

## SIMULASI PROTEKSI DAERAH TERBATAS DENGAN MENGGUNAKAN RELAI OMRON MY4N-J12V DC SEBAGAI PENGAMAN TEGANGAN EKSTRA TINGGI DI GARDU INDUK

**Iman Setiono<sup>\*</sup>, Damai Sekar Arum**

Program diploma III Teknik Elektro  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50275  
<sup>\*</sup>e-mail : imansetionoms@gmail.com

### Abstrak

Yang melatar belakangi penelitian ini adalah terjadinya gangguan antara CT dan PMT pada diameter Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET). Beberapa gangguan yang lazim terjadi adalah gangguan arus lebih dan gangguan arus hilang. Karena penelitian ini menggunakan basis tegangan ekstra tinggi, maka tidak mungkin untuk dilakukan langsung di lapangan sebagai daerah terbatas, sehingga dilakukan dengan menggunakan model simulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja relai OMRON MY4N-J 12 V DC sebagai alat proteksi pada daerah pengamanan terbatas. Metode yang digunakan adalah eksperimen pada unit model simulasi yang telah dirancang terlebih dahulu sesuai dengan kondisi sebenarnya. Eksperimen dilakukan dengan memberi perlakuan yang sesuai dengan variabel penelitian, yaitu gangguan arus lebih. Hasil yang diperoleh adalah saat terjadi gangguan arus lebih, relai OMRON MY4N-J 12 V DC dapat bekerja memutuskan rangkaian, dimana arus gangguan lebih ini sebesar 2,4 A, sedangkan arus normal hanya 1,4 A. Sesaat setelah terjadi gangguan arus lebih sebesar 2,4 A ini, maka relai OMRON MY4N-J 12 V DC akan kembali ke arus normal sebesar 1,4 A.

**Kata kunci :** gangguan arus lebih, proteksi daerah terbatas, relai OMRON

### 1. PENDAHULUAN

Dalam sistem transmisi, tenaga listrik disalurkan dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya. Gardu Induk yang menyalurkan tegangan ekstra tinggi setelah dari pembangkit disebut dengan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV. GITET 500 kV sangat diharapkan keandalannya, sehingga ketika ada gangguan bisa langsung diatasi oleh sistem proteksi. GITET 500 kV dengan keandalan sistem yang paling baik adalah dengan konfigurasi busbar satu setengah PMT, dimana sistem proteksinya menggunakan dua pola proteksi utama (*redundant*). Salah satu gangguan yang dapat berakibat buruk pada GITET 500 kV adalah gangguan pada diameter. Walaupun gangguan pada diameter umumnya kurang dari 7 %, namun gangguan ini bersifat destruktif atau merusak peralatan. (PT. PLN (Persero) P3BJB, 2013) Proteksi yang ada di diameter meliputi buspro (melindungi busbar), CBF (proteksi saat terjadi kegagalan PMT), dan CCP (melindungi daerah antara 2 CT diameter dan CT line). (PT. PLN (Persero) PUSDIKLAT, 2014) Dari ketiga proteksi tersebut belum ada yang mampu mengamankan daerah antara CT dan PMT pada diameter apabila PMT dalam keadaan terbuka. Padahal apabila terjadi gangguan pada daerah tersebut dapat berakibat buruk pada kerusakan peralatan Gardu Induk dan pemadaman yang meluas. Maka dari itu untuk mengatasi gangguan antara CT dan PMT pada diameter dipasang Short Zone Protection (SZP) yang bekerja secara cepat (*instant*) berdasarkan logic and, dimana terjadi arus lebih dan PMT dalam kondisi terbuka. Short Zone Protection (SZP) dilengkapi dengan rangkaian intertrip yang berfungsi untuk mengirim sinyal Direct Transfer Trip (DTT) ke GI lawan sehingga didapat keandalan sistem proteksi. (PT. PLN (Persero) PUSDIKLAT, 2014) Pada GITET 500 kV konfigurasi satu setengah PMT terdapat perbedaan peletakan CT terhadap PMT pada diameter. Dengan adanya perbedaan letak CT terhadap PMT pada diameter apakah berpengaruh pada prinsip kerja SZP dan keandalan SZP dalam mengatasi gangguan. Pentingnya Short Zone Protection (SZP) sebagai pengamanan diameter GITET 500 kV dan adanya permasalahan seperti tersebut di atas, maka penulis akan membahas prinsip kerja atau keandalan Short Zone Protection (SZP) berdasarkan letak CT terhadap PMT dan mensimulasikan dengan alat yang dilengkapi relai Omron MY4N-J 12 V DC,

