

STUDI TENTANG RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA DI PT PLN NUSANTARA POWER UPDK BELAWAN

Sintia Windayana Simbolon¹, Muhammad Aditya², Sinta Marito Siagian³

Teknik Listrik^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

sintiawindayanasimbolon@students.polmed.ac.id¹, muhammadaditya@students.polmed.ac.id²

sintiasiagian@polmed.ac.id³

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. Metode penelitian ini menggunakan data sekunder yang kemudian dilakukan perhitungan matematis untuk menentukan rasio current transformator, error mismatch, dan parameter-parameter pada rele diferensial saat kondisi normal. Rasio CT yang dipasang pada transformator di sisi tegangan primer 150 kV adalah 400:5 A dan pada sisi tegangan sekunder 11 kV adalah 4500:5 A. Hasil tersebut diambil dengan pertimbangan hasil perhitungan arus rating yaitu sebesar 344,004 A pada sisi tegangan primer 150 kV dan 4.690,973 A pada sisi tegangan sekunder 11 kV. Arus setting yang didapat dari hasil perhitungan yaitu 0,165 A.

Kata Kunci : Transformator Daya, Proteksi, Rele Diferensial

PENDAHULUAN

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah ataupun sebaliknya, memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain. Transformator menggunakan prinsip hukum faraday dan hukum lorentz, dimana arus bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi, maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. (Danny Hendra Kurniawan, Mujiman, Ir. Wiwik Handajadi, 2017)

Sistem proteksi pada sistem tenaga listrik adalah sistem pengamanan pada peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, transformator, jaringan transmisi/distribusi dan lain-lain. Sistem ini akan mengamankan peralatan-peralatan terhadap kondisi operasi abnormal. Sistem proteksi tenaga listrik dirancang untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik berdasarkan informasi seperti arus, tegangan, frekuensi, dan atau sudut fasa. Informasi yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan besaran, ambang-batas rela sening) pada peralatan poteksi. Apabila besaran yang diperoleh dari system melebihi atau kurang dari serr'ng ambang-batas peralatan proteksi, maka sistem proteksi akan bekerja untuk mengamankan kondisi tersebut. (Ahmad Deni Mulyadi, Ahmad Deni Mulyadi, Prio Wijaksono, 2016)

Salah satu sistem proteksi yang dapat digunakan pada transformator yaitu Rele Deferensial. Rele diferensial adalah salah satu alat proteksi utama pada transformator yang bekerja dengan waktu cepat tanpa koordinasi dengan rele lain. Rele deferensial bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan, rele deferensial juga tidak dapat digunakan sebagai backup protection atau proteksi cadangan. (Heri Budi Utomo, Muhammad Ilham R,2021)

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Teori

1. Sistem Proteksi

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

distribusi tenaga listrik, transformator tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. (Abdul Azis, Irine Kartika Febrianti, 2019)

a. Keandalan

Keandalan adalah ukuran dari tingkat kepastian atau ukuran dari tingkat kepercayaan bahwa suatu sistem relay penggunaan pada suatu sistem tenaga listrik melakukan kerja yang tepat dan benar, serta dapat mengamankan peralatan sistem dari segala bentuk gangguan. Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relay proteksi tidak bekerja selama berbulan – bulan mungkin bertahun – tahun, tetapi relay proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab bila relay gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih. (Ichsanul Mahendra, Rizki Ananda, Lancar Siahaan, Jumari, 2022)

b. Selektivitas

Selektifitas suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan rele proteksi untuk melakukan tripping secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu sistem proteksi sistem tenaga harus bisa kerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan. Selektifitas sistem proteksi terkait juga dengan kemampuan diskriminasi. (Ardianto, Firdaus, Noveri L. M, 2017)

c. Kecepatan

Kecepatan suatu sistem proteksi untuk mendeteksi, memutus dan memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan bagian lainnya haruslah sesingkat mungkin dan dengan pertimbangan resikonya. Namun demikian, untuk menciptakan selektivitas dan deskriminatif yang baik, suatu peralatan proteksi perlu diberikan waktu tunda. Waktu total pembebasan sistem terhadap gangguan adalah waktu sejak gangguan terjadi hingga bagian sistem yang terganggu terpisah dengan bagian sistem lainnya. (Ariana, Riska, 2016)

d. Keandalan (reliability)

