

STUDI SISTEM STAR MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN METODE STAR DELTA PADA PT.TOBA PULP LESTARI TBK

Oleh :

Jhonson Siburian ¹⁾

Jumari ²⁾

Aldi Simangunsong ³⁾

Universitas Darma Agung Medan ^{1,2,3)}

E-mail :

Jhonsonsiburian@gmail.com¹⁾

62jumarieska@gmail.com²⁾

simangunsongaldi@gmail.com³⁾

ABSTRACT

Three-phase electric motors are the type of motor that is most widely used in both large and small industries compared to other types of motors. This is possible because this type of motorbike has advantages both from a technical and economic point of view. Three-phase electric motors have large initial current characteristics but this can be overcome by several methods of regulation, one of which is the star (Y) -triangle (Δ) starting system, where this system is very simple and can be applied to all types of three-phase electric motors. The objective to be achieved in this research is the manufacture of a manual three-phase electric motor linkage control system (Y) -triangle. The data collection methods in this study were survey methods, interviews and literature study methods. The results showed that the PLC-based three-phase induction motor starting control and star protection (Y)-triangle (Δ) circuit can work well. The starting current of an electric motor using the star (Y)-triangle (Δ) starting method is 2.89 amperes. This shows that starting an induction motor can reduce the high starting current when the induction motor starts operating.

Keywords: *Induction Motor, Voltage, Star and Delta Circuits*

ABSTRAK

Motor listrik tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan secara luas baik dalam industri besar maupun kecil dibandingkan dengan motor jenis lainnya. Hal ini dimungkinkan karena motor jenis ini memiliki keunggulan baik dari segi teknis maupun ekonomis. Motor listrik tiga fasa memiliki karakteristik arus awal yang besar namun hal ini dapat diatasi dengan beberapa metode pengaturan, salah satunya adalah dengan sistem pengasutan bintang (Y)-segitiga (Δ), dimana sistem ini sangat sederhana dan dapat diterapkan untuk semua jenis motor listrik tiga fasa. Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah pembuatan sistem kendali hubungan bintang (Y)-segitiga motor listrik tiga fasa secara manual. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah metode survei, wawancara dan metode studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan rangkaian kontrol pengasutan dan proteksi bintang (Y)-segitiga (Δ) motor induksi tiga fasa berbasis PLC dapat bekerja dengan baik. Arus pengasutan motor listrik menggunakan metode pengasutan bintang (Y)-segitiga (Δ) adalah 2.89 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa pengasutan motor induksi dapat mengurangi tingginya arus pengasutan saat motor induksi mulai beroperasi.

Kata Kunci : *Motor Induksi, Tegangan, Rangkaian Star dan Delta.*

1. PENDAHULUAN

Untuk Pengoperasian pada industri saat ini, banyak sekali mengandalkan yang namanya dengan Motor Induksi, dan motor induksi juga memiliki beberapa macam, salah satunya motor induksi 3 fasa. Jadi motor induksi 3 fasa ini dapat diartikan, yaitu merupakan alat penggerak yang banyak digunakan dalam perindustrian. Hal tersebut dikarenakan motor ini mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya murah. Namun dalam pemakaiannya terdapat permasalahan awal. Yaitu lonjakan arus starting yang diterima lilitan atau rotor pada motor induksi tiga fasa secara terus menerus dan dalam waktu yang akan lama merusak belitan motor. Kebanyakan pada motor induksi terutama motor induksi tiga fasa, arus starting bisa mencapai empat sampai tujuh kali besar arus nominalnya.

Sehingga apabila hal ini terajadi di dunia perindustrian yang mayoritas menggunakan motor-motor dengan kapasitas daya yang besar, memungkinkan dapat terjadi lonjakan arus starting yang lebih besar dan ini tidak dapat diijinkan, karena dapat mengganggu jaringan dan dapat merusak motor itu sendiri. Untuk saat pengoperasian pada motor dapat dilakukan pada sewaktu start, running, dan stop. Adapun keberhasilan suatu pengoperasian pada sebuah motor listrik ini bukan saja ditentukan pada waktu running performance motornya, namun dapat ditentukan oleh starting performance. Belitan motor 3 fasa star-delta adalah sebuah sistem starting dengan menjalankan motor dengan konfigurasi start terlebih dahulu kemudian dirubah menjadi konfigurasi delta untuk meminimalisir lonjakan arus. Perubahan konfigurasi biasanya dapat dilakukan dengan menggunakan timer, ketika timer sudah mencapai setting maka konfigurasi akan berubah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Motor Induksi dapat dikatakan dalam artian sebuah motor arus bolak balik (ac). Arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan Stator dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = 120/p$). 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 rotor. 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.

