*Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*
Vol. 3, No.1, Hlm.5-10, Oktober 2021
e-ISSN 2746-1750

# Analisis *Setting* Arus Relai Differensial Pada Trafo II 30 MVA PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami

**Jeckson[1], Amirudin Sattari[2], Hendra Widodo[3]**
[1,2,3]Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. H.Z.A. Pagar Alam No. 14, Bandar Lampung 35142
*e-mail: jecksonmuhammad@gmail.com

**Abstrak**

The protection system is a very important part in an electric power installation. The purpose of the protection system is to secure equipment from abnormal conditions as early as possible so that the disturbance does not have time to cause greater damage to the equipment. The differential relay is the main safety relay on the transformer which functions to secure the transformer when an internal fault occurs in the transformer with the working principle of this relay comparing the secondary current value on the 150 kV primary voltage side with the 20 kV side secondary voltage. This study aims to determine the calculation of the appropriate differential relay current settings. The methodology in this study is to analyze the calculation, namely the calculation of the nominal current of the transformer to determine the CT ratio in the transformer, calculating the mismatch error and calculating the differential current, calculating the resistance current, calculating the slope of the differential relay, calculating the differential relay setting current, and calculating the disturbance in the transformer. From the research conducted, the results of the mathematical calculation of the value of the differential relay setting current for Transformer II 30 MVA Sutami Substation are 0.297 A. While the value of the installed setting is 0.3 A. From these results there is a very small difference so that this calculation is in accordance with the setting value. the current in the installed differential relay and the differential relay can work optimally.

Keywords: Transformer, Protection System, Differential Relay, Restraint Current, Differential Current, Differential Setting Current.

## 1. Pendahuluan

Pada suatu gardu induk terdapat peralatan yang vital dalam penyaluran tenaga listrik, salah satu peralatan yang sangat vital itu adalah trafo. Trafo adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mentransformasikan daya dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya untuk di salurkan ke masyarakat. Trafo dalam suatu gardu induk merupakan aset yang paling mahal dan pokok dalam transaksi energi listrik ke pelanggan, sehingga trafo harus selalu di perhatikan keandalannya. Gangguan-gangguan pada trafo sewaktu-waktu dapat terjadi, maka trafo tersebut ditunjang dengan pengaman-pengaman yang dipergunakan sesuai dengan kebutuhannya.

Pengamanan trafo daya yang memiliki kapasitas besar lebih kompleks daripada trafo distribusi yang kapasitasnya lebih kecil. Pengaman tersebut dapat berupa relai proteksi. Tujuan pemasangan relai proteksi pada trafo daya adalah untuk mengamankan peralatan/sistem sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi sekecil mungkin (El-Bages, 2011). Salah satu proteksi yang paling penting pada trafo adalah proteksi differensial. Relai differensial bekerja tanpa koordinasi dengan relai yang lain, karena relai ini bekerja tanpa koordinasi dengan relai yang lain maka dari itu kerja relai ini juga diperlukan waktu yang cepat. Perbedaan antara relai differensial dengan relai yang lain adalah sifat dari relai differensial itu sendiri yaitu : sangat selektif dan cepat dalam mengatasi gangguan, sebagai pengaman utama pada trafo, relai differensial ini juga tidak dapat digunakan sebagai proteksi cadangan dan yang terakhir relai differensial ini mempunyai daerah pengaman yang dibatasi oleh pemasangan trafo arus. Penyetelan pada relai differensial harus disesuaikan dengan parameter karakteristik arus kerja pada relai , arus penahan (arus *restain*), kesalahan pembacaan antara arus primer dan sekunder (*eror mismach)*, *percentage slope* pada relai dan pertimbangan arus eksitasi pada Trafo. Oleh karena itu peneliti tertarik mengangkat topik bahasan dalam penelitian ini dengan judul : ”ANALISIS *SETTING* ARUS RELAI DIFFERENSIAL PADA TRAFO II 30MVA DI GARDU INDUK SUTAMI”.

