibandingkan dengan metode tradisional kontrol kecepatan terutama untuk aplikasi tertentu yang tidak memerlukan kecepatan

konstan setiap saat.

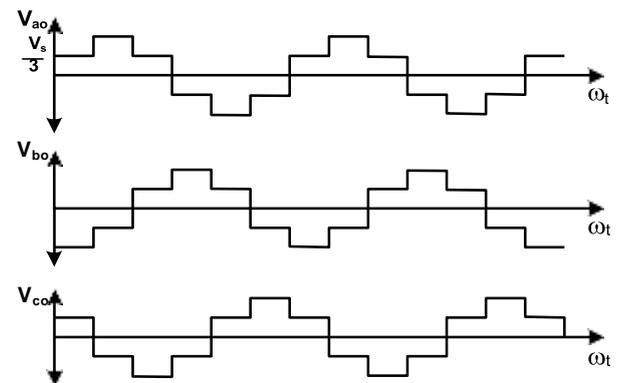
Penggerak kecepatan variabel adalah peralatan yang mengatur kecepatan dan torsi putaran keluaran dari sebuah motor listrik. VSD menggerakkan berbagai sistem dan mesin, seperti pompa limbah dan irigasi, mesin kertas, pembangkit listrik kipas angin, konveyor penggergajian kayu dan sistem ventilasi rumah sakit.

Faktanya, lebih dari 65 persen energi listrik industri dikonsumsi oleh motor. Dalam banyak kasus, arus motor pompa yang digerakkan dikendalikan melalui katup yang mengatur aliran bahan bakar atau baling-baling yang mengontrol aliran udara, sedangkan kecepatan motor itu sendiri tetap tidak berubah. Metode lainnya, seperti menggunakan motor dua kecepatan atau mengendalikannya dengan menyalakan atau mematikan, tidak efisien dari sudut pandang energi. Salah satu alasan utama mengapa VSD menghemat energi karena dapat mengubah kecepatan motor listrik dengan mengontrol daya yang diumpankan ke mesin[8]. Dalam penelitian ini, VSD digunakan untuk memasok daya terkontrol ke motor. VSD akan menerima setting poin untuk arus relatif terhadap torsi dan referensi kecepatan dari PLC.



Gambar 1 : VSD (Inverter) tiga-fasa sistem jembatan

Bentuk gelombang dari tegangan-tegangan fasa (V_{an} , V_{bn} dan V_{cn}) adalah seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. : Gelombang tegangan fasa untuk konduksi 180°

Dengan demikian harga sesaat dari tegangan line-nya (V_{L-L}) dapat dinyatakan dalam bentuk deret Fourieir, yang mana telah kita ketahui bahwa V_{ab} (dalam sistem tiga-fasa) berbeda $\frac{\pi}{6}$ terhadap tegangan fasanya dan untuk harmonisa-harmonisa yang berorde genap ($n = 2, 4, 6, \dots$) tidak mempunyai harga nol

$$V_{ab} = \sum_{n=1,3,5} \frac{4.V_s}{n.\pi} \cos \frac{n.\pi}{6} \sin n(\omega t + \frac{\pi}{6}) \dots\dots\dots 1.$$

Dan V_{bc} dan V_{ca} dapat ditentukan dari persamaan (1) dengan menggantikan beda fasa menjadi 120° dan 240°.

$$V_{bc} = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{4.V_s}{n.\pi} \cos \frac{n.\pi}{6} \sin n \left(\omega t - \frac{\pi}{6} \right) \dots\dots 2.$$

$$V = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{4.V_s}{n.\pi} \cos \frac{n.\pi}{6} \sin n \left(\omega t - \frac{7.\pi}{6} \right) \dots\dots 3.$$

Dari persamaan (1), (2), (3) dapat dicatat bahwa harmonisa-harmonisa yang berkelipatan tiga (n = 3, 6, 9,) akan menjadi nol. Sedang untuk harga rms dari

tegangan line-nya dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$V = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \int_0^{2\pi} V_s^2 d\omega t \right)^{1/2} = 0.8165.V_s \dots\dots 4.$$

$$V_{L1} = \frac{4.V_s \cdot \cos 30}{\sqrt{2.\pi}} = 0.7797.V_s \dots\dots\dots 5.$$

