

**STUDI EVALUASI SETTING SISTEM RELAI DIFFERENSIAL
SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA (GT)
786 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B UNIT 1 DAN 2**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ARDIYANTO

D400160041

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EVALUASI SETTING SISTEM RELAI DIFFERENSIAL SEBAGAI
PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA (GT) 786 MVA DI PLTU
TANJUNG JATI B UNIT 1 DAN 2**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ARDIYANTO

D400160041

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Jatmiko, M.T

NIK. 622

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EVALUASI *SETTING* SISTEM RELAI DIFFERENSIAL SEBAGAI
PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA (GT) 786 MVA DI PLTU
TANJUNG JATI B UNIT 1 DAN 2

OLEH

ARDIYANTO

D400160041

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari sabtu, 18 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko, MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,


Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 09 Januari 2020

Penulis



ARDIYANTO

D 400 160 041

STUDI EVALUASI *SETTING* SISTEM RELAI DIFFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA (GT) 786 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B UNIT 1 DAN 2

Abstrak

Transformator Daya adalah peralatan statis dengan dua belitan atau lebih yang melalui induksi elektro magnetik yang mengubah sistem tegangan rendah ke tegangan tinggi ataupun sebaliknya pada frekuensi yang sama untuk keperluan pendistribusian listrik. Dalam pengoprasian transformator ini tidak lepas dari gangguan-gangguan, maka dari itu transformator perlu adanya peralatan pengaman atau sistem proteksi guna menghindari kerugian atau meminimalisir gangguan. Proteksi untuk mengamankan transformator daya dari gangguan salah satunya adalah relai differensial, relai ini digunakan untuk mengamankan daerah yang di proteksi tepatnya di internal transformator saat terjadi *short circuit* atau hubung singkat antar fasa dan gangguan ke tanah. Langkah awal dalam penelitian ini adalah dengan mencari data-data yang berkaitan dengan penelitian, data ini diambil di PLTU Tanjung Jati B unit 1 & 2 di Jepara, kemudian mencari referensi yang berbentuk jurnal yang sesuai dengan judul penelitian ini. Setelah semua data yang diinginkan terkumpul baru dilakukan perhitungan matematis. Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapat nilai rasio CT_1 25.000:5 A dan CT_2 1.500:5 A, pemilihan rasio CT ini disesuaikan dengan spesifikasi yang ada di pasaran. Dari perhitungan didapat arus *setting* relai differensial sebesar 1,1 A. Pada arus gangguan hubung singkat 3 fasa sebesar 6.000 A diperoleh nilai arus differensial sebesar 2,96 A, karena arus *setting* relai differensial 1,1 A lebih kecil dari arus differensial maka relai differensial bekerja dan menginstruksikan PMT untuk trip. Sedangkan pada gangguan hubung singkat 3 fasa sebesar 2.500 A diperoleh nilai arus differensial sebesar 1,08 A, karena arus *setting* differensial 1,1 A lebih besar dari arus differensial maka relai differensial tidak akan bekerja. Toleransi arus nominal yang dapat melewati trafo daya sebesar 4.395 A

Kata Kunci: transformator daya, sistem proteksi, relai differensial

Abstract

Power Transformer is a static equipment with two or more turns through electromagnetic induction that changes the low voltage system to high voltage or vice versa at the same frequency for the purposes of electricity distribution. In the operation of this transformer can not be separated from disturbances, therefore transformers need safety equipment or protection systems to avoid loss or minimize interference. Protection to secure the power transformer from interference one of which is a differential relay, this relay is used to

secure the protected area precisely in the internal transformer when there is a short circuit or short circuit between phases and interference to the ground. The initial step in this research is to look for data relating to research, this data is taken at Tanjung Jati B PLTU units 1 & 2 in Jepara, then look for references in the form of journals that correspond to the title of this study. After all the desired data is collected, a mathematical calculation is performed. From the calculations that have been made, the value of CT1 ratio 25,000: 5 A and CT2 1,500: 5 A, the selection of the CT ratio is adjusted to the specifications on the market. From the calculation, the differential relay current setting is 1,1 A. In the 3 phase short circuit fault current of 6,000 A, the differential current value of 2,96 A is obtained, because the differential relay current setting of 1.1 A is smaller than the differential current, the differential relay work and instruct PMT to trip. Whereas for 3 phase short circuit fault of 2,500 A, the differential current value of 1,08 A is obtained, because the differential setting current of 1.1 A is greater than the differential current, the differential relay will not work. The nominal current tolerance that can pass through the power transformer is 4,395 A.

