

Setting Relay Diferensial Siemens 7UT5121 pada Transformator dengan ETAP untuk Meningkatkan Sistem Proteksi

^{1*}Dimas Nur Prakoso, ²Yuli Prasetyo, ³Budi Triyono, ⁴Basuki Winarno

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Madiun

¹dimasnur@pnm.ac.id, ²yuliprasetyo2224@pnm.ac.id, ³buditriyono@pnm.ac.id, ⁴basuki@pnm.ac.id

Article Info

Article history:

Received 01 September 2025

Revised 11 September 2025

Accepted 2 Februari 2026

Keyword:

Transformator
Rasio CT
Setting Relay
Sistem Proteksi

ABSTRACT

The development of the electric power system is quite rapid in Indonesia, where the development of the electric power system will not experience a decline and will continue to increase. To distribute electrical energy to consumers, transformers are the main component in the electrical system. During its operation, transformers often experience faults, making reliable protection and security systems necessary to maintain the smooth operation of the system. Protection systems are designed to interrupt faulty currents and protect equipment from damage caused by these currents. One of the primary protection devices for transformers is the differential relay, which operates quickly without requiring coordination with other relays. Differential relays work based on the vector difference between two or more electrical quantities exceeding a predetermined threshold. In this study, a Siemens 7UT5121 protection relay was used. To facilitate testing and fault analysis in the settings of this protection relay, simulations were conducted using ETAP software. The protection relay settings were configured to safeguard the transformer if there was a current difference between the CT on the primary and secondary sides within the protection zone. Based on calculations, the CT ratio for nominal current (I_1) was found to be 230.94 A, and the nominal current (I_2) was 1905.25 A. The CT secondary currents were calculated as 0.769 A for I_1 and 0.866 A for I_2 . In the differential relay, the differential current was recorded at 0.097 A, while the restrain current was 0.817 A. The slope percentage analysis yielded values of 11.18% for slope 1 and 23.74% for slope 2. The differential current setting value obtained was 0.379 A. The relay will not operate if a fault occurs outside the protection zone, ensuring the reliability of the transformer protection system.

Copyright © 2026 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Dimas Nur Prakoso,
Email: dimasnur@pnm.ac.id

Abstrak— Perkembangan sistem tenaga listrik yang cukup cepat di Indonesia dimana perkembangan sistem tenaga listrik tersebut tidak akan mengalami penurunan dan akan semakin bertambah. Untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen transformator merupakan komponen utama dalam sistem kelistrikan. Dalam pengoperasiannya, transformator sering mengalami gangguan sehingga diperlukan pengamanan dan pengaturan proteksi yang andal guna menjaga kelancaran sistem. Sistem proteksi dirancang untuk memutuskan arus gangguan yang terjadi, melindungi peralatan dari kerusakan akibat arus gangguan. Salah satu perangkat proteksi utama pada transformator adalah relay diferensial, yang bekerja cepat tanpa memerlukan koordinasi dengan relay lain. Relay diferensial beroperasi berdasarkan perbedaan vektor antara dua atau lebih besaran listrik yang melebihi nilai ambang tertentu. Dalam penelitian ini, digunakan relay proteksi Siemens 7UT5121. Untuk mempermudah pengujian dan analisis gangguan pada pengaturan relay proteksi tersebut, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP. Penyetelan relay proteksi

dilakukan untuk melindungi transformator apabila terjadi perbedaan arus pada CT sisi primer dan sekunder dalam zona proteksi. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai rasio CT untuk arus nominal (I_1) sebesar 230,94 A dan arus nominal (I_2) sebesar 1905,25 A. Arus sekunder CT dihitung masing-masing sebesar 0,769 A untuk I_1 dan 0,866 A untuk I_2 . Pada relay diferensial, arus diferensial tercatat sebesar 0,097 A, sedangkan arus restrain adalah 0,817 A. Hasil analisis presentase slope menunjukkan nilai sebesar 11,18% pada slope 1 dan 23,74% pada slope 2. Nilai setting arus diferensial yang diperoleh adalah 0,379 A. Relay tidak akan bekerja jika gangguan terjadi di luar zona proteksi, sehingga memastikan keandalan sistem proteksi transformator.