Untuk n = 1, harga rms dari komponen dasarnya dapat ditentukan dari harga puncak dari persamaan (1)

$$V_f = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0.8165.V_s}{\sqrt{3}} = 0.4714.V_s \dots\dots\dots 6$$

Dan untuk harga rms tegangan fasanya :

$$V = \sqrt{2}.V_f$$

$$V_f = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{0.8165.V_s}{\sqrt{3}} = 0.4714.V_s \dots\dots\dots 6$$

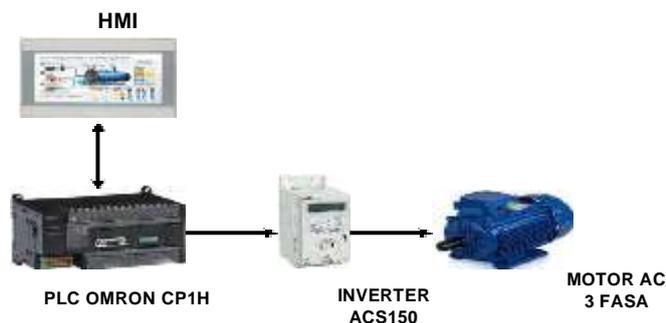
1.4 Supervisory Control And Data Acquisition Systems (SCADA)

SCADA adalah sistem yang menjalankan kontrol pengawasan perangkat tertentu dari lokasi yang jauh dan operator manusia dapat memantau dan mengontrol perangkat dari layar komputernya tanpa berada di dekat perangkat secara fisik.

Berbagai skema kontrol telah digunakan untuk mengoperasikan motor induksi dalam mode operasi kontrol kecepatan dan posisi menggunakan pemrograman PLC yang dikembangkan pada workstation.

Sistem kontrol berbasis PLC yang terdiri dari PLC Omron CP1H, Drive Frekuensi Variabel ABB ACS150, motor induksi tiga fase, dan stasiun kerja (PC) telah dikonfigurasi, dan diintegrasikan bersama untuk pemantauan dan kontrol motor penggerak beban

Gambar 3 menunjukkan pengaturan kontrol waktu nyata yang dikonfigurasi dan diuji untuk percobaan



Gambar 3 : Sistem Monitoring SCADA Variable Speed Drives

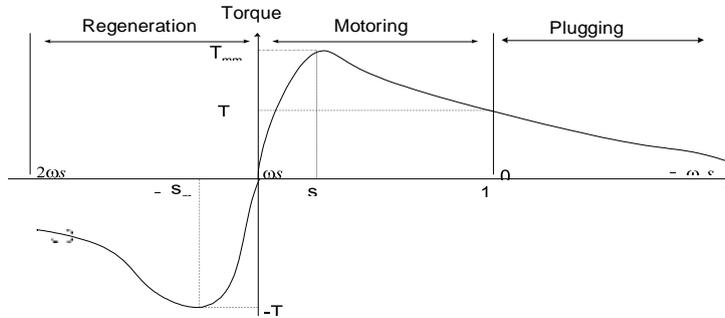
2. Torsi dan Kontrol Kecepatan

Apabila motor induksi disuplai dengan tegangan dan frekuensi yang tetap, torsi yang

dibangkitkan akan merupakan fungsi dari

$$T_d = \frac{\left[\left(\frac{3 \cdot R_r}{s} \cdot V_s^2 \right) \right]}{s \cdot \omega_s \cdot \left[\left(R_s + \frac{R_r}{s} \right)^2 + \left(X_s + X_r \right)^2 \right]} \dots\dots\dots (7)$$

slipnya dan karakteristik dari torsi terhadap kecepatannya dapat ditentukan berdasarkan persamaan (7), seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.