## 2. Metodelogi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara pengamatan dan pengambilan data-data pendukung yang diperlukan untuk

melakukan analisa *setting* relai differensial pada TrafoII di PT PLN (Persero) Gardu Induk Sutami. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan objek penelitian untuk memperkuat hasil analisa baik melalui jurnal penelitian, buku, maupun dokumen lainnya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan pada Gardu Induk Sutami tepatnya di Jl. Ir. Sutami, Serdang, Kec. Tanjung Bintang, Kab. Lampung Selatan, Lampung. Adapun data yang diambil adalah data trafo II dan data relai differensial yang mengamakan trafo II. Adapun data tersebut yaitu :

### 1.1 Data-data Penelitian

Gardu Induk sutami Memiliki 3 Trafo yang berkapasitas Trafo I 60 MVA, Trafo II 30 MVA dan Trafo III berkapasitas 60 MVA. Adapun data penelitian ini peralatan yang akan di teliti adalah trafo II berkpasitas 30 MVA. Pada tabel 1 dan tabel 2 menunjukkan spesifikasi peralatan trafo II Gardu Induk Sutami.

**Tabel 1**. Data Trafo II 30 MVA Gardu Induk Sutami

| | |
|---|---|
| Merek/Tipe | AREVA P632 |
| No. Seri | 3487067/10/09 |
| Rasio CT *Primer* (150 kV) | 150/1 A |
| Rasio CT *Sekunder* (20 kV) | 1000/1 A |
| *Setting* arus differensial | 0,3 A |

**Tabel 2**. Data *Setting* relai Differensial

| | |
|---|---|
| Merek | PAUWELS |
| No. Seri | 3011090015 |
| *Year Mnufacurie* | 2010 |
| *Standard* | IEC 60076 |
| Kapasitas Transformator | 30MVA |
| Tegangan Primer | 150 kV |
| Tegangan Sekunder | 20 kV |
| Impedansi p.u (Z%) | 13,2 % |
| Sambungan | YNyn0(d5) |
| Frekuensi | 50 Hz |

### 1.2 Perhitungan Matematis *Setting* Arus Relai Differensial

Perhitungan matematis berupa hitungan arus *rating* dan arus nominal yang digunakan untuk menentukan rasio CT pada trafo tersebut, kemudian menghitung arus sekunder CT, arus differensial, arus *restrain*, *percent slope*, baru kemudian dapat menghitung nilai arus *setting* relai differensial dan setelah itu menghitung perkiraan arus gangguan pada trafo.

### 1.3 Perhitungan nilai rasio CT

Perhitungan nilai rasio CT dilakukan untuk menentukan rasio CT yang digunakan dengan cara memilih nilai rasio yang paling dekat dengan arus *rating.* Perhitungan rasio CT kemudian digunakan untuk mengetahui nilai *error mismatch* pada CT yang terpasang. Dari persamaan 3 dan 4 didapatkan perhitungan arus nominal pada sisi 150 kV dan sisi 20 kV.

Perhitungan arus nominal sisi 150 kV :

$$I_{N1}=\frac{30.000.000}{\sqrt{3}\ X\ 150.000} \quad (1)$$

$I_{N1}$ = 115,47 A

Perhitungan arus nominal sisi 20 kV :

$$I_{N2}=\frac{30.000.000}{\sqrt{3}\ X\ 20.000} \quad (2)$$

$I_{N2}$= 866,025 A

Dari persamaan 1 berikut adalah hasil perhitungan arus rating pada sisi 150 kV dan 20 kV.

Perhitungan *Irating* pada sisi tegangan 150 kV :

$$Irat = 110\% \times 115{,}47\ A \quad (3)$$

*Irat*= 127,17A

Perhitungan *Irating* pada sisi tegangan 20 kV:

$$Irat = 110\% \times 866{,}025\ A \quad (4)$$

*Irat*= 952,27 A

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh hasil yaitu nilai arus nominal pada trafo sisi 150 kV sebesar 115,47 A, sedangkan arus nominal trafo sisi 20 kV sebesar 866,025A. Hasil perhitungan arus *rating* pada sisi 150 kV sebesar 127,017 A dan pada sisi 20 kV sebesar 952,27 A. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka rasio $CT_1$ yang dipilih pada sisi tegangan 150 kV adalah 150 : 1 sedangkan rasio $CT_2$ pada sisi 20 kV adalah 1000 : 1. Rasio CT tersebut dipilih berdasarkan nilai yang terdekat dari hasil

perhitungan arus *rating* dan CT dengan rasio tersebut sesuai dengan yang ada di pasaran.

