

# **THERMAL OVERLOAD RELAY SEBAGAI PENGAMAN OVERLOAD PADA MINIATUR GARDU INDUK BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) CP1E-E40DR-A**

**Hendy Pradika, Moediyono**  
Program Studi Diploma III Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## **ABSTRACT**

*Hendy Pradika, Moediyono, in paper thermal overload relay as a overload safety in miniature of substation based on programmable logic controller (PLC) CP1E-E40DR-A explain that at the substation there is a protective device that is very vital function, which we often refer breaker Power (PMT) or also called Circuit Breaker (CB). The function of the PMT itself is to connect or disconnect current / power corresponding branches if there is interference in substations or other transmission device or in the event of overload. At the substation's miniature PMT function is replaced by a contactor that functions more or less the same. Contactor performance is governed by OMRON CP1E PLC-E40DR-A which had previously received input from the Thermal Overload Relay in the event of overload. Thermal Overload Relay works on the principle of expansion and bimetal objects. When exposed to high current object, then the object will expand so it will bend and break the current. Excessive current will generate heat, so it can bend bimetal. Hal object will cause the contactor is connected to the Thermal Overload Relay will decide the electric current through the contactor. With this tool, we can realize the expected electric power system more secure in terms of security and reliability so as not to harm humans and the environment.*

*Keywords: substations, protection, PMT, overload, contactors, Thermal Overload Relay, Omron PLC CP1E-E40DR-A*

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Perkembangan teknologi di segala bidang, semua hal dituntut untuk dapat mengikuti perkembangan itu. Kemajuan teknologi biasanya ditandai dengan semakin majunya kontrol otomatis dalam dunia industri sehingga semakin diperlukan efisiensi kontrol otomatis. Untuk itu dibutuhkan suatu kendali yang dapat mengontrol bekerjanya suatu alat atau mesin-mesin secara otomatis. Di sinilah Penggunaan PLC diperlukan karena PLC dirancang untuk dapat bekerja secara otomatis dan lebih efisien dibandingkan kontrol lain. Di samping itu PLC dapat diterapkan dalam berbagai bidang.

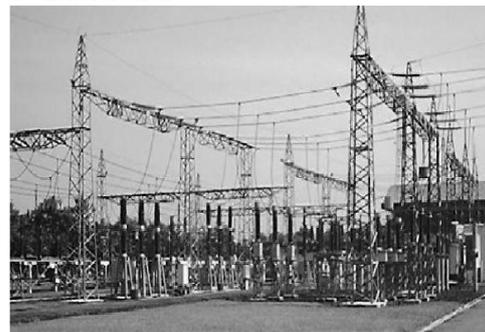
Di bidang sistem tenaga listrik, masih jarang yang menggunakan PLC sebagai otak dari sistemnya. Misalnya sistem tenaga listrik di Gardu Induk, belum ada yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya. Lebih spesifik lagi di bagian Pemutus Tenaga (PMT), salah satu unsur paling penting pada Gardu Induk, masih belum ada yang menggunakan PLC dalam operasinya sebagai pengaman. Oleh karena itu muncullah ide untuk membuat miniatur gardu induk yang sistem kontrolnya menggunakan PLC.

## **LANDASAN TEORI**

### **Gardu Induk**

Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran

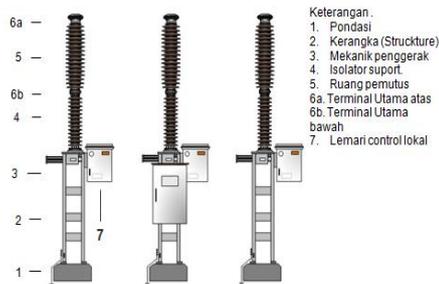
(transmisi). Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan.



Gambar 1. Gardu Induk Konvensional

### **Pemutus Tenaga (PMT)**

*Circuit breaker (CB)* atau Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk memutuskan hubungan antara sisi sumber tenaga listrik dan sisi beban, yang dapat bekerja secara otomatis dalam keadaan berbeban ataupun tidak berbeban yang dilengkapi sistem proteksi arus hubung singkat, ketika terjadi gangguan atau secara manual ketika dilakukan perawatan atau perbaikan.

