

Analysis Differential Relays as Protection Power Transformers at Lopana Substation (150/20 kV)

Analisis Rele Diferensial sebagai Proteksi pada Transformator Daya (150/20 kV) di Gardu Induk Lopana

Anastasya Maria Alfina Kondoy¹⁾, Glanny M. Ch. Mangindaan²⁾, Lily S. Patras³⁾

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : anastasyakondoy023@student.ac.id ; glanny_m@unsrat.ac.id ; patraslily48@gmail.com

Abstract — Power transformer is one of the electrical appliances. In its operation, the Power Transformers need Protection. Differential relays are one of the safeguards used. The Differential Relay function as a safety device if there is a short circuit in the Transformer. This relay works directly without the need for coordination with the relays around it. This causes the differential relay response time to be very fast. This study uses data from Lopana's Mother Guard and then calculates the differential relay settings on the Power Transformer. Transformers with a primary side of 150 kV have a large CT ratio of 150:1 A. By contrast, transformers with secondary sides of 20 kV are compared to 600:4 A. The set current selected on the basis of the calculation is 0.442 A. For the Rating current on the primary voltage side of 84,678 and on the secondary voltage side of 635,833 A. of the computational value obtained, it is concluded that the Differential Rele setting on the Power Transformers is still appropriate and can still be used.

Key words— Current Transformer, Differential Relay, Protection, Power Transformer

Abstrak — Transformator daya merupakan salah satu peralatan listrik. Dalam pengoperasiannya, Transformator Daya membutuhkan Proteksi. Rele Diferensial adalah salah satu pengaman yang digunakan. Rele Diferensial berfungsi sebagai pengaman apabila ada gangguan hubung singkat didalam Transformator. Rele ini berkerja secara langsung tanpa memerlukan koordinasi dengan rele disekitarnya. Hal ini menyebabkan waktu respon rele diferensial sangat cepat. Penelitian ini menggunakan data dari Gardu Induk Lopana kemudian menghitung penyetelan rele diferensial pada Transformator Daya. Transformator dengan sisi primer 150 kV memiliki perbandingan CT besar 150:1 A. Sebaliknya, transformator dengan sisi sekunder 20 kV memiliki perbandingan CT 600:4 A. Arus setting yang dipilih berdasarkan perhitungan adalah 0,442 A. Untuk Arus Rating pada sisi tegangan primer 84,678 dan pada sisi tegangan sekunder 635,833 A. dari nilai perhitungan yang didapat, maka disimpulkan bahwa setting Rele Diferensial pada Transformator Daya masih sesuai dan masih bisa digunakan

Kata kunci — Proteksi. Relay Diferensial, Transformator Arus, Transformator Daya.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan penting bagi semua orang saat ini. Hampir setiap kegiatan manusia memerlukan adanya *supply* energi listrik. Oleh karena itu, ketersediaan energi listrik adalah suatu keharusan. Pembangkit, Transmisi, dan Distribusi adalah komponen sistem tenaga listrik. Proses transmisi adalah cara untuk mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit dengan tegangan tertentu. Sebelum masuk ke gardu induk, tegangan ini akan ditingkatkan oleh transformator step up. Transformator daya adalah salah satu dari banyak perangkat di Gardu induk. Transformator daya berfungsi untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lain dengan mengubah tegangan, namun frekuensinya tetap sama. Saat beroperasi, transformator daya dapat mengalami gangguan. Selama operasinya, gangguan bisa terjadi sewaktu-waktu pada transformator. Untuk itu, transformator dilengkapi dengan sistem proteksi atau pengamanan yang bekerja sesuai kebutuhan.

Rele Proteksi adalah alat perlindungan tersebut. Dipasang pada Transformator Daya, untuk melindungi peralatan atau sistem sehingga kerugian atau kerusakan yang disebabkan oleh gangguan dapat dicegah atau diminimalkan sebisa mungkin. Prinsip operasi dari rele diferensial didasarkan pada Hukum Kirchoff, dimana menentukan bahwa jumlah arus yang masuk ke suatu titik sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik tersebut ($I_1 = I_2$). Titik yang dimaksud untuk rele diferensial adalah area perlindungan yang dibatasi oleh dua CT.

