

PERBANDINGAN TORSI START DAN ARUS START MOTOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN SAKLAR START DELTA DAN AUTO TRANSFORMATOR

Dwi Kurniawan¹, Supardi²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800 Faks, (031)-5927817

Email: Iwanunited.Iu@Gmail.Com

ABSTRAK

Motor induksi 3 fasa merupakan peralatan elektrik yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri yang berfungsi untuk mendukung segala macam aktivitas produksi, untuk mengurangi arus start yang sangat tinggi dapat menggunakan metode pengasutan dengan sistem star delta atau dengan sistem soft starter menggunakan auto transformator, diketahui bahwa pengaplikasian sistem saklar star delta dan sistem soft starter menggunakan auto transformator pada motor induksi 3 fasa berdaya 1,5 kW atau 2 HP mengakibatkan Arus start paling tinggi yang dihasilkan oleh motor adalah pada saat rangkaian soft starter dengan tegangan 380 V yaitu sebesar 3,7 Ampere. Hal ini dikarenakan saat rangkaian soft starter motor mengalami kenaikan daya, sedangkan pada saat rangkaian star-delta motor mengalami penurunan daya yang dikarenakan oleh penurunan tegangan. Sedangkan untuk Torsi start paling tinggi yang dihasilkan oleh motor adalah pada saat rangkaian soft starter dengan tegangan 380V yaitu sebesar 8,781 nm. Hal ini dikarenakan daya yang diterima motor juga lebih besar yaitu dengan rata-rata sebesar 1,9 kW. Sedangkan torsi start paling rendah terjadi pada saat motor terhubung dengan rangkaian delta pada tegangan 220V yaitu sebesar 3,855 nm. Hal ini dikarenakan adanya penurunan tegangan menjadi 220V sehingga daya yang dihasilkan oleh motor juga mengalami penurunan sehingga tenaga yang dihasilkan juga menurun

Kata kunci : motor induksi 3 fasa, soft starter, star-delta, plc

ABSTRACT

3 phase induction motor is an electrical equipment that is needed in the industrial world that serves to support all kinds of production activities, to reduce the very high start current can use starting method with a star delta system or with a soft starter system using auto transformer, it is known that the application star delta switch system and soft starter system use auto transformer on 3 phase induction motor with 1.5 kW power or 2 HP, causing the highest starting current on the motor when the soft starter circuit is 380 V, which is as much as 3.7 Amperes. This is because when the soft starter motor circuit increases in power, while the star-delta motor breakdown decreases the power caused by a decrease in voltage. As for the highest starting torque produced by the motor is when the soft starter circuit with a voltage of 380V is equal to 8.781 nm. This is because the power received by the motor is also greater, with an average of 1.9 kW. While the lowest starting torque occurs when the motor is connected to the delta circuit at 220V voltage which is equal to 3.855 nm. This is due to a decrease in voltage to 220V so that the power produced by the motor also decreases so that the power produced also decreases

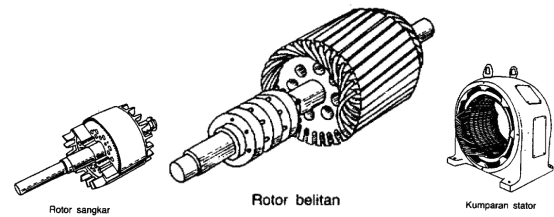
Keywords: motor induksi 3 fasa, soft starter, star-delta, plc

I.Latar Belakang

Motor Induksi tiga fasa mempunyai banyak keunggulan dibandingkan motor DC. Adapun kelebihan dari motor induksi tiga fasa adalah

konstruksinya yang sederhana, lebih murah dibandingkan motor jenis lain, kecepatan putaran yang dihasilkan konstan, perawatannya mudah, tidak memerlukan motor lain untuk starting awal, rugi gesekan dapat dikurangi karena tidak mempunyai sikat.

Tetapi kekurangan dari motor induksi adalah sulitnya pengaturan putaran motor agar mempunyai kecepatan atau frekuensi yang konstan dan mempunyai arus starting yang cukup tinggi sekitar empat sampai delapan kali arus nominal motor yang dapat mengakibatkan penurunan tegangan sistem dan mengganggu kerja sistem peralatan lain dalam satu saluran.

