

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SISTEM STAR DELTA DENGAN RANGKAIAN MANUAL DAN PLC PADA MOTOR LISTRIK 3 PHASA

Hesti Istiqlaliyah

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
*Email: kurniawan.yevi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi hasil pengamatan dan pengalaman peneliti, bahwa pada beberapa industri masih banyak yang menggunakan rangkaian pengendali secara manual maupun yang menggunakan rangkaian kontrol PLC, sebagai contoh pada kontrol pengendali *star delta* pada motor 3 phasa. Maka peneliti akan mencoba melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan sistem *star delta* dengan rangkaian manual dan PLC pada motor listrik AC induksi 3 phasa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih stabil mana lonjakan awal putaran motor listrik dalam proses *starting*, perbedaan arus, daya dan kecepatan motor listrik, hal-hal yang membedakan penggunaan rangkaian, mengetahui terjadinya *overshoot* antara rangkaian manual dan PLC pada motor listrik 3 phasa dengan sistem *star delta*. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Teknik penelitian dengan metode penelitian deskriptif dan penelitian korelasi. Metode pengumpulan datanya dengan observasi pada rangkaian *star delta* rangkaian manual dan PLC serta pada motor listrik 3 phasa. Hasil penelitian ini adalah pada rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem PLC lebih stabil lonjakan arus awalnya yaitu 0.74 A jika dibandingkan dengan rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem manual, didapat beberapa selisih pada arus yaitu 7.86 A pada proses bintang dan 4.07 A pada proses segitiga, serta daya yaitu 4395.82 Watt pada proses bintang dan 2272.41 Watt pada proses segitiga, perbedaan penggunaan rangkaian antara sistem PLC dan sistem manual pada rangkaian pengendali bintang segitiga dan perbedaan kecepatan pada motor 3 phasa yaitu sebesar 6 Rpm, dan tidak terjadi *overshoot* pada semua rangkaian saat penelitian.

Kata Kunci : sistem star delta, rangkaian manual, rangkaian PLC, motor listrik 3 phasa.

Abstract

This research is based on the observation and experience of the researcher, that in some industries there are still many who use manual control circuit or using PLC control circuit, for example in control of star delta control on 3 phase motor. So the researcher will try to do research about the influence of the use of star delta system with manual circuit and PLC on electric motor AC induction 3 phase. The purpose of this study is to know more stable where the initial spike of electric motor rotation in the starting process, current differences, power and speed of electric motors, things that distinguish the use of the circuit, knowing the overshoot between manual circuit and PLC in 3 phase electric motor with star delta system. This research uses a quantitative approach. Technique research with descriptive research method and correlation research. Data collection methods with observation on the series of star delta manual and PLC circuit and on 3 phase electric motor. The result of this research is in the triangle star control circuit with PLC system is more stable the initial current spike is 0.74 A when compared with the triangle star control circuit with manual system, gained some difference in the current that is 7.86 A in star process and 4.07 A in triangle process, power is 4395.82 Watt on star process and 2272.41 Watt on triangle process, difference of circuit usage between PLC system and manual system on triangle star control circuit and speed difference at 3 phase motor that is equal to 6 rpm, and no overshoot on all series during research.

Keywords : star delta system, manual circuit, PLC circuit, 3 phase electric motor.

1. Pendahuluan

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi pada saat sekarang ini, berbagai macam teknologi banyak bermunculan mulai dari teknologi yang baru ditemukan, sampai perkembangan teknologi sebelumnya. Khususnya pada bidang kontrol pengendali *star delta* atau bintang (Y) segitiga (Δ) pada motor listrik 3 fasa, pada saat ini proses didalam sistem kontrol tidak hanya berupa rangkaian manual, tetapi banyak industri yang sudah menggunakan sistem PLC (*Programmable Logic Controller*) [1-3].