Berdasarkan pembahasan di atas, penulis berusaha untuk melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "Analisis Rele Diferensial sebagai Sistem Proteksi pada Transformator Daya (150/20 kV) di Gardu Induk Lopana". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami bagaimana prinsip kerja sebuah rele diferensial dalam melindungi Transformator serta untuk menghitung pengaturan arus yang tepat dari rele diferensial untuk melindungi dari gangguan.

A. Transformator Daya

Salah satu jenis Transformator adalah Transformator Daya, yang digunakan untuk meningkatkan jumlah tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator listrik. Transformator ini ditempatkan di Gardu Induk. Nilai tenaga listrik yang telah ditingkatkan kemudian dikirim ke jaringan transmisi tenaga

listrik. Transformator daya mengangkat tegangan dari tingkat menengah ke tingkat tinggi.

B. Transformator Arus

Transformator arus (CT) digunakan dalam sistem tenaga listrik untuk mengukur arus dengan intensitas hingga ratusan ampere, terutama arus yang mengalir melalui jaringan tegangan tinggi. CT juga dapat mengukur daya dan energi. Perangkat ini juga diperlukan untuk keperluan telemetri dan sistem perlindungan.

1) Rasio Transformator Arus

Rasio transformator harus diatur sehingga arus sekunder kedua transformator arus memiliki nilai yang sama atau hampir sama. Jika terdapat perbedaan arus, Saat terjadi gangguan hubung singkat di luar wilayah perlindungan, perbedaan arus akan semakin besar. Oleh karena itu, untuk menentukan rasio dari transformator arus, perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terkait rating arus. Rating arus berperan sebagai batasan dalam pemilihan rasio.

Untuk arus rating dapat ditentukan dengan rumus dibawah ini :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal} \quad (1)$$

Dimana :

I_{rat} = Arus rating (A)

I_n = Arus Nominal (A)

2) Error Mismatch

Kesalahan tidak sesuai didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk mengidentifikasi secara akurat perubahan arus dan tegangan yang terjadi pada sisi primer dan sekunder transformator, serta pergeseran fasa yang terjadi pada transformator tersebut.

Untuk menghitung *error mismatch* digunakan rumus :

$$Error\ Mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ Terpasang} \% \quad (2)$$

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3)$$

Dimana :

$CT_{(Ideal)}$ = Trafo Arus Ideal (A)

V_1 = Tegangan dibagian sisi tinggi (V)

V_2 = Tegangan dibagian sisi rendah (V)

3) Arus Sekunder Transformator

Arus yang dihasilkan oleh Current Transformer (CT) adalah arus sekundernya. Arus ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$I_{Sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times I_n \quad (4)$$

C. Proteksi Transformator

Sistem perlindungan transformator biasanya menggunakan Rele Diferensial dan Rele Gangguan Tanah terbatas, juga dikenal sebagai Restricted Earth Fault (REF). Sementara itu, untuk perlindungan cadangan, Rele Arus Lebih (OCR) dan Rele Gangguan ke Tanah (GFR) digunakan, yang memiliki kemampuan untuk berfungsi dengan baik saat terjadi gangguan. Rele Proteksi pada transformator daya perlu mampu mendeteksi sumber gangguan baik di dalam maupun di luar transformator. Selain itu, jika terjadi gangguan di luar wilayah proteksi, rele terkait tidak berfungsi, maka salah satu rele pada transformator harus dapat beroperasi.

D. Rele Diferensial

Rele diferensial adalah rele yang berfungsi ketika terjadi perbedaan yang signifikan antara dua atau lebih parameter listrik sejenis melebihi ambang nilai yang telah ditetapkan. Rele diferensial sering kali diterapkan untuk melindungi generator, transformator daya, busbar, dan saluran transmisi. Sistem proteksi ini beroperasi berdasarkan prinsip keseimbangan.

