



# JURNAL SUTET

Volume 6 - Nomor 1

Januari - Mei 2016

ISSN : 2356-1505

SISTEM PROTEKSI GENERATOR DENGAN TAHANAN TINGGI PADA PLTU LABUHAN ANGIN TERHADAP GANGGUAN SATU FASA KE BUMI

*Rinna Hariyati; Heri Suyanto; Marisa Dosma Sitanggang*

STUDI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA GI YANG MENDAPAT SUPLAI MELALUI KOMBINASI SUTT DAN KABEL TANAH

*Wahyudi SN; Tony Koerniawan; Pramudani Wanda Saraswati*

PERANCANGAN PENYULANG SPINDEL PADA MOTOR INDUKSI POMPA BANJIR

*Irvan Buchari Tamam; Aas Wasri Hasanah; Raka Primipara*

EVALUATION OF MEDIUM VOLTAGE PROTECTION NETWORK 20 KV IN PLTD MERAWANG BANGKA

*Juara Mangapul Tambunan; Albert Gifson; Harry Saputra*

EVALUASI PERENCANAAN KELISTRIKAN

*Zalmadi Syamsudin; Andi Makkulau; Lutfian Nizar*

STUDI RELE DIFFERENSIAL PADA TRAFU INTERBUS DI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI GANDUL

*Agung Hariyanto; Oktaria Handayani; Daru Kurniawan*

ANALISIS PENGARUH KABEL TANAH TERHADAP TRANSFER VOLTAGE DENGAN VARIASI LUAS PENAMPANG KABEL DAN JARAK GARDU

*Budi Santoso; Muchamad Nur Qosim; Husnul Khatimah Azhari*



9 772356 150005

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL SUTET

VOL. 6

NO. 1

HAL.1 - 47

JANUARI - MEI 2016

ISSN : 2356-1505

# STUDI RELE DIFFERENSIAL PADA TRAFU INTERBUS DI GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI GANDUL

Agung Hariyanto<sup>1)</sup>, Oktaria Handayani<sup>2)</sup>, Daru Kurniawan<sup>3)</sup>

Teknik Elektro, STT-PLN

<sup>1</sup>agung.hariyanto@gmail.com

<sup>2</sup>okta.handa@gmail.com

<sup>3</sup>darukurniawan@gmail.com

**Abstract :** Transmit power, Substation electrical components have a Parent in the form of a power transformer for transforming electrical power, by changing the magnitude of voltage while frequency remains. One of its kind based on the voltage i.e. transformer 500/150 kV and 150/70 kV Interbus commonly referred to as Transformer (IBT). Transformer is the heart of the distribution and transmission of which is expected to operate at maximum. In order to function properly, then the transformer must be kept and cared for properly using the proper equipment and systems. As the State-owned electricity company, PT PLN (Persero) trying to supply electrical energy optimally. To maintain the quality of the electrical energy is transmitted, system security and maintenance of the electrical equipment of a much needed parent booths. If the transformer is experiencing interference, then the distribution of electric power can be interrupted, so a transformer requires protection equipment. On the transformer often experience internal disturbances so that the main safeguards are required i.e. differential relay useful to secure the entanglement of the transformer in case of a disruption. Rele is very selective and works so quickly that the system can isolate the internal disorder as quickly as possible without resulting in further damage.

**Keywords:** Interbus transformer (IBT), disorder, differential relay.

**Abstrak :** Dalam menyalurkan daya, Gardu Induk memiliki komponen listrik yang berupa transformator daya yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besarnya tegangan sedangkan frekuensinya tetap. Salah satu jenisnya berdasarkan tegangannya yaitu transformator 500/150 kV dan 150/70 kV yang biasa disebut Interbus Transformator (IBT). Transformator merupakan jantung dari distribusi dan transmisi yang diharapkan beroperasi maksimal. Agar dapat berfungsi dengan baik, maka transformator harus dipelihara dan dirawat dengan baik menggunakan sistem dan peralatan yang tepat. Sebagai perusahaan listrik milik negara, PT PLN (Persero) berusaha untuk menyuplai energi listrik secara optimal. Untuk menjaga kualitas energi listrik yang disalurkan, sistem pengaman dan pemeliharaan peralatan listrik suatu gardu induk sangat diperlukan. Jika transformator mengalami gangguan, maka penyaluran tenaga listrik dapat terganggu, sehingga transformator memerlukan peralatan proteksi. Pada transformator sering mengalami gangguan internal sehingga diperlukan pengaman utama yaitu rele differensial yang berguna untuk mengamankan belitan transformator bila terjadi suatu gangguan. Rele ini sangat selektif dan sistem kerjanya sangat cepat sehingga dapat mengisolasi gangguan internal secepat mungkin tanpa mengakibatkan kerusakan lebih lanjut.