Pada saat start motor membutuhkan torsi awal yang besar untuk mengangkat beban. Oleh karena itu, arus mula yang diperlukan juga besar. Untuk mengurangi arus mula jalan digunakan pengasutan *star delta*. Pada mula jalan, kumparan stator disambung secara *star*, setelah motor berputar, kumparan stator diubah menjadi sambungan *delta* [4].

PLC adalah alat kendali komputer yang merupakan bentuk khusus pengontrol berbasis *mikroposepor* yang biasa digunakan pada kontrol pengendali *star delta* pada motor 3 fasa [5-8].

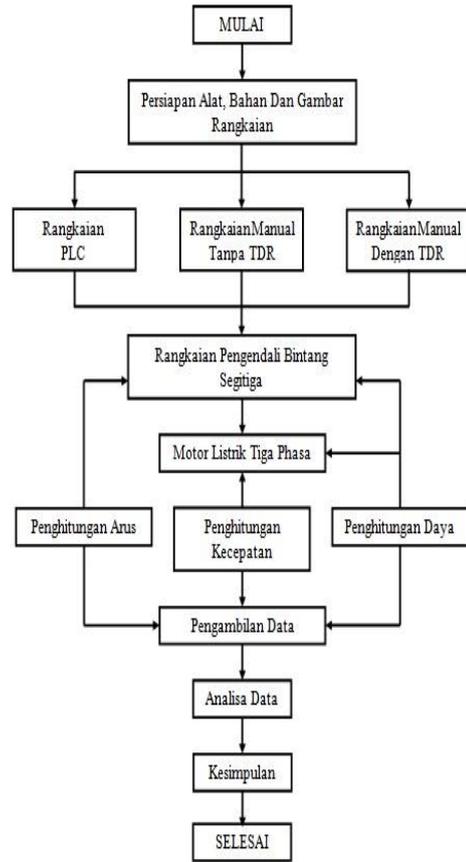
Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan sistem *star delta* dengan rangkaian manual dan PLC pada motor listrik 3 fasa, dari situlah akan ketemu perbedaan pada rangkaian manual dan PLC, khususnya pada arus dan daya yang berpengaruh pada kestabilan lonjakan awal putaran motor listrik untuk mengantisipasi terjadinya *overshoot* dan belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

2. Metode Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah arus listrik, daya listrik dan kecepatan motor listrik
- 2) Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *overshoot* dari proses *starting* motor 3 fasa
- 3) Variabel Kontrol
Variable Kontrol dalam penelitian ini adalah rangkaian pengendali *star delta* sistem PLC, manual tanpa TDR dan manual dengan TDR.

Penelitian ini dilakukan di bengkel otomasi SMK Negeri 3 Boyolangu Tulungagung, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung. **Gambar 1** adalah alur dari penelitian yang telah dilakukan:



Gambar 1: Bagan alur penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan peneliti adalah:

1. Persiapan alat, bahan dan gambar rangkaian.
2. Merangkai rangkaian daya, rangkaian sistem PLC, rangkaian sistem manual dengan TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR.
3. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan
4. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan rangkaian pemicu *overshoot*.

3. Hasil Penelitian

3.1 Hasil Data Pengukuran

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap jenis rangkaian pengendali bintang segitiga sistem PLC dan sistem manual di dapat beberapa hasil data berupa besar arus, dan kecepatan motor listrik 3 fasa.

Berikut ini adalah hasil pengujian data tegangan dan arus dari jenis rangkaian pengendali bintang segitiga sistem PLC dan sistem manual yang disajikan pada **Tabel 1**. Sedangkan **Tabel 2** menunjukkan hasil pengujian data kecepatan motor listrik 3 fasa dari jenis rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem PLC sistem manual tanpa TDR dan sistem manual dengan TDR.

