

Rancang Bangun Kendali Motor Induksi 3 Fasa Berbasis PLC Dengan Metoda Pemograman Function Block Diagram

Control Design of 3 Phase Induction Motor Based PLC with Programming Function Block Diagram

Toto Tohir

Politeknik Negeri Bandung

Jl. Geger Kalong Hilir Ds. Ciwaruga, (022) 2013789

toto.tohir@polban.ac.id

Abstrak – Motor induksi 3 fasa merupakan salah satu motor listrik yang banyak digunakan di industri seperti conveyor, crusher dan vibrator karena memiliki beberapa keuntungan antara lain motor ini dari segi konstruksinya sederhana, mudah pemeliharaan, dan murah. Kelemahan utama dari motor jenis ini adalah arus startingnya yang cukup tinggi dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi kelemahan tersebut diperlukan sistem pengasutan yang tepat untuk mengurangi arus starting dan menaikkan torsi awal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sistem pengasutan dengan menggunakan perangkat Programmable Logic Controller (PLC) dengan metoda pemograman Function Block Diagram yang terdiri dari sistem Direct On Line (DOL), Star Delta (Y-D) dalam bentuk modul peraga. Metoda penelitian yang dilakukan mulai dari perencanaan perangkat lunak dengan menggunakan aplikasi LogoComfort, perencanaan perangkat keras, pengawatan antar komponen, dan pengujian. Hasil pengujian diperoleh dengan menggunakan perangkat PLC menghasilkan arus star sebesar 21,6 amper kondisi pengasutan secara langsung, sedangkan kondisi start-delta sebesar 1,3 amper. Dari hasil perencanaan dan pengujian disimpulkan sistem pengasutan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan perangkat PLC lebih stabil jika dibandingkan dengan menggunakan saklar magnetik dan mudah dalam perbaikan jika terjadi kesalahan.

Kata Kunci: Rancang bangun, motor induksi 3 fasa, pengendali, PLC, FBD

Abstract – 3 phase induction motor is one of the electric motors that are widely used in industries such as conveyors, crushers and vibrators because it has several advantages, among others, this motorbike in terms of construction is simple, easy to maintain, and inexpensive. The main drawback of this type of motor is the starting current is quite high and low starting torque. To overcome these weaknesses, an appropriate starting system is needed to reduce the starting current and increase the initial torque. The purpose of this study was to determine the characteristics of the starting system using the Programmable Logic Controller (PLC) with the method of programming the Function Block Diagram consisting of Direct On Line (DOL), Star Delta (Y-D) systems in the form of display modules. The research methods were carried out starting from software planning using the LogoComfort application, hardware planning, inter-component maintenance, and testing. The test results obtained using a PLC device generate star currents of 21.6 amperes directly starting conditions, while the start-delta conditions of 1.3 amperes. From the results of planning and testing it was concluded that the 3 phase induction motor starting system using a PLC device is more stable when compared to using a magnetic switch and is easy to repair if an error occurs.