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan :

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

N_s = kecepatan stator

f = frekuensi jala-jala

P = jumlah kutub

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar

$$E_{2S} = 4.44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \Phi$$

E_{2S} = tegangan induksi

f_2 = frekuensi jala-jala

N_2 = banyaknya lilitan

Φ = fluks magnet

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup maka E_{2S} akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor.

6. Bila kopel awal yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor sudah cukup besar untuk menggerakkan beban, maka rotor akan berputar searah dengan putar stator.
7. Tegangan induksi terjadi karena terpotongnya konduktor rotor oleh medan putar, artinya agar terjadi tegangan induksi maka diperlukan adanya perbedaan kecepatan antara kecepatan medan putar stator (Ns) dengan kecepatan medan putar rotor (Nr).
8. Perbedaan kecepatan antara Ns dengan Nr disebut Slip (S) :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} 100\%$$
9. Bila Nr = Ns maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir, dengan demikian kopel tidak akan ada dan motor tidak berputar, kopel motor akan ditimbulkan apabila ada perbedaan antara Nr dengan Ns (Nr < Ns).
10. Kesimpulannya yaitu jenis motor ini termasuk jenis motor asinkron (tak serempak).

Bagian-bagian motor induksi tiga fasa

Secara umum motor induksi tiga fasa terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. stator (bagian yang diam)
- b. rotor (bagian yang bergerak)
- c. tutup/tempat bantalan
- d. kipas
- e. lubang ventilasi
- f. kotak ujung

3. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, lokasi yang dipilih sebagai tempat penelitian yaitu : PT TOBA PULP LESTARI TBK yang terletak pada Desa Pangombusan, Kabupaten Toba, Sumatera Utara.

Tabel 1. Kegiatan penelitian di PT. Toba Pulp Lestari TBK

TANGGAL	Kegiatan Penelitian (Peninjauan)	Keterangan
3-05-2020	Pengenalan Ruang Lingkup Area Kerja Penelitian	
4-05-2020	Peninjauan Motor induksi Dengan Methode Star Delta PT TOBA PULP LESTARI TBK	
5-05-2020	Peninjauan Macam Macam Dan Pengenalan Motor Induksi 3 Fasa	

3.1 Penerapan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Methode Star Delta

Motor induksi 3 fasa ini sebenarnya mempunyai prinsip kerja yang sangat sederhana. Bila sumber tegangan sumber 3 asa dialirkan pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan tertentu. Besarnya kecepatan tersebut dapat diukur menggunakan sebuah rumus,

$$N_s = \frac{120 \cdot \text{frekuensi}}{\text{poles}}$$

Dimana,

Ns = Kecepatan Putar

F = Frekuensi

P = Poles

Perlu diketahui bahwa medan putar stator akan memotong batang konduktor yang ada pada rotor, sehingga pada batang batang konduktor dari rotor akan muncul GGL induksi. GGL akan menghasilkan arus (I), serta gaya (F) pada rotor. Agar GGL induksi timbul, diperlukan perbedaan antara kecepatan medan putar yang ada pada stator (Ns) dengan kecepatan yang ada pada rotor (Nr).

Sebagai referensi pada PT.TOBA PULP LESTARI TBK digunakan motor 3 fasa dengan metode start delta pada MC Pump

Washer 431-300 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Motor Mc Pump Washer

Vendor	Teco
Frekwensi	50 Hz
Velocity	1485 RPM
Pole	4
Voltage	380-415 Volt
Current	400 Ampere
Power	200 KW/ 268 HP

3.2 RANGKAIAN DAYA MOTOR MC PUMP WASHER

Rangkaian daya mesin MC Pump Washer secara garis besar menggunakan 1 unit MCCB, sebuah relay pengaman Thermal Over Load (TOR) dan langsung masuk ke unit modul frekuensi Coverter (FC) pabrikan ABB dengan tipe ACS 600. Supply daya masuk menuju MCCB dan kemudian MCCB di ON kan oleh operator dan kemudian arus masuk menuju proteksi dan kemodul frekuensi converter (FC) dan kemudian FC menuju motr dan adjust sesuai kebutuhan motor yang digunakan.