Tabel 1: Hasil data pengujian tegangan dan arus

Jenis Rangkaian	Proses Yang Diukur	Jenis Kabel	Tegangan (V)	Arus (A)
Sistem PLC	Bintang (Y)	R	380 V	15.8 A
		S	380 V	16 A
		T	380 V	15.8 A
	Segitiga (Δ)	R	380 V	16.8 A
		S	380 V	16.4 A
		T	380 V	16.6 A
Sistem Manual Dengan TDR	Bintang (Y)	R	380 V	10 A
		S	380 V	10.6 A
		T	380 V	11 A
	Segitiga (Δ)	R	380 V	14 A
		S	380 V	13.6 A
		T	380 V	13.4 A
Sistem Manual Tanpa TDR	Bintang (Y)	R	380 V	7.6 A
		S	380 V	8.4 A
		T	380 V	8 A
	Segitiga (Δ)	R	380 V	13 A
		S	380 V	12.6 A
		T	380 V	12 A

Tabel 2: Hasil data pengujian kecepatan

Jenis Rangkaian	Proses Yang Diukur	Percobaan	Kecepatan (Rpm)
Sistem PLC	Bintang (Y)	Percobaan 1	2988 Rpm
		Percobaan 2	2987 Rpm
		Percobaan 3	2990 Rpm
	Segitiga (Δ)	Percobaan 1	2994 Rpm
		Percobaan 2	2991 Rpm
		Percobaan 3	2992 Rpm
Sistem Manual Dengan TDR	Bintang (Y)	Percobaan 1	2987 Rpm
		Percobaan 2	2986 Rpm
		Percobaan 3	2991 Rpm
	Segitiga (Δ)	Percobaan 1	3000 Rpm
		Percobaan 2	2995 Rpm
		Percobaan 3	2999 Rpm
Sistem Manual Tanpa TDR	Bintang (Y)	Percobaan 1	2989 Rpm
		Percobaan 2	2990 Rpm
		Percobaan 3	2986 Rpm
	Segitiga (Δ)	Percobaan 1	3001 Rpm
		Percobaan 2	2998 Rpm
		Percobaan 3	2996 Rpm

Pada **Table 1** adalah data hasil pengujian tegangan dan arus masing-masing jenis rangkaian pada setiap kabel R (merah), S (kuning) dan R (hitam) dengan lonjakan arus dari proses bintang menuju proses segitiga. Lonjakan arus adalah proses terjadinya kenaikan jumlah kuat arus yang terjadi dari proses bintang ke proses segitiga.

Pada sistem PLC kabel R dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 15.8 A pada proses bintang dan 16.8 A pada proses segitiga. Pada kabel S dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 16 A pada proses bintang dan

16,4 A pada proses segitiga. Pada kabel T dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 15,8 A pada proses bintang dan 16,6 A pada proses segitiga.

Pada sistem manual dengan TDR kabel R dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 10 A pada proses bintang dan 14 A pada proses segitiga. Pada kabel S dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 10.6 A pada proses bintang dan 13.6 A pada proses segitiga. Pada kabel T dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 11 A pada proses bintang dan 13.4 A pada proses segitiga.

Pada sistem manual tanpa TDR kabel R dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 7.6 A pada proses bintang dan 13 A pada proses segitiga. Pada kabel S dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 8.4 A pada proses bintang dan 12.6 A pada proses segitiga. Pada kabel T dengan tegangan 380 V terdapat arus sebesar 8 A pada proses bintang dan 12 A pada proses segitiga.

Pada **Tabel 2** adalah data hasil pengujian kecepatan motor listrik 3 phasa dengan 3 kali percobaan dengan kenaikan kecepatan dari proses bintang menuju proses segitiga.