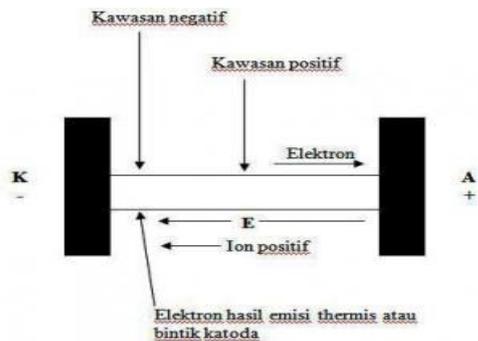


Gambar 2. PMT Single Pole

**Proses Terjadinya Busur Api**

Pada waktu pemutusan atau penghubungan suatu rangkaian sistem tenaga listrik maka pada PMT (*circuit breaker*) akan terjadi busur api, hal tersebut terjadi karena pada saat kontak PMT dipisahkan, beda potensial diantara kontak akan menimbulkan medan elektrik diantara kontak tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah.

Arus yang sebelumnya mengalir pada kontak akan memanaskan kontak dan menghasilkan emisi thermis pada permukaan kontak. Sedangkan medan elektrik menimbulkan emisi medan tinggi pada kontak katoda (K). Kedua emisi ini menghasilkan elektron bebas yang sangat banyak dan bergerak menuju kontak anoda (A). Elektron-elektron ini membentur molekul netral media isolasi dikawasan positif, benturan-benturan ini akan menimbulkan proses ionisasi. Dengan demikian, jumlah elektron bebas yang menuju anoda akan semakin bertambah dan muncul ion positif hasil ionisasi yang bergerak menuju katoda, perpindahan elektron bebas ke anoda menimbulkan arus dan memanaskan kontak anoda.



Gambar 3. Perpindahan elektron bebas ke anoda

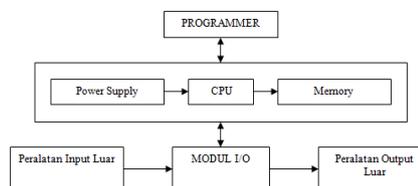
Ion positif yang tiba di kontak katoda akan menimbulkan dua efek yang berbeda. Jika kontak terbuat dari bahan yang titik leburnya tinggi, misalnya tungsten atau karbon, maka ion positif akan akan menimbulkan pemanasan di katoda. Akibatnya, emisi thermis semakin meningkat. Jika kontak terbuat dari bahan yang titik leburnya rendah, misal tembaga, ion positif akan menimbulkan emisi medan tinggi. Hasil emisi thermis ini dan emisi medan tinggi akan melanggengkan proses ionisasi, sehingga

perpindahan muatan antar kontak terus berlangsung dan inilah yang disebut busur api.

**PLC**

PLC (*Programmable Logic Controller*) dapat dibayangkan seperti sebuah personal komputer konvensional (konfigurasi internal pada PLC mirip sekali dengan konfigurasi komputer internal pada personal komputer). Tetapi PLC dirancang untuk pembuatan panel listrik arus kuat.

Di dalam otak (CPU = *Control Processing Unit*) PLC dapat dibayangkan seperti kumpulan ribuan relay. Akan tetapi bukan berarti didalamnya terdapat banyak relay dalam ukuran yang sangat kecil. Di dalam PLC berisi rangka elektronika digital yang dapat difungsikan seperti *Contact Relay* (baik NO maupun NC) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua instruksi dasar selain instruksi *output*. Jadi dikatakan bahwa dalam suatu program PLC tidak diijinkan menggunakan *output* dengan nomor kontak yang sama.



Gambar 4. Diagram Prinsip Kerja PLC

**CX One**

*CX One (Programmer)* adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk menyiapkan sistem pemrograman, memasukkan data program, memonitor operasi sistem dan menjalankan program. *CX One (Programmer)* digunakan dengan menggunakan perangkat komputer.