1) Arus Nominal Primer dan Sekunder

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung Arus Nominal transformator daya.:

$$S = V \times I \quad (5)$$

- Arus Nominal pada sisi Primer

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} \quad (6)$$

- Arus Nominal pada sisi Sekunder

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} \quad (7)$$

Dimana :

I_{N1} = Arus nominal pada sisi primer (A)

I_{N2} = Arus nominal pada sisi sekunder (A)

S = Tegangan pada transformator daya (MVA)

V_p = Tegangan pada sisi primer (V)

V_s = Tegangan pada sisi sekunder (V)

2) Setting Kerja Rele Diferensial

$$I_{masuk} = I_{keluar}$$

Untuk menghitung nilai arus diferensial, arus *restrain*, *percent slope* serta arus *setting* pada rele diferensial maka berlakulah persamaan sebagai berikut :

$$I_d = I_2 - I_1 \quad (8)$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (9)$$

$$Slope = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (10)$$

$$I_{Setting} = \%Slope \times I_r \quad (11)$$

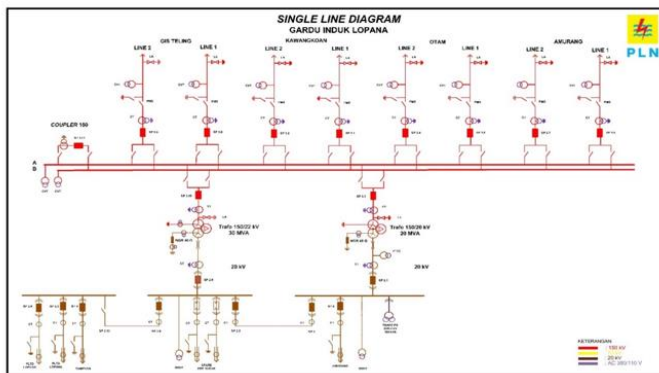
Dimana :

- Id = Arus diferensial (A)
 Ir = Arus restrain (penahan) (A)
 Isetting = Arus setting pada rele diferensial (A)
 Slope = Batas ambang kemampuan kumparan penahan (%)

II. DATA DAN PERHITUNGAN

A) Gardu Induk Lopana

Gardu Induk Lopana terletak di daerah Minahasa Selatan. GI Lopana merupakan salah satu gardu induk yang termasuk dalam sistem Minahasa. Di Sulawesi Utara Sistem Minahasa adalah suatu sistem tenaga listrik yang melayani tiga provinsi yaitu Sulawesi Utara, Gorontalo dan Sulawesi Tengah atau disebut Wilayah SULUTTENGGU. Dalam pengoperasian Sistem Minahasa banyak juga terjadi gangguan-gangguan, untuk itu rele proteksi harus bekerja lebih selektif. Berikut ini *single line diagram* Gardu Induk Lopana.



Gambar 1 GI Lopana Single Line Diagram

B) Data Spesifik Transformator Daya

TABEL I
Data Transformator Daya

Merk / Tipe	PAUWELS
No. Serial	05P0085
Pabrik	Indonesia
Kapasitas Trafo	20 mVA
Tegangan Sisi Primer	150 kV
Tegangan Sisi Sekunder	20 kV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	12.25 %
Standard	IEC 60076
Year Of Manufacture	2006
Pendingin	ONAN/ONAF - 80
Connection Symbol	YNyn0 (d1)

C) Data Spesifik dan Nilai Setting Rele Diferensial

TABEL II
Data Rele Diferensial

Merk/Tipe	ALSTOM/MICOM P634
No. Serial	34787496/05/19
I res (I bias)	(I1+I2)/2
Diff Is 1	0,3
Diff k1	30%
Diff Is 2	1,2
Diff k2	80%

D) Data Rasio Transformator Arus (Current Transformer)

TABEL III
Data Rasio Current Transformer

150 kV		20 kV	
PRIM	SEC	PRIM	SEC
150	1	600	4

E) Perhitungan Setting Rele Diferensial

1) Perhitungan Nilai Rasio Current Transformer

Sebelum menentukan nilai rasio Current Transformer (CT), langkah pertama adalah menghitung nilai arus ratingnya. Arus rating berperan menentukan batas dalam pemilihan rasio CT.