Keywords: design, 3 phase induction motor, controller, PLC, FBD

1. Pendahuluan

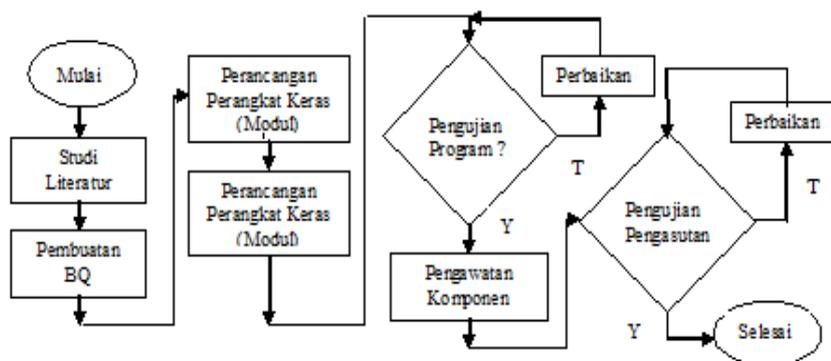
Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum digunakan adalah motor induksi 3 fasa dan 1 fasa. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tegangan 3 fasa dan banyak digunakan diberbagai bidang industri,kebanyakan digunakan merupakan motor listrik arus bolak-balik (ac) yang paling banyak digunakan di industri, sedangkan motor induksi 1 fasa dioperasikan pada sistem tegangan 1 fasa yang banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga seperti pompa air, mesin cuci, kipas angin dan lain sebagainya [1],[2]. Kendali motor induksi terdiri dari pengasutan tegangan penuh dan pengasutan tegangan dikurangi. Pengasutan tegangan penuh artinya bahwa tegangan jala-jala duhubungkan secara langsung ke terminal motor listrik. Sedangkan pengasutan tegangan dikurangi artinya bahwa motor diasut pada tegangan di bawah tegangan nominal dengan tujuan untuk membatasi arus yang masuk ke motor atau dengan tujuan untuk mencegah terjadinya panas yang berbeih pada motor tersebut, khususnya motor listrik yang berkapasitas daya output nya besar. Beberapa metoda yang digunakan pada pengasutan tegangan dikurangi dapat berupa pengasutan dengan menggunakan komponen impedansi (Z) di sisi kumparan stator, pengasutan dengan menggunakan auto-transformator, pengasutan bintang-segitiga (Y-D) pada sisi kumparan stator. Khusus untuk pengasutan motor induksi rotor belitan digunakan resistansi luar atau resistansi sekunder yang dengan belitan rotor terhubung pada rangkaian rotor, seperti pengasutan motor induksi dengan *Variable Speed Drive (VSD)* dan *Soft Stater* [3],[4],[5].

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya tentang pengasutan motor induksi 3 fasa oleh H.H, Goh, M.S Looi, dan B.C Kok yang membandingkan sistem pengasutan motor induksi 3 fasa sistem langsung (*Direct on line*), bintang-segitiga (Y/D) dan auto-trasformator ditinjau dari kualitas daya. Peneliti yang lain Yusnan Badruzzaman yang membahas tentang pengasutan konvensional motor induksi 3 fasa dengan menggunakan saklar elektromekanis. Penelitian yang penulis lakukan adalah untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan pada saat motor induksi mulai jalan sampai kondisi mantap (*stedy state*) dari sistem pengasutan yang terdiri dari sistem pengasutan (*Direct on line*), bintang-segitiga (Y/D) dengan menggunakan perangkat *Programmable Logic Controller (PLC)*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan perangkat PLC sebagai sistem pengasutan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan metoda pemograman *Function Block Diagram*. Penelitian ini berupa pembuatan modul peraga atau praktek. Jenis pengasutan yang di uji adalah pengasutan secara langsung (*Direct on line*) dan bintang-segitiga (Y/D).

2. Metoda Penelitian

Alur penelitian diperlihatkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

Gambar 1. menjelaskan alur penelitian mulai dari studi literatur, pembuatan *Bill of material/quantity (BQ)*, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak menggunakan aplikasi program *plc Logocomfort*, pengujian program, pengawatan antar komponen, dan pengujian akhir.

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Motor Induksi

Motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Stator motor induksi secara fisik sama dengan mesin sinkron, hanya berbeda pada konstruksi rotornya. Ada 2 tipe rotor motor induksi yaitu rotor sangkar dan rotor belitan. Gambar 2. menunjukkan motor induksi rotor sangkar.



Gambar 2. Motor induksi rotor sangkar [1][5]

Prinsip kerja motor induksi adalah sebagai berikut apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan $N_s = 120f/P$. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl). Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mulai yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor yang cukup besar untuk memikul kopel beban rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (N_s) dengan kecepatan berputar rotor (N_r). Perbedaan kecepatan antara (N_s) dan (N_r) disebut dengan Slip (S). Bila (N_s) = (N_r), tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel rotor akan ditimbulkan apabila (N_r) lebih kecil dari (N_s).

