

# **SISTEM INTERLOCK AUTO POTENSIAL DIVIDER BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER**

Oleh :

Mukhammad Fariz \*)

## **Abstract**

Reliability relay distance (Distance Relay) as the main safety bays of 150 kV conductor Jember and Banyuwangi in substations Genteng one of which depend on the input voltage from the secondary side of the transformer voltage (Potential Transformer) bus bars. Automatic voltage divider (Automatic Potential Divider) is an important part in dividing the input voltage between the secondary side of the transformer voltage bus bar A and bar B bus heading to the input terminal distance relays according to the configuration of each bay conductor. Parallelization secondary side voltage transformer outage when the circuit breaker (PMT) coupling bay in the process of maneuvering outage one bus bar leads to loss of voltage input for distance relays bay Jember and Banyuwangi. Hilangnya detected as interference by distance relays which then gives a command trip to the PMT 150 kV Conductor bay Jember and Banyuwangi. Automatic Interlock System innovation works Potential Divider Programmable Logic Controller-based works by breaking the control circuit 150 kV PMT function bay Open coupling when the parallelization of the secondary side of the PT Bus. Thus tripnya MCB 110 V AC on the secondary side of the PT Bus can be prevented so that the distance relays bay conductor Jember and Banyuwangi in GI tiles continue to operate normally and reliably.

**Keywords:** Automatic Potential Divider, distance relays, breakers (PMT) coupling bay

## **ABSTRAK**

Keandalan relai jarak (Distance Relay) sebagai pengaman utama bay penghantar 150 kV Jember dan Banyuwangi di gardu induk Genteng salah satunya bergantung pada input tegangan dari sisi sekunder trafo tegangan (Potential Transformer) bus bar. Pembagi tegangan otomatis (Automatic Potential Divider) merupakan bagian penting dalam membagi input tegangan antara sisi sekunder trafo tegangan bus bar A dan bus bar B menuju ke terminal input relai jarak sesuai dengan konfigurasi masing-masing bay penghantar. Paralelisasi sisi sekunder trafo tegangan saat pemadaman pemutus tenaga (PMT) bay kopel dalam proses manuver pemadaman salah satu bus bar menyebabkan hilangnya input tegangan untuk relai jarak bay Jember dan Banyuwangi. Hilangnya input tegangan terdeteksi sebagai gangguan oleh relai jarak yang kemudian memberikan perintah trip pada PMT 150 kV bay penghantar Jember dan Banyuwangi. Karya inovasi Sistem Interlock Automatic Potential Divider berbasis Programmable Logic Controller ini bekerja dengan memutus rangkaian kontrol fungsi Open PMT 150 kV bay kopel ketika terjadi paralelisasi sisi sekunder PT Bus. Dengan demikian tripnya MCB 110 V AC dari sisi sekunder PT Bus dapat dicegah sehingga relai jarak bay penghantar Jember dan Banyuwangi di GI Genteng tetap beroperasi normal dan andal.

**Kata kunci :** *Automatic Potential Divider, relai jarak, pemutus (PMT) bay kopel*

## PENDAHULUAN

Kesinambungan penyaluran energi listrik yang dikelola PLN P3B JB salah satunya ditentukan oleh kesiapan operasi gardu induk. Unjuk kerja operasional gardu induk bergantung pada *conditional based maintenance* (pemeliharaan peralatan tenaga listrik berdasarkan kondisi kesiapan operasi peralatan tersebut) dan *time based maintenance* (pemeliharaan peralatan tenaga listrik secara rutin dan kontinyuitas berdasarkan jadwal pemeliharaan dari manajemen pemilik asset). Kendala yang kemudian dihadapi adalah semua operasional gardu induk ditangani oleh beberapa Operator dan satu orang Supervisor Gardu Induk sebagai penanggung jawab operasional gardu induk tersebut. Peranan Operator Gardu Induk disamping sebagai “perpanjangan tangan operasional” dari *Dispatcher*, Operator Gardu Induk juga berperan mengawasi dan mengamati kondisi fisik peralatan gardu induk dan juga berperan sebagai pelaksana pembebasan peralatan untuk pelaksanaan pemeliharaan maupun manuver penormalan sistem saat terjadi gangguan. Mengingat besar tanggung jawab seorang Operator Gardu Induk dalam menjalankan

tugasnya menjaga keandalan operasional gardu induk maka resiko terjadinya *human error* juga sangat besar. Pada gardu induk yang dijaga operator, pengoperasian pemutus tenaga pada saat manuver pemeliharaan peralatan dilakukan oleh Operator Gardu Induk.