- Arus Nominal pada sisi tegangan 150 kV

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

$$I_{N1} = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \cdot 10^3}$$

$$I_{N1} = \frac{2000}{25,98}$$

$$I_{N1} = 76,98 \text{ A}$$

- Arus Nominal pada sisi tegangan 20 Kv

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

$$I_{N2} = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \cdot 10^3}$$

$$I_{N2} = \frac{2000}{3,46}$$

$$I_{N2} = 578,03 \text{ A}$$

- Arus rating di sisi tegangan primer 150 kV

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

$$I_{rat} = 110\% \times 76,98 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 84,678 \text{ A}$$

- Arus *rating* di sisi tegangan primer 20 Kv

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

$$I_{rat} = 110\% \times 578,03 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 635,833 \text{ A}$$

2) Perhitungan Error Mismatch

Untuk menghitung kesalahan ketidaksesuaian, yaitu membandingkan rasio Current Transformer yang diinginkan dengan rasio yang sebenarnya dari Current Transformer yang terpasang. Dalam kasus ini, penting untuk memastikan bahwa kesalahan tidak melebihi 5% dari rasio yang telah ditetapkan untuk Current Transformer yang dipilih.

- *Error Mismatch* sisi tegangan tinggi 150 kV

$$CT_{1(ideal)} = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_{1(ideal)} = 600 \times \frac{20}{150}$$

$$CT_{1(ideal)} = 80 \text{ A}$$

$$Error \text{ Mismatch} = \frac{80}{150}$$

$$Error \text{ Mismatch} = 0,53 \%$$

- *Error Mismatch* sisi tegangan tinggi 20 kV

$$CT_{2(ideal)} = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_{2(ideal)} = 150 \times \frac{150}{20}$$

$$CT_{2(ideal)} = 1125 \text{ A}$$

$$Error \text{ Mismatch} = \frac{1125}{600}$$

$$Error \text{ Mismatch} = 1,875 \%$$

3) Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

- Arus sekunder CT pada sisi tegangan tinggi 150 kV :

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

$$I_{Sekunder} = \frac{1}{150} \times 76,98$$

$$I_{Sekunder} = 0,513 \text{ A}$$

- Arus sekunder CT pada sisi tegangan rendah 20 kV

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

$$I_{Sekunder} = \frac{1}{600} \times 578,03$$

$$I_{Sekunder} = 0,963 \text{ A}$$

4) Perhitungan Nilai Arus Differensial

Arus diferensial adalah perbedaan antara arus sekunder CT pada sisi tegangan tinggi dan arus sisi tegangan rendah.

$$I_{diff} = I_{sekunder_2} - I_{sekunder_1}$$

$$I_{diff} = 0,963 \text{ A} - 0,5132 \text{ A}$$

$$I_{diff} = 0,4498 \text{ A}$$

5) Perhitungan Percent Slope

Persentase kemiringan (*percent slope*) dapat dihitung dengan membagi nilai arus diferensial dengan arus pengendalian (*restrain*). Ketika sistem berfungsi dengan baik, Slope 1 memberikan informasi tentang arus pengendalian dan diferensial, untuk memastikan bahwa rele akan berfungsi saat ada gangguan internal dengan arus gangguan yang kecil. Sedangkan slope 2 digunakan untuk memastikan bahwa rele tidak akan berfungsi saat terjadi gangguan eksternal dengan arus gangguan yang besar, bahkan jika terjadi.

- Menghitung *Slope 1*

$$Slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$Slope_1 = \frac{0,4498}{0,7381} \times 100\%$$

$$Slope_1 = 0,605 \times 100\%$$

$$Slope_1 = 60\%$$

- Menghitung *Slope 2*

$$Slope_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \cdot 100\%$$

$$Slope_2 = \left(\frac{0,4498}{0,7381} \times 2 \right) \cdot 100\%$$

$$Slope_2 = 1,21 \times 100\%$$

$$Slope_2 = 121\%$$

6) Perhitungan Nilai Arus Setting

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

$$I_{Setting} = 60\% \times 0,7381$$

$$I_{Setting} = 0,6 \times 0,7381$$

$$I_{Setting} = 0,442 \text{ A}$$

7) Perhitungan Gangguan pada Transformator Daya

Gangguan Hubung Singkat terjadi pada Gardu Induk Lopana, menghasilkan arus gangguan sebesar 36340 A dan 31535 A di sisi 20 kV. Akibatnya, rele diferensial diaktifkan. Perhitungan arus gangguan sebagai berikut :