Kecepatan dari sebuah motor induksi bergantung pada 2 hal yaitu jumlah kutub pada belitan stator dan frekuensi. Untuk menghitung kecepatan sinkron motor digunakan formula sebagai berikut:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (1)$$

Dengan:

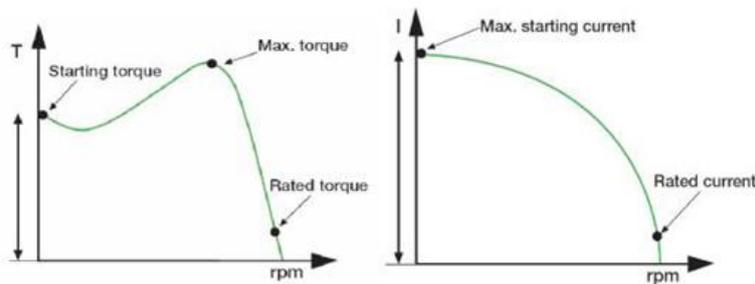
N_s = kecepatan (RPM)

f = frekuensi (Hz)

P = jumlah kutub

Gambar 3. menjelaskan karakteristik torsi dan arus dari motor induksi jenis rotor sangkar. Pada kondisi torsi awal dari motor induksi tergantung pada besarnya daya motor. Pada motor kecil kurang dari 30 kW normalnya memiliki nilai torsi awal antara 2,5 sampai 3 kali dari torka nominal dan untuk motor ukuran medium kurang atau sama dengan 250 kW memiliki torsi awal antara 2 sampai 2,5 kali torsi nominal. Karakteristik arus pada motor induksi terlihat bahwa arus pada saat pengasutan (*starting*) sangat besar dibandingkan dengan arus nominalnya dan arusnya berkurang sampai mendekati arus nominalnya seiring bertambahnya kecepatan putaran motor.

\

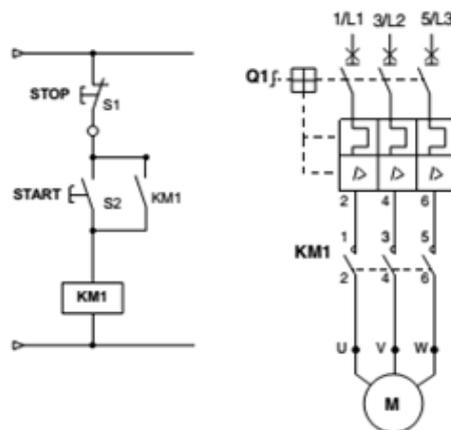


Gambar 3. Karakteristik Torsi dan Arus motor induksi [5][9]

2.1.2. Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa

Pengasutan motor induksi dapat diartikan sebagai pengaturan motor mulai dari proses starting, proses selama motor berputar hingga proses pemberhentian motor baik dengan pengereman maupu tidak. Pengaturan saat motor dalam kondisi berputar dapat berupa pengaturan arah putaran maupun pengaturan kecepatan putaran. Pengasutan motor listrik adalah salah satu bagian penting dari sistem otomasi industri. Karena motor listrik mengisi hampir di semua sistem penggerak pada peralatan atau mesin di industri. Khususnya motor induksi 3 fasa memiliki karakteristik arus beban yang tinggi pada sumber tegangan dengan *direct-on-line starting*. Menghasilkan arus start dan lonjakan yang tinggi jika diaplikasikan pada tegangan penuh, akan mengakibatkan penurunan tegangan sumber dan pengaruh transien torsi pada sistem mekanik. Pengertian pengasutan secara langsung adalah motor yang akan dijalankan langsung dioperasikan ke sumber tegangan jala-jala sesuai besar tegangan nominal motor. Jika motor dengan kapasitas yang sangat besar di asut dengan DOL [10],[11], tegangan sistem akan terganggu terjadi voltage dip pada jaringan suplai karena adanya arus pengasutan yang sangat besar Gangguan tegangan ini dapat menyebabkan keruksakan pada peralatan elektronik yang lain yang terhubung dengan sumber. Itulah sebabnya metoda DOL ini biasanya digunakan untuk motor-motor induksi yang mempunyai kapasiotas daya yang kecil. Metoda pengasutan DOL ini memberikan arus pengasutan yang terbesar. Demikian pula dengan torrsi yang dihasilkan pada waktu pengasutan yang sangat besar.