Keywords: power transformer, protection system, differential relay

1. PENDAHULUAN

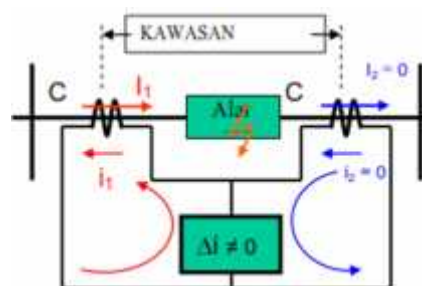
Seiring berkembangnya zaman, listrik merupakan elemen yang sangat penting untuk kebutuhan masyarakat ataupun industri. Di industri sistem kelistrikan merupakan elemen yang sangat dibutuhkan karena dapat mempengaruhi proses produksi, oleh karena itu negara berkewajiban menyediakan pasokan listrik yang mencukupi. Untuk memenuhi semua kebutuhan listrik itu pasti tidak akan luput dari gangguan. Maka dari itu dalam sistem tenaga listrik diperlukan adanya sistem proteksi dan relai-relai pengaman yang fungsinya untuk meminimalisir kerusakan pada peralatan listrik yang disebabkan oleh gangguan. Sistem tenaga ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu generasi subsistem, transformasi, transmisi dan distribusi yang terdiri dari komponen yang mahal.(Raju, 2012)

Transformator Daya adalah peralatan statis dengan dua belitan atau lebih yang melalui induksi elektro magnetik, mengubah sistem tegangan rendah ke tegangan tinggi ataupun sebaliknya pada frekuensi yang sama untuk keperluan pendistribusian listrik (Nikhil Paliwal, 2014). Bisa dibilang transformator

merupakan jantung dalam penyaluran tenaga listrik. Transformator sendiri dalam pengoperasiannya juga sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh gangguan internal trafo dan gangguan eksternal trafo. Maka dari itu, guna menghindari kerugian dan mengurangi gangguan transformator perlu adanya peralatan pengaman atau proteksi.(El-Bages, 2011) Peralatan yang dimaksud adalah relai proteksi. Fungsi utama relai yaitu untuk mendeteksi adanya gangguan dan memerintahkan PMT (Saklar Pemutus Tenaga) untuk bekerja jika terjadi gangguan sesuai daerah yang dilindungi.(Muh. Yusuf Yunus, 2016) Salah satu relai yang digunakan untuk memproteksi transformator adalah relai differensial.

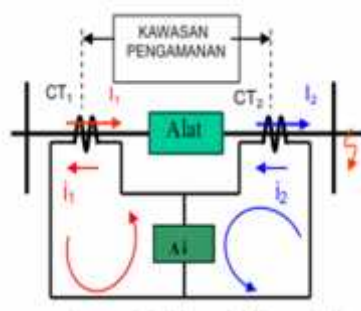
Relai differensial adalah relai yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum kirchoff dimana arus yang masuk perbandingannya harus sama dengan arus yang keluar. Relai ini digunakan untuk mengamankan daerah yang di proteksi tepatnya di internal transformator saat terjadi gangguan seperti *short circuit* atau hubung singkat antar fasa dan gangguan ke tanah. Daerah pengamanan relai ini dibatasi oleh dua buah trafo arus (CT). Biasanya relai differensial ini digunakan untuk pengaman *feeder*, busbar, dan generator atau transformator. Perlindungan differensial merupakan solusi untuk melindungi transformator daya terhadap kesalahan belitan karena relai ini bekerja tanpa koordinasi relai lainnya, sehingga kerja relai ini yang diandalkan adalah selektivitasnya, sensitivitas tinggi, dan respon yang cepat.(Ahmed Hosny, 2014)

Dibawah ini merupakan gambar rangkaian sederhana gangguan internal dan eksternal transformator daya.