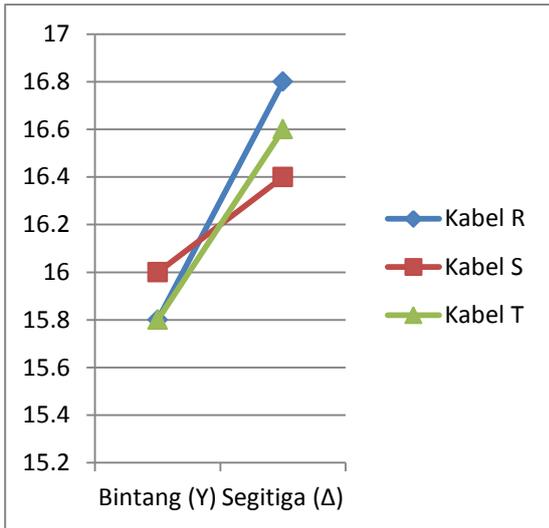
Pada sistem PLC percobaan pertama mengalami kecepatan 2988 Rpm pada proses bintang dan 2994 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan kedua mengalami kecepatan 2987 Rpm pada proses bintang dan 2991 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan ketiga mengalami kecepatan 2990 Rpm pada proses bintang dan 2992 Rpm pada proses segitiga.

Pada sistem manual dengan TDR percobaan pertama mengalami kecepatan 2987 Rpm pada proses bintang dan 3000 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan kedua mengalami kecepatan 2986 Rpm pada proses bintang dan 2995 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan ketiga mengalami kecepatan 2991 Rpm pada proses bintang dan 2999 Rpm pada proses segitiga.

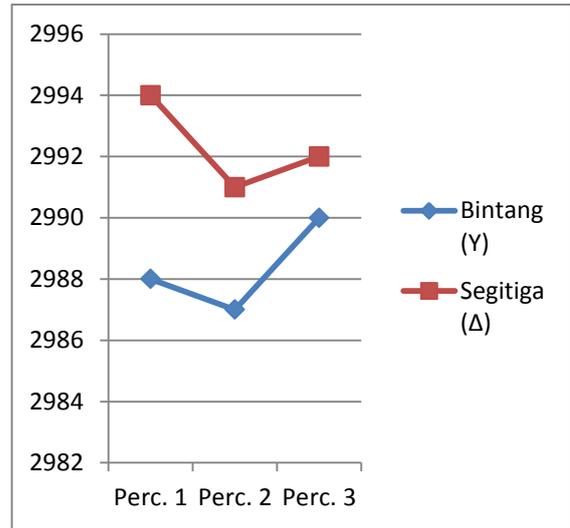
Pada sistem manual tanpa TDR percobaan pertama mengalami kecepatan 2989 Rpm pada proses bintang dan 3001 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan kedua mengalami kecepatan 2990 Rpm pada proses bintang dan 2998 Rpm pada proses segitiga. Pada percobaan ketiga mengalami kecepatan 2986 Rpm pada proses bintang dan 2996 Rpm pada proses segitiga.

3.2 Grafik Data Pengukuran

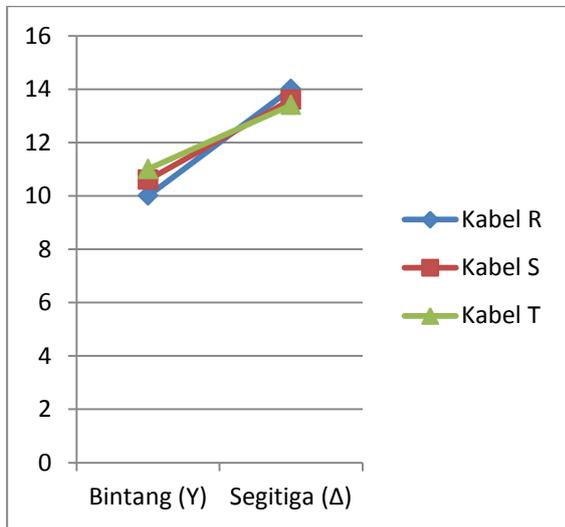
Dari hasil data pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**, maka dibuat kesimpulan dalam bentuk grafik yang disajikan pada **Gambar 2 – Gambar 7**.