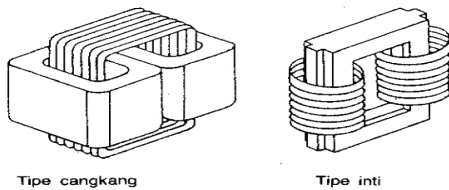


Gambar 2.7 Rotor belitan dan rotor sangkar

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkain listrik ke rangkaian listrik lain, yang melalui suatu gandingan magnet berdasarkan metode elektro magnet. Penggunaan transformator dalam sistemnya menggunakan tegangan yang sesuai untuk tiap – tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan adanya tegangan. [1]



2.2 Transformator 3 fasa

Transformator 3 fasa pada umumnya digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik pada sistem tegangan 3 fasa (arus bolak-balik). Pada sisi primer dan skunder masing-masing mempunyai lilitan identik dengan 3 buah transformator satu fasa, yang ujung kumparan primer dan skunder dapat disambung (dihubungkan) secara bintang (Y) atau segi-tiga (Δ).

2.3 Motor induksi

Merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling luas untuk digunakan. Kenyataan bahwa arus rotor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu akan tetapi arus yang terinduksi dari adanya medan putar yang dihasilkan oleh arus stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor – konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan hukum lantz, rotor pun akan ikut berputar mengikuti medan putar stator. Perbdaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran putaran pada rotor cenderung menurun.

2.4 PLC

Programmable Logic Controller (PLC) adalah alat elektronik yang mudah digunakan dan memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe yang beraneka ragam tingkat kesulitannya.

Definisi *Programmable Logic Controller* Menurut Setiawan (2006) *Programmable Logic Controller* (PLC) adalah suatu alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja secara digital memiliki memory yang dapat diprogram untuk melakukan fungsi – fungsi khusus seperti logika, kerja berurutan (*sequencing*), perwaktuan (*timing*), dan operasi aritmatik untuk mengontrol motor atau proses melalui modul-modul I/O digital. PLC dapat beroperasi pada sistem yang memiliki input atau output dimana menghasilkan on atau off. Input PLC yang digunakan oleh penulis adalah sensor, saklar atau tombol yang menghasilkan input digital, sedangkan outputnya berupa motor yang berdasarkan hasil on atau off saja.

Untuk aplikasi PLC yang digunakan oleh penulis sebagai berikut :

1. Sistem kontrol untuk atap otomatis
2. Sistem kontrol untuk alas krupuk otomatis

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

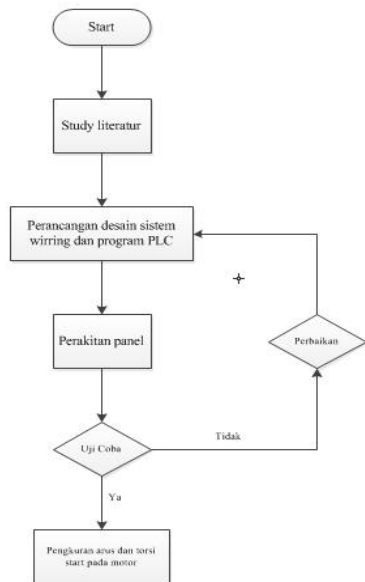
Metode penelitian adalah suatu rancangan penelitian yang memberikan arah bagi pelaksanaan penelitian sehingga data yang diperlukan dapat terkumpul. Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu.