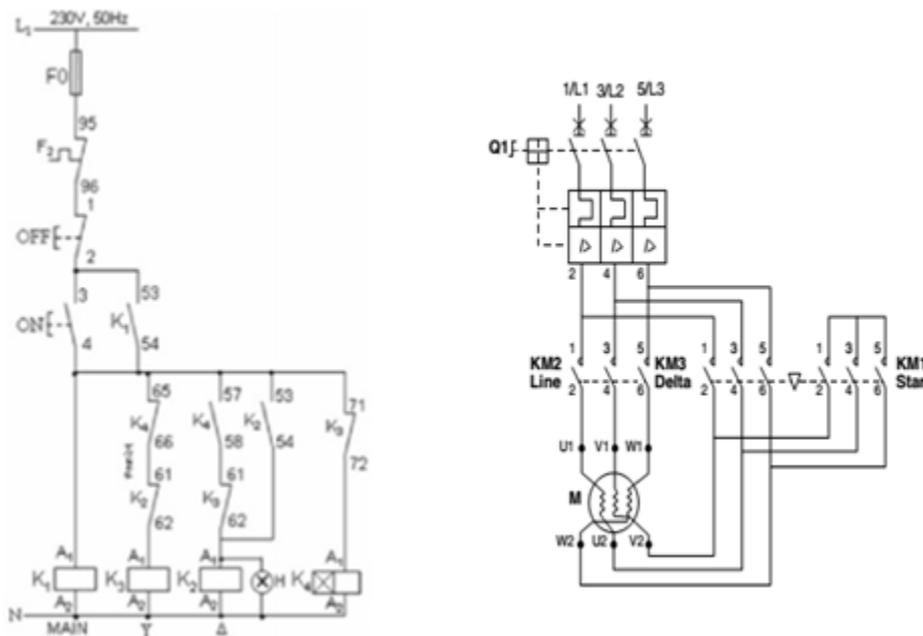
Gambar 4. menunjukkan rangkain kontrol dan rangkaian daya untuk sistem pengasutan DOL. Pada rangkaian kontrol tersebut dibutuhkan 1 buah kontaktor dengan 2 buah *push bottom NO/NC* dan dilengkapi dengan sensor *Thermal Over Load Relay (TOLR)*. Jika push bottom No di tekan maka kontaktor akan bekerja sehingga motor berputar mulai kondisi awal sampai kondisi *steady state*.



Gambar 4. Rangkaian kontrol dan daya sistem pengasutan DOL [7]

Pengasutan dengan metoda *star-delta* ini memanfaatkan penurunan tegangan yang dicatu ke motor saat stator motor terhubung dalam rangkaian star. Pada waktu pengasutan, yakni saat stator berada pada rangkaian bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga (30%) dari arus motor jika motor diasut dengan metoda DOL. Berhubung torsi motor berbanding lurus dengan arus, maka torsi motor pada rangkaian bintang juga hanya sepertiga dari torsi pada rangkaian delta. Ketika motor sudah mencapai kecepatan nominalnya maka hubungan belitan stator daripada motor diubah menjadi delta. Karena itu, metoda ini hanya dapat digunakan untuk motor yang belitan statornya terhubung delta pada kondisi normal. Di samping itu, metoda ini digunakan untuk aplikasi di mana torsi beban pada waktu pengasutan sangat rendah. Motor yang memikul beban lebih besar daripada 50% torsi nominal motor tidak dapat menggunakan metoda ini [10],[11].

Gambar 5. menunjukkan rangkain kontrol dan rangkaian daya untuk sistem pengasutan Start-Delta (Y/D). Pada rangkaian kontrol tersebut dibutuhkan 3 buah kontaktor dengan 2 buah *push bottom No/Nc*, sensor *Thermal Over Load Relay (TOLR)* dan *timer* yang berfungsi untuk seting waktu dari perpindahan hubungan bintang ke delta. .Jika *push bottom No* di tekan maka kontaktor K1 dan K3 bekerja dengan hubungan belitan statornya bintang, beberapa detik kemudian K3 lepas dan kontaktor K2 operasi dengan hubungan belitan sampai kondisi putaran delta *steady state* dan kondisi kontaktor K1 tetap hidup karena berfungsi sebagai kontaktor utama.