Trip PMT 150 kV atau 70 kV bay penghantar ketika manuver pemindahan beban dari salah satu bus bar ke bus bar yang lain rentan terjadi. Kejadian seperti ini telah terjadi pada beberapa gardu induk, di antaranya adalah gardu induk Kebonagung tanggal 04 Juli 2012 dimana PMT 150 kV seluruh bay penghantar trip setelah PMT 150 kV Bay Kopel dilepas. Akibatnya, GI Kebonagung tidak mendapat suplai tegangan sama sekali atau *black out*. Hal ini berpotensi terjadi pada gardu induk yang lain dengan konfigurasi sistem yang identik. Konfigurasi GI Kebonagung pada saat ini yaitu suplai tegangan pada relay distance bay penghantar mengambil dari sisi sekunder trafo tegangan pada bus bar. Ketika relay distance tersebut tidak mendapatkan suplai dari sisi sekunder trafo tegangan bus bar maka relay distance membaca sedang terjadi gangguan / anomaly. Dengan demikian relay distance bay penghantar akan mengirimkan sinyal

trip untuk pemutus tenaga masing-masing bus pengantar. Dalam Tugas Akhir ini penulis bertujuan merancang dan membuat sebuah system interlock auto potensial divider berbasis programmable logic controller guna membantu Operator Gardu Induk dalam menjalankan tugas, sehingga terhindar dari kesalahan yang disebabkan oleh faktor kesalahan petugas (*human error*) serta untuk meningkatkan kualitas kerja Operator Gardu Induk khususnya dalam melakukan tugas pengoperasian Gardu Induk.

## I. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1. Gardu Induk

Pengertian Gardu Induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi mentransfer tenaga listrik dari tegangan yang berbeda, pengukuran, pengawasan, pengamanan system tenaga listrik serta pengaturan daya listrik yang disalurkan. (PT. PLN (Persero) : 2006)

Jenis – jenis Gardu Induk

Gardu Induk dari jenisnya dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Gardu Induk Konvensional (GI ) adalah Gardu Induk dengan isolasi udara bebas.

2. Gas Insulated Switchgear ( GIS ) adalah Gardu Induk dengan isolasi Gas Sulfur Hexafluoride ( Gas SF<sub>6</sub> ).

Pengoperasian Gardu Induk

Dalam pengoperasian Gardu Induk terdapat beberapa kondisi dalam satu periode tertentu. Penjelasan kondisi pengoperasian Gardu Induk adalah sebagai berikut.

- a. Kondisi Normal adalah suatu kondisi dimana semua peralatan utama, peralatan bantu dan peralatan pendukung dapat dioperasikan sesuai batas-batas pengusahaan dan keamanan sesuai fungsinya.
- b. Kondisi Gangguan Sistem adalah suatu kondisi berubahnya status dan atau fungsi peralatan karena pengaruh “Alam dan atau Peralatan itu sendiri” yang mengakibatkan kondisi menjadi tidak semestinya.
- c. Kondisi Darurat / Emergency adalah kejadian musibah yaitu :  
pendudukan/huru-hara, kebakaran, bencana alam (banjir, gempa) yang dapat membahayakan jiwa manusia dan kerusakan peralatan instalasi listrik aset PLN.

- d. Kondisi Pemeliharaan adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mempertahankan performance peralatan instalasi.

## **1.2. Pembagi Tegangan Otomatis (Automatic Potential Divider)**

Auto PD merupakan kependekan dari *Automatic Potential Divider*, yang dari segi bahasa dapat diartikan sebagai Pembagi Potensial ( tegangan ) secara otomatis. Sedangkan dari segi teknik Auto PD merupakan suatu peralatan yang berfungsi sebagai pembagi atau penyalur tegangan secara otomatis yang berasal dari sisi sekunder PT Bus untuk kebutuhan tertentu, misal untuk input tegangan relai Distance. Auto PD ini biasanya dipasang pada Gardu Induk yang menggunakan sistem Double Busbar dan Bay penghantar yang tidak menggunakan PT line untuk sistem pengukuran dan proteksi. Tetapi apabila di Gardu Induk tersebut semua bay penghantar menggunakan PT line untuk sistem metering dan proteksi, maka Auto PD tidak perlu dipasang. Pembagian secara otomatis disini diartikan bahwa tegangan sisi sekunder PT dibagikan secara langsung ke peralatan tertentu sesuai dengan kondisi bay penghantar tersebut masuk pada Bus A