3.2 Desain Penelitian

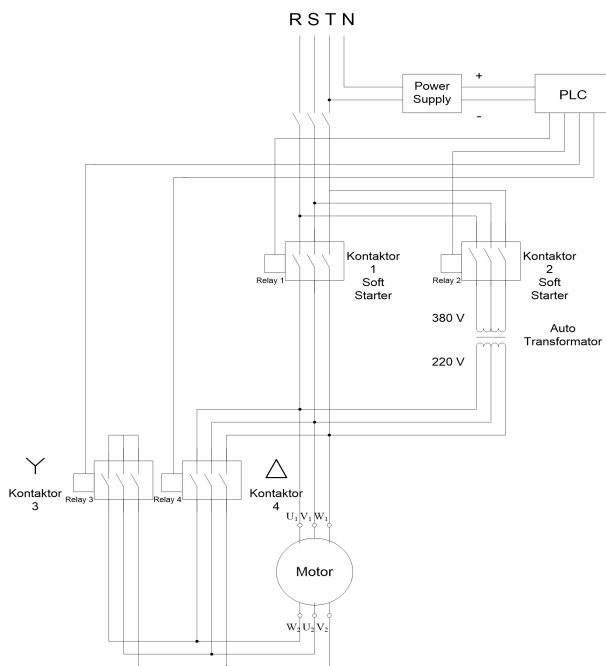
Desain penelitian yang digunakan adalah Research and Development yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah perancangan, dimana dalam perancangan tersebut mengetahui sebuah rancangan yang akan di uji. Secara umum proses perancangan suatu produk melibatkan iterasi yang panjang dan berulang-ulang.

3.3 Flow Chart Penelitian

Diagram di bawah adalah tahap-tahap dari perencanaan alat



3.5 Rancang bangun alat



Cara kerja :

Pada rangkaian Soft Starter menggunakan auto transformator

Untuk rangkaian soft starter menggunakan auto transformator saat tombol ON di tekan, maka PLC akan menghidupkan R2 (relay 2) sesuai pilihan waktu pada selector switch (5 detik/8 detik/10 detik), R4 (relay 4) dan R5 (lampu hijau 1) akan bekerja sehingga akan menghubungkan daya pada kontaktor 2 dan kontaktor 4, pada kontaktor 2 rangkaian daya terhubung pada auto transformator kemudian di step down tegangannya dari 380V menjadi 220V dan kemudian dihubungkan pada motor, sehingga motor bekerja pada tegangan 220V selama rentan waktu yang dipilih dengan asumsi bahwa putaran motor pada tegangan 220V telah maksimal. Ketika telah selesai 5 sampai 10 detik maka PLC akan menonaktifkan R2 sehingga kontaktor 2 akan non aktif dan beralih

mengaktifkan R1 sehingga kontaktor 1 aktif dan motor bekerja optimal pada tegangan 380V.

Pada rangkaian Star Delta

Untuk rangkaian Star Delta saat tombol ON ditekan, maka PLC akan mengaktifkan R1 (Relay 1) sesuai pilihan waktu pada selector switch (5 detik/8 detik/10 detik), R3 (Relay 3) dan R6 (lampu hijau 2) sehingga menghubungkan daya pada kontaktor 1 dan kontaktor 3 megakibatkan motor bekerja pada hubungan Star dengan tegangan 380V selama rentan waktu yang dipilih. Ketika selesai 5 sampai 10 detik maka PLC akan menonaktifkan R3 dan berganti mengaktifkan R4 (relay 4) sehingga menghubungkan daya kontaktor 4 sehingga motor bekerja pada rangkaian Delta.

Saat kedua rangkaian nonaktif

Pada saat kedua rangkaian non aktif, maka lampu merah akan menyala.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Nameplate Spesifikasi Motor

Dari nameplate yang terdapat pada motor, dapat di ketahui spesifikasi motor sebagai berikut :

- Daya : 1,5 kW
- Arus : 3,72 A
- Tegangan : 380V/660V
- Efficiency : 78,5 %
- Rpm : 1400
- Cos phi : 0,78
- Nema Design Code : B
- Nema Letter Code : F

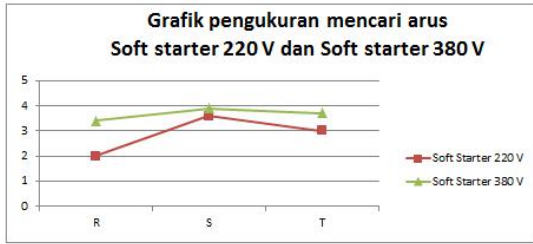
Hasil Pengukuran Soft Starter

	Tegangan 220V					Tegangan 380V						
	Arus Start	kW Start	Arus Nominal	Volt	kW	Freq.	Arus Start	kW Start	Arus Nominal	Volt	kW	Fre. q.
R	2,0	0,6	0,6	221,3	0,18	50	3,4	1,7	2,1	379	1,1	50
S	3,6	1,1	1,1	221,3	0,33	51	3,9	2,0	2,4	378	1,2	50
T	3,0	0,9	0,9	221,1	0,27	50	3,7	1,9	2,4	378	1,2	50
Rata-rata	2,9	0,9	0,9	221,2	0,26	50	3,7	1,9	2,3	378	1,2	50
RP M	Rpm 1489,4					Rpm 1494,7						