- Arus Gangguan di sisi tegangan 20 kV sebesar 36340

A

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{I_f}{CT_2} = \frac{36340}{2000} = 18,17 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder ACT}} = \frac{I_{\text{sekunder CT}}}{I_2} = \frac{18,17}{0,963} = 18,87 \text{ A}$$

$$I_d = I_{\text{sekunder ACT}} - I_1 = 18,87 - 0,513 = 18,36 \text{ A}$$

- Arus Gangguan di sisi tegangan 20 kV sebesar 31535

A

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{I_f}{CT_2} = \frac{31535}{2000} = 15,77 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder ACT}} = \frac{I_{\text{sekunder CT}}}{I_2} = \frac{15,77}{0,963} = 16,38 \text{ A}$$

$$I_d = I_{\text{sekunder ACT}} - I_1 = 16,38 - 0,513 = 15,87 \text{ A}$$

- Gangguan Hubung Singkat yang dapat menyebabkan

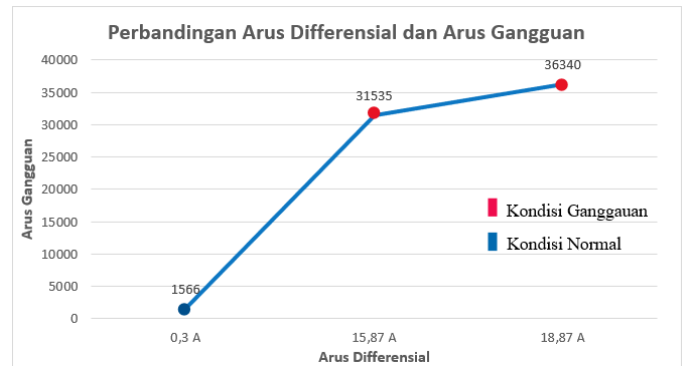
I_d menjadi 0,3 A

$$I_{\text{sekunder ACT}} = I_1 + I_d = 0,513 + 0,3 = 0,813 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = I_{\text{sekunder ACT}} \times I_2 = 0,813 \times 0,963 = 0,783 \text{ A}$$

$$I_N \text{ 20 kV} = I_{\text{sekunder CT}} \times CT_2 = 0,783 \times 2000 = 1566 \text{ A}$$

Jika arus diferensial mencapai 0,3 A, batas arus yang dapat mengalir pada sisi tegangan rendah adalah 1850 A, yang menunjukkan bahwa batas arus yang dapat mengalir pada sisi tegangan rendah adalah 1850 A. Oleh karena itu, jika arus yang mengalir mencapai 1850 A, rele diferensial akan beroperasi



Gambar 2 Perbandingan Arus Diferensial dan Arus Gangguan

Dari Perhitungan diatas maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

1. Hasil Perhitungan Rasio Current Transformer sisi 150 kV

TABEL IV
Hasil Hitung Rasio CT Sisi 150 kV

I_{Nominal}	76,98 A
I_{rating}	84,678 A
$I_{\text{sekunder CT}}$	0,5132 A
Rasio CT Ideal	150 : 1 A

Tabel diatas merupakan data hasil pengukuran dan perhitungan Rasio Current Transformer di sisi primer 150 kV. Dari pengukuran ini maka didapatkan Arus Nominal, Arus Rating, Arus Sekunder Current Transformer dan Rasio CT Ideal. Nilai tersebut masih digunakan pada Transformator Daya di Gardu Induk Lopana

2. Hasil perhitungan Rasio Current Transformer sisi 20 kV

TABEL V
Hasil Hitung Rasio CT Sisi 20 kV

I_{Nominal}	578,03 A
I_{rating}	635,833 A
$I_{\text{sekunder CT}}$	0,963 A
Rasio CT Ideal	600 : 4 A

Tabel diatas merupakan data hasil pengukuran dan perhitungan Rasio Current Transformer di sisi primer 20 kV. Dari pengukuran ini maka didapatkan Arus Nominal, Arus Rating, Arus Sekunder Current Transformer dan Rasio CT Ideal. Nilai tersebut masih digunakan pada Transformator Daya di Gardu Induk Lopana

3. Hasil perhitungan Arus dan Setting Rasio CT Rele Differensial

TABEL VI

Hasil Perhitungan Arus dan Setting Rasio CT rele differensial	
I_{diff}	0,4498 A
$I_{restrain}$	0,7381 A
% Slope 1	60%
% Slope 2	121%
$I_{setting}$	0,442 A

