

STUDI *SETTING* RELE DIFFERENSIAL PADA TRAF0 DAYA PT. PLN TARAKAN

Muhammad Farhan Jafar¹, Achmad Budiman²

¹PT. Tarakan Elektrik Brothers, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

²Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹Farhanjafar619@gmail.com

²achmad1177@gmail.com

Abstract—*The power transformer is a component that plays an important role in supplying electric power, therefore a protective device is needed to protect it. The protection system used is a differential relay. The differential relay works based on the balance of the primary current and the secondary current of the protected transformer. This research method uses a numerical analysis approach. The results obtained from the calculation of the differential current are 0.241 A and the restrain current is 4.08 A. On the 20 kV side, the CT (In) secondary current is 3.96 A with a pickup current value of 0.5 A. The bias1 current value is the same as the the restrain current is 4.08 A and the value of the bias current2 is 12.24 A. When a single phase current to ground is disturbed by 1,723.75 on the 20 kV voltage side, the differential relay works to protect the PT PLN Tarakan power transformer.*

Keyword—*Power Transformer, Transformer Protection System, Differential Relay.*

Intisari—*Trafo daya adalah suatu komponen yang berperan penting dalam menyuplai tenaga listrik, maka dari itu perlu suatu alat proteksi untuk melindunginya. sistem proteksi yang digunakan adalah rele differensial. Rele differensial bekerja didasarkan atas keseimbangan arus primer dan arus sekunder trafo yang dilindungi. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan analisis numerik. Hasil yang diperoleh dari perhitungan arus differensial adalah 0,241 A dan arus restrain 4,08 A. pada sisi 20 kV didapatkan arus sekunder CT (In) sebesar 3,96 A dengan nilai arus pickup adalah 0,5 A. nilai arus bias1 sama dengan nilai arus restrain yaitu 4,08 A dan nilai arus bias2 adalah 12,24 A. Pada saat terjadi gangguan arus satu fasa ketanah sebesar 1.723,75 di sisi tegangan 20 kV maka menyebabkan rele differensial bekerja untuk memproteksi trafo daya PT. PLN Tarakan.*

Kata Kunci—*Trafo Daya, Sistem Proteksi Trafo, Rele Differensial*

I. PENDAHULUAN

Pembangkit tenaga listrik berperan untuk menyalurkan energi listrik yang dihasilkan kepada konsumen yang artinya dapat menyediakan tenaga listrik secara kontinu dengan kualitas yang baik, sehingga untuk meningkatkan keandalan dan kekontinuitas tersebut pelayanan pengoperasian sistem pembangkit memerlukan suatu peralatan pengaman atau sistem proteksi untuk mencegah terjadinya gangguan yang mengganggu sistem. Penelitian

ini berfokus pada rele differensial yang terdapat pada trafo daya PT. PLN Tarakan.

Transformator daya adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi sebagai pemindah tegangan listrik bolak-balik primer ke sekunder berdasarkan prinsip induksi magnetik sehingga dapat menaikkan atau menurunkan tegangan [5].

Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan didalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan didalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari aliran yang seharusnya [4].

Rele differensial adalah suatu rele yang bekerja didasarkan atas keseimbangan, yaitu melakukan perbandingan terhadap arus sekunder trafo arus (CT) yang ada diperalatan dan instalasi listrik yang harus dilindungi. Rele differensial digunakan pada trafo daya saat adanya gangguan karena rele sangat selektif dan bekerja cepat. Tujuan utama pemasangan rele proteksi di transformator tenaga adalah sebagai alat pengaman sehingga kerusakan akibat gangguan dapat dikurangi sekecil mungkin [3].