Star Delta

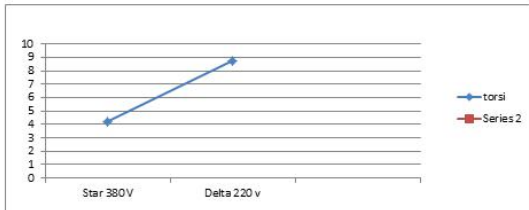
	Hubungan Star Tegangan 380V					Hubungan Delta Tegangan 220V						
	Arus Start	kW Start	Arus Nominal	Volt	kW	Freq.	Arus Start	kW Start	Arus Nominal	Volt	kW	Fre. q.
R	3,2	1,6	2,1	377	1,1	51	3,5	1,8	2,2	380	1	50
S	3,7	1,9	2,4	378	1,2	51	4,0	2	2,4	379	1,1	50
T	3,7	1,9	2,4	379	1,2	50	4,1	2,1	2,3	380	1	50
Rata-rata	3,5	1,8	2,3	378	1,2	51	3,9	2	2,3	380	1	50
RP M	Rpm 1497,6					Rpm 1497,7						

Grafik pengukuran mencari arus
Soft starter 220 V dan Soft starter 380 V



Grafik 3.1 pengukuran mencari arus
Soft starter 220 V dan Soft starter 380 V

Grafik pengukuran mencari arus
Start dan Delta



Grafik 3.1 pengukuran mencari arus
Start 380 V dan Delta 220 V

3.6.4 Menentukan torsi motor

$$HP = \frac{T \times n}{5250} \dots \dots \dots (3)$$

$$T = \frac{5250 \times HP}{n} \dots \dots \dots (3)$$

$$n = \frac{5250 \times HP}{T} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- T = Torsi
- n = Kecepatan putar motor
- HP = Daya kuda (1HP = 746 Watt)
- 5250 = Konstan

Saat Soft Starter

Tab Tegangan 220V

746 Watt = 1 HP

Maka diketahui daya kuda saat tab tegangan 220V adalah

260 Watt = ...HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 260$$

$$= 0,35 \text{ HP}$$

Mencari daya kuda juga dapat dilakukan dengan menggunakan torsi dan rpm yaitu

$$HP = \frac{1,233 \times 1489,4}{5250}$$

$$= 0,35 \text{ HP}$$

$$T = \frac{5250 \times 0,35}{1489,4}$$

$$= 1,233 \text{ nm}$$

$$n = \frac{5250 \times 0,35}{1,233}$$

$$= 1489 \text{ rpm}$$

Maka diketahui daya kuda saat tegangan 380V adalah

1200 W = ...HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 1200$$

$$= 1,6 \text{ HP}$$

Saat Star Delta

Saat hubungan star

746 Watt = 1 HP

Maka diketahui daya kuda saat hubungan star adalah

1200 Watt = ...HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 1200$$

$$= 1,6 \text{ HP}$$

Mencari daya kuda juga dapat dilakukan dengan menggunakan torsi dan rpm yaitu

$$HP = \frac{5,609 \times 1497,4}{5250}$$

$$= 1,6 \text{ HP}$$

$$T = \frac{5250 \times 1,6}{1497,4}$$

$$= 5,609 \text{ Nm}$$

$$n = \frac{5250 \times 1,6}{5,609}$$

$$= 1497 \text{ rpm}$$

Maka diketahui daya kuda saat hubungan delta adalah

1000 W = ...HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 1000$$

$$= 1,3 \text{ HP}$$

Mencari daya kuda juga dapat dilakukan dengan menggunakan torsi dan rpm yaitu

$$HP = \frac{4,556 \times 1497,7}{5250}$$

$$= 1,3 \text{ HP}$$

$$T = \frac{5250 \times 1,3}{1497,7}$$

$$= 4,556 \text{ Nm}$$

$$n = \frac{5250 \times 1,3}{4,556}$$

$$= 1497,7 \text{ rpm}$$

3.6.5 Menentukan torsi start dan arus start pada motor

$$S_{max} = P_{max} : \text{Cos } \phi \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

