

STUDI PENGGUNAAN RELE DIFFERENSIAL TYPE P642 SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 30 MVA GARDU INDUK PANTON LABU PT. PLN (PERSERO) ACEH UTARA

Ferdiansyah¹, Subhan², Nazaruddin³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: ferdiansyah9816@gmail.com, subhan@pnl.ac.id, nazaruddin@pnl.ac.id

ABSTRAK

Pada transformator daya salah satu pengamanan yang terpasang adalah rele diferensial. Rele diferensial merupakan rele pengamanan 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. Metode penelitian ini menggunakan data sekunder CT yang didapatkan dari GI Pantan Labu Aceh Utara yang kemudian dilakukan perhitungan matematis untuk menentukan rasio current transformator, error mismatch, dan parameter parameter pada rele diferensial saat kondisi normal, serta menghitung parameter-parameter rele diferensial pada saat kondisi gangguan. Rasio CT yang dipasang pada transformator di sisi tegangan primer 150 kV adalah 150:1 A dan pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 1000:1 A. Hasil tersebut diambil dengan pertimbangan hasil perhitungan arus rating yaitu sebesar 127,017 A pada sisi tegangan primer 150 kV dan 952, 6275 A pada sisi tegangan sekunder 20 kV. Arus setting yang didapat dari hasil perhitungan yaitu 0,2 A dan diharapkan dengan setting tersebut sistem proteksi transformator dapat bekerja dengan optimal.

Kata kunci : Transformator Daya, Proteksi, Rele Diferensial.

I. 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 pengamanan 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 bekerja tanpa koordinasi dengan rele yang lain[1]

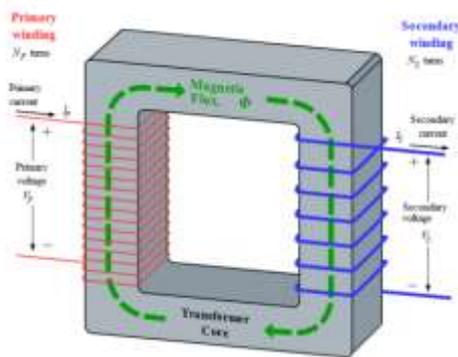
Sistem proteksi harus dapat bekerja untuk memutus arus gangguan yang muncul pada sistem dengan cepat dan selektif. Adanya sistem proteksi tersebut berfungsi untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat adanya arus gangguan. Selain itu, sistem proteksi juga berfungsi untuk membatasi dampak gangguan sehingga kontinuitas suplai daya ke beban tetap optimal[2]

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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 (timbang 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).[3]

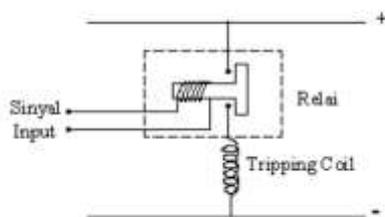


Gbr 1. Elektromagnetik Pada Trafo

B. Prinsip Kerja Rele Proteksi

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.



Gbr 2. Prinsip Kerja Rele Proteksi

C. Proteksi Transformator

Proteksi transformator umumnya menggunakan Rele Diferensial dan *Rele Restricted Earth Fault* (REF)

sebagai proteksi utama. Sedangkan proteksi cadangan menggunakan rele arus lebih (OCR) rele gangguan ke tanah *Ground Fault Relay* (GFR). Sedangkan *Standby Earth Fault* (SBEF) umumnya hanya dipergunakan pada transformator dengan belitan Y yang ditanahkan dengan resistor, dan fungsinya lebih mengamankan NGR.[4] Umumnya skema proteksi disesuaikan dengan kebutuhan. Rele pengaman transformator daya harus dapat mendeteksi adanya sumber gangguan yang berada di dalam maupun di luar transformator yang berada di daerah pengamannya. Di samping itu adanya gangguan di luar daerah pengamannya bila rele yang terkait tidak bekerja salah satu rele pada transformator harus bekerja.

C. Gangguan Pada Transformator Daya

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya.