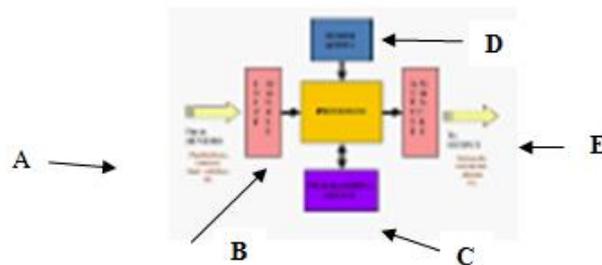
Gambar 5. Rangkain kontrol dan rangkaian daya untuk sistem pengasutan Start-Delta (Y/D) [7]

2.1.3. Programmable Logic Controller (PLC)

Secara mendasar PLC adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal input kemudian mengatur keadaan output sesuai dengan keinginan pemakai. Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memory dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan inputnya. Peralatan input dapat berupa sensor photo elektrik, push button pada panel kontrol, limit switch atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk ke dalam PLC. Peralatan output dapat berupa switch yang menyalakan lampu indikator, relay yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC. Selain itu PLC juga menggunakan memory yang dapat diprogram untuk

menyimpan instruksi–instruksi yang melaksanakan fungsi–fungsi khusus seperti: logika pewaktu, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul I/O baik analog maupun digital [8].

Programmable Logic Controller (PLC) yaitu kendali logika terprogram yang merupakan suatu piranti elektronika yang dirancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi-instruksi internal untuk menjalankan fungsi-fungsi logika, seperti fungsi pecahan, fungsi urutan proses, fungsi pewaktu, fungsi aritmetika, dan fungsi yang lain dengan cara pemrograman [3]. Sedangkan menurut Agfianto (2004:1) *Programmable Logic Controller (PLC)* adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan sederetan relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional [2]. Diagram blok PLC ditunjukkan pada Gambar 6.

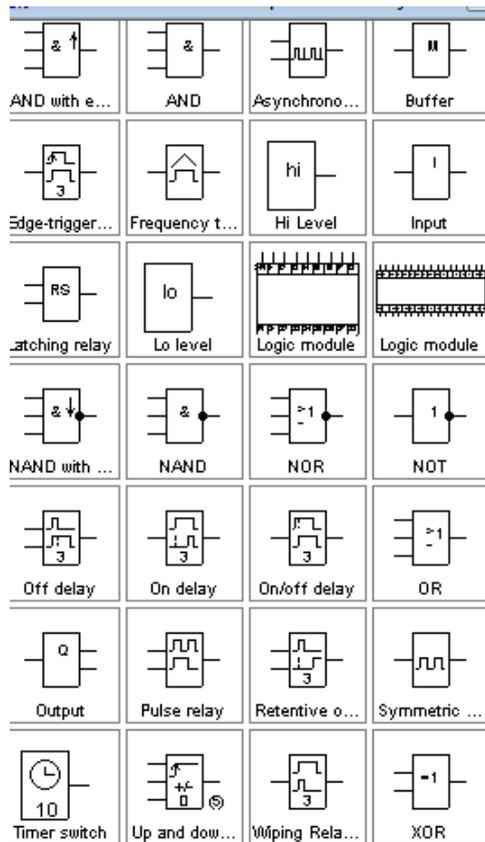


Gambar 6. Diagram blok PLC [8]

Keterangan:

- (A) Input Modul,
- (B) Processor,
- (C) Programing,
- (D) Power suplai dan
- (E) Output Modul

Ada 5 (lima) jenis bahasa pemrograman pada pemrograman PLC yaitu :1) ladder diagram, 2) *function blok diagram*, 3) structure text, 4) *sequential function chart* dan 5) *instruction list*. Gambar 7 menunjukkan fungsi-fungsi dari diagram blok, seperti NOT, AND, OR, NOR, NAND dan lain sebagainya.



Gambar 7. Instruksi *Function Block Diagram* [8]

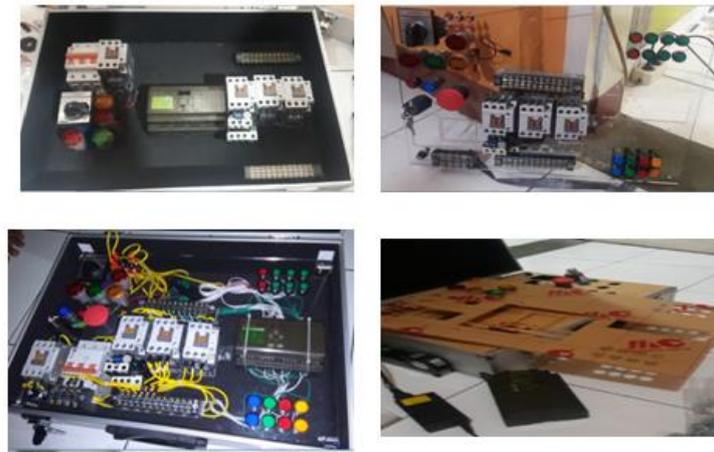
3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Spesifikasi motor induksi 3 fasa yang di uji