atau Bus B. Proses pembagian tegangan secara otomatis ini melalui kontak bantu (*auxiliary contact*) dari PMS Bus bay penghantar tersebut. Jadi, ketika PMS Bus bay penghantar tersebut masuk pada Bus A, maka suplai tegangan akan diperoleh dari PT Bus A, begitu juga sebaliknya.

## **1.3. Programmable Logic Controller (PLC)**

Menurut *National Electrical Manufacturing Assosiation* (NEMA), *Programmable Logic Controller* (PLC) didefinisikan sebagai suatu perangkat elektronik digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik seperti: logika, sekuen, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol suatu mesin industri atau proses industri sesuai dengan yang diinginkan. PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol.

#### 1.4. Konsep Programmable Logic Controller (PLC)

Konsep dari PLC sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut :

*Programmable* : menunjukkan kemampuannya yang dapat dengan mudah diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat.

*Logic* : menunjukkan kemampuannya dalam memproses input secara aritmetik (ALU), yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi dan negasi.

*Controller* : menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

#### 1.5. Bahasa Pemrograman PLC

Terdapat banyak pilihan bahasa untuk membuat program dalam PLC. Masing-masing bahasa mempunyai keuntungan dan kerugian tergantung dari sudut pandang kita sebagai user / pemogram. Pada umumnya terdapat 2 bahasa pemograman sederhana dari PLC , yaitu pemograman *ladder diagram* dan

bahasa *instruction list (mnemonic code)*. Ladder Diagram adalah bahasa yang dimiliki oleh setiap PLC.

Program ladder ditulis menggunakan bentuk *pictorial* atau simbol yang secara umum mirip dengan rangkaian kontrol relai. Program ditampilkan pada layar dengan elemen-elemen seperti *normally open contact, normally closed contact, timer, counter, sequencer* dan lain-lain ditampilkan seperti dalam bentuk *pictorial*.

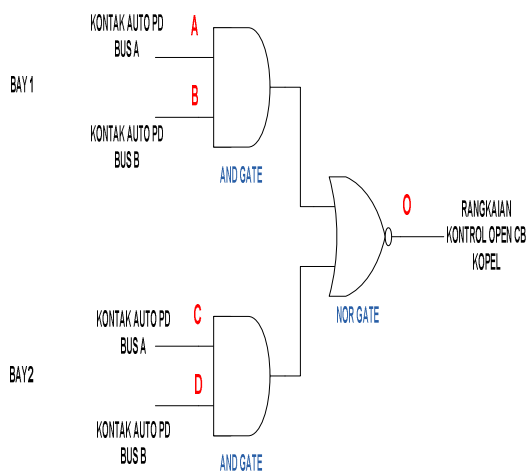
Peraturan secara umum di dalam menggambarkan program ladder diagram adalah :

- Daya mengalir dari rel kiri ke rel kanan
- *Output* koil tidak boleh dihubungkan secara langsung di rel sebelah kiri.
- Tidak ada kontak yang diletakkan disebelah kanan *output coil*
- Hanya diperbolehkan satu *output* koil pada *ladder line*.