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

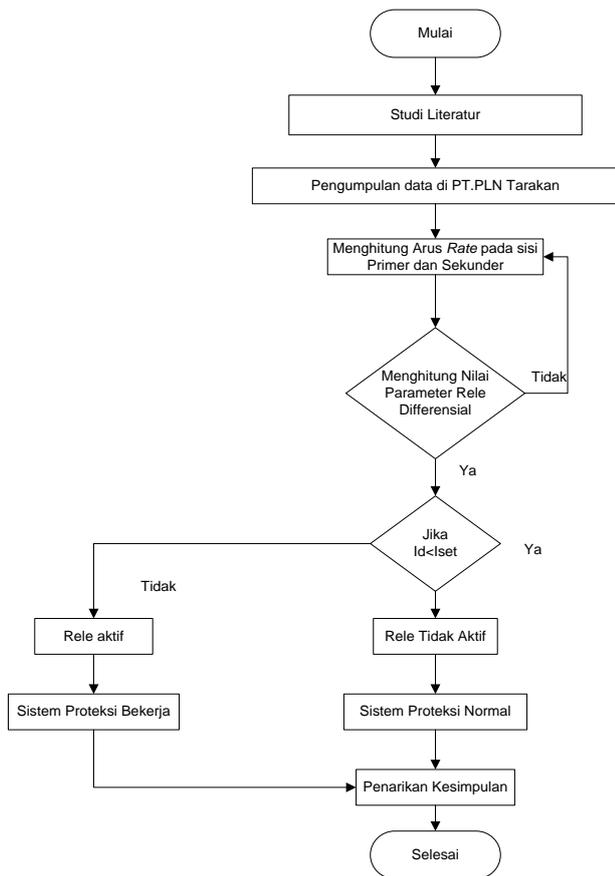
Pembuatan penelitian ini dilaksanakan setelah melakukan seminar proposal sesuai dengan jadwal yang ditentukan sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian. Penelitian dilaksanakan di Provinsi Kalimantan Utara, Tarakan di pembangkit listrik PT. PLN Tarakan pada trafo daya.

B. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang di lakukan penulis dalam menyusun skripsi ini. Metode penelitian ini disusun untuk memberikan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Metode utama pada penelitian ini adalah penelitian sekunder dikarenakan sumber data yang diperoleh dari suatu instansi terpercaya dalam bentuk data laporan. Langkah pertama yang dilakukan meliputi studi literatur yaitu pengumpulan jurnal referensi yang berkaitan dengan judul penelitian selanjutnya pengambilan data di PT. PLN Tarakan. Setelah data semua terkumpul selanjutnya menghitung arus nominal dan arus rating transformator, menghitung output arus CT di sisi sekunder, menghitung

arus yang masuk ke rele dan menghitung selisih arus atau arus differensial, serta menghitung arus rata-rata yang masuk ke rele dan *error mismatch* dan menghitung arus *setting* rele differensial, dan terakhir menghitung arus gangguan satu fasa ke tanah untuk mengetahui arus gangguan terbesar yang melewati bagian proteksi rele differensial tersebut.

Berikut adalah gambar dari diagram alir penelitian dimana fungsi dari diagram ini adalah mengetahui alur pengerjaan atau proses dalam bentuk gambar yang menampilkan langkah-langkah penelitian tersebut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian sebagai berikut:

- Studi Literatur

Pada langkah ini penulis mempelajari dan memahami berbagai sumber (Jurnal, Buku dan lain – lain) mengenai studi proteksi khususnya rele differensial pada transformator daya.
- Pengumpulan Data

Kemudian setelah melakukan studi literatur, lalu penulis mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

 - a. Daya *input* dan *output* trafo daya (VA)
 - b. Tegangan *input* dan *output* trafo daya(V)
 - c. *Manual book current transformer* (CT) yang terpasang pada trafo daya
 - d. Nilai *setting* arus rele differensial pada trafo daya
 - e. Nilai toleransi kerja dari rele differensial pada trafo daya

- Menghitung arus rate pada sisi primer dan sisi sekunder trafo daya

Pada tahap ini penulis menghitung arus rate pada trafo daya dengan menggunakan alat bantu berhitung seperti kalkulator dan lain-lain.
- Menghitung nilai parameter rele differensial

Pada tahap ini penulis menghitung nilai parameter dari rele differensial pada trafo daya dengan menggunakan alat bantu berhitung seperti kalkulator dan lain-lain. Untuk mendapatkan nilai parameter rele differensial terdapat beberapa persamaan antara lain :

 - a. Arus dari tiap sisi trafo daya yang masuk ke rele
 - b. Selisih arus dari tiap sisi trafo daya
 - c. Nilai *error mismatch*
 - d. Arus rata-rata dari tiap sisi trafo daya
 - e. Nilai *percent slope*
 - f. Nilai arus *setting* rele differensial
 - g. Dan mencari nilai arus yang dikeluarkan CT pada waktu ada gangguan (satu fasa ke tanah) serta pengaruhnya terhadap rele differensial tersebut.
- Feedback perhitungan

Setelah didapatkan nilai parameter rele differensial nya, penulis mengecek terlebih dahulu apakah perhitungan sudah benar, Jika terjadi kesalahan dalam perhitungan maka penulis akan mengulangi perhitungan dari menghitung arus rate pada tiap sisi trafo daya dan menghitung lagi nilai parameter rele differensial tersebut.
- Jika $I_d > I_{set}$

Rele differensial akan aktif dan memerintahkan CB agar *trip* sebab arus gangguan differensial melebihi arus *setting* rele differensial
- Jika $I_d < I_{set}$