**Kata Kunci :** Interbus transformator (IBT), gangguan, rele differensial.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pembangkitan untuk penyediaan tenaga listrik yang terdiri dari atas

fasilitas-fasilitas pembangkitan, transmisi, dan distribusi diatur agar sistem tidak hanya beroperasi dengan efisiensi yang setinggi mungkin, tetapi seluruh

peralatannya juga diamankan dan dilindungi terhadap kerusakan. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik, transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV yang biasa disebut *Interbus Transformator (IBT)*. Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. *Interbus Transformator (IBT)* adalah transformator penghubung dua sistem transmisi yang berbeda tegangan. Suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu, maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang baik.

Manfaat sistem proteksi dan rele-rele pengaman adalah agar pemutus-pemutus daya yang tepat dioperasikan supaya hanya bagian yang terganggu saja yang dipisahkan secepatnya dari sistem, sehingga kerusakan peralatan listrik yang disebabkan oleh gangguan menjadi sekecil mungkin.

Sistem tenaga listrik yang handal adalah apabila sistem tersebut bisa mencatu tenaga listrik dengan stabil dan berkesinambungan. Proteksi transformator dimaksudkan untuk mencegah transformator dari kerusakan akibat gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator tersebut dan membatasi daerah pemadaman sekecil mungkin. Pada sistem pengaman tenaga listrik dikenal dengan daerah-daerah pengaman, sehingga pengaman transformator merupakan pengaman utama bagi transformator dan pengaman cadangan untuk sistem-sistem yang terkait seperti saluran transmisi dan generator.

Beberapa macam pengaman utama transformator dari gangguan internal antara lain adalah rele *buchholz*, rele suhu, rele hubung tanah dan rele differensial. Rele differensial digunakan sebagai pengaman utama pada transformator terhadap gangguan didalam transformator. Prinsip kerja rele differensial adalah berdasarkan keseimbangan arus, dimana rele akan bereaksi jika dua atau

lebih besaran listrik yang sama mempunyai nilai yang lebih besar dari nilai yang telah ditentukan (*setting value*). Rele differensial dibagi menjadi dua jenis yaitu *longitudinal* dan *percentage*, yang membedakan diantara keduanya adalah dalam hal penentuan nilai setting dan konstruksinya.

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *setting* rele differensial agar kerja rele lebih optimal serta mengetahui cara bagaimana meningkatkan tingkat sensitivitas pada rele differensial dalam mendeteksi gangguan khususnya pada proteksi *Interbus Transformator (IBT)* yang menggunakan rele diferensial di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Sistem Kelistrikan 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. Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (*feeder-feeder*) tegangan menengah yang ada di gardu induk.

### 2.2 Transformator Interbus

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator

500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformer* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Transformator dipakai untuk menurunkan atau menaikkan tegangan di Gardu Induk. Di GI ia menurunkan tegangan, dipusat pembangkit ia menaikkan tegangan. Transformator yang menyalurkan daya dari sisi pembangkitan ke pusat beban dari satu tingkat tegangan tertentu ke tingkat tegangan lainnya dalam saluran transmisi tenaga listrik disebut *Interbus Transformer* (IBT).

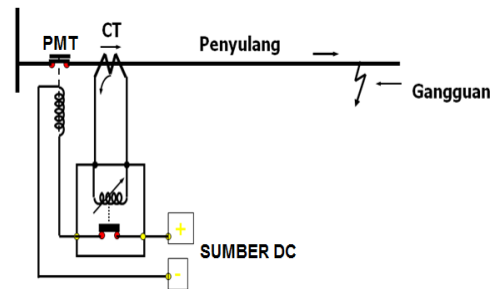
*Interbus transformer* merupakan komponen yang sangat penting dalam saluran transmisi tenaga listrik karena menyalurkan daya dari tingkat tegangan ekstra tinggi. Jika interbus transformer gagal bekerja akan terjadi pemadaman listrik pada area yang sangat luas. Karenanya, perencanaan dalam pembuatan interbus transformer haruslah matang agar dapat bekerja dengan handal. *Interbus transformer* dilengkapi dengan belitan tersier yang berfungsi sebagai belitan penyeimbang ketika terjadi beban tidak seimbang.