Instruksi *ladder diagram* dapat secara langsung diprogram ke PLC, tidak seperti melalui *programming console*, yang harus diubah dulu ke dalam bentuk *mnemonic*. Jadi penggunaan perangkat lunak ini dirasa lebih mudah dan praktis dibanding pemrograman menggunakan *programming console*.

**Relay**

Relay adalah salah satu alat elektromagnet yang sederhana. Relay dapat terdiri dari sebuah kumparan atau solenoid, sebuah inti feromagnetik dan sebuah armatur yang dapat bergerak yang merupakan tempat terpasangnya kontak yang berfungsi sebagai penyambung dan pemutus.

**Thermal Overload Relay**

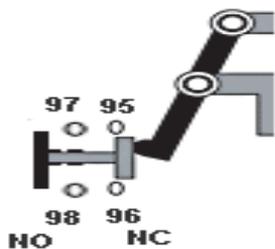
*Thermal relay* atau *overload relay* adalah peralatan *switching* yang peka terhadap suhu dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk

memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih.

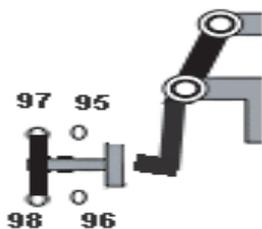


Gambar 5. *Thermal Overload Relay*

Arus yang terlalu besar yang timbul pada beban motor listrik akan mengalir pada belitan motor listrik yang dapat menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor listrik. Untuk menghindari hal itu dipasang termal beban lebih pada alat pengontrol. Prinsip kerja thermal beban lebih berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen-elemen pemanas bimetal. Dan sifatnya pelengkungan bimetal akibat panas yang ditimbulkan, bimetal akan menggerakkan kontak-kontak mekanis pemutus rangkaian listrik (Kontak 95-96 membuka).



Keadaan normal

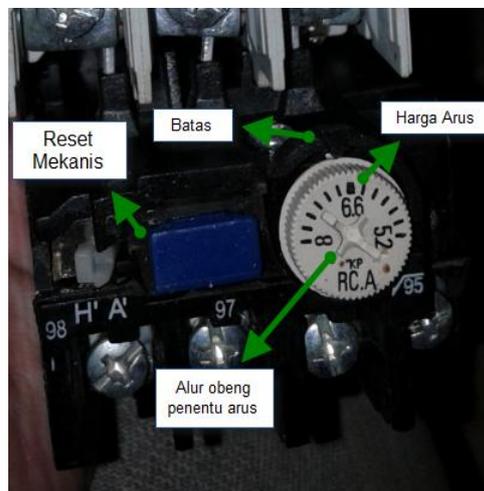


Keadaan trip

Gambar 6. Kondisi kerja *Thermal Overload Relay*

TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaian dan benda bimetal. Apabila benda terkena arus yang tinggi, maka benda akan memuai sehingga akan melengkung dan memutuskan arus.

Untuk mengatur besarnya arus maksimum yang dapat melewati TOR, dapat diatur dengan memutar penentu arus dengan menggunakan obeng sampai didapat harga yang diinginkan.



Gambar 7. Pengaturan arus *Thermal Overload Relay*

### Kontaktor

Kontaktor adalah suatu peralatan listrik arus kuat *low voltage* sampai dengan tegangan 600 volt AC (*Alternating Current*) maupun DC (*Direct Current*) yang mana bisa disebut sebagai saklar pemutus / penghubung arus yang bekerja berdasarkan elektromagnetik. *The National Manufacture Assosiation* (NEMA) menjelaskan kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik. Tidak seperti relay, kontaktor dirancang untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak.