1. Gangguan Di Luar Daerah Pengaman

Gangguan di luar daerah pengaman transformator daya ini sering terjadi dan dapat merupakan beban lebih, hubungan singkat fasa ke tanah maupun gangguan antar fasa. Gangguan ini mempunyai pengaruh terhadap transformator, sehingga transformator harus dilepaskan/dipisahkan bila gangguan tersebut terjadi setelah waktu tertentu untuk memberi kesempatan pengaman daerah yang terganggu bekerja.

2. Gangguan Di Daerah Pengaman

Pengaman utama transformator daya ditunjukkan sebagai pengaman di dalam daerah pengamannya. Gangguan di dalam sangat serius dan selalu ada resiko terjadinya kebakaran. Gangguan di dalam dapat terjadi karena diakibatkan :

- ✓ Gangguan satu fasa atau antar fasa pada sisi tegangan tinggi atau tegangan rendah di terminal luar.
- ✓ Hubungan singkat antar lilitan di sisi tegangan tinggi atau tegangan rendah.
- ✓ Gangguan tanah pada lilitan tersier, atau hubung singkat antar belitan di lilitan tersier.

F. Rele Diferensial

Rele Diferensial mempunyai bentuk yang bermacam-macam, tergantung dari peralatan yang diamankan. Sistem proteksi rele diferensial secara universal dipergunakan untuk proteksi pada generator, transformator daya, busbar dan saluran transmisi, ke

semua sistem proteksi diferensial tersebut berdasarkan pada prinsip keseimbangan (balance), atau membandingkan arus-arus sekunder transformator arus yang terpasang pada terminal-terminal peralatan/ instalasi listrik yang diproteksi.

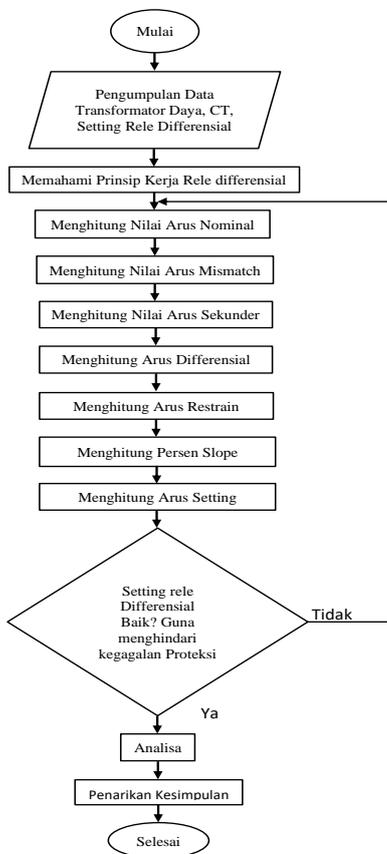
Prinsip kerja rele diferensial ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada transformator arus (CT) serta arus yang masuk ke rele.

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

III. METODOLOGI

A. Diagram Alir Penelitian

Berikut Adalah Diagram Alir Dari Proses Metodologi Penelitian:



Gbr 3. Diagram Alir Penelitian

B. Data Transformator daya Gardu Induk Panton Labu Aceh Utara

Gardu Induk Panton Labu Aceh Utara dapat dilihat pada gambar 4. Berikut data spesifikasi Transformator daya yang digunakan pada tabel 1.



Gbr 4. Transformator daya Gardu Induk Panton Labu Aceh Utara

TABEL I
Spesifikasi Transformator daya Gardu Induk Panton Labu Aceh Utara

Data Transformator Daya	
Merk/Tipe	Shandong Taikai
Pabrik	China
Kapasitas Trafo	30 MVA
Tegangan Sisi Primer	150 KV
Tegangan Sisi Sekunder	20 KV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	12,242%
Sambungan	YNyn0(d)
Tahun Buatan	2012
Tahun Operasional	2016
Minyak	Nynas Nitro Libra
Pendingin	ONAN/ONAF

Tabel II
Data Rasio Trafo Arus

Data Rasio CT					
150 KV			20 KV		
PRIM	/	SEC	PRIM	/	SEC
150	/	1	1000	/	1

Tabel III
Spesifikasi Rele Diferensial
Data Rele Diferensial

Merk	SCHNEIDER
Tipe	P642
Serial Number	145955Z



Gb5. Rele Deferenisial

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan 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).