### 2.3 Sistem Proteksi

Perangkat proteksi adalah kumpulan atau koleksi perangkat proteksi seperti:

- a. CB (*Circuit Breaker*) atau PMT (Pemutus Tenaga)  
PMT merupakan peralatan listrik yang berfungsi sebagai pemutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban (berarus) dan bekerja secara otomatis baik disaat keadaan normal atau terjadi gangguan.
- b. CT (*Current Transformer*)  
CT merupakan peralatan instalasi listrik yang berfungsi untuk merubah besaran arus dari arus yang besar ke arus yang kecil atau memerecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.
- c. Rele Proteksi  
Relai pengaman adalah suatu piranti baik elektrik maupun magnetik yang dirancang untuk mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan pada peralatan sistem tenaga listrik yang tidak diinginkan. Jika kondisi abnormal

tersebut terjadi maka relai pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (*circuit breaker*) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem normal. Disamping itu relai juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya sehingga memudahkan evaluasi pada saat terjadi gangguan.



**Gambar 2.1** Skema Proteksi Pada Rele Proteksi

Cara Kerja:

- CT mentransfer besaran primer ke besaran sekunder
- Rele detektor hanya bekerja dengan arus kecil (akurat)
- Perlu sumber Volt DC untuk *tripping* PMT
- Karakteristik bisa dipilih *Definite, Inverse, Very Inverse* atau *Extremely Inverse*.

### 2.4 Rele Differensial

Rele Differensial (*Different Relay*) merupakan salah satu bagian dari sebuah sistem proteksi dan mengambil tempat sebagai sistem proteksi utama. Berdasarkan namanya, dapat dibayangkan bahwa rele ini bekerja berdasarkan adanya suatu perbedaan (*different*). Secara sederhana rele differensial bekerja dengan membandingkan dua atau lebih masukan arus (dalam hal ini bukan hanya besarnya saja, tetapi termasuk juga sudutnya). Arus yang dibandingkan adalah arus yang masuk ke dalam dan keluar dari wilayah yang diproteksi oleh rele. Jika perbedaannya bernilai nol, maka diasumsikan tidak ada gangguan internal. Begitupun sebaliknya jika perbedaannya tidak bernilai nol maka terdapat sebuah gangguan internal.

Fungsi dari rele differensial pada sebuah trafo adalah sebagai pengaman utama terhadap gangguan hubung singkat baik antara kumparan trafo maupun antara kumparan dengan *main tank*.

## 2.5 Perhitungan Penyetelan Rele Differensial

Perhitungan Arus Nominal Trafo :  
Arus Nominal Trafo Sisi 500kV

$$= \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} \dots \dots \dots (2.1)$$

Arus Nominal Trafo Sisi 150kV

$$= \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk meningkatkan kepekaan maka ratio CT yang dipilih yaitu diatas atau mendekati arus nominal.

Untuk mencari nilai *error mismatch* terlebih dahulu mencari Ratio Trafo Arus CT dengan cara :

$$\frac{I_{FL}}{I_{FH}} = \frac{I_L}{I_H} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$I_{FL} = I_L$  : Arus untuk sisi tegangan 500kV

$I_{FH} = I_H$  : Arus untuk sisi tegangan 150kV

Nilai ratio tap dapat dilihat dalam tabel ratio tap seperti dibawah ini :

**Tabel 2.1 Ratio Tap Relay**

Column 1	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0
2,9	1,000	1,094	1,207	1,310	1,448	1,586	1,724
3,2		1,000	1,094	1,118	1,313	1,438	1,563
3,5			1,000	1,086	1,200	1,314	1,429
3,8				1,000	1,105	1,211	1,316
4,2					1,000	1,095	1,190
4,6						1,000	1,087
5,0							1,000

Maka dapat dihitung nilai *error mismatch*:

$$M = \left( \frac{\frac{I_L}{I_H} \frac{T_L}{T_H}}{\frac{T_L}{T_H}} \right) \times 10 \dots \dots \dots (2.4)$$

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Data Instalasi dan Sistem Transformator 500/150 KV

- Kapasitas (S) : 500 MVA
- Vektor Group : YNyn0 (d1)
- Impedansi (Xt) : 13,1%
- Vhv : 500kV
- Vlv : 150kV
- E : 1 (pu)

**Tabel 3.1 Arus dan Tegangan Nominal Transformator**

Nominal Tegangan Primer	$VnH = 500 \times 10^3$	Volt
Nominal Tegangan Sekunder	$VnLV = 150 \times 10^3$	Volt
Arus Nominal sisi 500kV	$I_{n500} = \frac{MVA}{VnV\sqrt{3}}$ $= 577,35$	A
Arus Nominal sisi 150kV	$I_{n150} = \frac{MVA}{VnLV\sqrt{3}}$ $= 1924 = 1,924 \times 10^3$	A