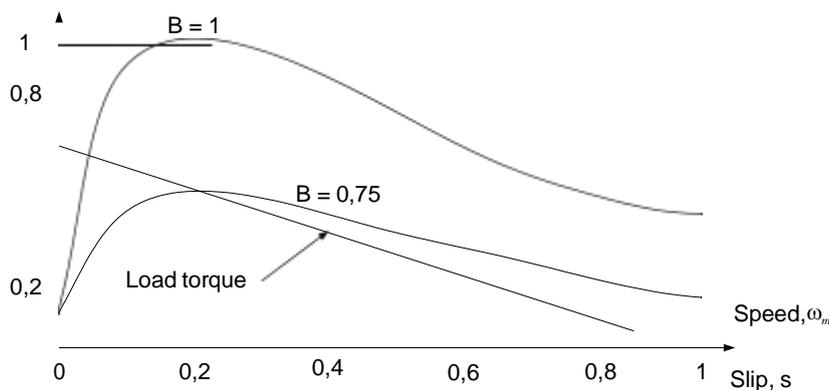
Gambar 4 : Karakteristik Torsi terhadap kecepatan

3. Kontrol Tegangan Stator

Pada persamaan (1) dapat kita lihat bahwa torsi dari motor adalah sebanding lurus terhadap kwadrat dari tegangan sumber pada statornya dan penurunan dari tegangan stator akan menghasilkan penurunan dari

kecepatannya. Sehingga bila tegangan diturunkan menjadi $b \cdot V_s$, persamaan (7) akan memberikan harga torsi sebesar :

$$T = \frac{3 \cdot R_r \cdot (b \cdot V_s)^2}{s \omega_s \left[\left(R_s + \frac{R_r}{s} \right)^2 + \left(X_s + X_r \right)^2 \right]} \dots\dots\dots (8)$$



Gambar 5 : Karakteristik torsi terhadap kecepatan dengan harga tegangan yang bervariasi

4. Kontrol Frekuensi

Torsi dan kecepatan dari motor-motor induksi dapat dikontrol dengan mengubah frekuensi dari sumbernya. Dari persamaan (9) dapat dicatat bahwa pada tegangan dan frekuensi ratingnya fluks yang dihasilkan akan

yang dihasilkan akan naik. Hal ini akan menyebabkan fluks pada celah udaranya mengalami saturasi (jenuh) dan parameter-parameter motor akan menjadi tidak valid lagi untuk menentukan karakteristik torsi terhadapnya.

mencapai harga ratingnya pula. Apabila tegangan dijaga untuk tetap pada harga ratingnya, sedangkan frekuensi dikurangi hingga dibawah harga ratingnya, maka fluks

$$\Phi = \frac{V_a}{K_m \cdot \omega} = \frac{b \cdot V_s}{K_m \cdot \omega} \dots\dots\dots (9)$$

Pada frekuensi rendah, reaktansinya akan menjadi turun, dan menyebabkan arus motor menjadi sangat tinggi. Oleh karena didalam aplikasi tipe ini jarang digunakan.

$$\omega_s = \beta \omega_b$$

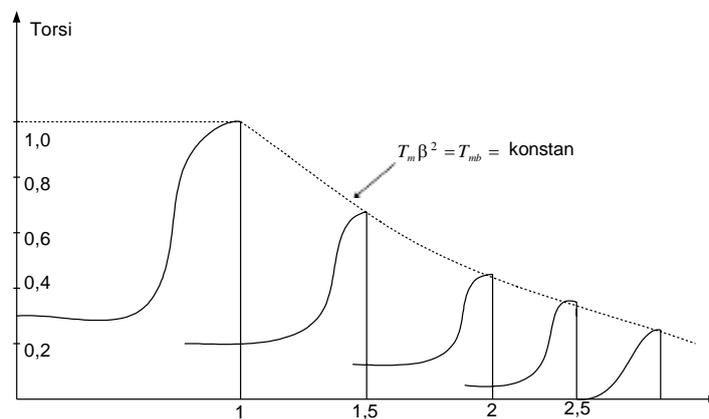
Dan

$$s = \frac{\beta \cdot \omega_b \cdot \dots \cdot \omega_m}{\beta \omega_b} \dots \dots \dots (10)$$

Ketika frekuensinya dinaikkan hingga diatas harga ratingnya, fluks dan torsinya akan turun. Dengan demikian hubungan antara kecepatan sinkron dan perubahan frekuensi sumbernya menjadi:

Maka persamaan Torsi dari persamaan (8) akan menjadi persamaan (11) :

$$T_d = \frac{3 \cdot R_r \cdot V_a^2}{s \beta \omega \left[(R_s + R_r / s)^2 + (\beta X_s + \beta X_r)^2 \right]} \dots \dots \dots (11)$$