1. Arus nominal pada sisi tegangan primer 150 kV :

$$I_{N1} = \frac{s}{\sqrt{3} \times V_p}$$

$$I_{N1} = \frac{30.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$

$$I_{N1} = \frac{30.000.000}{259.807,62}$$

$$I_{N1} = 115,470 \text{ A}$$

2. Arus rating di sisi tegangan primer 150 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal}$$

$$I_{rat} = 110\% \times 115,470 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 127,017 \text{ A}$$

3. Arus nominal pada sisi tegangan Sekunder 20 kV :

$$I_{N2} = \frac{s}{\sqrt{3} \times V_s}$$

$$I_{N2} = \frac{30.000.000}{\sqrt{3} \times 20.000}$$

$$I_{N2} = \frac{30.000.000}{34.641,01}$$

$$I_{N2} = 866,025 \text{ A}$$

4. Arus rating di sisi tegangan Sekunder 20 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal}$$

$$I_{rat} = 110\% \times 866,025 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 952,6275 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan primer 150 kV adalah 115,470 A sedangkan di sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 866,025 A. Perhitungan arus rating pada trafo daya di atas juga dapat diketahui di sisi tegangan primer 150 kV adalah 127,017 A sedangkan pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 952,6275 A. Sesuai dengan perhitungan tersebut, maka rasio CT yang terpasang pada sisi.

Tegangan primer 150 kV adalah 150:1 A serta pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 1000:1 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 1000 A sebab pada Gardu Induk Pantan Labu Aceh Utara menggunakan nilai tersebut dan rasio itu juga ada di pasaran.

B. 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.

1. Error mismatch di sisi tegangan tinggi 150 kV :

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

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_1(\text{Ideal}) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{1000}{1} \times \frac{20}{150}$$

$$= 1000 \times 0,1333 = 133,3 \text{ A}$$

$$Error \text{ mismatch} = \frac{133,3 \text{ A}}{150} \% = 0,888 \%$$

2. Error mismatch di sisi tegangan Rendah 20 kV

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

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_2(\text{Ideal}) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{150}{1} \times \frac{150}{20}$$

$$= 150 \times 7,5 = 1125 \text{ A}$$

$$Error \text{ mismatch} = \frac{1125}{1000} \% = 1,125 \%$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai CT1 ideal sebesar 133,3 A dan error mismatch sebesar 0,888 %. Error mismatch pada CT2 sebesar 1,125 % dengan hasil perhitungan CT ideal sebesar 1,125 A. Demikian didapatkan nilai selisih antara trafo arus terpasang dan trafo arus ideal sebesar 16,7 A pada sisi tegangan tinggi dan 125 A pada sisi tegangan rendah.

C. Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang di keluarkan CT.

1. Arus sekunder CT sisi tegangan tinggi 150 kV

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n$$

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{150} \times 115,470 \text{ A}$$

$$I_{\text{Sekunder}} = 0,7698 \text{ A}$$

2. Arus sekunder CT sisi tegangan rendah 20 kV

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n$$

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{1000} \times 866,025 \text{ A}$$

$$I_{\text{Sekunder}} = 0,8660 \text{ A}$$

D. Perhitungan Nilai Arus Diferensial

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

$$I_{\text{dif}} = I_2 - I_1$$

$$I_{\text{dif}} = 0,8660 - 0,7698$$

$$I_{\text{dif}} = 0,0962 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan mendapatkan nilai selisih antara Isekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah adalah 0,0962 A. Nilai tersebut yang menjadi pembanding dengan arus setting rele diferensial.

E. Perhitungan Nilai Arus Restrain (Penahan)

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

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

$$I_r = \frac{0,7698 + 0,8660}{2}$$

$$I_r = 0,8179 \text{ A}$$

F. 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.

1. Menghitung *slope 1* :

$$\text{Slope}_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100 \%$$

$$\text{Slope}_1 = \frac{0,0962}{0,8179} \times 100 \%$$

$$\text{Slope}_1 = 11,76 \%$$

2. Menentukan *slope 2* :

$$\text{Slope}_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100 \%$$

$$\text{Slope}_2 = \left(\frac{0,0962}{0,8179} \times 2 \right) \times 100 \%$$

$$\text{Slope}_2 = 23,52 \%$$

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu *slope 1* sebesar 11,76% dan *slope 2* sebesar 23,52%.