### 1.4 Perhitungan *Error Mismatch*

Perhitungan nilai *error mismatch* dilakukan dengan cara membandingkan nilai rasio CT ideal dengan rasio CT yang digunakan. Nilai *error mismatch* yang baik adalah dibawah 5%. Berdasarkan persamaan 5 dan 6 berikut adalah hasil perhitungan *error mismatch* pada sisi tegangan 150 kV :

$$\text{Rasio } CT_1 \text{ (Ideal)} = \frac{1000}{1} \times \frac{20}{150} = 133{,}3 \text{ A}$$
$$\textit{Error Mismatch} = \frac{133{,}3}{150}\% = 0{,}8\% \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan 5 dan 7 berikut adalah hasil perhitungan *error mismatch* pada sisi tegangan 20 kV :

$$\text{Rasio } CT_1 \text{ (Ideal)} = \frac{150}{1} \times \frac{150}{20} = 1225 \text{ A}$$
$$\textit{Error Mismatch} = \frac{1225}{1000}\ \% = 1{,}225\ \% \quad (6)$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai $CT_1$ ideal sebesar 133,3 Adan *error mismatch* sebesar 0,8%. Kemudian nilai yang diperoleh $CT_2$ ideal sebesar 1225 A dan *error mismatch* sebesar 1,225 %. *Error mismatch* $CT_1$ dan $CT_2$ masih dalam zona aman karena nilainya tidak melebihi 5%.

### 3.5 Perhitungan Arus Sekunder CT

Perhitungan arus sekunder CT dilakukan untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada sisi sekunder CT. Nilai ini digunakan untuk mencari nilai arus differensial. Dari persamaan 8, berikut ini adalah hasil perhitungan arus sekunder CT.
Menghitung arus sekunder $CT_1$ pada sisi 150 kV :

$$I_1 = \frac{1}{150} \times 115{,}47 = 0{,}769\text{A} \quad (7)$$

Menghitung arus sekunder $CT_2$ pada sisi 20 kV :

$$I_2 = \frac{1}{1000} \times 866{,}025 = 0{,}866 \text{ A} \quad (8)$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai arus sekunder pada $CT_1$ sebesar 0,769 A dan $CT_2$ sebesar 0,866 A.

### 3.6Perhitungan Arus Differensial

Perhitungan arus differensial dilakukan untuk mengetahui nilai arus differensial yang mengalir pada keadaan normal. Hasil perhitungan ini digunakan untuk mencari nilai *persentase slope* pada relai differensial. Berdasarkan persamaan 9, berikut ini adalah hasil perhitungan arus differensial.

Menghitung arus differensial :

$$I_d = 0.866 - 0.769 = 0{,}097 \text{ A} \quad (9)$$

Dari hasil perhitungan diatas nilai arus differensialnya adalah 0,097 A.

### 3.7 Perhitungan Arus *Restrain* (Arus Penahan)

Perhitungan arus *restrain* dilakukan untuk mengetahui nilai arus penahan agar relai tidak bekerja pada keadaan normal. Hasil perhitungan arus *restain* ini digunakaan untuk mencari nilai *persentase slope* dan nilai arus *setting* relai differensial. Dari persamaan 10, berikut ini adalah hasil perhitungan arus *restrain.*

Menghitung arus *restrain :*

$$\textit{Irestrain} = I_r = \frac{0{,}866+0{,}769}{2} = 0{,}817 \text{ A} \quad (10)$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai arus *restrain*nya adalah 0,817 A.