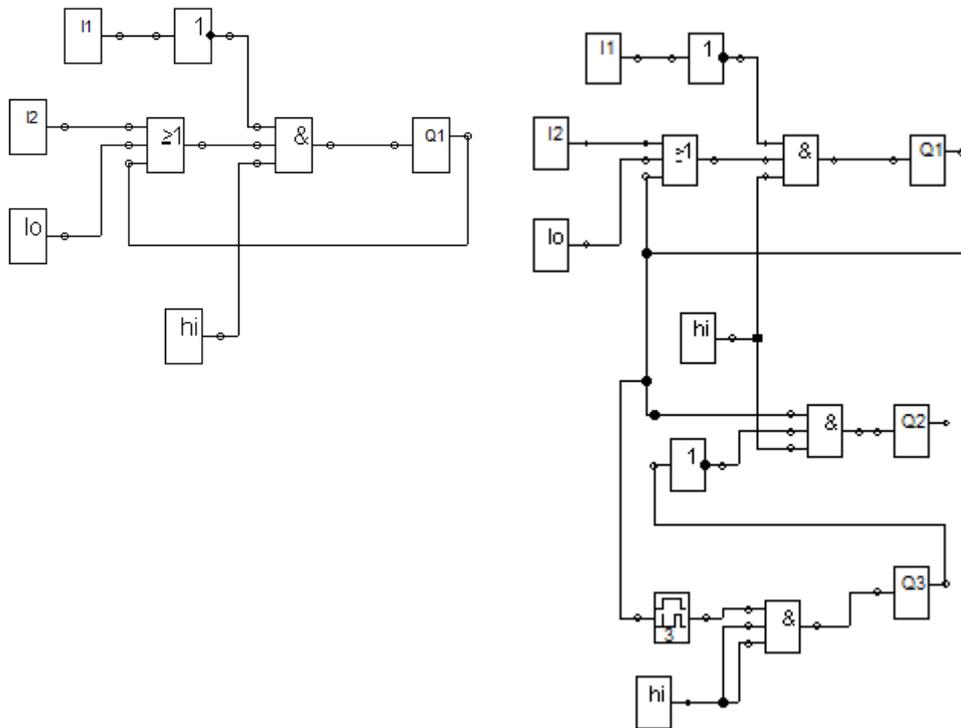
Besaran	Nilai	Satuan
Daya	7,5 / 5,5	HP / kW
Tegangan	415/380	Volt
Frekuensi	50	Herz
Arus	10,6	amper
Kutub	2	Pole
Putaran	2905	RPM

Tabel 1. menunjukkan spesifikasi motor induksi 3 fasa yang dijadikan objek pengujian dengan data sebagai berikut:1) suplai tegangan 3 fasa, 2) daya ouput nya 5,5 kW/ 7,5 HP, 3) frekuensi motor 50 Hz , 4) kecepatan motor 2905 RPM , 5) arus motor 10,6 ampere, 6) motor nya memiliki 2 kutub.

Gambar 8. menunjukkan proses pembuatan modul peraga mulai dari pemasangan komponen, pengawatan, pemberian label, dan pemasangan pelindung komponen (*cover*). Sedangkan Gambar 9. menunjukkan program pengasutan untuk motor induksi 3 fasa secara langsung (*Direct on line*) dan pengasutan start-delta (Y/D.) dengan metode program *Function Block Diagram*.



Gambar 8. Proses pembuatan modul peraga sistem pengasutan motor induksi 3 fasa



Gambar 9. Program *Function Block Diagram (FBD)* untuk pengasutan DOL dan Y/D

Tabel 2. menunjukkan hasil pengujian dari sistem pengasutan secara langsung (DOL). Dari hasil pengujian diperoleh nilai tegangan antar fasa (R-S), (R-T) dan (S-T) konstan, arus yang dihasilkan konstan untuk kondisi arus mula maupun arus kondisi mantap. Dari hasil pengujian terjadi penurunan arus dari kondisi arus mula ke arus kondisi mantap.