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi disebut tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga 90-99 %. (Tofan Aryanto, Sutarno, Said Sunardiyo, 2013)

2. Sistem Proteksi Transformator

Sistem Proteksi Transformator Transformator tenaga adalah alat untuk mengkonversi nilai tegangan dan arus listrik yang berbeda secara magnetik. Seperti halnya peralatan listrik yang lain pada Transformator diperlukan peralatan pengaman yang dapat membebaskan gangguan pada Transformator dari gangguan internal maupun eksternal. (Subianto, 2016)

a. Gangguan Internal

Penyebab gangguan internal biasanya akibat : Kebocoran minyak, Gangguan pada tap changer, Ketidaktahanan terhadap arus gangguan, Gangguan pada bushing, Gangguan pada sistem pendingin.

b. Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal Transformator ada beberapa macam, yaitu :

1. Hubung Singkat Luar (External Short Circuit)
2. Beban Lebih (Overload)

3. Rele Diferensial

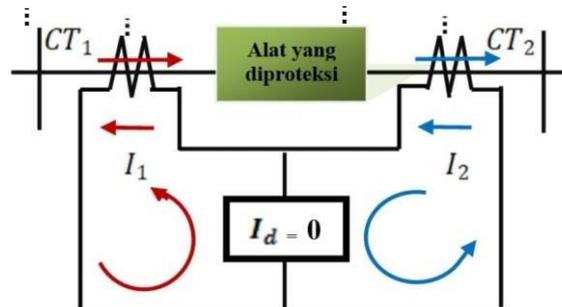
Relay differensial digunakan sebagai pengaman utama (main protection) pada transformator daya yang berguna untuk mengamankan belitan transformator bila terjadi suatu gangguan. Relay ini sangat selektif dan sistem kerjanya sangat cepat. (Irine Kartika F, 2016)

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. (Elvy Sahnur Nasution, , Faisal Irsan Pasaribu, Yusniati, Muhammad Arfianda, 2019)

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

a. Rele diferensial pada keadaan normal



Gambar 1 Rele Diferensial Dalam Keadaan Normal

Sumber: (penulis, 2023)

Pada keadaan normal atau gangguan berada diluar daerah pengamanan maka arus yang mengalir pada rele adalah $I_1 = I_2$ dimana :

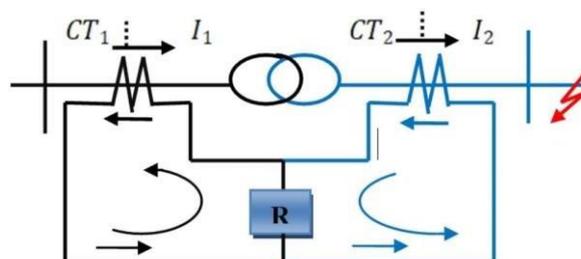
I_1 = arus sekunder yang mengalir pada trafo arus CT_1

I_2 = arus sekunder yang mengalir pada trafo arus CT_2

Dengan menganggap suatu hal yang ideal serta pemilihan trafo arus CT_1 dan CT_2 sama atau sesuai dengan transformasi trafo daya, maka selama bekerja pada keadaan normal (tidak ada gangguan) ataupun ada gangguan diluar daerah pengamannya, arus sekunder I_1 dan I_2 akan mempunyai nilai yang sama tetapi dengan arah vektor yang berlawanan, sehingga dari hubungan di atas didapat :