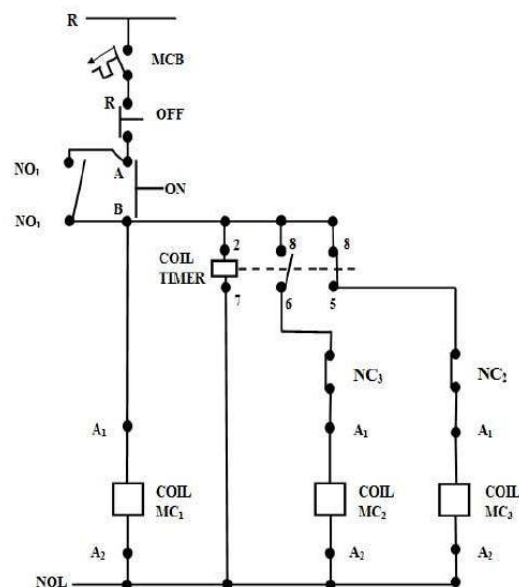
3.3 RANGKAIAN KONTROL MC PUMP WASHER

Secara umum sistem akan bekerja dimulai dari ditekannya switch Q2, dan diberikan signal menuju Kontaktor K3 dari Digital Control Sistem (DCS) dalam kondisi ini indikator lampu hijau telah nyala,yang menyebabkan terenerginya kontak K1,dan kemudian memutuskan anak kontak K1 yang menuju lampu indikator merah (RL) dan sistem telah jalan.

3.4 Motor Hubungan Star Delta

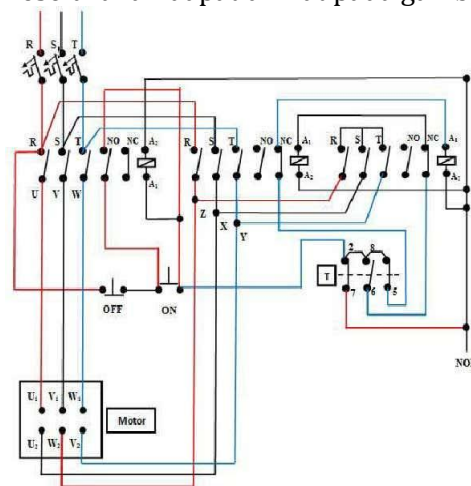
Rangkaian motor induksi tiga fasa untuk hubungan star-delta secara otomatis terdiri atas tiga kontaktor. Kontaktor 1 dan 3 untuk menjalankan motor sesara star sedangkan kontaktor 1 dan 2 untuk menjalankan motor secara delta. Saat motor terhubung star maka kontaktor 1 dan 3 dalam keadaan ON, sedangkan kontaktor 2 dalam keadaan OFF. Beberapa saat

kemudian timer yang disetting sesuai keinginan misalnya 1 menit energized dan akan mematikan kontaktor 3. Sebaliknya jika saat motor terhubung delta maka kontaktor 1 dan 2 dalam keadaan ON sedangkan kontaktor 3 dalam keadaan OFF. Untuk pertama kali menyalakan rangkaian motor menggunakan tombol ON, sedangkan untuk mematikan semua rangkaian motor menggunakan tombol OFF. Untuk mengetahui rangkaian kontrolnya dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Rangkaian Motor Hubungan Star Delta

Sedangkan untuk rangkaian secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. Rangkaian Kontrol Daya Motor Hubungan Star Delta

Untuk mengoperasikan dan menjalankan trainer pengendali motor tiga

fasahubungan star delta secara otomatis adalah dengan menghubungkan antar port dari R (sumber) ke MCB lalu hubungkan keluaran MCB ke port tombol OFF. Kemudian keluaran tombol OFF dihubungkan ke port tombol ON (A) keluaran port A dihubungkan ke port NO 1, keluaran port NO 1 dihubungkan ke port B, keluaran port dihubungkan ke port A1 (MC 1) keluaran Port A2 langsung dihubungkan ke NOL.