Kata Kunci: Transformator, Rasio CT, Setting Relay, Sistem Proteksi

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem tenaga listrik yang cukup cepat di Indonesia dimana perkembangan sistem tenaga listrik tersebut tidak akan mengalami penurunan dan akan semakin bertambah seiring berkembangnya pertumbuhan perekonomian dan pembangunan di Indonesia sendiri. Kebutuhan listrik untuk setiap wilayah ataupun daerah tidaklah sama satu dengan yang lainnya, bergantung dari jumlah kepadatan penduduk dan juga perekonomian yang terdapat pada suatu wilayah tersebut. Untuk bisa memenuhi kebutuhan beban listrik yang semakin meningkat, PT. PLN (Persero) sebagai produsen tenaga listrik harus memiliki sistem yang terpadu dalam penyaluran atau distribusi tenaga listrik kepada konsumen. Transformator merupakan komponen utama dalam penyaluran energi listrik pada sebuah sistem kelistrikan[1], 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 dan tidak mengalami drop tegangan dimana kondisi drop tegangan merupakan perbedaan antara tegangan kirim dan tegangan yang diterima[2].

Proteksi adalah suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik yang berguna menghindari kerusakan peralatan dan juga agar stabilitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga[3]. 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 relay yang digunakan yaitu relay diferensial yang merupakan pengaman utama transformator yang bekerja tanpa

koordinasi dengan relay yang lain. Di samping itu, sistem proteksi haruslah selektif, sensitivitasnya baik, serta mempunyai keandalan yang mumpuni dalam mengatasi gangguan[4]. Adanya sistem proteksi tersebut berfungsi untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat adanya arus gangguan[5]. Selain itu, sistem proteksi juga berfungsi untuk membatasi dampak gangguan sehingga kontinuitas suplai daya ke beban tetap optimal.

Pengaman yang terdapat pada transformator daya lebih banyak dibandingkan dengan transformator distribusi dengan daya kecil. Beberapa sistem proteksi yang umum digunakan pada transformator antara lain adalah Proteksi Arus Lebih (Overcurrent Protection) yang bekerja dengan cara mendeteksi adanya arus berlebih pada transformator[6]. Pada transformator daya salah satu pengaman yang terpasang adalah relay diferensial.

Relay diferensial adalah salah satu alat proteksi utama pada transformator yang bekerja dengan waktu cepat tanpa koordinasi dengan relay lain[7]. Relay diferensial bekerja bila ada perbedaan vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan, relay diferensial juga tidak dapat digunakan sebagai backup protection atau proteksi cadangan.

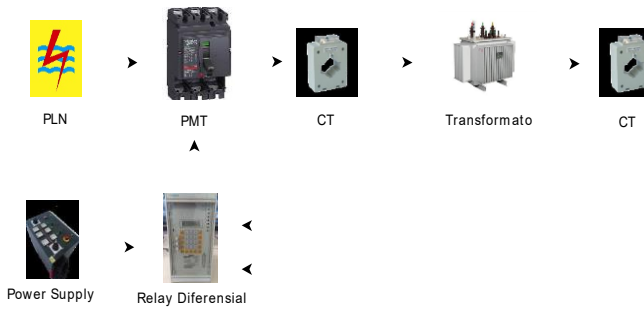
Oleh karena itu, *Setting* Sistem Proteksi Relay Diferensial Pada Transformator Menggunakan Relay Proteksi Siemens 7UT5121 perlu dilakukan. Penyettingan relay proteksi ini akan digunakan untuk memproteksi transformator apabila terdapat perbedaan arus pada CT sisi primer dan sekunder di zona proteksi. Dalam sistem proteksi relay diferensial, pemasangan wiring CT sangat penting untuk diperhatikan. Apabila wiring CT salah maka akan menyebabkan rele diferensial bekerja tanpa adanya gangguan sehingga menyebabkan kesalahan trip[8].

2. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Diagram kerja dibuat agar memudahkan memahami cara kerja sistem dari alat yang dibuat.

Pada penelitian ini, sistem alat yang akan dibuat digambarkan seperti berikut:



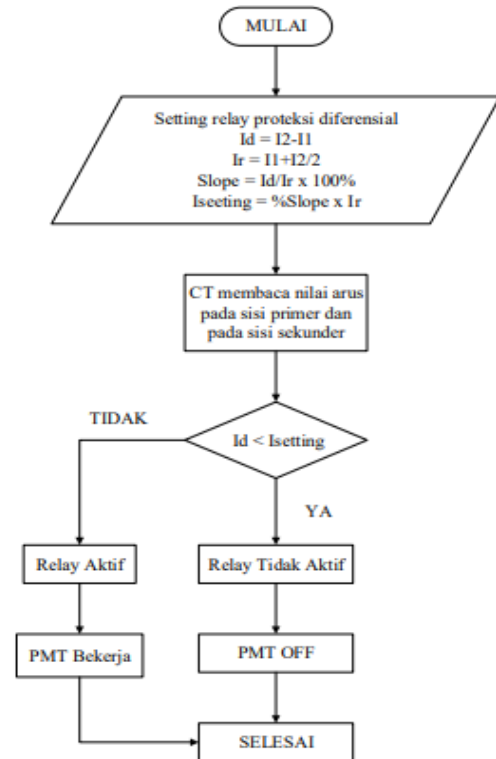
Gambar 1. Diagram Blok Alat

Penjelasan diagram kerja alat diatas adalah sebagai berikut :

- PLN 380 V digunakan sebagai sumber utama pada rangkaian.
- PMT atau *breaker* digunakan sebagai pengaman dan pemutus tegangan apabila terjadi gangguan[9].
- Catu daya (*power supply*) digunakan sebagai pengubah tegangan AC ke DC untuk mensuplai daya ke relay proteksi.
- Relay proteksi digunakan sebagai sistem yang akan memproteksi rangkaian ketika terjadi gangguan pada daerah proteksi pada transformator. Dimana apabila terjadi gangguan pada daerah proteksi maka relay akan memerintahkan PMT atau *breaker* untuk TRIP.
- CT (*Current Transformer*) digunakan sebagai pengukur arus yang masuk pada rangkaian[10].
- Transformator merupakan objek yang diamankan.

B. Flowchart

Flowchart dibuat bertujuan untuk memudahkan pembaca maupun penulis memahami alur kerja dari rangkaian. dengan membuat flowchart dapat terlihat jelas alur cara kerja alat yang dibuat, dimana dari flowchart tersebut dapat dilihat setpoint yang dimasukkan untuk melakukan pengaturan pada relay proteksi diferensial yang akan diproteksi. Berikut flowchart dari alat yang akan dibuat:



Gambar 2. Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setting relay proteksi yang telah dihitung sesuai dengan tahap pembuatan alat akan diuji kinerja relay tersebut dengan transformator atau motor. Pada pengujian ini akan dilakukan dengan menguji relay proteksi untuk memproteksi transformator atau motor.

Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan dari pengujian dan pengambilan data:

A. Setting Relay Diferensial

Pada perhitungan setting relay diferensial memerlukan rumus untuk mencari nilai rasio CT pada trafo dengan memperhitungkan nilai pada arus nominal dan arus rating. Setelah itu menentukan arus sekunder CT, arus diferensial, arus penahan, persentase slope, arus setting relay deferensial.