$$I_{d(ideal)} = 0$$

b. Rele diferensial pada gangguan di luar daerah proteksi

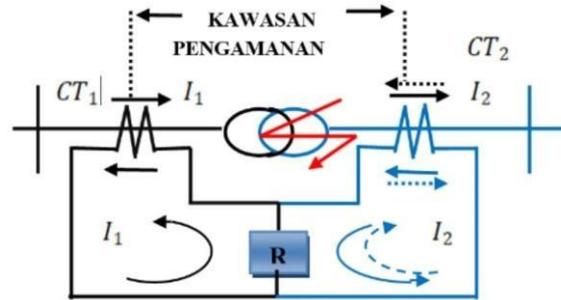


Gambar 2 Relay diferensial saat gangguan Eksternal

Sumber : (penulis, 2023)

Pada gangguan diluar (eksternal) daerah proteksi relai diferensial (diluar kedua trafo arus), relai diferensial tidak akan bekerja, karena I_p dan I_s sama besar dan berlawanan arah ($I_d = I_p + I_s = 0$ Ampere, $I_{dif} = I_p + I_s = 0$ Ampere). (Liem Ek Bien, Dita Helna, 2007)

c. Relay Diferensial Keadaan Gangguan Internal



Gambar 3 Relay diferensial saat gangguan

InternalSumber : (penulis, 2023)

Gangguan internal adalah gangguan yang terjadi pada daerah pengaman relay diferensial. Pada saat terjadi gangguan pada daerah pengaman relay diferensial, maka arus akan mengalir menuju titik gangguan tersebut. Sehingga arus yang mengalir pada CT2 akan berbalik dari arah normalnya menuju titik gangguan tersebut. (Juara Mangapul Tambunan, 2020)

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

$$I_d = I_2 - I_1 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$slope = \frac{I_2}{I_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

$$I_{setting} = \%slope \times I_r \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

I_d = Arus diferensial

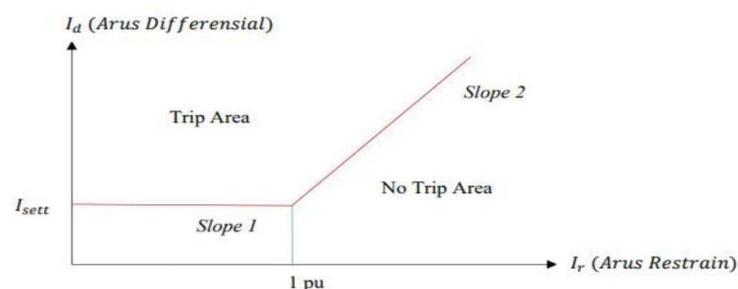
I_r = Arus restrain (penahan)

$I_{setting}$ = Arus setting pada rele diferensial

Slope = Batas ambang kemampuan kumparan penahan

4. Karakteristik Relay Diferensial

Setiap relay diferensial dilengkapi dengan nilai settingannya dan memberikan karakteristik tripping tertentu. Karakteristik inilah yang akan mengenali jenis gangguan. Gambar 3 menunjukkan karakteristik tripping relay diferensial.



Gambar 4 Karakteristik Relay Diferensial

Sumber : (penulis, 2023)

Slope1 merupakan setting untuk menentukan titik dimana relay differensial mulai bekerja (pick-up relay). Sehingga bisa dibilang Slope1 ini merupakan nilai penentu kapan relaydifferensial ini akan bekerja. Slope1 bertugas untuk mengenali gangguan internal.

Slope2 bertugas untuk mengenali gangguan eksternal. Nilai Slope2 digunakan untuk melihat adanya gangguan di luar daerah pengaman. Pada saat gangguan eksternal nilai arus yang melewati transformator sangat besar. Arus yang besar tersebut idealnya ditransformasikan olehCT bernilai sama besar pada masing-masing sisi transformator. Tetapi setiap CT memiliki karakteristik error yang mengakibatkan arus differensial menjadi besar pada sisi belitan transformator. Untuk membedakan apakah arus differensial itu disebabkan oleh gangguan internal atau gangguan eksternal, maka digunakan perhitungan arus restrain (persamaan) untuk mengetahui nilai arus rata-rata yang mengalir pada kedua sisi belitan transformator. Perhitungan arus restrain ini yang digunakan sebagai dasar perhitungan Slope2. (Muhammad Rizki Muharam, 2018).