## Gardu Induk

Gardu Induk berfungsi sebagai pusat penyaluran (transmisi) yang menghubungkan sistem transmisi tegangan tinggi dengan saluran-saluran dan gardu-gardu distribusi. (Octasari, 2015)

### Klasifikasi Gardu Induk

1. Berdasarkan Tegangan
  - a. Gardu Induk Transmisi (500 kV/ 150 kV)  
Gardu Induk ini mentransformasikan tegangan ekstra tinggi 500 kV menjadi tegangan tinggi 150 kV
  - b. Gardu Induk Distribusi (150 kV/ 20 kV)  
Gardu Induk ini mentransformasikan tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV.
2. Berdasarkan Sistem *Busbar*  
*Busbar* merupakan titik hubungan antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. (PT. PLN (Persero) PUSD gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:
  - a. Gardu Induk Sistem *Ring Busbar* :  
Gardu Induk yang *busbar*nya berbentuk *ring*, semua rel (*busbar*) yang ada terhubung satu dengan lainnya dan membentuk *ring* (cincin).
  - b. Gardu Induk Sistem *Single Busbar* :  
Adalah gardu induk yang mempunyai satu (*single*) *busbar*.

### Peralatan Utama Gardu Induk

#### a. *Switchyard (Switchgear)*

Adalah bagian dari gardu induk yang dijadikan sebagai tempat peletakan komponen utama gardu induk yaitu transformator (trafo). Trafo merupakan peralatan untuk mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama. (IEC 60076-1 tahun 2011 dalam SKDIR 0520-2.K/DIR/2014).

Trafo Instrumen (Pengukuran):

Trafo Arus (*CT*)

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada intalasi tenaga listrik di sisi primer (TET, TT dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran (PUSDIKLAT, 2011) Berdasarkan sistem rel (*busbar*), dan proteksi. (SKDIR 0520-2.K/DIR/2014)

Trafo Tegangan (*PT*)

Peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk kebutuhan peralatan indikator, alat ukur/ meter dan relai proteksi. (SKDIR 0520-2.K/DIR/2014)

#### b. Pemutus Tenaga (PMT / *CB*)

Peralatan saklar/ *switching* mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal, dan *abnormal*/ gangguan seperti kondisi hubung singkat (*short circuit*). (IEV 441-14-20 dalam SKDIR 0520-2.K/DIR/2014)

#### c. Pemisah (PMS / *DS*)

Suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengisolasi peralatan dari yang bertegangan yang pembukaan atau penutupannya dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dulu dibuka. (Hariyanto, dkk, 2009: 2)

### Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah sistem yang mengatur satu atau lebih peralatan proteksi, dan peralatan lain yang dimaksudkan untuk melakukan satu atau lebih fungsi proteksi tertentu. (IEV 448-11-04 dalam PT. PLN (Persero) P3BJB, 2013)

### Tujuan Sistem Proteksi

1. Mencegah kerusakan peralatan yang terganggu, maupun peralatan yang dilewati arus gangguan.
2. Mengisolir bagian sistem yang terganggu sekecil dan secepat mungkin.
3. Mencegah meluasnya gangguan.

### Gangguan Sistem Penyaluran

Penyebab gangguan dapat diakibatkan oleh gangguan sistem dan non sistem.

1. Gangguan Sistem
 

Gangguan sistem adalah gangguan yang terjadi di sistem tenaga listrik seperti pada trafo, SUTT, SKTT, dan generator.