### 3.8 Perhitungan *Percent Slope* (*Setting* Kecuraman)

Perhitungan nilai *percent slope* dilakukan untuk mengetahui daerah kerja pada relai differensial. Hasil perhitungan ini digunakan untuk mencari nilai arus *setting* relai differensial. Berdasarkan persamaan 11, dibawah ini adalah hasil perhitungan $slope_1$

Menghitung $slope_1$*:*

$$\%\ Slope_1 = \frac{0{,}097}{0{,}817} \times 100\% = 11{,}87\% \quad (11)$$

Berdasarkan persamaan 12, dibawah ini adalah hasil perhitungan $slope_2$.

Menghitung $slope_2$*:*

$$\%\ Slope_2 = \left(\frac{0{,}097}{0{,}817} \times 2\right) \times 100\% = 23{,}7\ \% \quad (12)$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai $slope_1$ sebesar 11,87% dan $slope_2$ sebesar 23,7%.

### 3.9 Perhitungan Nilai Arus *Setting*

Arus *Setting* didapatkan dengan mengalikan antara $slope_1$ dan arus *restrain.* Arus inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus *setting* yang terpasang pada relai

differensial. Berdasarkan persamaan 13, berikut adalah perhitungan nilai arus *setting*

$$I_{set} = 11{,}87\% \times 0{,}817$$
$$I_{set} = 0{,}1187 \times 0{,}817 \quad (13)$$
$$I_{set} = 0{,}097 \text{ A}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan arus *setting* differensial diatas adalah 0,097 A. Sehingga perhitungan arus setting sesuai dengan perhitungan arus differensial pada keadaan ideal, dan nilai arus differensial yang ideal adalah nol. Dikarenakan hasil penyetelan tidak mungkin nol, karena adanya nilai rasio CT yang ditentukan dipasaran. Kesalahan pembacaan CT, dan arus eksitasi. Sehingga penyetelah dipengaruhi beberapa faktor yang di asumsikan yaitu kesalahan CT (5%), arus eksitasi (1%), *error mismatch* (4%), faktor keamanan (5%), dan kesalahan sadapan (5%) sehingga menghasilkan arus setting 20% atau 0,2 A. sehingga arus *setting* yang dihasilkan adalah 0,2 A + 0,097 A = 0,297A.

### 3.10 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Nilai Setting

Perbandingan yang akan dibahas adalah hasil perhitungan matematis dengan nilai *setting* relai differensial Trafo II di Gardu Induk Sutami.

**Tabel 3**. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Nilai Setting.

Hasil perhitungan matematis nilai arus *setting* relai differensial adalah 0,297 A. Sedangkan nilai arus *setting* yang terpasang adalah 0,3 A. dari hasil tersebut terdapat selisih yang sangat kecil sehingga perhitungan ini sesuai dengan nilai *setting* arus pada relai differensial yang terpasang dan relai differensial bekerja secara optimal.

### 3.11 Perhitungan Gangguan Pada Trafo Tenaga

Pada perhitungan gangguan ini digunakan untuk memberikan perkiraan apakah relai differensial akan bekerja atau tidak terhadap arus gangguan fasa-fasa yang diberikan. Menentukan perhitungan arus ketika relai mulai bekerja (ip) di sisi tegangan sekunder 20 kV :

| | | |
|---|---|---|
| $I_{set}$ | 0.297 A | 0.3 A |

$$I_{p2} = I_1 + I_{set} = 0{,}769 + 0{,}297 = 1{,}069 \text{ A} \quad (14)$$

Kemudian menentukan batas batas arus relai mulai bekerja dengan asumsi arus setting sebesar 0,297A di sisi tegangan sekunder 20 kV :

$$I_{p2} = i_{p2} \times CT_2 = 1{,}069 \times 1000 = 1069 \text{ A} \quad (15)$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa batas arus ketika relai differensial mulai bekerja dengan arus setting 0,297 A di sisi tegangan 20 kV sebesar 1069A. jika terdapat arus gangguan fasa-fasa yang mengalir melebihi batas arus sebesar 1069 A di sisi tegangan sekunder 20 kV maka relai differensial akan bekerja. Dikarenakan arus yang masuk ke relai telah mencapai nilai setting yaitu 0,297 A.