5. Setting Kerja Rele Diferensial

Rele differensial 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”

$$I_1 + (-I_2) + (-I_3) + (-I_5) = 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$I_1 = I_2S \dots\dots\dots (2.7)$$

$$I_{Masuk} = I_{Keluar} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$$I_d = I_2 - I_1 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$I_r = \frac{I_1+I_2}{2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$slope = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

$$I_{Setting} = \%slope \times I_r \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

Id = Arus diferensial

Ir = Arus *restrain* (penahan)

I_{setting} = Arus *setting* pada rele diferensial

Slope = Batas ambang kemampuan kumparan penahan

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan studi literatur
- 2) Pengumpulan data transformator daya dan data parameter rele diferensial
- 3) Mencari nilai arus nominal
- 4) Pemilihan rasio CT
- 5) Menghitung ct ideal pada salah satu sisi transformator
- 6) Menghitung eror mismatch
- 7) Menghitung arus difrensial dan arus setting diferensial

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah kerja PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan Unit Layanan PLTU Belawan, JL.Pulau Sicannang, SEI Mati, Medan Kota, 20252 Medan, Sumatera Utara.

Model Penelitian

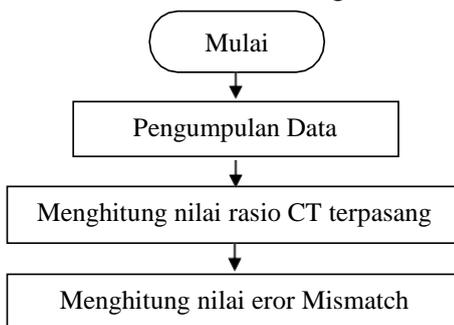
Metode penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang spesifikasinya meliputi suatu struktur yang sistematis, terencana, jelas dan tepat. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran tentang objek penelitian melalui data atau sampel yang dikumpulkan tanpa rekayasa. Metode deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian atau hasil penelitian.

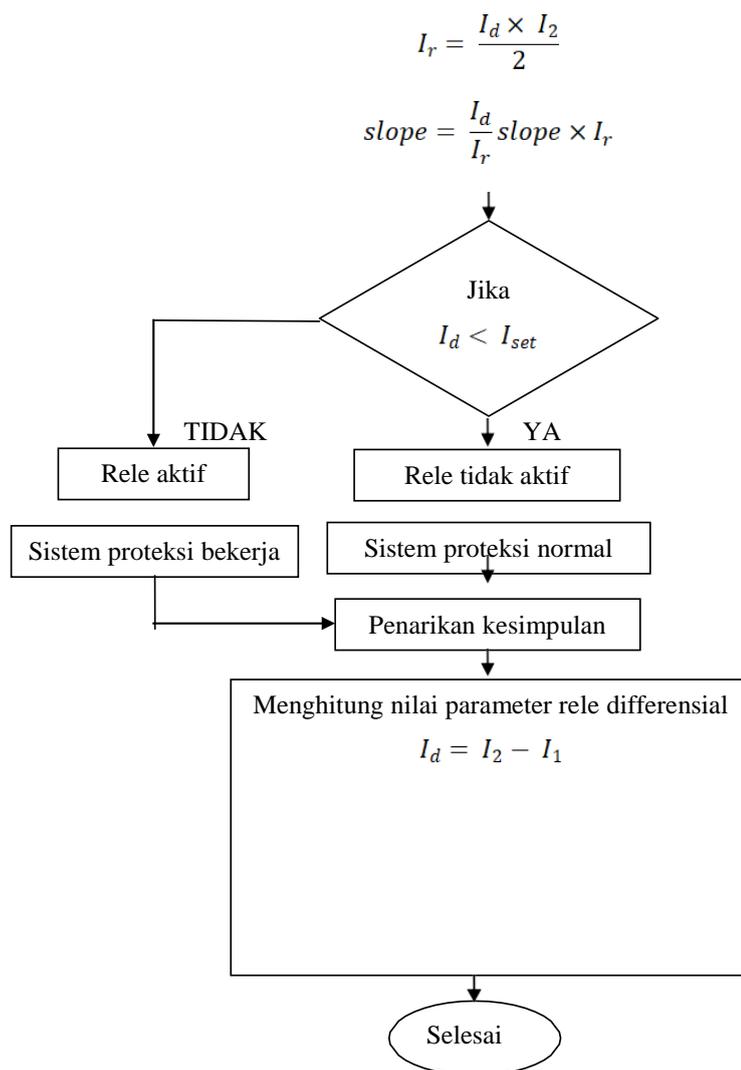
Objek Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui prinsip kerja rele diferensial sebagai rele proteksi pada transformator. Mengetahui arus *setting* dari rele diferensial dalam memproteksi gangguan.

Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :





Gambar 5 Flowchart Diagram

Sumber: (penulis 2023)

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mencari data sekunder yang diperoleh dari Transformator Daya PLTU PT. PLN Nusantara Power Unit Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Belawan, berikut saya lampirkan data rasio CT Transformator Daya antara lain sebagai berikut:

Tabel 1 Data Rasio CT

Data Rasio CT					
150 kV			11 kV		
PRIM	/	SEC	PRIM	/	SEC
400	/	5	4500	/	5

Teknik Analisis Data

Menganalisis dan membahas data-data yang di dapat dari hasil penelitian. Analisis data dapat dilakukan dengan metode perhitungan secara manual kemudian membandingkan dengan hasil yang ada dilapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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. Perhitungan Arus Nominal

Arus nominal pada sisi tegangan tinggi 150 kV :

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s}$$

$$I_{N1} = \frac{81.250.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$

$$I_{N1} = \frac{81.250.000}{259.807,621}$$

$$I_{N1} = 312,731 \text{ A}$$

Arus nominal pada sisi tegangan rendah 11 kV :

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p}$$

$$I_{N2} = \frac{81.250.000}{\sqrt{3} \times 11.000}$$

$$I_{N2} = \frac{81.250.000}{19.052,55}$$

$$I_{N2} = 4.264,521 \text{ A}$$

2. Perhitungan Arus Rating

Arus *rating* di sisi tegangan tinggi 150kV :

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

$$I_{rat} = 110\% \times 312,731 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 344,004 \text{ A}$$

Arus *rating* di sisi tegangan rendah 11 kV :

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

$$I_{rat} = 110\% \times 4.264,521 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 4.690,973 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan tinggi 150 kV adalah 312,731 A sedangkan di sisi tegangan rendah 11 kV adalah 4.264,521 A.

Perhitungan arus rating pada trafo daya di atas juga dapat diketahui di sisi tegangan tinggi 150 kV adalah 344,004 A sedangkan pada sisi tegangan tinggi 11 kV adalah 4.690,973 A. Sesuai dengan perhitungan tersebut, maka rasio CT yang terpasang pada sisi tegangan tinggi 150 kV adalah 400:5 A serta pada sisi tegangan rendah 11 kV adalah 4500:5 A. Berdasarkan uraian tersebut maka bila arus yang mengalir pada sisi tegangan tinggi sebesar 400 A di CT akan terbaca 5 A. Rasio CT yang dipilih 400 A dan 4500 A sebab pada Transformator Daya di PLTU Belawan menggunakan nilai tersebut.

