RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

by Faisal Irsan

Submission date: 25-Jan-2024 01:36PM (UTC+0700)
Submission ID: 2278040706
File name: AL_SEBAGAI_PROTEKSI_PADA_TRANSFORMATOR_DAYA_PADA_GARDU_INDUK.pdf (319.16K)
Word count: 2679
Character count: 15823

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

Elvy Sahnur Nasution[1], Faisal Irsan Pasaribu[2], Yusniati[3], Muhammad Arfianda[4]

[1)]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia*
[2)]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia*
[3)]*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sumatera Utara, Indonesia*
[4)]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia*

ABSTRAK

Pada transformator daya salah satu pengaman yang terpasang adalah rele diferensial. Rele diferensial merupakan rele pengaman pada sebuah transformator yang mampu bekerja seketika tanpa berkoordinasi dengan rele di sekitarnya, sehingga waktu kerja rele diferensial dapat dibuat secepat mungkin. Sistem proteksi yang baik didukung oleh setting yang bagus pada rele diferensial untuk menghindari kegagalan proteksi dan meningkatkan kualitas operasional sistem transmisi. Dalam paper ini membahas penggunaan transformator daya pada GI Paya Pasir. Rasio CT yang dipasang pada transformator di sisi tegangan primer 150 kV adalah 300:1 A dan pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 2000:5 A. Hasil tersebut diambil dengan pertimbangan hasil perhitungan arus rating yaitu sebesar 254,034 A pada sisi tegangan primer 150 kV dan 1905,256 A pada sisi tegangan sekunder 20 kV. Arus setting yang didapat dari hasil perhitungan yaitu 0,3 A dan diharapkan dengan setting tersebut sistem proteksi transformator dapat bekerja dengan optimal.

Kata kunci : Transformator daya, proteksi, rele diferensial

1. PENDAHULUAN

Transformator merupakan komponen utama dalam penyaluran energi listrik pada sebuah sistem kelistrikan, energi listrik disalurkan ke konsumen melalui sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa bagian sistem yaitu Pembangkitan, Transmisi dan Distribusi. Jarak antara pembangkit listrik dan beban terletak sangat jauh sehingga membutuhkan transformator daya untuk menaikkan dan menurunkan tegangan agar rugi–rugi yang dihasilkan selama proses penyaluran tenaga listrik dapat diminimalisir. Dalam pengoperasian transformator sering terjadi gangguan yang dapat menghambat kinerja dari transformator, sehingga dibutuhkan pengaman dan pengaturan proteksi yang stabil untuk menjaga kelancaran operasional pada suatu sistem.

Proteksi adalah suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik yang berguna menghindari kerusakan peralatan dan juga agar stabilitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Bagian dari sistem proteksi adalah trafo arus atau trafo tegangan, pengawatan, dan sumber AC/DC. Trafo arus terbagi menjadi dua fungsi yaitu sebagai pengukuran dan proteksi. Salah satu rele yang digunakan yaitu rele diferensial yang merupakan pengaman utama transformator yang bekerja tanpa koordinasi dengan rele yang lain (Subari, Kusumastuti, & Yuniarto, 2015).

Sistem proteksi harus dapat bekerja untuk memutus arus gangguan yang muncul pada sistem dengan cepat dan selektif. Adanya sistem proteksi tersebut berfungsi untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat adanya arus gangguan. Selain itu, sistem proteksi juga berfungsi untuk membatasi dampak gangguan sehingga kontinuitas suplai daya ke beban tetap optimal (Distribusi, Rahman, Pujiantara, Wahyudi, & Busbar, 2014).

Pengaman yang terdapat pada tranformator daya lebih banyak dibandingkan dengan tranformator distribusi dengan daya kecil. Berbagai proteksi terpasang pada trafo daya seperti *Over Curent Relay*, *Relay Bucholl*z, *Restricted Earth Fault*, Rele Diferensial dan sebagainya. Pada transformator daya salah satu pengaman yang terpasang adalah rele diferensial. Rele diferential merupakan pengaman utama pada transformator, rele diferensial mengamankan peralatan dari gangguan yang terjadi di dalam transformator.

Rele Diferensial adalah suatu rele yang bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan (Manson Russel, 2004).