Gambar 8. Kontaktor

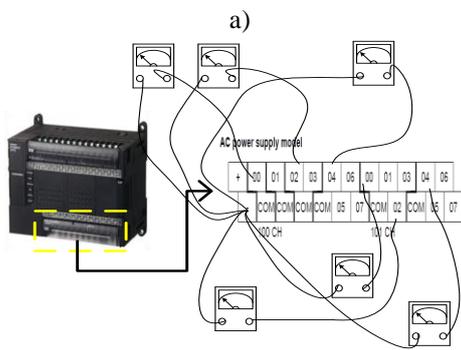
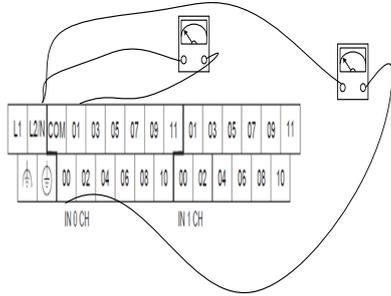
### Gangguan Overload

Beberapa penyebab terjadinya beban lebih antara lain:

- Arus start yang terlalu besar atau motor listrik berhenti secara mendadak
- Terjadinya hubung singkat (*short circuit*)

- Terbukanya salah satu fasa dari motor listrik 3 fasa.
- Pembebanan yang berlebihan pada jaringan.

**PERCOBAAN DAN PENGUKURAN RANGKAIAN Terminal I/O PLC**



Gambar 9. Titik Pengukuran Terminal PLC a) Terminal input. b) Terminal output.

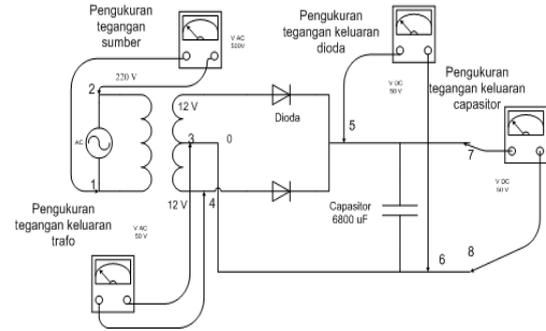
Tabel 1a. Hasil Pengukuran Terminal input.

Alamat	Instruksi	Saat mendapat sinyal	Saat tidak mendapat sinyal	tidak mendapat sinyal
00000	START	12 V	0 V	
00001	START 2	12 V	0 V	

Tabel 1b. Hasil Pengukuran Terminal output.

Alamat	Instruksi	Tegangan sinyal	Tidak mendapat sinyal
10000	PMS Line 2 Close	13,8 V DC	0 V
10002	PMS Bus 2 Close	13,8 V DC	0 V
10004	PMT 2 Close	13,5 V DC	0 V
10100	PMS Line 2 Open	13,8 V DC	0 V
10102	PMS Bus 2 Open	13,8 V DC	0 V
10104	PMT 2 Open	13,5 V DC	0 V

**Rangkaian Catu Daya**

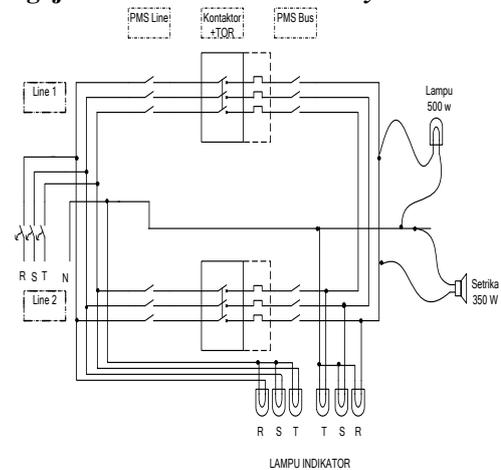


Gambar 10. Pengukuran Catu Daya

Tabel 2. Hasil Pengukuran Catu Daya.