- S_{max} = Daya semu (VA)
- P_{max} = Daya Nyata (W)

Rangkaian soft starter

S_{max} saat motor berjalan dengan rangkaian Soft Starter pada tab tegangan 220V :

Untuk Phase R :

$$S_{max} = P_{max} : \text{Cos } \phi$$

$$VA = 600 : 0,78$$

$$= 769 \text{ VA}$$

$$= 0,8 \text{ kVA}$$

Untuk Phase S :

$$S_{max} = P_{max} : \text{Cos } \phi$$

$$VA = 1100 : 0,78$$

$$= 1410 \text{ VA}$$

$$= 1,4 \text{ kVA}$$

Untuk Phase T :

$$S_{max} = P_{max} : \text{Cos } \phi$$

$$VA = 900 : 0,78$$

$$= 1154 \text{ VA}$$

$$= 1,1 \text{ kVA}$$

Maka diperoleh hasil daya semu saat start pada phase R pada tegangan 380 V

$$S_{max} = P_{max} : \text{Cos } \phi$$

$$VA = 1700 : 0,78$$

$$= 2180 \text{ VA}$$

$$= 2,2 \text{ kVA}$$

Maka diperoleh hasil daya semu saat start pada phase S pada tegangan 38

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 2000 : 0,78$$

$$= 2564 \text{ VA}$$

$$= 2,6 \text{ kVA}$$

Maka diperoleh hasil daya semu saat start pada phase T pada tegangan 38

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 1900 : 0,78$$

$$= 2435 \text{ VA}$$

$$= 2,4 \text{ kVA}$$

Rangkaian star delta

S_{start} saat motor berjalan dengan rangkaian Star :

Untuk Phase R :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 1600 : 0,78$$

$$= 2051 \text{ VA}$$

$$= 2 \text{ kVA}$$

Untuk Phase S :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 1900 : 0,78$$

$$= 2435 \text{ VA}$$

$$= 2,4 \text{ kVA}$$

Untuk Phase T :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 1900 : 0,78$$

$$= 2435 \text{ VA}$$

$$= 2,4 \text{ kVA}$$

Maka diperoleh hasil daya semu saat start pada phase R pada rangkaian delta

Untuk Phase R :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 1800 : 0,78$$

$$= 2307 \text{ VA}$$

$$= 2,3 \text{ kVA}$$

Untuk Phase S :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 2000 : 0,78$$

$$= 2564 \text{ VA}$$

$$= 2,6 \text{ kVA}$$

Untuk Phase T :

$$S_{start} = P_{start} : \cos \varphi$$

$$VA = 2100 : 0,78$$

$$= 2692 \text{ VA}$$

$$= 2,7 \text{ kVA}$$

Torsi Start

Untuk mengetahui nilai torsi start dapat dihitung menggunakan nilai arus start dengan cara

$$HP = \frac{T \times n}{5250} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$T = \frac{5250 \times HP}{n} \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

- T = Torsi (saat start)
- n = Kecepatan putar motor
- HP = Daya kuda (saat start)
- 5250 = Konstan