B. Perhitungan ratio CT

Untuk menghitung rasio CT, terlebih dahulu menghitung arus rassing. Arus rassing berfungsi sebagai batas pemilihan rasio CT. Perhitungan arus nominal pada sisi primer 150KV dan sisi sekunder 20KV.

$$I \text{ nominal } 1 = \frac{S}{\sqrt{3} \times Vp} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ KV}} = 230,94 \text{ A} \tag{1}$$

$$I \text{ nominal } 2 = \frac{S}{\sqrt{3} \times Vs} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ KV}} = 1732,05 \text{ A} \tag{2}$$

C. Perhitungan Arus Relay *Differential*

Arus relay diferensial merupakan hasil pengurangan dari arus sekunder CT pada sisi primer dan pada sisi sekunder.

$$I \text{ diferensial} = I_2 - I_1 \tag{3}$$

$$I \text{ diferensial} = 0,866 - 0,769 = 0,097$$

D. Perhitungan Arus Penahan / Restrain

Perhitungan arus penahan merupakan mengambil dari setengah jumlah dari jumlah arus sekunder CT pada sisi tegangan 150KV dan 20KV.

$$I_{\text{restraint}} = (I_1 + I_2) / 2 \tag{4}$$

$$I_{\text{restraint}} = (0,769 + 0,866) / 2 = 0,817$$

E. Perhitungan Arus Presentase Slope

Presentase slope merupakan pembagian nilai arus diferensial dengan nilai arus restrain dan menghasilkan presentase slope.

- Menghitung *Slope 1*

$$Slope \ 1 = (I \text{ Dif} / I \text{ Res}) \times 100\% \tag{5}$$

$$Slope \ 1 = (0,097 / 0,817) \times 100\% = 11,18\%$$

- Menentukan *Slope 2*

$$Slope \ 2 = (I \text{ Dif} / I \text{ Res} \times 2) \times 100\% \tag{6}$$

$$Slope \ 2 = (0,097 / 0,817 \times 2) \times 100\% = 23,74\%$$

F. Perhitungan *Setting* Arus *Differential*

Perhitungan arus setting relay diferensial merupakan hasil dari nilai presentase slope 1 dikalikan dengan arus penahan

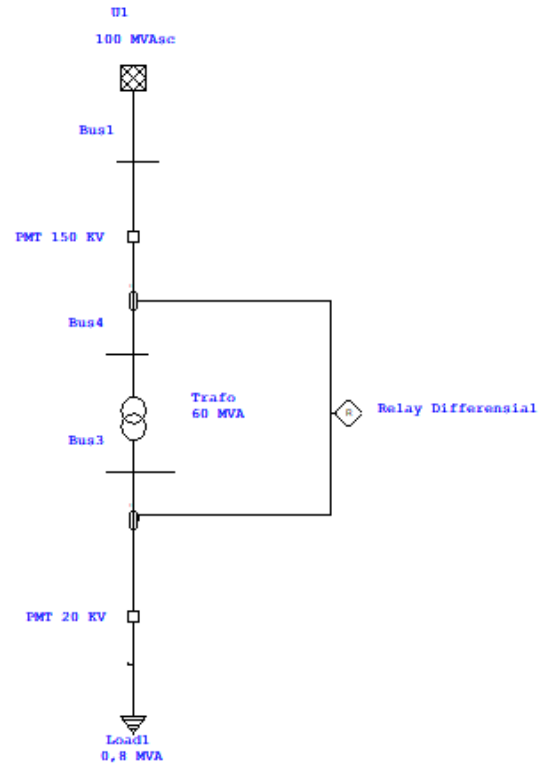
$$I_{\text{setting}} = \% \text{ Slope} \times I \text{ Restrain} \tag{6}$$