No.	Komponen	Titik Pengukuran	Mendapat sinyal	Tidak mendapat sinyal
1.	MCB 1 phasa	Titik 1-2	220 VAC	0 V
2.	Transformator 3A	Titik 3-4	12,5 VAC	0 V
3.	Dioda (gelombang penuh)	Titik 5-6	16,5 VDC	0 V
4.	Kapasitor (elco)	Titik 7-8	16,8 VDC	0 V

**Pengujian Thermal Overload Relay**



Gambar 11. Titik pemasangan beban pada alat

Tabel 3. Hasil Uji coba waktu *trip Thermal Overload Relay* jika diberi beban (Arus max. TOR=6 A)

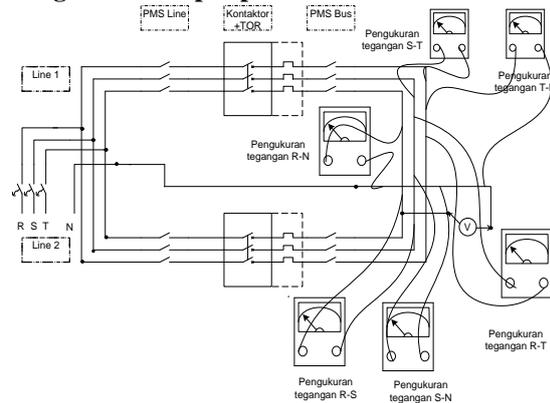
No.	Jenis beban	Besar arus	Pengaruh terhadap Kontaktor	Waktu
1.	1 buah setrika Philips HI-114 350 W	1,6 A	tidak terjadi <i>trip</i>	-
2.	1 buah lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W	2,27 A	tidak terjadi <i>trip</i>	-
3.	lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W dan setrika Philips HI-114 350 W	3,8 A	tidak terjadi <i>trip</i>	-
4.	2 buah lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W	4,5 A	tidak terjadi <i>trip</i>	-
5.	2 buah lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W dan setrika Philips HI-114 350 W	6,1 A	terjadi <i>trip</i>	Setelah 8 detik
6.	3 Buah lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W	6,8 A	terjadi <i>trip</i>	Setelah 4 detik

Analisa perhitungan arus yang masuk pada *Thermal Overload Relay* jika diberi beban supaya TOR bekerja (Arus max. TOR=6 A):

- Beban arus pada 1 setrika 350W:  $350/220= 1,6$  Ampere, tidak terjadi *trip*.
- Beban arus pada 1 lampu 500W:  $500/220= 2,27$  Ampere, tidak terjadi *trip*.
- Beban arus pada 1 lampu 500W dan 1 setrika 350W:  $850/220= 3,8$  Ampere, tidak terjadi *trip*.
- Beban arus pada 2 lampu 500W:  $1000/220= 4,5$  Ampere, tidak terjadi *trip*.
- Beban arus pada 2 lampu 500W dan 1 setrika 350W:  $1050/220= 6,1$  Ampere, terjadi *trip* setelah 8 detik.

- Beban arus 3 lampu 500W:  $2,27 \times 3 = 6,8$  Ampere, terjadi *trip* setelah 4 detik.

### Pengukuran output pada busbar



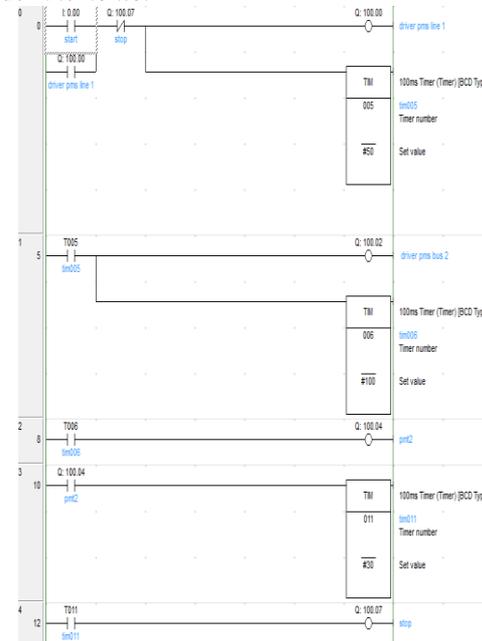
Gambar 12. Titik Pengukuran output pada busbar

Tabel 4. Hasil Pengukuran output pada busbar

Besaran	Line 2 close					
	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R
Tegangan (V)	220	220	220	400	380	390

### Analisa Program

Didalam analisis program ini akan dijelaskan mengenai maksud dari intruksi-intruksi program aplikasi PLC. Analisa program meliputi intruksi dari *ladder diagram* dan penjelasan melalui kode *mnemonic*.