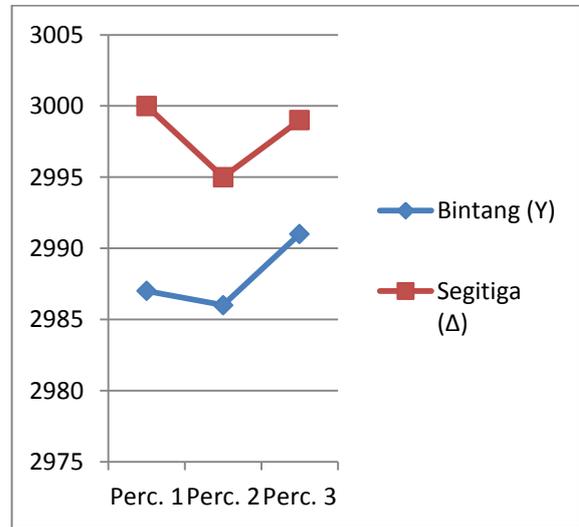
Gambar 2: Grafik arus PLC terhadap bintang (Y) dan segitiga (Δ)



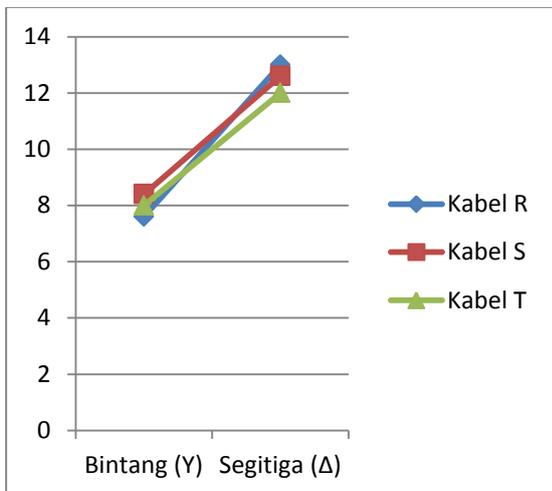
Gambar 5: Grafik kecepatan PLC



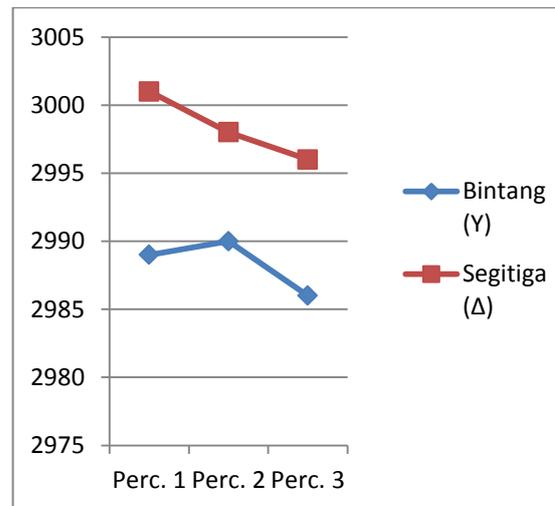
Gambar 3: Grafik arus manual dengan TDR



Gambar 6: Grafik kecepatan manual dengan TDR



Gambar 4: Minyak jelantah menggunakan isopropyl alkohol sebagai larutan metoksida



Gambar 7: Grafik kecepatan manual tanpa TDR

3.3 Analisis data

Dari beberapa hasil data tersebut penulis akan menganalisa data untuk mencari beberapa perbandingan diantara ketiga rangkaian pengendali tersebut dengan menghitung daya, mencari rata-rata arus dan daya dan mencari selisih ketiga rangkaian pengendali tersebut, selain itu juga akan dicari dari ketiga rangkaian pengendali tersebut manakah yang mudah memicu terjadinya *overshoot* karena lonjakan arus yang tinggi dari proses bintang (Y) ke proses segitiga (Δ).