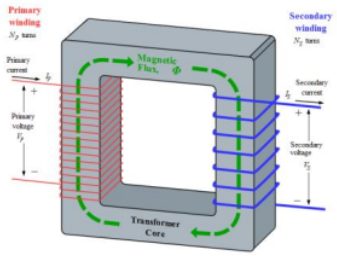
ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator Daya

Transformator daya merupakan suatu alat listrik statis, yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Dalam bentuknya yang paling sederhana transformator terdiri atas kumparan dan satu induktansi *mutual*. Kumparan primer adalah yang menerima daya, dan kumparan sekunder tersambung pada beban. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik berlaminasi.

Landasan fisik transformator adalah induktansi *mutual* (timbal balik) antara kedua rangkaian yang dibutuhkan oleh suatu fluks magnetik bersama yang melewati suatu jalur dengan reluktansi rendah. Kedua kumparan memiliki induktansi mutual yang tinggi. Jika suatu kumparan disambungkan pada suatu sumber tegangan bolak balik, suatu fluks bolak balik terjadi di dalam inti berlaminasi, yang sebagian besar akan mengait pada kumparan lainnya, dan di dalamnya akan terinduksi suatu gaya gerak listrik (ggl).



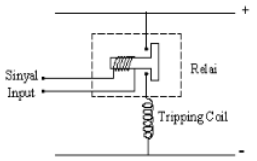
Gambar 2.1 Elektromagnetik Pada Trafo

2.2 Rele Proteksi

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu atau bel. Rele proteksi dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut rase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagainya supaya dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap dapat beroperasi secara normal.

Rele dapat bekerja apabila mendapatkan sinyal-sinyal input yang melebihi dari *setting* rele tersebut. Besaran ukur yang dipakai untuk sinyal input yaitu berupa arus, tegangan, impedansi, daya, arah daya, pemanasan, pembentukan gas, frekuensi, gelombang eksplosi dan sebagainya. Rele dikatakan kerja (operasi), apabila kontak-kontak dari rele tersebut bergerak membuka dan menutup dari kondisi awalnya.

Apabila rele mendapat satu atau beberapa sinyal input sehingga dicapai suatu harga *pick-up* tertentu, maka rele kerja dengan menutup kontak-kontaknya. Maka rele akan tertutup sehingga *tripping coil* akan bekerja untuk memutuskan beban.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Rele Proteksi

2.3 Rele Diferensial

Prinsip kerja rele diferensal ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada trasformator arus (CT) serta arus yang masuk ke rele.

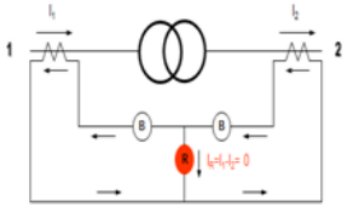
ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

Kerja rele diferensial ini dibantu oleh dua buah trasformator arus (CT) dimana dalam keadaan normal, trasformator arus yang pertama dan trasformator yang kedua dibuat suatu ratio sedemikian rupa, sehingga arus pada kedua trasformator arus tersebut sama besar.

Adapun prinsip kerja rele diferensial ini terjadi dalam tiga keadaan, yaitu dalam keadaan normal, keadaan gangguan diluar daerah proteksi dan gangguan didalam daerah proteksi.

1. Rele diferensial pada keadaan normal

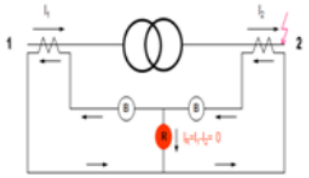
Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan / inslatasi listrik yang diproteksi yaitu transformator daya, dan arus-arus tranformator arus, yaitu I1 dan I2 bersirkulasi melalui "*path*" IA. Jika rele diferensial dipasang antara terminal 1 dan terminal 2, maka dalam kondisi normal tidak akan ada arus yang mengalir melaluinya.



Gambar 2.3 Rele Diferensial Dalam Keadaan Normal

2. Rele diferensial pada gangguan di luar daerah proteksi

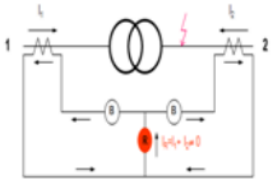
Bila dalam keadaan gangguan diluar dari transformator daya yang diproteksi (*external fault*), maka arus yang mengalir akan bertambah besar, akan tetapi sirkulasi akan tetap sama dengan pada kondisi normal dengan demikian rele diferensial tidak akan bekerja.