Tabel diatas adalah data hasil pengukuran dan perhitungan Arus dan Setting Rasio Current Transformer Rele Diferensial. Arus Diferensial, Arus Restrain, %Slope, dan Arus Rattng didapat dari perhitungan ini. Nilai ini masih digunakan oleh transformator daya Gardu Induk Lopana. Untuk meningkatkan kualitas dalam rangka pemeliharaan Transformator secara berkala.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Bersasarkan dengan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibuat , maka dapat disimpulkan :

- Rele Diferensial berfungsi untuk mengamankan transformator ketika terjadi gangguan internal pada trafo sehingga arus diferensial yang mengalir lebih besar dari arus setting maka rele akan bekerja
- Transformator daya sisi tegangan rendah (20 kV) tidak dapat menerima arus lebih dari 1566 A. Jika arus ini melebihi batas ini, rele diferensial akan mendeteksi gangguan dan meminta PMT untuk memutus aliran listrik (trip).
- Hasil perhitungan arus setting adalah 0,442 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.

B. Saran

Metode perhitungan alternatif yang mungkin lebih presisi dapat digunakan untuk melanjutkan penelitian ini. Sangat disarankan untuk memelihara rele utama dan cadangan, serta peralatan bantu lainnya, dengan teliti agar tidak terjadi gangguan. Selain itu, akan sangat membantu untuk menguji kinerja rele selama beberapa waktu untuk memastikan bahwa mereka dapat berfungsi dengan baik saat terjadi gangguan.

IV. KUTIPAN

- [1] Avenue, Anderson. Markham. Ontario. (2001). *Transformer Management Relay Instruction Manual. GE Industrial System.*
- [2] Eka Prasetyo Hidayat. 2019. Pemodelan Backpropagation Neural network Pada Relay Differensial Transformator GI Babadan 150” Jurnal Teknik Elektro Vol, 8.

[3] El-Bages, N. S. (2011) *Improvement of Digital Differential relay sensitivity for internal Ground Faults In Power Transformer. International Journal On Technical and Physical Problems Of Engineering, 3, 1-5*

[4] 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.

[5] Nor Ria Fitriani. 2017. Analisa Penggunaan Rele Differensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 MVA di Gardu Induk Jajar. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia.

[6] Paliwal, Nikhil. & Trivendi, A. (2014). *Analisis of Modern Digital Differential Protection for Power Transformer. International Journal of Modern Engineeing Research*

[7] Phadke, Arun (2001). *Power System Protection. The Electric Power Engeneering handbook.*

[8] PT. PLN (Persero) Gardu Induk Lopana, Hasil Pengujian Relay Proteksi Transformator Daya

[9] Ria, NOR. (2007). Analisa Rele Differential Transformator daya di Gardu Induk Jajar. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

[10] Sopyandi, Endy. (2011, Oktober 27) Gangguan-gangguan pada transformator. Retrieved from <https://electricdot.wordpress.com/2011/10/27/gangguan-gangguan-pada-transformator/>

[11] T. Raja Pandi, MKNM. Sakthi Nayaraj, & N. Paneer Salvam. (2014). *The Analys of Power Transformer from differential protection using.*

[12] Yuniarto, Arkhan Subari, & Dinda Hapsari Kusumastuti. (2015). SETTING RELAY DIFFERENSIAL PADA GARDU INDUK KALIWUNGU GUNA MENGHINDARI KEGAGALAN PROTEKSI. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang: e-ISSN 2407–6422, 148

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap **Anastasya Maria Alfina Kondoy**. Lahir di Manado pada tanggal 14 Agustus 2000. Penulis memulai Pendidikan di SD GMIM Wiau Lapi pada Tahun 2006 - 2012, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Dian Harapan Manado pada tahun 2012 – 2015, lalu melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 9 Binsus Manado pada tahun 2015 – 2019, Penulis melanjutkan pendidikan S1 di Program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado dan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik dan Tegangan Tinggi pada tahun 2020. Selama menjalani Pendidikan, penulis mengikuti Kerja Praktek di PT. PLN Persero ULPLTP Lahendong, Tomohon Sulawesi Utara. pada tahun 2021. Penulis pernah tergabung dalam kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro dan Unit Pelayanan Kristen Fakultas Teknik Unsrat. Penulis juga pernah ikut terlibat dalam kegiatan Kuliah Kerja Terpadu.