## 3.2 Data Ratio CT

CT sisi EHV (CT500) : 1000/1 A

CT sisi LV (CT150) : 2000/1 A

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan Penyetelan Rele Differensial Berdasarkan Data Di Lapangan

Perhitungan Arus Nominal Trafo adalah sebagai berikut :

Arus Nominal Trafo sisi 500 kV

$$= \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 500} = 577,35 \text{ A}$$

Arus Nominal Trafo sisi 150 kV

$$= \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 150} = 1924,501 \text{ A}$$

Untuk meningkatkan kepekaan maka ratio CT yang dipilih yaitu diatas atau mendekati nilai arus nominal :

$$\text{Ratio CT pada sisi 500 kV} : \frac{1000}{1} = 1000 \text{ A}$$

$$\text{Ratio CT pada sisi 150 kV} : \frac{2000}{1} = 2000 \text{ A}$$

### 4.2. Perhitungan Mismatch Pada Transformator

Karena CT pada sisi 500 kV dan sisi 150 kV dipasang secara delta maka perhitungan Arus sekunder dari trafo arus adalah sebagai berikut :

Untuk sisi tegangan 500 kV,  $I_H =$

$$\frac{I_{nominal-500kV}}{ratio \text{ CT}} = \frac{577,35}{1000} = 0,577 \text{ A}$$

Untuk sisi tegangan 150 kV,  $I_L =$

$$\frac{I_{nominal-150kV}}{ratio \text{ CT}} = \frac{1924,501}{2000} = 0,962 \text{ A}$$

Selanjutnya menghitung Ratio Trafo Arus Rele yaitu dengan cara :

$$\frac{I_{FL}}{I_{FH}} = \frac{I_L}{I_H} = \frac{0,962}{0,577} = 1,667$$

Dari nilai 1,667 dapat dilihat dari tabel ratio tap trafo, didapat nilai  $\frac{T_L}{T_H} = \frac{4,6}{2,9}$ , maka dari itu bisa dihitung nilai Missmatch :

$$M = \left( \frac{\frac{I_L}{I_H} \cdot \frac{T_L}{T_H}}{\frac{T_L}{T_H}} \right) \times 100\% = \left( \frac{\frac{0,962}{0,577} \cdot \frac{4,6}{2,9}}{\frac{4,6}{2,9}} \right) \times 100\% = 5,1\%$$

#### 4.3. Penyetelan Rele Differensial

$$I_d = |I_p| - |I_s| = |0,577 - 0,962| = |0,385| \text{ A}$$

$$I_r = \frac{I_p + I_s}{2} = \frac{0,577 + 0,962}{2} = 0,7695 \text{ A}$$

$$\text{Slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% = \frac{0,385}{0,7695} \times 100\% = 50,03\%$$

50,03%

Maka dipilih slope sebesar 55%

Minimum Setting = Kesalahan trafo arus (%) + *Missmatching* (%) + faktor keamanan (%) + akurasi rele (%) + *slope* (%) = 5% + 5,1% + 5% + 5% + 50,03% = 70,13%

Maka dari itu dipilih setting 75%

#### 4.4. Analisa Setting Relay Differensial

Dikarenakan *setting rele differensial* pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi di Gandul memiliki minimum setting yang tidak baik seperti *error missmatch* yang didapat 5,1%, Nilai *error missmatch* harus lebih kecil dari 5% agar proteksi relay differensial lebih optimal dalam mengamankan transformator tenaga. Lalu slope yang didapat yaitu 50,03% mengakibatkan kurang sensitifnya kerja rele karena rele baru bekerja setelah mendapatkan gangguan yang sangat besar dan mengakibatkan banyak kerusakan pada peralatan, maka penulis mencoba menyetel rele differensial dengan cara mengubah ratio CT dengan asumsi error missmatch dan *slope* yang didapat sekecil mungkin dengan menghasilkan minimum setting yang sesuai dengan kebutuhan.