Kemudian port 2 timer dihubungkan ke NO 1, port 7 timer dihubungkan langsung ke NOL. Kemudian keluaran port NO 1 dihubungkan ke port 8 timer. Lalu keluaran port 8 timer dihubungkan ke port 6 timer lalu keluaran port 6 timer dihubungkan ke port NC3. Kemudian keluaran port NC3 dihubungkan ke port A1 (MC 2), keluaran port A2 dihubungkan langsung ke NOL. Kemudian keluaran port 8 timer dihubungkan juga ke port 5 timer lalu keluaran port 5 timer dihubungkan ke NC 2. Kemudian keluaran port NC 2 dihubungkan ke port A1 (MC3), keluaran port A2 dihubungkan langsung ke NOL. Untuk pengaturan motornya dengan cara port sumber PLN (R, S, T) dihubungkan ke port motor 1 (U1, V1, W1) dan keluaran port sumber PLN dihubungkan ke port motor 2 (Z, X, Y).

3.5 Teori Dan Metode Rangkaian Star Delta

Bagaimana teori atau metode koneksi star delta ini bisa menurunkan besarnya arus starting motor ? sebelumnya tentu kita tahu besarnya tegangan dan arus itu berbanding terbalik. Semakin besar tegangan maka arus akan semakin kecil begitu sebaliknya semakin kecil tegangan maka arus akan semakin besar. Bagaimana itu terjadi, untuk menjawab itu kita harus tahu dulu, hubungan antara daya (P), tegangan (V), dan arus (I).

$$P = V \cdot I \cdot \cos \emptyset \text{ ----- } I = \frac{P}{V \cdot \cos \emptyset}$$

Dimana,

P = Daya (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos \emptyset = Faktor daya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data-Data

Data penelitian yang diperoleh berupa

Jenis dan daya motor	Metode starting	Arus starting (Amper)			Arus Normal (Ampere)			Tegangan starting			Cos Phi
		R	S	T	R	S	T	sebelum	Saat	Setelah	
3 ϕ ; 1 HP	Langsung Δ	8	11	7	4	4	4	229.3	223.9	224.6	1
3 ϕ ; 1 HP	Bintang segitiga	4	4	5	2	1	1	229.1	225.4	229.1	1
3 ϕ ; 3 HP	Langsung Δ	30	33	27	7	6	5	229.7	191.2	229.8	0.98
3 ϕ ; 3 HP	Bintang segitiga	10	12	10	2	2	2	230.4	214.4	230.9	0.80

nilai voltage drop, besar arus saat starting, dan waktu starting motor induksi. Dan motor induksi yang digunakan sesuai dengan spesifikasi tabel 4.1. metode pengasutan yang digunakan adalah metode direct on line hubung star, star delta otomatis, dan star delta manual. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan beban berupa pemberat dan tanpa beban.

Tabel 3. Spesifikasi Motor Induksi 1

NO	PARAMETER	NILAI	SATUAN
1	Tegangan (V)	220/380	Volt
2	Daya (P)	3	HP
3	Frekuensi (f)	50	Hz
4	Arus (I)	9.2/5.4	Ampere
5	R.P.M	1425	r/min
6	INS Class	B	-
7	Faktor Daya	1	-

Tabel 4. Spesifikasi Motor Induksi 2

NO	PARAMETER	NILAI	SATUAN
1	Tegangan (V)	220/380	Volt
2	Daya (P)	1	HP
3	Frekuensi (f)	50	Hz
4	Arus (I)	3.5/2	Ampere
5	R.P.M	1450	r/min
6	INS Class	B	-

4.2. Hasil Penelitian

Tabel 5. Nilai Tegangan dan Arus saat Starting Motor Induksi

TANGGAL	Kegiatan Penelitian (Peninjauan)	Keterangan
3-05-2020	Pengenalan Ruang Lingkup Area Kerja Penelitian	
4-05-2020	Peninjauan Motor induksi Dengan Methode Star Delta PT TOBA PULP LESTARI TBK	
5-05-2020	Peninjauan Macam Macam Dan Pengenalan Motor Induksi 3 Fasa	