Pada pengujian kali ini daya tidak terpakai untuk energi sebenarnya maka pada metode penghitungan daya kali ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \tag{1}$$

Keterangan:

- P = daya motor listrik (Watt)
- V = tegangan kerja motor (Volt)
- I = arus yang mengalir pada motor (Ampere)
- $\sqrt{3}$ = 1,73
- $\cos\varphi$ = 85% = 0.85

Dari penghitungan arus dan daya pada rangkaian pengendali bintang segitiga, serta kecepatan pada motor 3 phasa dapat disimpulkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3: Hasil data penghitungan arus, daya dan kecepatan

Jenis Rangkaian	Proses Yang Diukur	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Kecepatan (Rpm)
Sistem PLC	Bintang (Y)	380	15.86	8866.13	2988.34
	Segitiga (Δ)	380	16.6	9275.91	2992.34
Sistem Manual Dengan TDR	Bintang (Y)	380	10.53	5885.92	2988
	Segitiga (Δ)	380	13.67	7636.79	2998
Sistem Manual Tanpa TDR	Bintang (Y)	380	8	4470.31	2988.34
	Segitiga (Δ)	380	12.53	7003.5	2998.34

3.4 Penghitungan Selisih Arus, Daya dan Kecepatan

a. Penghitungan Selisih Sistem PLC dan Sistem Manual Dengan TDR

- 1) Penghitungan selisih arus
 - Selisih arus pada proses bintang (Y):
 $15.86 - 10.53 = 5.33 A$
 - Selisih arus pada proses segitiga (Δ):
 $16.6 - 13.67 = 2.93 A$
- 2) Penghitungan selisih daya
 - Selisih daya pada proses bintang (Y):
 $8866.13 - 5885.92 = 2980.21 Watt$

- Selisih daya pada proses segitiga (Δ):
 $9275.91 - 7636.79 = 1639.12 Watt$

3) Penghitungan selisih kecepatan

- Selisih kecepatan pada proses bintang (Y):
 $2988.34 - 2988 = 0.34 Rpm$
- Selisih kecepatan pada proses segitiga (Δ):
 $2998 - 2992.34 = 5.66 Rpm$

b. Penghitungan Selisih Sistem PLC dan Sistem Manual Tanpa TDR

- 1) Penghitungan selisih arus
 - Selisih arus pada proses bintang (Y):
 $15.86 - 8 = 7.86 A$
 - Selisih arus pada proses segitiga (Δ):
 $16.6 - 12.53 = 4.07 A$
- 2) Penghitungan selisih daya
 - Selisih daya pada proses bintang (Y):
 $8866.13 - 4470.31 = 4395.82 Watt$
 - Selisih daya pada proses segitiga (Δ):
 $9275.91 - 7003.5 = 2272.41 Watt$
- 3) Penghitungan selisih kecepatan
 - Selisih kecepatan pada proses bintang (Y):
 $2988.34 - 2988.34 = 0 Rpm$
 - Selisih kecepatan pada proses segitiga (Δ):
 $2998.34 - 2992.34 = 6 Rpm$

c. Penghitungan Selisih Sistem Manual dengan TDR dan Sistem Manual Tanpa TDR

- 1) Penghitungan selisih arus
 - Selisih arus pada proses bintang (Y):
 $10.53 - 8 = 2.53 A$
 - Selisih arus pada proses segitiga (Δ):
 $13.67 - 12.53 = 1.14 A$
- 2) Penghitungan selisih daya
 - Selisih daya pada proses bintang (Y):
 $5885.92 - 4470.31 = 1415.61 Watt$
 - Selisih daya pada proses segitiga (Δ):
 $7636.79 - 7003.5 = 633.29 Watt$
- 3) Penghitungan selisih kecepatan
 - Selisih kecepatan pada proses bintang (Y):
 $2988.34 - 2988 = 0.34 Rpm$
 - Selisih kecepatan pada proses segitiga (Δ):
 $2998.34 - 2998 = 0.34 Rpm$

3.5 Penghitungan Rangkaian Pemicu Terjadinya *Overshoot*

Pada saat penelitian tidak terjadi adanya *overshoot* pada semua rangkaian, sehingga ketiga rangkaian tersebut memiliki arus yang cukup stabil dari proses bintang (Y) ke proses segitiga (Δ).