G. Perhitungan Nilai Arus *Setting* (Iset)

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

$$I_{\text{set}} = \% \text{Slope} \times I_{\text{restrain}}$$

$$I_{\text{set}} = 11,76 \% \times 0,8179 \text{ A}$$

$$I_{\text{set}} = 0,1176 \times 0,8179 \text{ A}$$

$$I_{\text{set}} = 0,096 \text{ A}$$

Hasil perhitungan nilai arus *setting* adalah 0,096 A, tetapi pada *setting* rele diferensial dibuat 0,2 A.

H. Memproteksi Transformator Menggunakan Rele Diferensial

Pada Gardu Induk Pantan Labu Aceh Utara Belum pernah terjadi Arus Gangguan. Ini Contoh Apabila Terjadi Arus Gangguan Pada rele Diferensial Pada Saat Memproteksi Transformator dari Gangguan Hubung singkat Pada Belitan Transformator. Dengan demikian Besar Arus Gangguan Yang Dapat Membuat Rele tersebut bekerja adalah sebagai berikut:

$$I_{falt} = I_2 + I_{set} = 0,8660 + (20\%) = 1,039 \text{ A}$$

$$I_{falt} \text{ 20 kV} = I_{Sekunder} \text{ CT} \times \text{CT2}$$

$$= 1,039 \times \frac{1000}{1} = 1039 \text{ A}$$

Pada Saat terjadi Gangguan Pada Sisi 20 Kv Dan Id Mencapai 0,2 A Maka Arus Maksimal Yang Mengalir sebesar 1039 A, Artinya Batas Arus Yang Diperbolehkan Mengalir Pada Sisi Tegangan Rendah Adalah 1039 A. Rele Differensial Akan Bekerja Jika Arus Yang Mengalir Melebihi 1039 A.

Hasil perhitungan Arus setting adalah 0,096 A, tetapi pada setting rele differensial di buat 0,2 A atau 30% lebih besar dengan asumsi yaitu : kesalahan CT (10%), arus eksitasi (1%), mismatch (4%), dan faktor keamanan (5%), kesalahan sadapan (10%). Arus setting yang di setting yaitu 0,2 A dan diharapkan dengan setting tersebut sistem proteksi transformator dapat bekerja dengan optimal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari perhitungan di dapat bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan primer 150 kV adalah 115,470 A sedangkan di sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 866,025 A.
2. Perhitungan arus rating pada trafo daya juga dapat diketahui di sisi tegangan primer 150 kV adalah 127,017 A sedangkan pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 952, 6275 A.
3. Sesuai dengan perhitungan, maka rasio CT yang terpasang pada sisi tegangan primer 150 kV adalah 150:1 A serta pada sisi tegangan sekunder 20 kV adalah 1000:1 A.
4. Hasil perhitungan arus setting adalah 0,096 A, tetapi pada setting rele diferensial dibuat 0,2 A. Maka dari itu rele diferensial akan bekerja apabila nilai arus diferensial melebihi arus setting dan sebaliknya.

REFERENSI.

- [1] Subari, A., Kusumastuti, D. H., & Yuniarto. (2015). **Setting Relay Differensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi.** Transmisi, 3
- [2] Distribusi, S., Rahman, W. I., Pujiantara, M., Wahyudi, R., & Busbar, A. (2014). **Setting Rele Differensial Bus,** 2(1), 1–6.
- [3] Elvy Sahnur Nasution, Faisal Irsan Pasaribu, Yusniati, Muhammad Arfianda. **Rele Differensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Pada Gardu Induk,** 179 – 186.
- [4] Dwi, I. M., Jaya, C., Arjana, I. G. D., Maharta, A. A. G., Studi, P., Elektro, T., Udayana, U. (2018). **Studi Koordinasi Kerja Rele Differensial Dan Rele Restricted Earth Fault Setelah Uprating Pada Transformator II Di Gi Kapal,** 5(1), 49–54.