Gangguan permanen adalah gangguan yang untuk penormalan diperlukan perbaikan, misalnya kawat penghantar putus.

Gangguan *temporer* adalah gangguan yang hilang dengan sendirinya bila PMT terbuka, misalnya sambaran petir.
2. Gangguan Non Sistem
 

Gangguan non sistem merupakan gangguan yang bukan disebabkan dari gangguan pada sistem. Misalnya, PMT terbuka tidak selalu disebabkan oleh terjadinya gangguan pada sistem, dapat saja PMT terbuka oleh karena relai yang bekerja sendiri atau kabel kontrol terbuka atau oleh sebab interferensi dan lainnya.

### Relai Short Zone Protection (SZP)

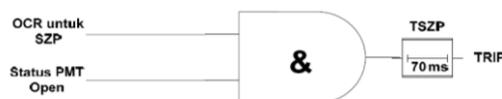
*SZP* adalah jenis proteksi yang digunakan untuk mengamankan daerah antara CT dan PMT pada diameter saat PMT tersebut dalam kondisi terbuka (SK. DIR 114/2009 dalam PT. PLN (Persero) P3BJB, 2009: 199).

### Komponen Penyusun Sistem Proteksi SZP

- a. Relai Arus Lebih (*OCR*)
 

Relai arus lebih pada *SZP* berfungsi untuk mendeteksi adanya gangguan pada sistem berdasarkan besar arus yang dideteksi oleh relai (PT. PLN (Persero) P3BJB, 2009: 234).
- b. Rangkaian Logika (*Logic*)
 

Rangkaian logika pada *SZP* berfungsi untuk membentuk suatu persyaratan yang memungkinkan relai bekerja.



(Sumber: PT. PLN (Persero) P3BJB, 2009: 235)

**Gambar 1. Konfigurasi Proteksi SZP**

- c. Rangkaian *Intertrip* proteksi *SZP*

Rangkaian *intertrip* pada relai *SZP* berfungsi untuk mengirimkan sinyal *Direct Transfer Trip (DTT)* ke Gardu Induk *remote* sehingga gangguan dapat dilokalisir secepat mungkin. (PT. PLN (Persero) P3BJB, 2009: 235).

Pada sistem Gardu Induk satu setengah PMT, proteksi *SZP* akan mentripkan PMT sebagai berikut:

  - Apabila proteksi *SZP* mendeteksi gangguan pada daerah antara CT dan PMT A, maka relai *SZP* akan mentripkan semua PMT yang terhubung ke busbar A dan mengirimkan sinyal *DTT* ke Gardu Induk *remote*.
  - Apabila proteksi *SZP* mendeteksi gangguan pada daerah antara CT dan PMT AB, maka relai *SZP* akan mentripkan PMT A pada diameter 1 dan mengirimkan sinyal *DTT* ke Gardu Induk *remote*.

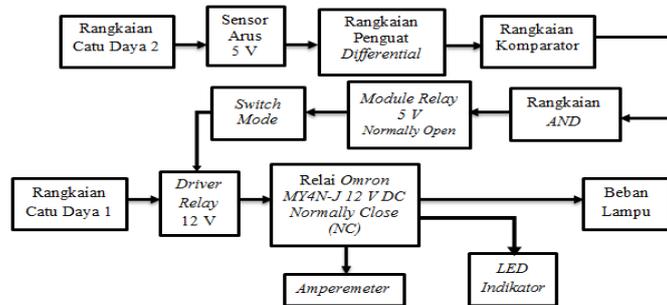
## 2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium.

Metode eksperimen di laboratorium ini dilaksanakan dengan membuat alat yang berupa rangkaian simulator sebagai model untuk sistem proteksi di gardu induk dengan menggunakan relai omron MY4N-J V DC yang berfungsi sebagai short zone protection (SZP).