Tabel 2. Hasil pengujian sistem pengasutan secara langsung (DOL)

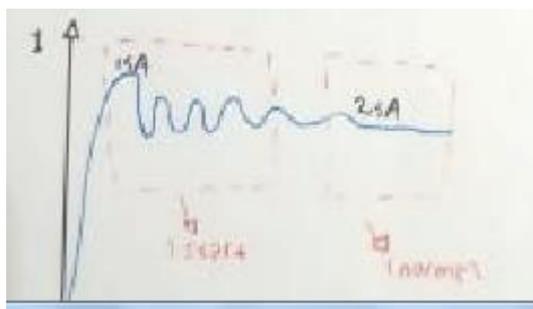
Pengujian	Kondisi Start						Kondisi Steady State		
	Tegangan (volt)			Arus (amper)			Arus (amper)		
	V(R-S)	V(S-T)	V(T-R)	IR	IS	IT	IR	IS	IT
1	393	393	392	21,6	20	21	11,6	11,6	11,4
2	393	393	392	21,6	20,3	21,4	11,6	11,6	11,5
3	395	395	393	21,5	20,3	21,4	11,5	11,5	11,4
4	394	393	393	21,5	20	21,3	11,5	11,5	11,4
5	394	393	392	21,6	20,1	21	11,6	11,6	11,4

Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian dari sistem pengasutan secara star-delta (Y/D). Dari hasil pengujian diperoleh nilai tegangan antar fasa (R-S), (R-T) dan (S-T) konstan, arus yang dihasilkan konstan untuk kondisi arus mula maupun arus kondisi mantap. Dari hasil pengujian terjadi penurunan arus dari kondisi arus mula ke arus kondisi mantap.

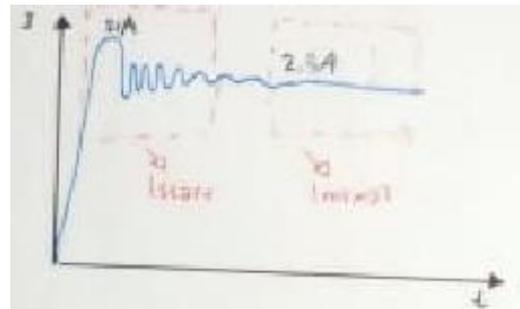
Tabel 3. Hasil pengujian sistem pengasutan secara start-delta (Y/D)

Pengujian	Kondisi Start						Kondisi Steady State		
	Tegangan (volt)			Arus (amper)			Arus (amper)		
	V(R-S)	V(S-T)	V(T-R)	IR	IS	IT	IR	IS	IT
1	378.10	375,7	377,5	7,7	8,3	7,9	0,9	0,8	0,9
2	378.2	375,7	377,5	7,7	8,2	7,9	0,6	0,6	0,6
3	378.15	375,5	377,6	7,6	8,3	7,9	0,7	1,1	0,7
4	378.10	375,7	377,4	7,7	8,3	7,9	0,9	1,3	0,9
5	378.2	375,7	377,5	7,7	8,3	7,85	1	1,3	0,9

Gambar 10. dan Gambar 11. menunjukkan hasil pengujian arus start dan arus kondisi mantap sistem pengasutan secara langsung (DOL) dan Start-Delta (Y/D). ,Gambar ini diperoleh dari data pada Tabel 2. dan Tabel 3.



Gambar 10. Karakteristik arus start dan steady state sistem pengasutan DOL

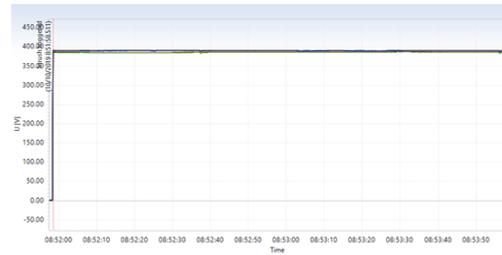


Gambar 11. Karakteristik arus start dan steady state sistem pengasutan Y/D

Dari hasil pengujian membuktikan bahwa sistem pengasutan secara langsung memperoleh nilai arus start yang cukup besar yaitu sebesar 21,6 amper walaupun spesifikasi dari motor induksi sendiri tercantum sebesar 10,6 amper hal ini karena pada saat pengujian motor induksi tersebut tidak terbebani, sehingga data yang 10,6 amper pada saat motor induksi dibebani. Pada saat kondisi normal arus turun sebesar



Gambar 12. Karakteristik tegangan sistem pengasutan DOL



Gambar 13. Karakteristik tegangan sistem pengasutan Y/D

Dari Gambar 12. dan Gambar 13. tidak ada perubahan tegangan antara fasa relatif konstan atau stabil, baik pada saat pengujian sistem pengasutan motor induksi secara langsung (DOL) maupun secara Y/D.