#### 4.5. Perhitungan Penyetelan Relay Differensial Pemilihan ratio CT

Perhitungan Arus Nominal Trafo

$$\text{Arus Nominal Trafo sisi 500 kV} = \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 500} = 577,35 \text{ A}$$

Arus Nominal Trafo sisi 150 kV

$$= \frac{MVA}{\sqrt{3} \times KVp} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 150} = 1924,501 \text{ A}$$

Untuk meningkatkan kepekaan maka ratio CT yang dipilih yaitu diatas atau mendekati nilai arus nominal :

$$\text{Ratio CT pada sisi 500 kV} : \frac{1000}{1} = 1000 \text{ A}$$

$$\text{Ratio CT pada sisi 150 kV} : \frac{3000}{1} = 3000 \text{ A}$$

#### 4.6. Perhitungan Missmatch Pada Transformator

Karena CT pada sisi 500 kV dan sisi 150 kV dipasang secara delta maka perhitungan Arus sekunder dari trafo arus adalah sebagai berikut :

Untuk sisi tegangan 500 kV,

$$I_H = \frac{I_{\text{nominal-500kV}}}{\text{ratio CT}} = \frac{577,35}{1000} = 0,577 \text{ A}$$

Untuk sisi tegangan 150 kV,

$$I_L = \frac{I_{\text{nominal-150kV}}}{\text{ratio CT}} = \frac{1924,501}{3000} = 0,642 \text{ A}$$

Selanjutnya menghitung Ratio Trafo Arus Rele yaitu dengan cara :

$$\frac{I_{FL}}{I_{FH}} = \frac{I_L}{I_H} = \frac{0,642}{0,577} = 1,153$$

Dari nilai 1,153 dapat dilihat dari table ratio tap trafo, didapat nilai  $\frac{T_L}{T_H} = \frac{4,2}{3,8}$ , maka dari itu bisa dihitung nilai *Missmatch* :

$$M = \left( \frac{\frac{I_L}{I_H} \cdot \frac{T_L}{T_H}}{\frac{T_L}{T_H}} \right) \times 100\% = \left( \frac{\frac{0,642}{0,577} \cdot \frac{4,2}{3,8}}{\frac{4,2}{3,8}} \right) \times 100\% = 0,67\%$$

#### 4.7. Penyetelan Rele Differensial

$$I_d = |I_p| - |I_s| = |0,577 - 0,642| = |0,065| \text{ A}$$

$$I_r = \frac{I_p + I_s}{2} = \frac{0,577 + 0,642}{2} = 0,6095 \text{ A}$$

$$\text{Slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% = \frac{0,065}{0,6095} \times 100\% = 10,66\%$$

Maka dipilih *slope* sebesar 15%

Minimum Setting = kesalahan trafo arus (%) + *Missmatching* (%) + faktor keamanan (%) + akurasi rele (%) + *slope* (%) = 5% + 0,67% + 5% + 5% + 10,66% = 26,33%

Maka dari itu dipilih setting 30%

*Setting slope* yaitu 30% merupakan standar PLN untuk *relay differential* dalam mengamankan transformator dari gangguan hubung singkat transformator.

## 5. KESIMPULAN

1. *Setting rele differential* di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Gandul beroperasi selayaknya proteksi pada umumnya tetapi tingkat sensitivitas pada rele tersebut kurang andal dan mengakibatkan gangguan tidak mampu terdeteksi secara baik.
2. *Setting rele differential* yang baik memiliki minimum setting yaitu 30% dengan memperhatikan *error mismatch* dan *slope* yang didapat tidak melebihi toleransi yang sudah ditentukan, adapun hasil setting pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Gandul yaitu: *Error Mismatch* didapat 5,1% dengan batas toleransi 5% dan *Slope %* didapat sebesar 50,03% dengan batas toleransi 30%
3. Setting untuk rele *differential* dapat dioptimalkan dengan cara mengganti ratio CT pada sisi 150 KV dari 2000/1A menjadi 3000/1A dan hasil yang didapat yaitu: *Error Mismatch* didapat 0,67% dengan batas toleransi 5% dan *Slope %* didapat sebesar 10,66% dengan batas toleransi 30%

Maka dari itu rele tetap bekerja namun sensitivitas akan gangguan kecil tidak dapat terdeteksi yang mampu mengakibatkan kerusakan peralatan.

## 6. REFERENSI

1. Basri, Hasan, Tahun 2003, Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Jakarta : ISTN
2. Blackburn, J.L. 1982. *Applied Protective Relaying*. Westinghouse Electric Corporation: Florida
3. Kadir, Abdul, Transformator, Universitas Indonesia (UI-press), Jakarta: 2000
4. Marsudi, Djiteng, Ir, Pembangkit Tenaga Listrik, Erlangga, Jakarta : 2011
5. Pandjaitan, Bonar. 2012. Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Jakarta
6. Sarimun, Wahyudi. 2012. Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Garamond. Jawa Barat.
7. Tanyadji, Sonny, Ir, Tahun 2015, Sistem Proteksi Tenaga Listrik, Inninawa