Gambar 1. Gangguan Dalam (internal) Pada Transformator Daya

Dalam gambar 1. Ini, relai differensial akan bekerja dikarenakan adanya gangguan di internal transformator atau didaerah yang dilindungi oleh relai. Saat CT_1 mengalir arus I_1 dan di CT_2 mengalir arus I_2 sama dengan 0 (nol). Hal ini terjadi karena arus yang seharusnya mengalir ke I_2 terhenti menjadi mengalir dititik gangguan, sehingga terjadi perbedaan arus antara CT_1 dan CT_2 yang mengakibatkan relai differensial ini bekerja dan memerintahkan PMT untuk trip.(Hery Setijasa, 2013)



Gambar 2. Gangguan Luar (Eksternal) Pada Transformator Daya

Dalam gambar 2. Ini relai differensial tidak akan bekerja karena gangguan terjadi diluar zona proteksi, sehingga perbandingan arus CT_1 dengan CT_2 masih sama besar, hal ini dikarenakan arus gangguan tidak berpengaruh ke I_1 dan I_2 . (J Lewis, 2003)

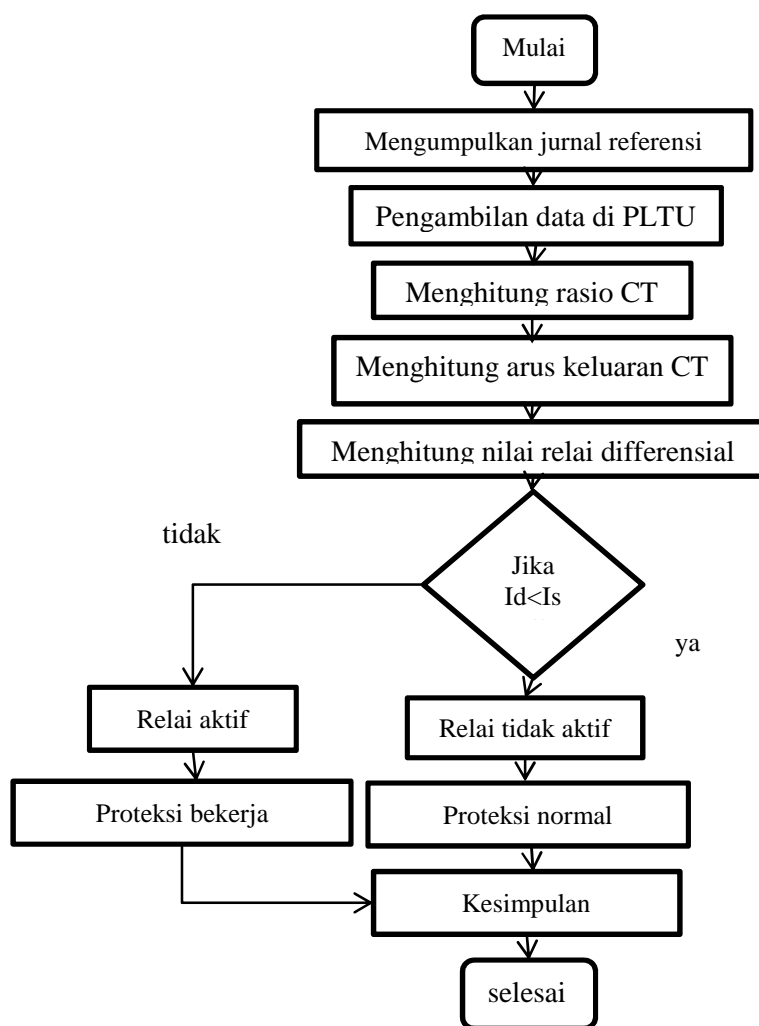
PLTU Tanjung Jati B memiliki Transformator Daya dengan kapasitas 786 MVA yang bermaksud untuk sistem distribusi yang selanjutnya akan disalurkan untuk konsumen yang ada di Jawa-Bali. Untuk mengurangi gangguan yang tidak diinginkan maka di dalam transformator ini juga didukung oleh proteksi relai differensial. Pengaturan secara tepat pada relai differensial ini dilakukan agar dapat menjamin kehandalan serta minim gangguan dalam sistem transmisi tenaga listrik.