Saat Soft Starter

Tab Tegangan 220V

746 Watt = 1 HP

Maka diketahui daya kuda saat tab tegangan 220V adalah

900 Watt =HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 900$$

$$= 1,2 \text{ HP}$$

Maka dapat diketahui torsi start adalah sebesar

$$T = \frac{5250 \times 1,2}{1489,4}$$

$$= 4,229 \text{ Nm}$$

Dan diketahui daya kuda saat tegangan 380V adalah

1900 W =HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 1900$$

$$= 2,5 \text{ HP}$$

Maka dapat diketahui torsi start adalah sebesar

$$T = \frac{5250 \times 2,5}{1494,7}$$

$$= 8,781 \text{ Nm}$$

Saat Star Delta

Saat hubungan star

746 Watt = 1 HP

Maka diketahui daya kuda saat hubungan star adalah

1800 Watt =HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 1800$$

$$= 2,4 \text{ HP}$$

Maka dapat diketahui torsi start adalah sebesar

$$T = \frac{5250 \times 2,4}{1497,4}$$

$$= 8,414 \text{ Nm}$$

Maka diketahui daya kuda saat hubungan delta

2000 W =HP

$$HP = \frac{1}{746} \times 2000$$

$$= 2,6 \text{ HP}$$

Maka dapat diketahui torsi start adalah sebesar

$$T = \frac{5250 \times 2,6}{1497,7}$$

$$= 9,113 \text{ Nm}$$

Tabel Hasil Pengukuran

Soft Starter

	Tegangan 220 V				Tegangan 380 V			
	I Start (A)	S Start (kVA)	P Start (kW)	T Start (nm)	I Start (A)	S Start (kVA)	P Start (kW)	T Start (nm)
R	2,0	0,8	0,6	4,229	3,4	2,2	1,7	8,781
S	3,6	1,4	1,1		3,9	2,6	2,0	
T	3,0	1,1	0,9		3,7	2,4	1,9	
Rata-rata	2,9	1,1	0,9		3,7	2,4	1,9	

Star Delta

	Hubungan Star Tegangan 380V				Hubungan Delta Tegangan 220V			
	I Start (A)	S Start (kVA)	P Start (kW)	T Start (nm)	I Start (A)	S Start (kVA)	P Start (kW)	T Start (nm)
R	3,2	2	1,6	8,414	3,5	2,3	1,8	9,113
S	3,7	2,4	1,9		4,0	2,6	2	
T	3,7	2,4	1,9		4,1	2,7	2,1	
Rata-rata	3,5	2,3	1,8		3,9	2,5	2	

Grafik hasil pengukuran mencari torsi



Grafik 3.2 hasil perhitungan mencari torsi

Grafik hasil pengukuran mencari torsi



Grafik 3.2 hasil perhitungan mencari torsi

V.PENUTUP

Kesimpulan

- Torsi start paling tinggi yang dihasilkan oleh motor adalah pada saat rangkaian delta yaitu sebesar 9,113 nm. Hal ini dikarenakan daya nyata saat start yang di terima motor juga lebih besar yaitu dengan rata-rata sebesar 2 kW. Sedangkan torsi start paling rendah terjadi pada saat motor terhubung dengan rangkaian soft starter pada tegangan 220V yaitu sebesar 4,229 nm. Hal ini dikarenakan adanya penurunan tegangan menjadi 220V sehingga daya yang di hasilkan oleh motor juga mengalami penurunan sehingga tenaga yang di hasilkan juga menurun
- Arus start paling tinggi yang di hasilkan oleh motor adalah pada saat rangkaian delta yaitu sebesar 3,9 Ampere. Hal ini dikarenakan saat rangkaian delta motor mengalami kenaikan arus saat berada di arus nominalnya yakni 2,3 Ampere.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada tugas akhir ini adalah:

- Diharapkan tugas akhir ini dapat di kembangkan dengan menggunakan metode yang lebih baik dari yang digunakan penulis sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan lebih efisien.
- Diharapkan dalam penelitian selanjutnya oleh pengembang,dapat dilakukan pengukuran yang lebih intensif sehingga data yang di peroleh lebih akurat sehingga hasil dari analisa juga menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta. (halaman 43)
- [2]. Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta. (halaman 57-58)
- [3]. Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta. (halaman 101)
- [4]. Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta. (halaman 125)
- [5]. Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Edisi Ke-5, Gramedia, Jakarta. (halaman 43)
- [6]. *berbasis plc tugas akhir diiii oleh : rahma dani putra*
- [7]. *Penggunaan dan pengaturan motor listrik/ radita arindya, S.T., M.T Edisi pertama – Yogyakarta; Graha Ilmu 2013*