1. Ketika nilai arus gangguan ($I_f$) pada sisi tegangan 20 kV sebesar 2500A, maka perhitungan arus yang masuk pada relai sisi tegangan sekunder 20 kV adalah sebagai berikut :

$$I_{f\,relai2} = 2500 \times \frac{1}{1000} = 2{,}5 \text{ A} \quad (16)$$

Mencari arus differensial dengan rumus :

$$I_d = I_{f\,relai2} - I_1 = 2{,}5 - 0{,}769 = 1{,}731 \text{ A} \quad (17)$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa dengan arus gangguan sebesar 2500 A pada sisi tegangan sekunder 20 kV di dapatkan arus differensial sebesar 1,731 A. dari hasil tersebut dapat dijelasakan bahwa nilai arus differensial lebih besar dari nilai arus setting 0,3 A, maka relai differensial akan bekerja memerintahkan PMT untuk memutuskan beban (trip).

2. Ketika arus gangguan fasa-fasa pada sisi sekunder 20 kV sebesar 1000 A, maka perhitungan arus yang masuk pada relai sisi tegangan sekunder 20 kV adalah sebagai berikut :.

$$I_{f\,relai2} = 1000 \times \frac{1}{1000} = 1 \text{ A} \quad (18)$$

Mencari arus differensial dengan rumus :

$$I_d = I_{f\,relai2} - I_1 = 1 - 0{,}769 = 0{,}231 \text{ A} \quad (19)$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa dengan arus gangguan sebesar 1000 A pada sisi tegangan sekunder 20 kV di dapatkan arus differensial sebesar 0,231 A. dari hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa nilai arus differensial lebih kecil dari nilai arus setting 0,3 A, maka relai differensial tidak akan bekerja.

## 4 **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut *:*

1. Relai differensial adalah relai pengaman utama pada trafo yang berfungsi mengamankan trafo ketika terjadi gangguan internal pada trafo dengan prinsip kerja membandingkan nilai arus sekunder pada sisi tegangan primer 150 kV dengan sisi tegangan sekunder sisi 20 kV.

2. Setting relai differensial perlu dianalisa agar relai differensial bekerja secara benar dan optimal, sehingga dapat mengamankan trafo dari gangguan internal dan tidak salah bekerja ketika tidak terjadi gangguan, sehingga meningkatkan keandalan trafo dalam menyalurkan listrik dan memperpanjang umur trafo.

3. Cara penentuan setting arus relai differensial yaitu dengan melakukan perhitungan matematis yang meliputi perhitungan rasio CT ideal pada trafo, perhitungan *error mismatch*, perhitungan arus sekunder CT, perhitungan arus differensial, arus penahan, persentase slope, kemudian melakukan perhitungan *setting* arus relai differensial, setelah itu melakukan perhitungan saat terjadi gangguan pada trafo. Dari hasil analisa perhitungan yang dilakukan diperoleh nilai *setting* arus sebesar 0,297 A, dan setting yang dipakai pada relai differensial trafo II Gardu Induk Sutami adalah 0,3 A. Sehingga perhitungan yang dilakukan selisih tidak jauh dengan setting arus pada relai differensial yang terpasang pada trafo II 30 MVA Gardu Induk Sutami.

## Daftar Pustaka

Anderson A., Markham, Ontario. (2001). *Transformer Managemen Relay Instruction Manual* Canada : GE Power Management.

Fitriani, Ria, N. (2017). Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 Mva Di Gardu Induk Jajar. Skripsi. Fakultas Tehnik. Tehnik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

PLN (Persero). (2010). Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik 'Transformator Daya'. Jakarta.

PLN (Persero). (2010). Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik 'Proteksi dan Kontrol Transformator'. Jakarta.

Muharam, R., Muhammad, (2018). Analisa Performa Relai Diferensial Transformator pada Gardu Induk ilegon Lama". Skripsi. Fakultas Teknik. Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Yogyakarta.

Ridwan. (2019). Analisis Arus Setting Terhadap Sistem Proteksi Relai *Differential* Pada *TransFormator* Gardu Induk *Saluallo* Kecamatan Sanggala Kabupaten Tana Toraja. Skripsi. Fakultas Tehnik. Tehnik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makasar, Makasar.