2. METODE

Studi literatur merupakan metode yang dipakai dalam penelitian dengan mengumpulkan referensi berbentuk jurnal yang sesuai dengan judul yang diambil, hal ini bertujuan untuk menambah pemahaman dan pendalaman materi terkait judul penelitian yang diambil. Kemudian pengumpulan data-data yang dibutuhkan yang diambil langsung di PLTU Tanjung Jati B unit 1 dan 2 di Jepara, data-data

yang diambil berupa spesifikasi transformator C2009127 dan data parameter relai differensial.

Setelah data yang di perlukan terkumpul selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai rasio CT pada trafo dan tap *auxiliary* trafo. Nilai rasio CT dapat ditentukan jika sudah mengetahui nilai arus nominal dan arus ratingnya. Langkah selanjutnya menghitung arus sekunder CT sisi primer dan sekunder, setelah didapat nilai arus sekunder CT ke dua sisi trafo kemudian menentukan nilai arus differensial, arus *restrain*, *slope* trafo, dan arus *setting* relai differensial.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini merupakan perhitungan dari data-data yang sudah didapat sebelumnya di PLTU Tanjung Jati B dan juga pembahasan dalam penelitian ini.

3.1 Data

Tabel 1. Data Transformator Daya (GT) di PLTU Tanjung Jati B Unit 1 & 2

Merk	Toshiba
Kapasitas Trafo	786 MVA
Frekuensi	50 Hz
Jumlah Fasa	3
Connection Symbol	YNd11
Teg. Sisi primer	22,8 kV
Teg. Sisi Sekunder	525 kV
Impedansi	16,92%
Pendingin	ODAF
Nomor Seri	C2009127

3.2 Perhitungan Matematis

3.2.1 Perhitungan Nilai Rasio CT Pada Trafo

Dalam pemilihan nilai rasio transformator arus (CT) harus dilakukan dengan sebaik-baiknya dikarenakan apabila terjadi gangguan maka perlindungan terhadap sistem akan bekerja dengan baik juga. Langkah pertama yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai CT yang digunakan maka harus diketahui nilai beban penuh transformator tersebut. Selanjutnya menghitung arus nominal di kedua sisi trafo dan menentukan arus ratingnya. Penentuan nilai CT sebaiknya yang mendekati arus rating. Arus rating dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\text{rating}} = 110\% \times I_n \quad (1)$$

Dimana :

$$I_n = \frac{S}{V \times \sqrt{3}} \quad (2)$$

Keterangan :

I_n = Arus Nominal (A)

S = Kapasitas (MVA)

V = Sisi Tegangan Trafo (kV)

Dari rumus 1 maka diperoleh perhitungan I_{nominal} pada ke dua sisi trafo sebagai berikut :

I_n sisi tegangan primer (22,8 kV) :

$$I_n = \frac{7}{22,8 \times \sqrt{3}} = 19.903,4 \text{ A}$$

I_n sisi tegangan sekunder (525 kV) :

$$I_n = \frac{7}{525 \times \sqrt{3}} = 864,37 \text{ A}$$

I_{rating} sisi tegangan primer (22,8 kV) :

$$I_{\text{rating}} = 110\% \times 19903,4 = 21.893,74 \text{ A}$$

I_{rating} sisi tegangan sekunder (525 kV) :

$$I_{\text{rating}} = 110\% \times 864,37 = 950,8 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas didapat hasil I_n sisi tegangan primer transformator 19.903,4 A, sedangkan I_n pada sisi tegangan sekunder transformator 864,37 A. Kemudian hasil dari perhitungan I_{rating} sisi tegangan primer didapat 21.893,74 A dan pada sisi tegangan sekunder didapat I_{rating} sebesar 950,8 A digunakan untuk pemilihan rasio CT. Rasio CT yang dipilih berdasarkan perhitungan arus rating adalah 25.000:5 A di sisi tegangan primer (CT₁) sedangkan di sisi tegangan sekunder (CT₂) 1.500:5 A. Dalam pembacaan rasio CT, apabila pada sisi tegangan primer 22,8 kV mengalir arus 25.000 A maka akan terbaca 5 A pada CT₁ dan apabila pada sisi tegangan sekunder 525 kV mengalir arus 1.500 A maka pada CT₂ akan terbaca 5 A. Pemilihan nilai rasio CT 25.000 dan 1.500 ini karena nilai rasio CT yang mendekati nilai I_{rating} dan spesifikasi CT rasio tersebut ada di pasaran.