Rele differensial tidak aktif dan sebab arus gangguan differensial kurang dari arus *setting* rele differensial.
- Analisis Data

Setelah didapatkan nilai perhitungan rele differensial, maka dapat diketahui nilai dari *setting* rele differensial tersebut sudah sesuai sebagai sistem proteksi atau tidak sesuai sistem proteksi.
- Kesimpulan

Pada tahap ini, penulis menjelaskan hasil akhir mengenai keseluruhan hasil dari penelitian yang dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Data Transformator Daya dan Rele Differensial yang Digunakan PT. PLN Tarakan
- Dalam perhitungan diperlukan data Rele Differensial yang digunakan untuk melakukan *setting* Rele Differensial agar dapat bekerja dengan baik.

Tabel I
Data Rele Differensial pada Trafo Daya PT. PLN Tarakan

Current transformers (CT) (CONF/ CURRENT SCALING)	Inom	60 A
	Isec	5.0A
	I'nom	200A
	I'sec	5A
Voltage and power settings (CONF/ UNIT TRANSFORMTO)	Un	6.300V
	U'n	20.000V
	Sn	5.500KVA
	ConGrp	Dy11

B. Perhitungan Setting Rele Differensial pada Trafo Daya PT. PLN Tarakan

Perhitungan nilai rasio CT:

$$\begin{aligned} \text{In trafo pada sisi 20 KV} &= \frac{\text{Daya(kVA)}}{\sqrt{3} \text{ 20KV}} = \frac{5.500\text{kVA}}{\sqrt{3} \text{ 20KV}} \\ &= 158,77 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Irating} = 110\% \times 158,77 = 174,647 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{In trafo pada sisi 6,3KV} &= \frac{\text{Daya(kVA)}}{\sqrt{3} \text{ 6,3KV}} = \frac{5.500\text{kVA}}{\sqrt{3} \text{ 6,3KV}} \\ &= 504,12 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Irating} = 110\% \times 504,12 = 552,532 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan ini dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan 20 kV adalah 158,77 A sedangkan di sisi tegangan 6,3 kV adalah 504,12 A.

Pada perhitungan arus maksimal di trafo daya dapat diketahui pada sisi tegangan 20 kV adalah 174,647 A sedangkan pada sisi tegangan 6,3 kV adalah 552,532 A. Sesuai dengan perhitungan tersebut, maka rasio CT yang terpasang pada sisi tegangan 20 kV adalah $\frac{200}{5}$ dan pada sisi tegangan 6,3 kV adalah $\frac{600}{5}$.

Berdasarkan uraian tersebut maka bila arus yang mengalir pada sisi tegangan tinggi adalah 5 A. Rasio CT yang dipilih adalah $\frac{200}{5}$ dan $\frac{600}{5}$.

Arus sekunder CT adalah arus *output* CT tersebut, dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Rasio CT 1} = \frac{600}{5} \text{ dan CT 2} = \frac{200}{5}$$

Arus rele pada sisi trafo 6,3 kV :

$$\begin{aligned} I_r &= I_n \times \frac{1}{\text{CT}} = 504,12 \times \frac{5}{600} \\ &= 4,201 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus rele pada sisi trafo 20 kV :

$$\begin{aligned} I_t &= I_n \times \frac{1}{\text{CT}} = 158,77 \times \frac{5}{200} \\ &= 3,96 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan arus differensial :

Arus differensial atau selisih arus I_r dan I_t , dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} I_d &= I_r - I_t \\ &= 4,201 - 3,96 = 0,241 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan arus differensial diatas dapat diketahui selisih arus sekunder CT1 dan CT2 adalah 0,241 A.

Perhitungan arus *restrain* I_r dan I_t , dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} I_{\text{restrain}} &= \frac{I_r + I_t}{2} \\ &= \frac{4,201 + 3,96}{2} = 4,08 \text{ A} \end{aligned}$$

Didapatkan hasil dari arus *restrain* yaitu 4,08 A. Perhitungan *percent slope*:

Mencari *percent slope*, untuk mendapatkan nilai *percent slope* maka diperlukan pembagian antar arus differensial dengan arus penahan dengan persamaan 2.14:

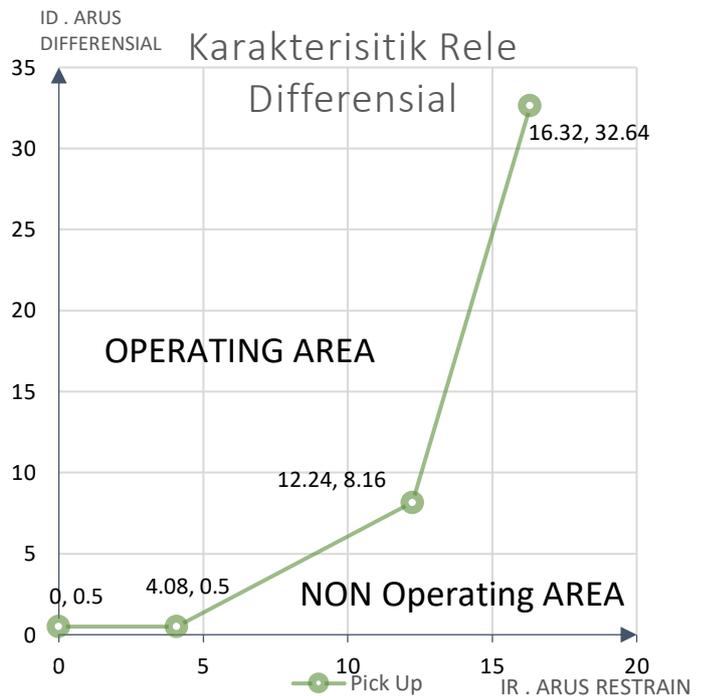
$$\begin{aligned} \text{Slope1} &= \frac{I_d \times 100\%}{I_{\text{restrain}}} \\ &= \frac{0,241 \times 100\%}{4,08} = 5,90\% \end{aligned}$$

$$I_d = 5,90\% \times 4,08 = 0,241 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Slope2} &= \frac{I_d \times 100\%}{I_{\text{restrain}}} \\ &= \frac{0,241 \times 100\%}{4,08} \times 2 = 11,8\% \end{aligned}$$

$$I_d = 11,8\% \times 4,08 = 0,481 \text{ A}$$

Sehingga kurva karakteristik rele differensial yang di peroleh:



Gambar 2. Kurva Karakteristik Rele Differensial

Perhitungan arus *setting*:

Toleransi pada rele differensial untuk trafo daya PT. PLN Tarakan adalah 30 %, maka, menggunakan persamaan:

$$4,08 + (4,08 \times 30\%) = 5,304 \text{ A}$$

Hasil perhitungan arus setting diatas adalah 5,304 A dengan toleransi 30% lebih besar dengan asumsi yaitu: kesalahan CT (10%), kesalahan sadapan (10%), arus eksitasi (1%), *mismatch* (4%), dan factor keamanan (5%).

C. Gangguan pada Trafo Daya

Arus gangguan yang dapat menyebabkan nilai I_d 0,241A, menggunakan persamaan:

$$I_2 \text{ fault} = I_t + I_d = 3,96 + 0,241 = 4,201 \text{ A}$$

$$\text{If rele} = I_2 \text{ fault} \times I_r = 4,201 \times 4,201 = 17,64 \text{ A}$$

$$\text{If} = \text{If rele} \times \text{CT2} = 17,64 \times \frac{200}{5} = 705,6 \text{ A}$$

Pada saat Id sebesar 0,241 maka arus maksimal yang mengalir di sisi tegangan tinggi adalah sebesar 17,64 A. rele differensial akan bekerja bila arus yang mengalir lebih dari 705,6 A.

Contoh:

Tepatnya pada bus GH Indoor terdapat arus gangguan satu fasa ke tanah, untuk membuktikan nilai tersebut digunakan persamaan:

$$\begin{aligned} Z1 &= 2,21 \text{ pu} \\ Z0 &= 0,61 \text{ pu} \\ I_{base} &= \frac{100\text{MVA} \times 1.000}{\sqrt{3} \times 20\text{kV}} = 2.890,17 \text{ A} \end{aligned}$$

persamaan arus gangguan satu fasa ketanah:

$$\begin{aligned} I_{a1} = 3i_{a1} &= \frac{3Ea}{(z_1+z_2+z_0)} \times I_{base} \\ &= \frac{3 \times 2.890,17}{2 \times (2,21) + (0,61)} \\ &= \frac{8.670,51}{5,03} \\ I_a &= 1.723,75 \text{ A} \end{aligned}$$

Error perhitungan (E):

Selisih Ia dan Ia *table* = 1.723,75 – 1.717 = 6,75

$$E = \frac{6,75 \times 100 \%}{1.723,75} = 0,391\%$$

Didapatkan error perhitungan sebesar 0,391 % dimana hasil perhitungan ini masih termasuk didalam toleransi yaitu dibawah 5%.