Gambar 6 : Karakteristik Torsi kecepatan untuk kendali frekuensi

5. Hasil dan Analisis Data

PLC Omron CP1H, ABB ACS150 Variable Frequency Drive, motor induksi tiga fase yang menggerakkan beban yang dikendalikan oleh perangkat lunak diagram

tangga (Ladder Diagram) dan perangkat lunak EasyBuilder Pro dihubungkan untuk konduksi eksperimen di mana untuk berbagai nilai suplai input frekuensi, nilai yang sesuai dari kecepatan motor di rpm diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 : Hasil Percobaan dengan variable frekwensi dan input sinyal digital (Pulse)

No	Frekwensi	RPM	Pulse	No	Frekwensi	RPM	Pulse
1	0	0	0	27	26	696.8	7800
2	1	26.8	300	28	27	723.6	8100
3	2	53.6	600	29	28	750.4	8400
4	3	80.4	900	30	29	777.2	8700
5	4	107.2	1200	31	30	804	9000
6	5	134	1500	32	31	830.8	9300
7	6	160.8	1800	33	32	857.6	9600
8	7	187.6	2100	34	33	884.4	9900
9	8	214.4	2400	35	34	911.2	10200
10	9	241.2	2700	36	35	938	10500
11	10	268	3000	37	36	964.8	10800

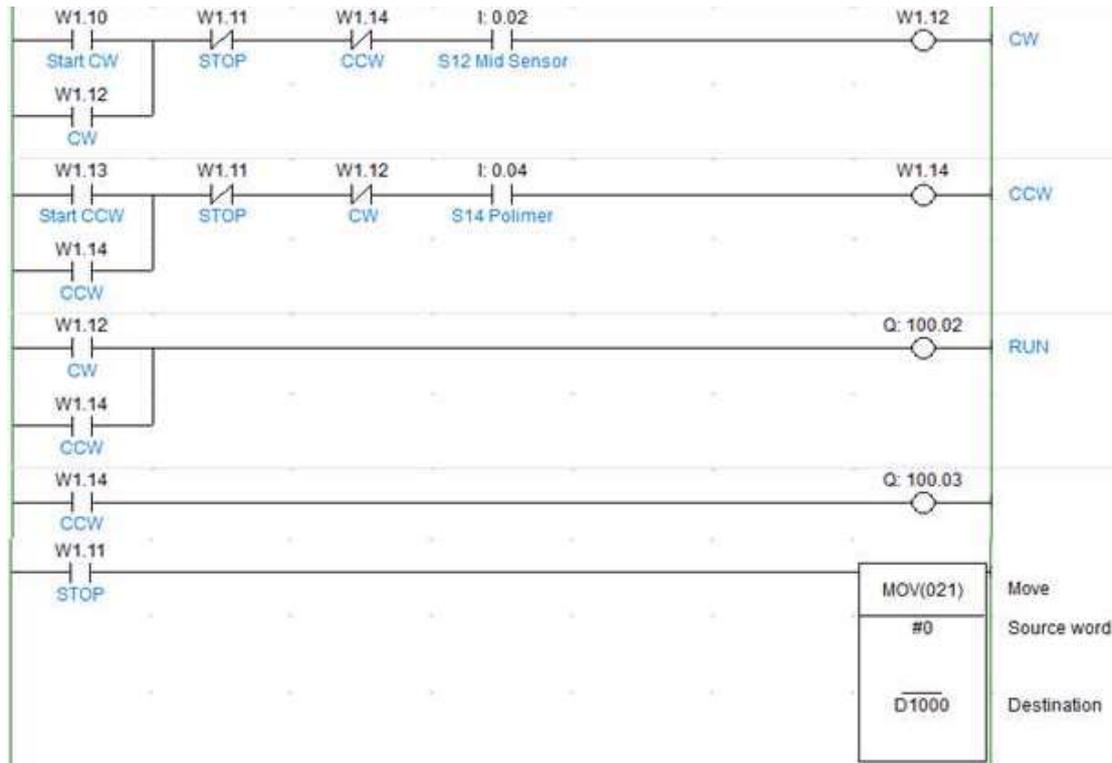
12	11	294.8	3300	38	37	991.6	11100
13	12	321.6	3600	39	38	1018.4	11400
14	13	348.4	3900	40	39	1045.2	11700
15	14	375.2	4200	41	40	1072	12000
16	15	402	4500	42	41	1098.8	12300
17	16	428.8	4800	43	42	1125.6	12600
18	17	455.6	5100	44	43	1152.4	12900
19	18	482.4	5400	45	44	1179.2	13200
20	19	509.2	5700	46	45	1206	13500
21	20	536	6000	47	46	1232.8	13800
22	21	562.8	6300	48	47	1259.6	14100
23	22	589.6	6600	49	48	1286.4	14400
24	23	616.4	6900	50	49	1313.2	14700
25	24	643.2	7200	51	50	1340	15000
26	25	670	7500				