3.2.2 Pemilihan *Tap Auxiliary*

Auxiliary CT merupakan transformator arus bantu yang gunanya untuk pencocokan rasio CT utama, menggabungkan beberapa sirkuit sekunder CT utama untuk pengukuran total, dan mengatur besar arus sekunder CT pada sisi sekunder dan sisi primer transformator. CT *auxiliary* di pasang seri pada sisi sekunder (525 kV), hal ini bertujuan untuk menghilangkan arus urutan 0 (nol) dan menyamakan fasa.

Untuk menghitung tap *auxiliary* yang digunakan adalah dengan menghitung I_n (arus nominal) CT yang terpasang pada transformator yang terhubung bintang.

Pada transformator ini berada di sisi tegangan primer (22,8 kV). Rasio CT yang digunakan adalah 25.000:5 A, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$I_{(525 \text{ kV})} = \frac{22,8}{5} \times 25.000 \text{ A}$$

$$= 1.085,72 \text{ A}$$

Arus yang mengalir pada sisi sekunder CT₂ :

$$I_{ct2} = \frac{5}{1.5} \times 1.085,72$$

$$= 3,62 \text{ A}$$

Karena sisi sekunder CT₂ terhubung (delta), maka arusnya dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = I \times \sqrt{3} \tag{3}$$

$$= 3,62 \times \sqrt{3} = 6,27 \text{ A}$$

Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapat nilai tap *auxiliary* 6,27:5 A.

3.2.3 Arus Sekunder CT

Merupakan arus yang mengalir dari sisi outputan CT yang dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{1}{r} \times I_i \tag{4}$$

Arus sekunder pada sisi tegangan primer 22,8 kV :

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{5}{2.0} \times 19.903,4 = 3,98 \text{ A}$$

Arus sekunder pada sisi tegangan sekunder 525 kV :

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{5}{1.5} \times 864,37 = 2,88 \text{ A}$$

Dari perhitungan arus sekunder CT diperoleh hasil 3,98 A sisi primer dan 2,88 A sisi sekunder.

3.2.4 Arus Differensial / Arus Operate

Arus differensial dapat dicari dengan cara mengurangi arus keluaran CT sisi sekunder (525 kV) dengan arus keluaran CT sisi primer (22,8 kV).

$$I_d = I_s - I_p \tag{5}$$

Keterangan :

I_d = Arus Differensial (A)

I_s = Arus Keluaran CT Sisi Sekunder (A)

I_p = Arus Keluaran CT Sisi Primer (A)

Perhitungan arus differensial (I_d) sebagai berikut :

$$I_d = 2,88 - 3,98 = 1,1 \text{ A}$$

Dari perhitungan yang sudah di lakukan didapat hasil nilai arus differensial sebesar 1,1 A.

3.2.5 Arus *Restrain*

Untuk mencari $I_{restrain}$ dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$I_{restrain} = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (6)$$

Keterangan :

$I_{restrain}$ = Arus Penahan (A)

I_p = Outputan CT Sisi Primer (A)

I_s = Outputan CT Sisi Sekunder (A)

Perhitungan :

$$I_{restrain} = \frac{2,88 + 3,9}{2} = 3,43 \text{ A}$$

Dari perhitungan arus *restrain* di atas didapat hasil 3,43 A. Perubahan pada sisi tegangan rendah dan sisi tegangan tinggi disebabkan oleh perubahan tap trafo mengakibatkan arus differensial naik, oleh karena itu arus *restrain* juga akan naik. Hal ini bertujuan agar relai differensial tidak aktif karena menganggap kondisi seperti ini bukan sebuah gangguan.

3.2.6 Percent Slope

Untuk mencari %*slope* dapat dilakukan dengan membagi arus differensial dengan arus *restrain*. *Slope*₁ digunakan untuk menentukan arus differensial dan arus *restrain* (penahan) saat kondisi stabil/normal dan digunakan untuk memastikan sensitifitas suatu relai saat terjadi gangguan dalam (internal trafo) yang ada di daerah proteksi dengan besar arus gangguan yang sangat kecil. *Slope*₂ digunakan jika ada gangguan di luar daerah proteksi dengan arus yang sangat besar agar relai tidak bekerja. (Bien, Ek Liem, 2007)