### 2.1. Blok Diagram Alat

Alat untuk mensimulasikan sistem kerja SZP. adapun blok diagram alat adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Blok Diagram Alat

Bagian-bagian dari blok diagram alat tersebut meliputi:

1. Catu Daya 12 dan 5 V DC
  - Transformator Tenaga untuk mentransformasikan tenaga dari 220 V AC ke 12 V AC
  - Dioda Bridge untuk menyearahkan tegangan
  - Kapasitor untuk menghilangkan *ripple* yang ada pada gelombang tegangan
  - Regulator untuk menurunkan tegangan dari 12 V DC ke 5 V DC
2. Sensor arus untuk membaca arus yang mengalir pada rangkaian. Dengan sensitifitas sebesar 185 mV/A.
3. Rangkaian Penguat Differential memperbesar sinyal untuk dikirim ke rangkaian selanjutnya.
4. Arus yang mengalir akan dibandingkan oleh komparator *LM393*
5. *Output* komparator akan masuk ke rangkaian AND dimana akan dihasilkan 1 sinyal *output*.
6. *Module Relay 5V* berfungsi seperti *relay* dan *driver* pada umumnya. Digunakan untuk menggerakkan dan *trigger driver relay 12 V* didepannya
7. Saat beban sudah menyala, maka akan ada arus yang mengalir ke rangkaian. Untuk mengaktifkan sistem, maka dibuatlah *switch mode*. *Switch mode* ini sistemnya seperti saklar *On/Off*.
8. Sinyal tegangan yang masuk ke *driver relay 12 V*, akan mengubah posisi saklar pada *relay*. karena *relay* bernilai *NC*, maka setelah mendapat tegangan dari *driver relay*, posisi saklar akan berubah *Open*.
9. Saat posisi saklar *relay* menjadi *Open*, maka Lampu LED Indikator akan mati, beban lampu akan mati, dan *Amperemeter* akan menunjukkan angka nol.



Gambar 3. Rangkaian simulator

Untuk mensimulasikan prinsip kerja *SZP*, urutan pengoperasiannya adalah :

Menghidupkan alat, menghubungkan rangkaian dengan sumber tegangan 220 V AC. Tegangan akan memasuki *Transformator Step Down*, diturunkan

1. tegangan menjadi 12 V AC.
2. Tegangan disearahkan menggunakan catu daya 12 V dan catu daya 5 V yang rangkaiannya terpisah.
3. Menekan *switch mode SZP*, untuk menyambungkan sinyal tegangan rangkaian.
4. Menyalakan lampu L2 sebagai beban normal rangkaian, dengan menekan *switch* yang terdapat pada lampu. Ini penggambaran I normal/ sistem tanpa adanya gangguan.
5. Mengamati besaran *Amperemeter* yang terdapat didekat *relay B1, A1, dan C*. Besaran *Amperemeter* ini menunjukkan arus nominal yang terdapat pada beban normal.
6. Menyalakan lampu L1 sebagai sumber gangguan arus lebih, dengan menekan *switch* yang terdapat di antara CT dan PMT A2 dan tanpa mematikan L2.
7. Mengamati besaran *Amperemeter* yang terdapat didekat *relay B1, A1, dan C*. Besaran *Amperemeter* akan bertambah dari besaran semula, ini diakibatkan adanya beban L1 yang menjadi gangguan.
8. Saat terdapat beban gangguan/ arus lebih (Lampu L1 on), maka secara otomatis *Relay A1* akan *Off*. *LED* pada *relay A1* akan *Off* juga. Serta, lampu L1 akan *Off*, sedangkan lampu L2 tetap hidup sebagai beban normal/ arus normal.
9. Selesai.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Gangguan Dekat A2

Kinerja alat yang akan diuji adalah kondisi ketika gangguan terjadi di dekat relai A2.