A. Pemrograman Diagram Tangga

Eksperimen dilakukan berdasarkan pemrograman diagram tangga (Ladder diagram) yang merupakan perangkat lunak yang diinstal pada komputer, dengan PLC mengambil data dari input sensor,

memprosesnya sesuai dengan program dan memberikan output ke VFD yang kembali memproses input ini di dalam drive dan akhirnya mengontrol kecepatan dan posisi motor. Pemrograman logika tangga (ladder diagram) ditunjukkan pada Gambar 5



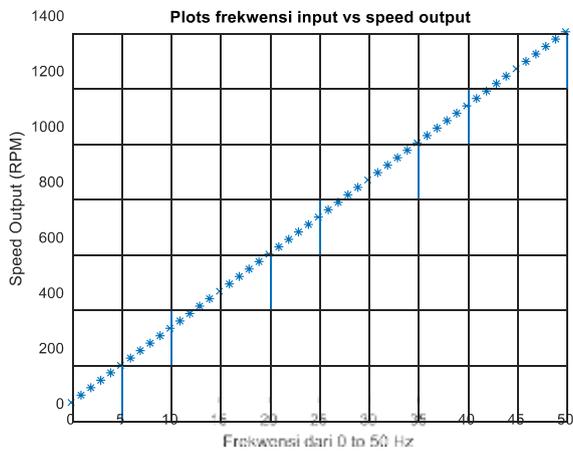


Gambar 7 : Diagram Tangga Variable speed Drive

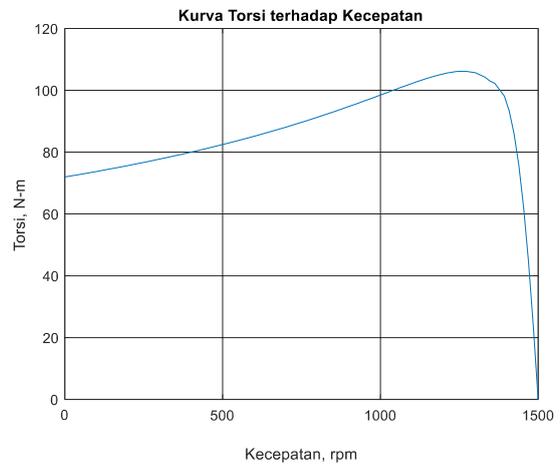
B. Grafik Frekwensi dan Kecepatan

Dengan memvariasikan frekuensi VFD dari 0 ke frekuensi nominal, kontrol kecepatan motor dapat ditingkatkan. Dengan cara ini,