Perhitungan %*slope* 1 dan 2 dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\%slope_1 = \frac{I_d}{I_1} \times 100\% \quad (7)$$

$$\%slope_2 = \left(\frac{I_d}{I_1} \times 2\right) \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

$Slope_1$ = Tingkat Kecuraman 1

$Slope_2$ = Tingkat Kecuraman 2

I_r = Arus *Restrained* (A)

I_d = Arus Differensial (A)

Perhitungan $\%slope_1$:

$$\%slope_1 = \frac{1,1}{3,4} \times 100\% = 32,07\%$$

Perhitungan $\%slope_2$:

$$\%slope_2 = \left(\frac{1,1}{3,4} \times 2\right) \times 100\% = 64,14\%$$

Dari perhitungan $slope$ didapat hasil $slope_1$ dan $slope_2$ senilai 32,07% dan 64,14%.

3.2.7 Arus Setting Relai Differensial

Arus setting relai differensial didapat dari perkalian antara $\%slope$ dengan arus *restrain*. Dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{set} = \%s \quad \times I_r \quad (9)$$

Keterangan :

I_{set} = Arus Setting (A)

$I_{restrain}$ = Arus *Restrained* (A)

$\%slope_1$ = Tingkat Kecuraman 1 (%)

Perhitungan arus setting relai differensial :

$$I_{set} = 32,07\% \times 3,43 = 1,1 \text{ A}$$

Didapat hasil 1,1 A dalam perhitungan arus setting relai differensial.

3.2.8 Gangguan Pada Transformator Daya

Gangguan pada transformator daya dapat dicari dengan rumus berikut :

$$I_f \text{ relai} = I_f \times 1/CT_2 \quad (10)$$

$$I_2 \text{ fault} = I_f \text{ relai}/I_2 \quad (11)$$

$$I_d = I_2 \text{ fault} - I_1 \quad (12)$$

$$I_2 \text{ fault} = I_1 + I_d \quad (13)$$

$$I_f \text{ relai} = I_2 \text{ fault} \times I_2 \quad (14)$$

$$I_f = I_{f\text{relai}} \times CT_2 \quad (15)$$

Dimana :

$I_{f\text{relai}}$ = Arus gangguan yang terbaca di relai (A)

I_f = Arus yang masuk ke relai (A)

CT_2 = Rasio CT_2 (A)

I_1 = Arus sekunder saat CT_1 belum terjadi gangguan (A)

I_2 = Arus sekunder saat CT_2 belum terjadi gangguan (A)

I_d = Arus differensial (A)

$I_{2\text{ fault}}$ = Arus sekunder saat terjadi gangguan di CT_2 (A)

Ketika ada gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi disisi tegangan sekunder (525 kV) yang mengakibatkan arus gangguan 6.000 A, maka dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{f\text{relai}} = 6.000 \times \frac{5}{1,5} = 20 \text{ A}$$

$$I_{2\text{ fault}} = \frac{2}{2,8} = 6,94 \text{ A}$$

$$I_d = 6,94 - 3,98 = 2,96 \text{ A}$$

Dari perhitungan yang sudah dilakukan maka didapat hasil arus differensial sebesar 2,96 A. Hal ini mengakibatkan relai differensial bekerja karena nilai arus *setting* relai dengan nilai 1,1 A lebih kecil dari arus differensial.

Ketika ada gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi disisi tegangan sekunder (525 kV) yang mengakibatkan arus gangguan 2.500 A, maka dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{f\text{relai}} = 2.500 \times \frac{5}{1,5} = 8,33 \text{ A}$$

$$I_{2\text{ fault}} = \frac{8,3}{2,8} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_d = 3,98 - 2,89 = 1,08 \text{ A}$$

Di dapat nilai arus differensial sebesar 1,08 A. Hal ini tidak akan berpengaruh kepada relai differensial (relai differensial tidak bekerja) karena arus *setting* relai dengan nilai 1,1 A masih lebih besar dari arus differensial.

Hubung singkat hingga I_d 1,1 A maka :

$$I_{2\text{ fault}} = 3,98 + 1,1 = 5,09 \text{ A}$$

$$I_{f\text{relai}} = 5,09 \times 2,8 = 14,65 \text{ A}$$

$$I_f = 14,65 \times \frac{1,5}{5} = 4.395 \text{ A}$$

Jadi saat I_d sebesar 1,1 maka ada arus gangguan hubung singkat sebesar 4.395 A. Maka toleransi yang boleh melewati relai adalah 4.395 A, jika arus melebihi nilai ini maka relai akan bekerja.