Arus gangguan sebesar 1.723,75 A di sisi tegangan 20 kV, menghitung arus gangguan yang dibaca rele dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} I_f \text{ rele} &= I_f \times CT2 = 1.723,75 \times \frac{5}{200} \\ &= 43,09 \text{ A} \\ I_2 \text{ fault} &= \frac{I_f \text{ rele}}{I_r} = \frac{43,09}{4,201} = 10,257 \text{ A} \\ Id &= I_2 \text{ fault} - It = 10,257 - 3,96 \\ &= 6,297 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus gangguan di sisi tegangan 20 kV adalah 1.723,75 A dan menghasilkan arus sekunder di CT1 sebesar 10,257 A serta arus differensial sebesar 6,297 A, oleh karena itu rele differensial aktif karena arus differensial melebihi arus *setting* rele.

IV. KESIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut :

- Arus nominal pada sisi tegangan 20 kV adalah 158,77 A serta ditegangan 6,3 kV adalah 504,12 A. Hasil arus *rating* atau arus maksimal disisi tegangan 20 kV adalah 174,647 A dan disisi tegangan 6,6 kV adalah 552,532 A.
- Arus sekunder di CT tegangan 20 kV adalah 3,96 A dan disisi tegangan 6,3 kV adalah 4,201 A, Nilai *error mismatch* disisi tegangan 20 kV adalah sebesar 0,189 % dan disisi tegangan 6,3 kV adalah 0,211%.
- Perhitungan arus diferensial didapatkan dari selisih arus sekunder CT1 dan CT2 yaitu sebesar 0,241 A.

- Hasil dari perhitungan arus penahan (*restrain*) yaitu 4,08 A.
- Hasil perhitungan arus *setting* adalah 5,304 A dengan toleransi 30% lebih besar dengan asumsi yaitu: kesalahan CT (10%), kesalahan sadapan (10%), arus eksitasi (1%), *mismatch* (4%), dan factor keamanan (5%). Jadi jika arus sekunder yang mengalir pada rele differensial tersebut adalah 5 A maka nilai tersebut adalah nilai yang cocok.
- Arus gangguan terkecil adalah arus gangguan satu fasa ke tanah sehingga menjadi acuan dalam pengaturan rele differensial.
- Pada saat Id sebesar 0,241 maka arus maksimal yang mengalir di sisi tegangan tinggi adalah sebesar 705,6 A. rele differensial akan bekerja bila arus yang mengalir lebih dari 705,6 A.
- Pada perhitungan gangguan arus satu fasa ke tanah tepatnya pada bus GH Indoor didapatkan arus gangguan di sisi tegangan 20 kV adalah 1.723,75 A dan menghasilkan arus sekunder di CT1 sebesar 10,257 A serta arus differensial sebesar 6,297 A, oleh karena itu rele differensial aktif karena arus differensial melebihi arus *setting* rele.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya haturkan kepada Allah SWT, kedua orang tua, dosen-dosen, teman seperjuangan saya.

REFERENSI

- [1] Cekdin, C. (2006). Sistem Tenaga Listrik. Palembang: Andi Yogyakarta.
- [2] Effendi & Rahmat. (2020). Studi Sistem Proteksi Generator Pada pembangkit Listrik Tenaga Diesel Kabupaten Enrekang. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- [3] El-Bages, M. S. (2011). Improvement of digital differential relay sensitivity for internal ground faults in power transformers. International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, 3(3)
- [4] Fadillah, A. (2017). Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Pada Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN Tarakan. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- [5] Rizki., Novia, A., & Sartono, S. (2014). Perbaikan Tegangan Sisi Sekunder Transformator Daya 150/20 kV di Gardu Induk Ungaran. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- [6] Samin, T. (2015). Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah pada Jaringan Distribusi 20 Kv PT PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- [7] Sukma, R. A. (2018). Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 1 PT.PLN Persero Unit Layanan Khusus (ULK) Tarakan. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- [8] Vaasa Electronics. (2002). Generator and Transformer Differential Protection Relay.
- [9] Wahyu. (2021). Studi Rele Arus Lebih (OCR) Untuk Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Penyulang 5 PT. PLN (UP3) Tarakan. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- [10] Wahyudin S. N., Diantari R. A., Rahmatullah T. M (2017). Analisa Proteksi Differensial pada Generator di PLTU Suralaya. Jurnal Energi & Kelistrikan.

- [11] Wijanarko, D. (2018). Analisa Penggunaan Rele Differensial Sebagai Proteksi pada Tranformator 60 MVA di Gardu Induk Palur. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12] Yuniarto, Y., Subari, A., & Kusumastuti, D. H. (2015). Setting Relay Differensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(3), 147-152.