## II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 2.1. Perancangan Alat

Prinsip Kerja Sistem Interlock Auto PD berbasis PLC



Gambar 3.4. Logic Diagram SIAPD-PLC

Tabel 3.4. Tabel Kebenaran Rangkaian SIAPD-PLC

A	B	C	D	O
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0

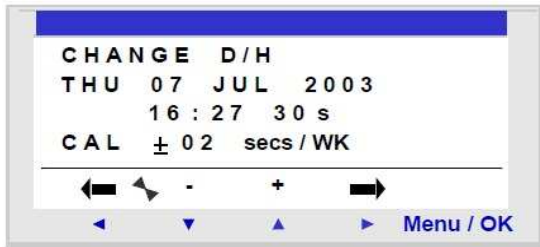
1	1	1	1	0
---	---	---	---	---

Sesuai Flow chart dan logic diagram di atas, ketika kontak Auto PD Bus A dan kontak Auto PD Bus B pada Bay 1 dan atau Bay 2 sama-sama masuk maka kontak output PLC akan memutuskan rangkaian kontrol open PMT bay Kopel. Dengan demikian PMT Bay Kopel tidak dapat dilepas. Ketika kontak Auto PD Bus hanya masuk salah satu saja (Bus A atau Bus B) pada Bay 1 dan atau Bay 2 maka kontak output PLC tidak akan memutuskan rangkaian kontrol open PMT bay Kopel. Dengan demikian PMT bay Kopel dapat dilepas. Untuk fungsi tripping dari sistem proteksi tetap dapat bekerja sebagaimana mestinya.

### 2.2. Pembuatan Sistem Interlock Auto PD berbasis PLC

Alat ini berbasis PLC sebagai peralatan utama. Maka dari itu kita harus mampu menjalankan PLC mulai dari membuat program sampai dengan mengaplikasikan program yang kita buat ke dalam PLC itu sendiri. Langkah-langkah pembuatan Sistem Interlock Auto PD berbasis PLC sebagai berikut:

1. Setting tanggal dan waktu pada PLC



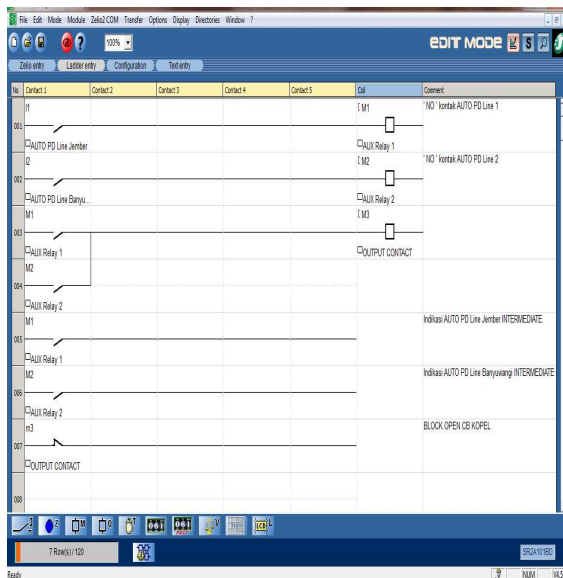
Parameter yang bisa dimodifikasi :

- ✓ Hari / Minggu / Bulan / Tahun
- ✓ Jam, menit, detik

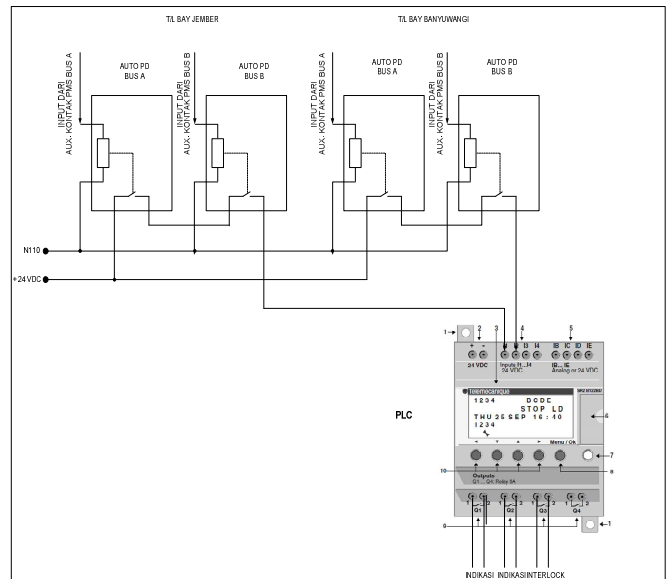
Nilai dicatat dengan menekan Menu / tombol OK, jika ingin menentukan waktu lebih akurat kita harus memasukkan dengan menit dan detik.

- ✓ CAL: Kalibrasi dari jam internal relay dalam detik per minggu.