Perhitungan Error Mismatch

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

1. Error mismatch di sisi tegangan tinggi 150 kV :

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

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

$$CT_1 \text{ (Ideal)} = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{4500}{1} \times \frac{11}{150} = 4500 \times 0,073 = 329,985 \text{ A}$$

$$\text{Error mismatch} = \frac{329,985}{400} \% = 0,824 \%$$

2. Error mismatch di sisi tegangan rendah 11 kV :

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

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

$$CT_1 \text{ (Ideal)} = CT_2 \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{400}{1} \times \frac{150}{11} = 400 \times 13,636 = 5.454,454 \text{ A}$$

$$\text{Error mismatch} = \frac{5.454,54}{4500} \% = 1,212 \%$$

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai CT1 ideal sebesar 329,985 A dan error mismatch sebesar 0,824 % Error mismatch pada CT2 sebesar 1,212% dengan hasil perhitungan CT ideal sebesar 5.454,454 A.

Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang di keluarkan CT.

1. Arus sekunder CT sisi tegangan tinggi 150 kV :

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

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{400} \times 312,731 \text{ A}$$

$$I_{\text{Sekunder}} = 0,781 \text{ A}$$

2. Arus sekunder CT, sisi tegangan rendah 11 kV :

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

$$I_{\text{Sekunder}} = \frac{1}{4500} \times 4.264,521 \text{ A}$$

$$I_{\text{Sekunder}} = 0,947 \text{ A}$$

Perhitungan Nilai Arus Diferensial

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

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

$$I_{\text{dif}} = 0,947 \text{ A} - 0,781 \text{ A}$$

$$I_{\text{dif}} = 0,166 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan mendapatkan nilai selisih antara Isekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah adalah 0,166 A. Nilai tersebut yang menjadi pembanding dengan arus setting rele diferensial.

Perhitungan Nilai Arus Restrain (Penahan)

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

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

$$I_r = \frac{0,781 \text{ A} + 0,947 \text{ A}}{2}$$

$$I_r = 0,864 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan diatas maka didapat nilai arus restrain 0,864 A.

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 :

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

$$\text{Slope}_1 = \frac{0,166 \text{ A}}{0,864 \text{ A}} \times 100\%$$

$$\text{Slope}_1 = 19,212\%$$

Menentukan *slope* 2 :

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

$$\text{Slope}_2 = \left(\frac{0,166 \text{ A}}{0,817 \text{ A}} \times 2 \right) 100\%$$

$$\text{Slope}_2 = 38,425 \%$$

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu slope 1 sebesar 19,212 % dan slope 2 sebesar 38,425 %. Rekomendasi setting slope 1 dan slope 2 adalah 20-50%.

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.

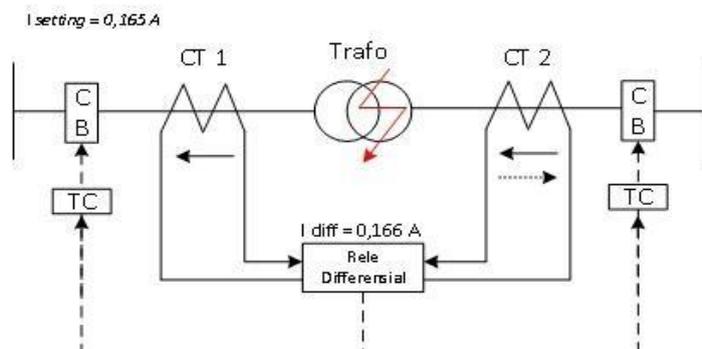
$$I_{Set} = \% \text{ slope} \times I_{restrain}$$

$$I_{Set} = 19,212 \% \times 0,864 \text{ A}$$

$$I_{Set} = 0,19212 \times 0,864 \text{ A}$$

$$I_{Set} = 0,165 \text{ A}$$

Hasil perhitungan nilai arus setting di atas adalah 0,165 A.