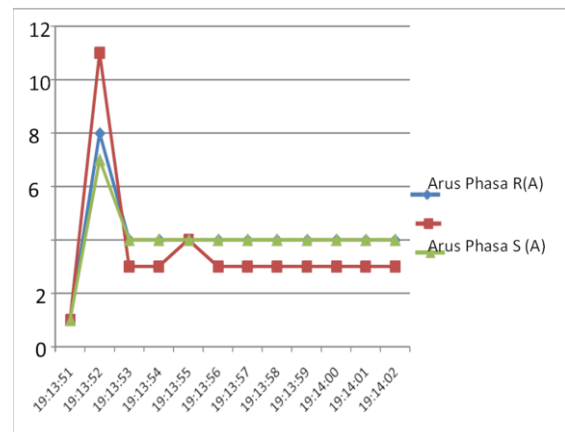
Pengukuran dilakukan menggunakan motor induksi dengan kapasitas motor 3 HP dan Motor 1 HP menggunakan metode direct on line hubung delta dan star delta otomatis. Pengukuran dilakukan tanpa beban. Alat ukur yang digunakan adalah Power Quality Analysis HIOKI 3197. supply tenaga listrik berasal dari PLN untuk memenuhi tenaga motor induksi sebesar 380 Volt dan diturunkan menjadi 220 Volt menggunakan power supply.

4.3. Studi Kasus Pengukuran Pertama

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan motor induksi berkapasitas 1 HP tanpa beban dan menggunakan metode pengasutan *direct on line* hubung delta.

4.4. Tegangan dan Arus

Berdasarkan hasil pengukuran pada tanggal 2 Februari 2016 pada waktu 19:13:50 sampai 19:14:05 menggunakan motor induksi berkapasitas 1 HP, pada saat motor induksi tanpa beban starting menggunakan metode pengasutan direct on line hubung delta nilai tegangan terendah mencapai 222.2 V (R), 223.2 V (S), dan 225 V (T) pada waktu 19:13:52. Besar nilai arus tertinggi saat starting mencapai 8 A (R), 11 A (S), dan 7 A (T) pada waktu 19:13:52.



Gambar 3. Grafik Tegangan Saat Starting Motor Induksi 1 HP Tanpa Beban Menggunakan Pengasutan Direct On Line Hubung Delta

Tabel 6. Waktu Starting Motor Induksi

Jenis & daya motor	Metode starting	Waktu starting	
		Waktu PQA (s)	Waktu Jam Tangan (s)
3 ϕ ; 1 HP	Langsung Delta	3	3

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Dari hasil pengukuran starting motor induksi kapasitas 1 HP antara penggunaan metode direct on line hubung delta lebih besar nilai arusnya sebesar 21 % dari penggunaan metode star delta, dan besar nilai tegangan drop lebih besar penggunaan metode direct on line hubung delta sebesar 0,6 % dari penggunaan metode star delta.
2. Dari hasil pengukuran berupa pengukuran motor induksi berkapasitas 1 HP dan 3 HP dengan metode direct on line hubung delta dan star delta dapat disimpulkan bahwa Penggunaan metode pengasutan yang lebih baik dalam mengurangi arus starting yang tinggi adalah dengan menggunakan metode star delta.
3. Dari hasil pengukuran starting motor induksi kapasitas 3 HP antara penggunaan metode direct on line hubung delta lebih besar nilai arusnya sebesar 217 % dari penggunaan metode star delta, dan besar nilai tegangan drop lebih besar penggunaan metode direct on line sebesar 16,5 % dari penggunaan metode star delta.

6. DAFTAR PUSTAKA

Prasetya, A.P Hamid, M A., & Nakhoda, Y, I., *Analisis Perbandingan Sistem Perbandingan Sistem Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Penggerak Pompa Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Wendir Malang, Jurnal ElektroELTEK,39(1), 2012*

Pahlevi, Muhammad Reza, Dkk., *Perencanaan Motor Induksi 3 Fasa,*

Palembang: Jurusan Teknik Elektro Program Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015

Zulkarnain, Dkk., *Penggulungan Ulang (Rewinding) Kumparan Stator Pada Motor Induksi Tiga Fasa,* Palembang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, 2015

Akhmad Musafa, *Simulasi Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa Sensor Kecepatan,* Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik – Universitas Budi Luhur, Email : musafa_81@yahoo.com, 2007

Aprianto, Hery., *Rancang Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa Hubung Star-Delta (Y-A) Otomatis Berbasis Arduino,* Jurnal Tugas Akhir Universitas Brawijaya, Diakses Pada Tanggal 20 Juli 2018

Data Penelitian Dari PT. TOBA PULP LESTARI,TBK, 2020

Warsito, Agung., *Perancangan Pengasutan Bintang – Segitiga Dan Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Programmable Logic controller [PLC].* Jurnal Tugas Akhir Universitas diponegoro, 2016