Gambar 2.4 Gangguan di luar daerah proteksi

3. Rele diferensial pada gangguan di dalam daerah proteksi

Jika gangguan terjadi didalam proteksinya pada transformator daya yang diproteksi (*internal fault*), maka arah sirkulasi arus disalah satu sisi akan terbalik, menyebabkan "keseimbangan" pada kondisi normal terganggu, akibatnya arus Id akan mengalir melalui rele diferensial dari terminal 1 menuju ke terminal 2 maka terjadi selisih arus didalam rele, selanjutnya rele tersebut akan mengoperasikan CB untuk memutus.



Gambar 2.5 Gangguan di dalam daerah proteksi

Untuk menentukan besaranya nilai arus diferensial, arus *restrain* (penahan), *slope* dan arus *setting* pada rele diferensial menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_d = I_2 - I_1$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

$$Slope = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$I_{Setting} = \%Slope \times I_r$$

Dimana :

Id = Arus diferensial
Ir = Arus *restrain* (penahan)
I*setting* = Arus *setting* pada rele diferensial
Slope = Batas ambang kemampuankumparan penahan

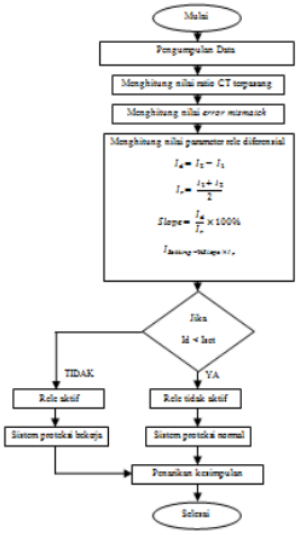
3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Unit Layanan Dan Transmisi Gardu Induk Paya Pasir.

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Transformator Daya

Data Transformator Daya	
Merk/ Tipe	PAUWELS
No. Serial	3011150 093
Pabrik	Indonesia
Kapasitas Trafo	60 MVA
Tegangan Sisi Primer	150 kV
Tegangan Sisi Sekunder	20 kV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	13, 70 %
Sambungan	YNyn0 (d)
Tahun Buatan	2016
Tahun Operasional	2017
Minyak	IEC 60076
Pendingin	ONAN/ ONAF



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis adalah perhitungan untuk menentukan rasio CT pada trafo daya, dengan menggunakan perhitungan arus nominal dan arus *rating*. Selanjutnya menghitung *error mismatch*, menghitung arus diferensial, menghitung arus *restrain*, menghitung arus *slope*, dan arus *setting* rele diferensial.

4.1.1 Perhitungan Nilai Rasio CT

Untuk menghitung rasio CT, terlebih dahulu menghitung arus *rating*. Arus *rating* berfungsi sebagai batas pemilihan rasio CT. In atau arus nominal merupakan arus yang mengalir pada masing-masing jaringan (tegangan tinggi dan tegangan rendah).

- Arus nominal pada sisi tegangan primer 150 kV :

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p}$$
$$I_{N1} = \frac{60.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$
$$I_{N1} = \frac{60.000.000}{259.807,62}$$
$$I_{N1} = 230,940\ A$$

- Arus nominal pada sisi tegangan sekunder 20 kV :

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s}$$
$$I_{N2} = \frac{60.000.000}{\sqrt{3} \times 20.000}$$
$$I_{N2} = \frac{60.000.000}{34.641,01}$$
$$I_{N2} = 1732,051\ A$$

- Arus *rating* di sisi tegangan primer 150 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal}$$
$$I_{rat} = 110\% \times 230,940\ A$$
$$I_{rat} = 254,034\ A$$

- Arus *rating* di sisi tegangan sekunder 20 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal}$$
$$I_{rat} = 110\% \times 1732,051\ A$$
$$I_{rat} = 1905,256\ A$$

Hasil dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan primer 150 kV adalah 230,940 A sedangkan di sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 1732,051 A.

Perhitungan arus *rating* pada trafo daya di atas juga dapat diketahui di sisi tegangan primer 150 kV adalah 254,034 A sedangkan pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 1905,256 A. Sesuai dengan perhitungan tersebut, maka rasio CT yang terpasang pada sisi tegangan primer 150 kV adalah 300:1 A serta pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 2000:5 A. Berdasarkan uraian tersebut maka bila arus yang mengalir pada sisi tegangan primer sebesar 300 A di CT akan terbaca 1 A. Rasio CT yang dipilih 300 A dan 2000 A sebab pada Gardu Induk Paya Pasir menggunakan nilai tersebut dan rasio itu juga ada di pasaran.