Gambar 6 Relé Diferensial saat bekerja

Tabel Hasil Perhitungan

Tabel 2 Hasil Hitung Rasio CT 150 kV

Hasil Hitung Rasio CT Sisi 150 Kv	
$I_{nominal}$	312,731 A
I_{rating}	344,004 A
$I_{sekunder CT}$	0,781 A
Rasio CT Ideal	400 : 5 A

Tabel 3 Hasil Hitung Rasio 11 kV

Hasil Hitung Rasio CT Sisi 11 Kv	
$I_{nominal}$	4.264,521 A
I_{rating}	4.690,973 A
$I_{sekunder CT}$	0,947 A
Rasio CT Ideal	4500 : 5 A

Tabel 4 Hasil Perhitungan Arus dan Setting Relay Diferensial

Hasil Perhitungan Arus Dan Setting Rele Diferensial	
I_{diff}	0,166 A
$I_{restrain}$	0,864 A
% Slope 1	19,212 %
% Slope 2	38,425%
$I_{setting}$	0,165A

SIMPULAN

Hasil perhitungan arus diferensial adalah 0,166 dan arus setting adalah 0,165 A, maka rele diferensial akan bekerja, karena nilai arus diferensial melebihi arus setting. dan apabila nilai arus arus setting melebihi arus diferensial maka rele diferensial tidak akan bekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui pusat penelitian dan pengabdian kepada masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Azis, Irine Kartika Febrianti. (2019). *ANALISIS SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH PADA PENYULANG CENDANA GARDU INDUK BUNGERAN PALEMBANG*.
- Ahmad Deni Mulyadi, Prio Wijaksono. (2016). *PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI ARUS PADATRAFO PEMAKAIAN SENDIRI KAPASITAS 54 MVA UNTUK SISTEM PLTU*.
- Ardianto, Firdaus, Noveri L. M. (2017). *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti*.
- Ariana, Riska. (2016). *Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Feeder GH Lubuk Buaya*.
- Danny Hendra Kurniawan, Mujiman, Ir. Wiwik Handajadi. (2017). *ANALISIS PENAMBAHAN TRANSFORMATOR DAYA BARU (60 MVA) UNTUK MENAMBAH SUPLAJ DAYA AREADISTRIBUSI PADA GARDU INDUK KENTUNGAN 150 KV*.
- Elvy Sahnur Nasution, Faisal Irsan Pasaribu, Yusniati, Muhammad Arfianda. (2019). *RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK*.
- Heri Budi Utomo, Muhammad Ilham R. (2021). *ANALISA SISTEM PROTEKSI RELE DEFERENSIAL PADA TRAFU 60MVA DI GARDU INDUK BANDUNG UTARA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0*.
- Ichsanul Mahendra, Rizki Ananda, Lancar Siahaan, Jumari. (2022). *ANALISA SISTEM PROTEKSI RELAY ARUS LEBIH TERARAH DI GARDU INDUK ASAHAN*.
- Muhammad Rizki Muharam. (2018). *ANALISIS PERFORMA RELAY IFFERENSIAL TRANSFORMATOR PADA GARDU INDUK CILEGON LAM*.
- Subianto. (2016). *STUDI SISTEM PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR PT. PLN (PERSERO) KERAMASAN PALEMBANG*.
- Tofan Aryanto, Sutarno, Said Sunardiyo. (2013). *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara*.
- Juara Mangapul Tambunan. (2020). *TINJAUAN KINERJA RELAY DIFERENSIAL GT 322,1 MVA UNIT2.1 PLTGU MUARA KARANG*.
- Liem Ek Bien, Dita Helna. (2007). *STUDI PENYETELAN RELAI DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR PT CHEVRON PACIFIC TRANSFORMATOR PT CHEVRON PACIFIC*.
- Wahyudin SN, Retno Aita Diantari, Teuku Mardhi Rahmatullah. (2017). *ANALISA PROTEKSI DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI PLTU SURALAYA*.
- Irine Kartika F. (2016). *Penerapan Relay Diferensial di Transformator Daya 30 MVA*.