Namun penulis tetap mencari perbedaan arus untuk mengetahui rangkaian mana yang mempunyai lonjakan kuat arus yang dapat memicu terjadinya *overshoot*.

a. Penghitungan Lonjakan Arus Sistem PLC

$$\begin{aligned} \text{Lonjakan Arus} &= \text{ arus segitiga } (\Delta) - \text{ arus bintang } (Y) \\ &= 16.6 - 15.86 = 0.74 A \end{aligned}$$

b. Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Dengan TDR

$$\begin{aligned} \text{Lonjakan Arus} &= \text{ arus segitiga } (\Delta) - \text{ arus bintang } (Y) \\ &= 13.67 - 10.53 = 3.14 A \end{aligned}$$

c. Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Tanpa TDR

$$\begin{aligned} \text{Lonjakan Arus} &= \text{ arus segitiga } (\Delta) - \text{ arus bintang } (Y) \\ &= 12.53 - 8 = 4.53 A \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Pada rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem PLC lebih stabil lonjakan arus awalnya karena ha-

nya mencapai 0.74 A, jika dibandingkan dengan rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem manual baik yang memakai TDR dengan lonjakan arus sebesar 3.14 A maupun yang tidak memakai TDR dengan lonjakan arus sebesar 4.53 A.

Tidak terjadi *overshoot* pada semua rangkaian saat penelitian, karena semua lonjakan arus rata-rata stabil, walaupun rangkaian manual lebih mudah memicu terjadinya *overshoot*.

Terdapat beberapa perbedaan pada penggunaan rangkaian antara sistem PLC dan sistem manual, yaitu sistem PLC lebih praktis, simpel, handal, mudah dalam pemrograman, namun harga cukup mahal dan lebih sulit dalam perawatannya.

Daftar Pustaka

1. B. Y. Suprpto., Perancangan lengan robot pemindah benda berdasarkan warna menggunakan PLC Wago. *Majalah Ilmiah Sriwijaya*, 17(10), 551-556, 2010.
2. E. Erinofardi, N. I. Supardi dan R. Redi., Penggunaan PLC dalam pengontrolan temperatur, simulasi pada prototype ruangan. *Jurnal mekanikal*, 3(2), 261-168, 2012.
3. I. Saputra, L. Hakim dan S. R.. Sulistiyanti., Perancangan water level control menggunakan PLC Omron Sysmac C200H yang dilengkapi software SCADA Wonderware InTouch 10.5. *Electrician*, 7 (1), 27-34. 2013.
4. H. Sutrisno, *Motor listrik arus bolak balik*. Klaten: Saka Mitra Kompetensi (2011).
5. W. Bolton., *Programmable logic controller (PLC)*. Jakarta, Erlangga (2004).
6. W. S. W. Purwana., *TA: Rancang bangun pengendalian motor melalui PLC Festo berbasis mikrokontroler MCS-51. Doctoral dissertation*, Stikom Surabaya, 2004.
7. H. N. Handoko dan T. Sukmadi., Pengendali motor induksi tiga fasa menggunakan *Programmable Logic Control (PLC)* untuk pengolahan kapuk. *Transient*, 3(1), 29-36, 2014.
8. W. Sumardiono., *Aplikasi mikrokontroler Atmega 16 sebagai automatic converter star to delta pada motor AC 3 phase. Doctoral dissertation*, Universitas Muhammadiyah Malang, 2014.