Gambar 13. Potongan program aplikasi PLC untuk *OVERLOAD* dan mode *stand by*

**Tabel 3.5.** Analisa kode *mnemonic*

Alamat	Kode Operasi	Data	Keterangan
RUNG 0			
00000	LD	00000	Saklar 00 akan menghidupkan rangkaian sehingga program bekerja (START)
00001	OR	10001	Intruksi berfungsi untuk menahan status ON alamat 10001 (PMS Line 2)
00002	AND	10007	Berfungsi sebagai saklar OFF
00003	NOT	10001	Merupakan alamat output yang terhubung pada PMS Line 2
00004	TIM	005 #50	Merupakan alamat timer selama 5 detik
RUNG 1			
00005	LD	T005	Intruksi ini bekerja apabila alamat TIM 005 telah terpicu
00006	AND	10002	Merupakan alamat output yang terhubung pada PMS Bus 2
00007	TIM	006 #100	Merupakan alamat timer selama 10 detik
RUNG 2			
00008	LD	T006	Intruksi ini bekerja apabila alamat TIM 006 telah terpicu
00009	OUT	10004	Merupakan alamat output yang terhubung pada Kontaktor 2
RUNG 3			
00010	LD	10004	Intruksi ini bekerja apabila alamat 10004 (Kontaktor 2) telah terpicu
00011	TIM	011 #30	Merupakan alamat timer selama 10 detik
RUNG 4			
00012	LD	T011	Intruksi ini bekerja apabila alamat 10004 (PMS Line 2) telah terpicu
00013	OUT	10007	Program berhenti (STOP)

## KESIMPULAN

Dari uraian di atas, dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut :

- *Thermal Overload Relay* pada alat ini bekerja pada rentang beban arus antara 5,2 A – 8 A.
- Mekanisme kerja simulasi *overload* pada alat, kontaktor akan *trip* setelah *Thermal Overload Relay* mendeteksi beban lebih kemudian mengirimkan sinyal pada PLC yang kemudian akan memerintahkan kontaktor untuk *trip*.
- Pada uji coba simulasi *overload* (alat diberi beban), *Thermal Overload Relay* di *setting* pada batas arus 6 A. Pada salah satu percobaan variasi beban yaitu, 2 buah lampu Osram HWL (MBFT) E-40 500 W dan setrika Philips HI-114 350 W dengan total beban sebesar 6,1 A akan *trip* dalam 8 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bishop, Owen. 2004. **Dasar-Dasar Elektronika**. Jakarta: Erlangga.
2. Eko Putra, Agfianto. 2004. **PLC : Konsep, Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A/CPM2A dan ZEN Programmable Relay)**. Yogyakarta: GAVAMEDIA.
3. Hasan, Esan. 2000. **Rangkaian Dasar Elektronika**. Bandung Ganesa: Exact.
4. Malvino, Albert Paul. 1994. **Prinsip-Prinsip Elektronika**. Jakarta: Erlangga.
5. Mukti Hermawan, Tri. 2009. **Aplikasi PLC SYSMAC OMRON CPM1A 30I/O dengan Sensor Limit Switch RX KW12 pada Pintu Gerbang Otomatis sebagai Bagian Sistem Otomatisasi Rumah**, Semarang : Universitas Diponegoro.
6. Panca manunggal. **Buku Panduan Training PLC OMRON Tingkat Dasar**. Jakarta : Panca manunggal.
7. Setiawan, Hendrix. 2007. **Aplikasi dan Pemrograman Programmable Logic Controller (PLC) dalam Proses Pengaturan Sistem Kerja Mesin Penggiling Biji Kopi Otomatis**, Semarang : Universitas Diponegoro.
8. Suwanto. 2005. **Aplikasi PLC sebagai Penentuan Kecepatan Putar Motor DC dengan Indikator Lampu 220V AC Menggunakan Programming Console**, Semarang : Universitas Diponegoro.
9. Zuhail dan Zhanggishan. 2004. **Prinsip Dasar Elektroteknik**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.