4.1.2 Perhitungan *Error Mismatch*

Menghitung besarnya arus *mismatch* yaitu dengan cara membandingkan rasio CT ideal dengan CT yang ada di pasaran, dengan ketentuan *error* tidak boleh melebihi 5% dari rasio CT yang dipilih.

- *Error mismatch* di sisi tegangan tinggi 150 kV :

$$Error\ mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ Terpasang}\ \%$$

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$
$$CT_1(Ideal) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{2000}{1} \times \frac{20}{150} = 2000 \times 0{,}1333 = 266{,}6\ A$$
$$Error\ mismatch = \frac{266{,}6}{300}\ \% = \ 0{,}886\ \%$$

- *Error mismatch* di sisi tegangan rendah 20 kV :

$$Error\ mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ Terpasang}\ \%$$
$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$
$$CT_2(Ideal) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{300}{1} \times \frac{150}{20} = 300 \times 7{,}5 = 2250\ A$$
$$Error\ mismatch = \frac{2250}{2000}\ \% = \ 1{,}125\ \%$$

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai CT1 ideal sebesar 266,6 A dan *error mismatch* sebesar 0,886 %. *Error mismatch* pada CT2 sebesar 1,125 % dengan hasil perhitungan CT ideal sebesar 2.250 A. Demikian didapatkan nilai selisih antara trafo arus terpasang dan trafo arus ideal sebesar 33,4 A pada sisi tegangan tinggi dan 250 A pada sisi tegangan rendah.

4.1.3 Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang di keluarkan CT.

- Arus sekunder
- CT sisi tegangan tinggi 150 kV :

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times In$$
$$I_{sekunder} = \frac{1}{300} \times 230{,}940\ A$$
$$I_{sekunder} = \ 0{,}7698\ A$$

- Arus sekunder CT sisi tegangan rendah 20 kV :

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times In$$
$$I_{sekunder} = \frac{1}{2000} \times 1732{,}051\ A$$
$$I_{sekunder} = \ 0{,}8860\ A$$

4.1.4 Perhitungan Nilai Arus Diferensial

Arus diferensial yaitu arus selisih antara arus sekunder CT sisi tegangan tinggi terhadap arus sekunder CT sisi tegangan rendah.

$$I_{dif} = I_2 - I_1$$
$$I_{dif} = \ 0{,}8860 - 0{,}7698$$
$$I_{dif} = 0{,}1162\ A$$

Hasil dari perhitungan mendapatkan nilai selisih antara Isekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah adalah 0,1162 A. Nilai tersebut yang menjadi pembanding dengan arus *setting* rele diferensial.

4.1.5 Perhitungan Nilai Arus *Restrain* (Penahan)

Arus *restrain* diperoleh dengan cara menjumlahkan arus sekunder CT1 dan CT2 kemudian dibagi 2.

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$
$$I_r = \frac{0{,}7698 + 0{,}8860}{2}$$
$$I_r = 0{,}8279\ A$$

Hasil dari perhitungan diatas maka didapat nilai arus *restrain* 0,8279 A.

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

4.1.6 Perhitungan *Percent Slope* (*setting* kecuraman)

Untuk mengetahui *slope* didapatkan dari arus diferensial di bagi dengan arus *restrain*. Dari *Slope* 1 dapat diketahui arus diferensial dan arus *restrain* saat kondisi normal dan untuk memastikan rele dapat bekerja saat ada gangguan internal dengan arus gangguan kecil. Untuk *slope* 2 dapat berguna agar rele tidak bekerja saat terjadi gangguan eksternal dengan arus gangguan besar sekalipun.

- Menghitung *slope* 1 :

$$Slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$
$$Slope_1 = \frac{0{,}1162}{0{,}8279} \times 100\%$$
$$Slope_1 = 14\%$$

- Menentukan *slope* 2 :

$$Slope_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2\right) \times 100\%$$
$$Slope_2 = \left(\frac{0{,}1162}{0{,}8279} \times 2\right) \times 100\%$$
$$Slope_2 = 28\ \%$$

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu *slope* 1 sebesar 14% dan *slope* 2 sebesar 28%.

4.1.7 Perhitungan Nilai Arus *Setting* (I*set*)

Arus *setting* didapat dengan mengalikan antara *slope* dan arus *restrain*. Arus *setting* inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus diferensial.

$$I_{set} = \%slope \times I_{restrain}$$
$$I_{set} = 14\% \times 0{,}8279\ A$$
$$I_{set} = 0{,}14 \times 0{,}8279\ A$$
$$I_{set} = 0{,}1159\ A$$

Hasil perhitungan nilaiarus *setting* di atas adalah 0,1159 A, tetapi pada *setting* rele diferensial dibuat 0,3 A.