## 2. Pembuatan program menggunakan bahasa Ladder Diagram



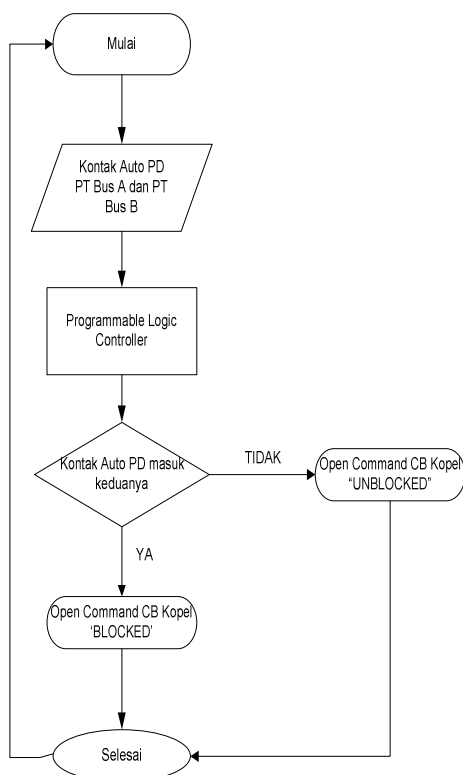
Gambar 3.5. Pemrograman PLC dengan bahasa Ladder Diagram



Gambar 3.6. Kontak Auto PD sebagai input PLC

### 2.3. Flow Chart

Gambar di bawah ini merupakan flowchart dari sistem interlock auto potensial divider berbasis programmable logic controller



### III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan Sistem Interlock Auto Potensial Divider berbasis Programmable Logic Controller selesai, tahap berikutnya adalah proses pengujian dan pembahasan tentang kinerja dari alat ini. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cara kerja dan fungsi dari

masing-masing komponen utama serta mengetahui cara pengoperasian dari alat ini.

Pengujian yang dilakukan terhadap komponen utama adalah sebagai berikut :

1. Pengujian pemrograman PLC
2. Pengujian rangkaian PLC
3. Pengujian keseluruhan sistem alat

#### 3.1. Pengujian Pemrograman PLC

Pemrograman PLC menggunakan metode ladder diagram, maka sebelum kita terapkan langsung dilapangan ada sebaiknya kita melakukan pengujian program yang kita buat. Pengujian dilakukan secara simulasi disoftware Zelio dengan pengujian sebagai berikut :

- Simulasi pertama seakan-akan contact Auto PD Bus Bar A & Bus Bar B Line Jember masuk (close) maka seharusnya untuk Open CB Kopel harus BLOCK.
- Simulasi kedua seakan-akan contact Auto PD Bus Bar A & Bus Bar B Line Banyuwangi masuk (close) maka seharusnya untuk Open CB Kopel harus BLOCK.
- Simulasi ketiga seakan-akan contact Auto PD Bus Bar A & Bus Bar B Line Banyuwangi dan Line Jember masuk (close) maka seharusnya untuk Open CB Kopel harus BLOCK.



### 3.2. Pengujian Rangkaian PLC

Tujuan pengujian rangkaian PLC adalah untuk mengecek apakah PLC bekerja dengan baik karena PLC merupakan otak dari seluruh rangkaian. Juga untuk mengetahui apakah program yang kita buat dan kita transfer ke PLC berfungsi dengan baik atau tidak, bisa dilakukan dengan menghubungkannya dengan catu daya yang diberi tegangan DC 24 Volt.

NO	PENGUJIAN	INDIKASI AUTO PD LINE JEMBER INTERMEDIATE	INDIKASI AUTO PD LINE BANYUWANGI INTERMEDIATE	INDIKASI CB OPEN BAY KOPEL	KETERANGAN
1	Kondisi Normal	Mati	Mati	Hidup	CB OPEN Bay Kopel siap dieksekusi dan kontrol panel
2	Kondisi Auto PD Line Jember masuk kedua-duanya	Hidup	Mati	Mati	CB OPEN Bay Kopel tidak siap dieksekusi dan kontrol panel
3	Kondisi Auto PD Line Banyuwangi masuk kedua-duanya	Mati	Hidup	Mati	CB OPEN Bay Kopel tidak siap dieksekusi dan kontrol panel
4	Kondisi Auto PD Line Jember & Line Banyuwangi masuk kedua-duanya	Hidup	Hidup	Mati	CB OPEN Bay Kopel tidak siap dieksekusi dan kontrol panel

### 3.3. Pengujian Rangkaian Keseluruhan Sistem Alat

Pengujian rangkaian secara keseluruhan dilakukan setelah pengujian rangkaian – rangkaian penyusun dan pemrograman ke dalam PLC selesai. Adapun langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Menghubungkan power supply ke alat peraga simulasi sebagai

pengganti panel kontrol di Gardu Induk.