**Tabel 1.** Pengujian Alat (Gangguan Dekat Relai A2)

No	Input	Output
1.	Memberi sumber tegangan 220 V AC	Sistem bekerja normal, semua relai on
2.	Menekan <i>switch</i> beban L2	Beban L2 hidup
3.	Beban L2 hidup	<i>Amperemeter</i> menunjukkan In= 1,4 A
4.	Menekan <i>switch</i> manual <i>relay A2</i>	Relai A2 off ( <i>LED</i> tidak menyala)
5.	Menekan <i>switch</i> beban gangguan L1	Gangguan L1 hidup
6.	gangguan L1 hidup	<i>Amperemeter</i> menunjukkan arus lebih 2,4 A
7.	Gangguan L1 hidup	Otomatis <i>SZP</i> bekerja mengoffkan relai A1
8.	Relai A1 off	gangguan L1 mati (gangguan teratasi)
9.	gangguan L1 mati (gangguan teratasi)	<i>Amperemeter</i> menunjukkan kembali ke In= 1,4 A

**Tabel 2.** Pengujian dilakukan 10 kali dengan hasil sebagai berikut:

No	Jenis pengujian	Hasil yang di inginkan	Hasil percobaan	Keterangan
1.	Gangguan dekat relai A2	Relai A1 off	Relai A1 off	Berhasil
2.	Switch manual relai A2	Relai A2 off	Relai A2 off	Berhasil
3.	Switch manual relai A2	Relai A2 off	Relai A2 off	Berhasil
4.	Switch manual relai A2	Relai A2 off	Relai A2 off	Berhasil
5.	Switch manual relai A2	Relai A2 off	Relai A2 off	Berhasil
6.	Gangguan dekat relai A 2	Relai A1 off	Relai A1 off	Berhasil
7.	Gangguan dekat Relai A2	Relai A1 off	Relai A1 off	Berhasil
8.	Gangguan dekat Relai A2	Relai A1 off	Relai A1 off	Berhasil
9.	Gangguan dekat Relai A2	Relai A1 off	Relai A1 off	Berhasil
10.	Gangguan dekat Relai A2	Relai A1 off	Frelai A1 off	Berhasil.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang diperoleh dari Penelitian ini sebagai berikut :

1. Alat yang dilengkapi relai *Omron MY4N-J 12 V DC* sudah bisa mensimulasikan kinerja relai *SZP* untuk mengatasi gangguan di wilayah kerja relai *SZP*.
2. Ketika gangguan berada dekat A2 dan relai A2 dalam keadaan *off*, maka alat bekerja mengatasi gangguan dengan mematikan kan relai A1.
3. Keandalan relai *SZP* juga dapat disimulasikan dengan baik ketika alat diberi gangguan *eksternal* dan relai *SZP* tidak bekerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hariyanto, dkk. 2009. *Analisis Koordinasi Over Current Relay dan Recloser di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk Semen Nusantara (SNT 2) Cilacap*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk SKDIR 0520-2.K/DIR/2014 *Transformator Tenaga* No. Dokumen: PDM/PGI/01:2014). Jakarta. PT. PLN (Persero).
- Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk SKDIR 0520- 2.K/DIR/2014 *Transformator Arus* No. Dokumen: PDM/PGI/02:2014) .Jakarta. PT. PLN (Persero).
- Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk SKDIR 0520- 2.K/DIR/2014 *Transformator Tegangan* No. Dokumen: PDM/PGI/03:2014). Jakarta. PT. PLN (Persero).
- Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk SKDIR 0520- 2.K/DIR/2014 *Pemutus Tenaga* No. Dokumen: PDM/PGI/07:2014). Jakarta. PT. PLN (Persero).
- Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk SKDIR 0520- 2.K/DIR/2014 *Pemisah* No. Dokumen: PDM/PGI/08:2014). Jakarta. PT. PLN (Persero).
- Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali*. (2013).Jakarta: PT PLN (Persero) Penyaluran Dan Pusat Pengatur Beban Jawa-Bali. Jakarta: PT. PLN (Persero) P3BJB.
- Octasari, Ika Permata. 2016. *Relai GFR Sebagai Proteksi Gangguan Hubung Singkat Fasa Tanah Outgoing PWI 07 Kubikel 20 KV Trafo II GI Purwodadi 150/ 20 KV*. Semarang: Tugas Akhir PSDIII Teknik Elektro Fakultas Teknik, UNDIP.