4.1.8 Perhitungan Gangguan Pada Transformator Daya

Sebagai contoh kasus pada gardu induk paya pasir pernah terjadi gangguan hubung singkat dengan arus gangguan sebesar 36380 A dan 31545 A di sisi 20 kV yang menyebabkan rele diferensial bekerja. Adapun perhitungan arus gangguannya sebagai berikut :

a. Arus gangguan di sisi tegangan 20 kV sebesar 36380 A :

$$I_{Sekunder}CT = \frac{I_f}{CT_2} = \frac{36380}{2000} = 18{,}19\ A$$
$$I_{Sekunder}\ ACT = \frac{I_{Sekunder}\ CT}{I_2} = \frac{18{,}19}{0{,}866} = 21{,}00\ A$$
$$I_d = I_{Sekunder}ACT - I_1 = 21{,}00 - 0{,}769 = 20{,}231\ A$$

Arus gangguan di sisi tegangan rendah 20 kV adalah 36380 A dan menghasilkan arus sekunder di CT2 sebesar 21,00 A serta arus diferensial sebesar 20,231 A, oleh karena itu rele diferensial akan aktif dan memerintahkan PMT agar trip sebab arus diferensial melebihi arus *setting* rele.

b. Arus gangguan disisi tegangan 20 kV sebesar 31545 A :

$$I_{Sekunder}CT = \frac{I_f}{CT_2} = \frac{31545}{2000} = 15{,}77\ A$$
$$I_{Sekunder}\ ACT = \frac{I_{Sekunder}\ CT}{I_2} = \frac{15{,}77}{0{,}866} = 18{,}21\ A$$
$$I_d = I_{Sekunder}ACT - I_1 = 18{,}21 - 0{,}769 = 17{,}441\ A$$

Arus gangguan di sisi tegangan rendah 20 kV adalah 31545 A dan menghasilkan arus sekunder di CT2 sebesar 18,21 A serta arus diferensial sebesar 17,441 A, oleh karena itu rele diferensial akan aktif dan memerintahkan PMT agar trip sebab arus diferensial melebihi arus *setting* rele.

c. Gangguan hubung singkat yang dapat menyebabkan Id menjadi 0,3 A :

$$I_{Sekunder}\ ACT = I_1 + I_d = 0{,}769 + 0{,}3 = 1{,}069\ A$$

ISSN(Cetak) : 2620-6048
ISSN(Online) : 2686-6641

$$I_{Sekunder}CT = I_{Sekunder}ACT \times I_2 = 1{,}069 \times 0{,}866 = 0{,}925\ A$$
$$I_N\ 20\ kV = I_{Sekunder}\ CT \times CT_2 = 0{,}925 \times 2000 = 1850\ A$$

Pada saat Id sebesar 0,3 A maka arus maksimal yang mengalir pada sisi tegangan rendah sebesar 1850 A, artinya batas arus yang diperbolehkan mengalir pada sisi tegangan rendah adalah 1850 A. Rele diferensial akan bekerja jika arus yang mengalir melebihi 1850 A.

5. KESIMPULAN

1. Prinsip kerja rele diferensial adalah membandingkan vektor arus I1 (arus sisi primer) dan I2 (arus sisi sekunder). Pada waktu tidak terjadi gangguan/ keadaan normal atau gangguan berada diluar daerah pengaman I1 dan I2 sama atau mempunyai perbandingan serta sudut fasa tertentu, dalam hal ini rele tidak bekerja. Pada waktu terjadi gangguan di daerah pengaman I1 dan I2 tidak sama perbandingan serta sudut fasanya berubah dari keadaan normal disisi rele akan bekerja. Rele diferensial ini bekerja berdasarkan hukum arus *kirchhoff* 1 (*Kirchhoff current law* 1) yang berbunyi "arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar pada titik tersebut".
2. Hasil perhitungan arus *setting* adalah 0,1159 A, tetapi pada *setting* rele diferensial dibuat 0,3 A. Maka dari itu rele diferensial akan bekerja apabila nilai arus diferensial melebihi arus *setting* dan sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

Bien, L. E., & Helna, D. (2007). Studi Penyetelan Relai Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia, *6*, 41–68.