- b. Hidupkan dan pilih menu RUN pada PLC sebagai tanda bahwa program yang sudah kita transfer ke PLC siap untuk kita gunakan.
- c. Masukkan salah satu DS Bus Bar line sebagai tanda bahwa sedang terjadi parelisasi sekunder PT Bus
- d. Indikasi Auto PD intermediate salah satu line yang DS Bus Barnya masuk kedua-duanya akan muncul / hidup, itu menandakan sistem interlock yang kita buat sedang bekerja.
- e. Lepas / Open CB Bay Kopel sebagai tanda bahwa sistem interlock yang kita buat berhasil atau tidak.

Hasil dari pengujian rangkaian secara keseluruhan ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

NO	PENGUJIAN	INDIKASI AUTO PD LINE JEMBER INTERMEDIATE	INDIKASI AUTO PD LINE BANYUWANGI INTERMEDIATE	STATUS KESIAPAN CB BAY KOPEL	KETERANGAN
1	Kondisi Normal	Mati	Mati		Baik
2	Kondisi Auto PD Line Jember masuk keduanya	Hidup	Mati		Baik
3	Kondisi Auto PD Line Banyuwangi masuk keduanya	Mati	Hidup		Baik
4	Kondisi Auto PD Line Jember & Line Banyuwangi masuk keduanya	Hidup	Hidup		Baik

Ket:

- CB Bay Kopel bisa dieksekusi dari kontrol panel
- CB Bay Kopel tidak bisa dieksekusi dari kontrol panel

Hasil pengujian rangkaian keseluruhan dapat membuktikan bahwa perancangan “Sistem Interlock Auto PD berbasis Programmable Logic Controller” dapat bekerja sesuai dengan sistem penyaluran tenaga listrik di gardu induk.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja dari rangkaian sebagai berikut:

1. MCB PT Bus trip akibat adanya paralelisasi sisi sekunder dari PT Bus A dan PT Bus B ketika salah satu Bus Bar dipadamkan.

2. Input tegangan untuk relai jarak hilang akibat tripnya MCB PT Bus sehingga membuat relai jarak mendeteksinya sebagai gangguan dan memberikan perintah trip pada PMT 150 kV Bay Penghantar.
3. “Sistem Interlock Auto PD Berbasis PLC” mencegah tripnya MCB PT bus akibat paralelisasi sisi sekunder PT Bus.

##### 4.2. Saran

Dalam perancangan Sistem Interlock Auto PD berbasis PLC, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan yang perlu disempurnakan. Beberapa saran yang dapat digunakan untuk menyempurnakan alat yang akan dirancang ke depannya nanti sebagai berikut:

1. Belum adanya indikasi / alarm saat terjadi power supply PLC hilang / mati sehingga dapat dapat mempengaruhi unjuk kerja dari alat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali, PT.  
2009. **Buku Petunjuk Batasan Operasi  
dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran  
Tenaga Listrik**: Jakarta : PT. PLN  
(Persero) P3B Jawa Bali.

Nissin Electric. 1982. *As Built Drawing  
Jember Substation.*

Goldstar Industrial System. 1997. *As Built  
Drawing Genteng Substation.*

Schneider Electric. 2004. *Relay Zelio Logic  
User Manual.*

Skuler. 2007. *Programmable Logic  
Controller – Suatu Pengantar.*  
<[www.forumsains.com/artikel/plc-  
programmable-logic-controller](http://www.forumsains.com/artikel/plc-programmable-logic-controller)>, diakses  
tanggal 11 Januari 2013 pukul 10:15

Wikipedia.2014.Gerbang Logika.  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Gerbang\\_logik  
a](http://id.wikipedia.org/wiki/Gerbang_logika), diakses tanggal 15 Januari 2013 pukul  
20:35

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro,  
Fakultas Teknik, Universitas  
Muhammadiyah Jember.