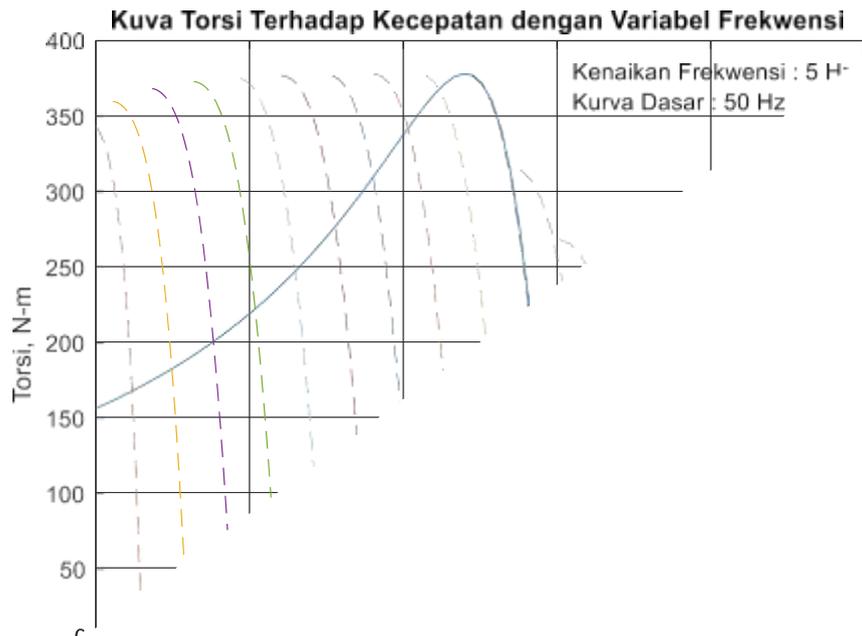
kontrol kecepatan motor dicapai dengan memvariasikan frekuensi. Dengan bantuan pemrograman logika tangga, posisi motor dikendalikan dalam arah maju dan mundur sesuai dengan perintah yang diinginkan.



Gambar 8 : Grafik Frekwensi dan Kecepatan



Gambar 9 : Kurva Torsi terhadap Kecepatan



Gambar 10 : Kurva Torsi terhadap Kecepatan dengan Variabel Frekwensi

6. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan simulasi Hardware, dapat diambil beberapa kesimpulan tentang pengaruh Frekwensi terhadap Kecepatan putar Motor AC 3 Phase sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan diaturnya Frekwensi input berpengaruh terhadap naiknya RPM motor hal ini sesuai dengan teori dan table 1,
2. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan diaturnya Signal input

yang diberikan ke PLC akan mempengaruhi besarnya Frekwensi keluaran pada VSD dan juga terhadap naik dan turunnya RPM motor hal ini sesuai dengan teori dan table 1,

3. Pengaturan kecepatan motor dengan mudah karena semua terprogram sesuai dengan permintaan beban,
4. Pengaturan kecepatan motor AC 3 phase oleh operator dengan mudah karena semua termonitor di tampilan hardware HMI (Human Machine Interface).

Daftar Pustaka

1. "Industrial Application – Programmable Logic Controller, Mouser" viewed on 01/08/2016.
http://au.mouser.com/applications/industrial_application_logic_controller/.
2. Lashin, Maha M. "Different Applications of Programmable Logic Controller (PLC)", *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT)*, Vol. 4, No. 1, February (2014).
3. Pramudijanto J., Ashfahani A., Fatoni A. and Nugroho S. A. "PLC-Based PID-Predictive Controller Design for 3-Phase Induction Motor on Centrifugal Machine for Sugar Manufacturing Process," *2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, Surabaya, (2015), 49-52.
4. Arrofiq M. and Saad N. "PLC-based fuzzy logic controller for induction-motor drive with constant V/Hz ratio," *2007 International Conference on Intelligent and Advanced Systems*, Kuala Lumpur, (2007), 93-98.
5. Sowmiya D. "Monitoring and control of a PLC based VFD fed three phase induction motor for powder compacting press machine," *2013 7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, Coimbatore, (2013), 90-92.
6. Pineda-Sánchez M., Puche-Panadero R., Riera-Guasp M., Sapena-Baño A., Roger-Folch J. and Pérez-Cruz J. "Motor condition monitoring of induction motor with programmable logic controller and industrial network," *Proceedings of the 2011 14th European Conference on Power Electronics and Applications*, Birmingham, (2011), 1-10.
7. "Electronics News" February 19, (2013), Viewed on 05/08/2016
<https://electronicsnews.com.au/hmi-trends-in-industrial-touch-screens/>.
8. "What is a variable speed drive?", ABB in Australia, viewed on 15/08/2016,
<http://www.abbaustralia.com.au/cawp/db0003db002698/a5bd0fc25708f141c12571f10040fd37.aspx>.
9. Thornton, Edward J. and Armintor, J. Kirk "The Fundamentals of AC Electric Induction Motor design and application", (2003), Texas.
10. Wildi, Theodore "Electrical Machines, Drives, and Power Systems", Sixth Edition, (2014), Pearson New Jersey