Di, K. V, & Induk, G. (2012). Setting Relai Differensial Pada Transformator Daya.

Distribusi, S., Rahman, W. I., Pujiantara, M., Wahyudi, R., & Busbar, A. (2014). Setting Rele Diferensial Bus, *2*(1), 1–6.

Dwi, I. M., Jaya, C., Arjana, I. G. D., Maharta, A. A. G., Studi, P., Elektro, T., … Udayana, U. (2018). STUDI KOORDINASI KERJA RELE DIFERENSIAL DAN RELE RESTRICTED EARTH FAULT SETELAH UPRATING PADA TRANSFORMATOR II DI GI KAPAL, *5*(1), 49–54.

Generator, U. I., Ketenger, P., Indonesia, P. T., & Ubp, P. (2010). Analisis Kerja Rele Overall Differential pada Generator Unit I PLTA Ketenger PT Indonesia Power UBP Mrica Overall Differential Relay Work Analysis to, *6*(2).

ISTIMAROH, A. (2013). Penentuan Setting Rele Arus Lebih Generator dan Rele Diferensial Transformator Unit 4 PLTA Cirata II. *Reka Elkomika*, *1*(2), 131–141.

Nakhoda, Y. I., Krismanto, A. U., & Usmanto, M. (2017). Analisa Koordinasi Rele Pengaman Transformator Pada Sistem Jaringan Kelistrikan di PLTD Buntok, *1*(September), 39–46.

Subari, A., Kusumastuti, D. H., & Yuniarto. (2015). Setting Relay Differensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi. *Transmisi*, *3*.

Suralaya, D. I. P. (2017). ANALISA PROTEKSI DIFFERENSIAL PADA GENERATOR, *9*(1), 84–92.

Syukriyadin, S., & Nakhrisya, C. R. (2011). Analisis Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Internal dan Ekternal Transformator Menggunakan PSCAD / EMTDC, *9*(3).

Bonggas L. 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Erlangga.

Hazairin. 2004. *Dasar-dasar sistem proteksi tenaga listrik*. UNSRI.

Ir. Kadir Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.

PT. PLN (Persero). *Buku Petunjuk Transformator Tenaga*.

RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK

ORIGINALITY REPORT

11%	%	11%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Zahrul Ulum, Syafrudin Hasan, Emerson P. Sinulingga, Siti Latifah, Khaira Amalia Fachrudin. "An introduction of scada-based based back pressure vessel (BPV) at palm oil factory with biomass energy", Journal of Physics: Conference Series, 2021 Publication	5%
2	Adiaz Aditya Pratito, Denny Irawan. "ANALISIS SETTING RELAY LINE DIFFERENTIAL GARDU INDUK PLTU GRESIK - WILMAR FUZZY LOGIC METHOD", E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika, 2022 Publication	3%
3	Moranain Mungkin, Habib Satria, Zulkifli Bahri, Ahmad Ridwan. "Testing the Reliability of the Current Transformer System in Tackling the Illegal Use of Electrical Energy", Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering), 2020 Publication	1%

4	Taryo. "ANALISA SETTING OVER CURRENT RELAY DAN GROUND FAULT RELAY PADA PENYULANG BABAKAN GARDU INDUK BABAKAN KABUPATEN CIREBON", Jurnal Teknik AMATA, 2022 Publication	1 %
5	Yoedo Ageng Suryo. "PERANCANGAN SISTEM KONTROL OTOMATIS LAMPU BALAI DESA DAN JALAN BERBASIS RELAY TIMER DI DESA WOTANSARI BALONG PANGGANG", DedikasiMU(Journal of Community Service), 2020 Publication	<1 %
6	Zory Satrio Nugroho, Sujito, Langlang Gumilar, Moh. Rodhi Faiz, Moh. Zainul Falah, Abdullah Iskandar Syah. "Analysis of Protection System Based On-Line Current Differential Using Nominal Phi Method on 150 Kv Transmission Line Ngimbang-Babat 1", 2022 International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT), 2022 Publication	<1 %
7	Evinur Fauziyah, Irwanto Irwanto. "ANALISIS SISTEM PROTEKSI GENERATOR MENGGUNAKAN OVER CURRENT RELAY DI PT. INDONESIA POWER", D'computare: Jurnal	<1 %

Ilmiah Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2022
Publication

8 G M A Siregar, Hidayat, Sukmawarti, M D Siagian. "Evaluation of online learning for mathematics education students", Journal of Physics: Conference Series, 2021 <1%
Publication

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		