4. Kesimpulan

Simulasi pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semua metoda pengasutan yang di evaluasi dapat menurunkan arus pengasutan lebih kecil dari arus pengasutan dengan metoda secara langsung (DOL), meskipun terjadi lonjakan arus saat arus starting sebesar 21,6 ampere dibandingkan dengan menggunakan sistem pengasutan Y/D rata-rata sebesar 1,3 ampere. Maka dengan menggunakan perangkat PLC ada beberapa keuntungan yang diperoleh yaitu sistem pengasutan lebih mudah dibandingkan dengan sistem pengasutan konvensional, penghematan komponen, mudah dalam perbaikan bila terjadi gangguan, mudah dalam pengoperasian. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya akan dikembangkan lagi untuk sistem pengasutan yang sama tetapi kondisi motor induksinya diberi beban sehingga arus yang tertera di spesifikasi motor akan terwujud dan fungsi *thermal overload* rela lebih optimal.

Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan terima kasih kepada manajemen UPPM dan Jurusan Teknik Elektro POLBAN yang sudah memfasilitasi dalam kegiatan penelitian mandiri..

Referensi

- [1] B.L. Theraja & A.K. Theraja, “*Electrical Technology*”, S. Chand & Company Ltd, New Delhi, 1999.
- [2] Badruzzaman, Yusnan, “Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai”, JTET ISSN : 2252-4908 Vol. 1 No. 1 hal 41 – 47, 2012.
- [3] C.Umam, H.Sabari, dan S.Anggai, “Sistem Kendali Motor Listrik Untuk Mesin Crane Pada Trainer Berbasis PLC Untuk Pembelajaran Mahasiswa Elektronika”, Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik. ISSN: 2301-6949. Vol.7. No.1., 2018.
- [4] G.Pinaryoga, M. Facta, dan S.Handoko, “Analisis Pengaruh Variasi Metode Pengasutan Motor Terhadap tegangan DIP yang Terjadi Pada Jaringan Kelistrikan PT. Pertamina RU VI Dengan Menggunakan Software ETAP 12.6. Transient”, ISSN: 2302-9927, VOL.4, NO. 4, 2015.
- [5] Goh, H.H., Looi, M.S., Kok, B.C, “Comparison between Direct-On-Line, Star-Delta, and Auto-transformer Induction Motor Starting Method in terms of Power Quality”, Hongkong : Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientist (IMECS) Vol. II, 2009.

- [6] M S. Mumu, M. Pakiding, A. F. Nelwan, dan F. Lisi, “Evaluasi Arus Asut Y- Δ dengan Kapasitor Tambahan pada Motor Listrik Pompa Reinjeksi di Area Panas Bumi Lahendong”, e-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer : ISSN : 2301-840, 2014.
- [7] L.A.Bryan and E.A.Bryan, “ *Programmable Controllers Theory and Implementation*”, *Second Edition* by Industrial Text Company Published by Industrial Text Company. 1997.
- [8] S.J. Chapman, “*Machinery Fundamentals*”, *2nd Ed*, McGraw-Hill International Edition, New York, 1991.
- [9] W. Xiaoyu, Y. Jing, X. Wilsun, and F. Walmir, “*Practical Power Quality Charts for Motor Starting Assessment*”, IEEE. Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No. 2, April 2011.
- [10] Yandri, M. Ismail Yusuf, Kho Hie Khwee, dan Ayong Hiendro, “Perbandingan Pemilihan Komponen Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa antara Sistem Pengasutan Langsung ke Jala-Jala (DOL Starting) dengan Sistem Pengasutan Bintang Segitiga (Y- Δ Starting)”, (JEPIN): ISSN 2460-0741. Vol. 2, No. 2, 2016.