4. PENUTUP

Kesimpulan yang didapat dari perhitungan dan pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan :

- 1) Dari perhitungan arus *rating* didapat hasil pada sisi primer (22,8 kV) sebesar 21893,74 A dan pada sisi sekunder (525 kV) sebesar 950,8 A. Hasil ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan rasio CT yang ada pada transformator.
- 2) Hasil yang didapat dalam perhitungan arus differensial sebesar 1,1 A.
- 3) Perhitungan tap *auxiliary* didapatkan hasil 6,27:5 A.
- 4) Dari perhitungan diatas arus *setting* relai differensial didapat nilai sebesar 1,1 A jika arus melebihi arus *setting* ini maka relai akan bekerja. Melalui *setting* diatas diharapkan transformator daya minim gangguan dan dapat beroperasi dengan handal.
- 5) Toleransi arus yang diperbolehkan sebesar 4.395 A.

PERSANTUNAN

Penulis ucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini diantaranya :

- 1) Allah S.W.T yang senantiasa memberikan kesehatan, nikmat, dan pencerahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- 2) Keluarga yang selalu menyemangati dan mendoakan penulis.
- 3) Bapak Umar, S.T, M.T selaku ketua Progam Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 4) Bapak Ir. Jatmiko, M.T selaku pembimbing tugas akhir serta yang telah membimbing dan memberikan saran dan masukan sehingga tugas akhir ini bisa selesai.

- 5) Karyawan PT. TJB Power Service khususnya divisi *electrical* yang telah membimbing selama penulis berada disana.
- 6) Seluruh dosen yang telah mengajar dan memberikan ilmu kepada penulis selama kuliah di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 7) Rama Tri Kurniawan, Arifin Widiatoro, Irfan Izzudin, Dika Bagus Pamungkas, Hasnan Habibi, Fajar Aziz Dewangga, Ilham Hutomo Abi Pamungkas, Mufhid Angga Mandala, Andi Solechat, Izaz Imadurafi, Mucle Khoirudin, Phepbi Muhammad, Oktaviani Pertiwi, dan Ulfa Fadilla, selaku teman yang selalu menemani dan membantu dikala penulis kesusahan.
- 8) Angkringan Mas Teguh yang selalu ada disaat penulis butuh tenaga dan asupan makanan di waktu mengerjakan tugas akhir ini.
- 9) Mas Hermawan, Mas Fembri, Mas Dirga, Mas Iwanda, dan Bapak Agus selaku karyawan di PLTU Tanjung Jati B yang telah memberikan banyak pelajaran dan informasi selama penulis disana.
- 10) Seluruh mahasiswa teknik elektro khususnya angkatan 2016 Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 11) Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bien, Liem Ek., & Helna, Dita. (2007). *Studi Penyetelan Relai Diferensial pada Transformator PT Chevron Pasific Indonesia*. Dosen Jurusan Teknik Elektro-FTI, Fakultas Teknik, Universitas Trisakti, Jakarta.
- El-Bages, M.S. (2011). *Improvement of Digital Differential Relay Sensitivity for Internal Ground Fault In Power Transformer*. International Journal on Technical and Physical Problem of Engineering, 3, 1-5.
- Hosny, Ahmed., & Vijay K. Sood. (2014). *Transformer Differential Protection With Phase Angle Difference Based Inrush Restraint*. Electric Power System Research, 8.
- J Lewis, Blackburn. (2003). *Protective Relaying Principles and Applications.vol 2*.
- Paliwal, Nikhil., & A. Trivedi. (2014). *Analysis of Modern DigitalaDifferential Protection for Power Transformator*. International Journal of Interdisciplinary

Research and Innovation, 2, 46-53.

Raju, K., & Ramamohan Reddy. (2012). *Differential Relay Reliability Impliment Enhancement of Power Transformer*. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 2, 3612-3618.

Setijasa, Hery. (2013). "Penguujian Relai Differensial GI", 9, 74-79.

Yunus, Muh. Yusuf, et al. "Studi Penggunaan Relai Differensial Sebagai Sistem Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Baru, 1.