$$I_{\text{setting}} = 11,18\% \times 0,817 = 0,097 \text{ A}$$

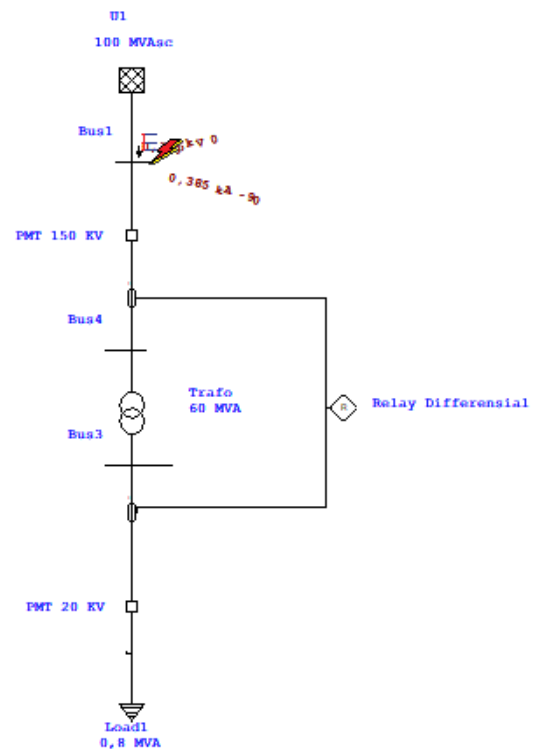
Hasil arus diferensial yang ideal adalah nol sedangkan untuk hasil pada penyetelan tidak mungkin nol karena adanya rasio CT yang telah ditentukan. Penyetelan standar PLN yaitu 0,3 A, maka 0,3 + 0,097 A maka arus setting relay diferensial sebesar 0,379 A.

G. Simulasi Pada ETAP

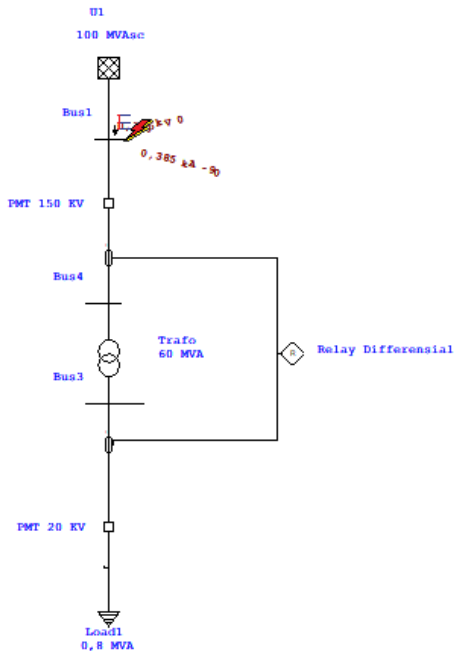
Untuk pengambilan data kita asumsikan menggunakan transformator dengan kapasitas 60MVA dan memiliki tegangan primer 150KV dan tegangan sekunder 20KV.



Gambar 3. Simulasi ETAP Keadaan Normal



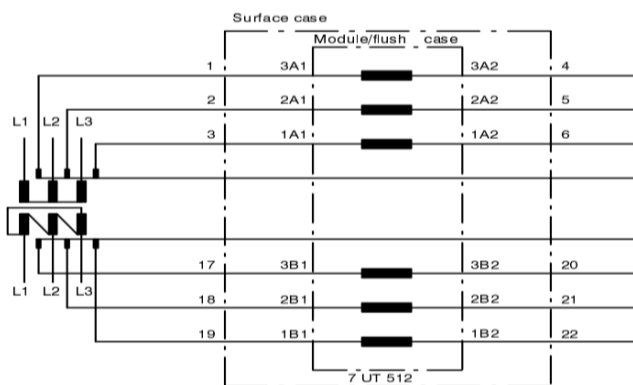
Gambar 4. Simulasi ETAP Dengan Gangguan di Dalam Proteksi



Gambar 5. Simulasi ETAP Dengan Gangguan di Luar Proteksi

Berdasarkan simulasi percobaan dan analisa kerja relay diferensial. Ketika di transformator atau pada daerah proteksi relay diferensial terdapat gangguan, maka relay akan bekerja dan memerintahkan breaker atau PMT untuk trip agar tidak menjalar ke komponen yang lain. Proteksi relay diferensial akan bekerja apabila terdapat gangguan pada daerah proteksi saja atau pada transformator. Ketika terjadi gangguan diluar daerah proteksi atau pada sisi konsumen maka relay diferensial tidak akan bekerja.

H. Koneksi CT

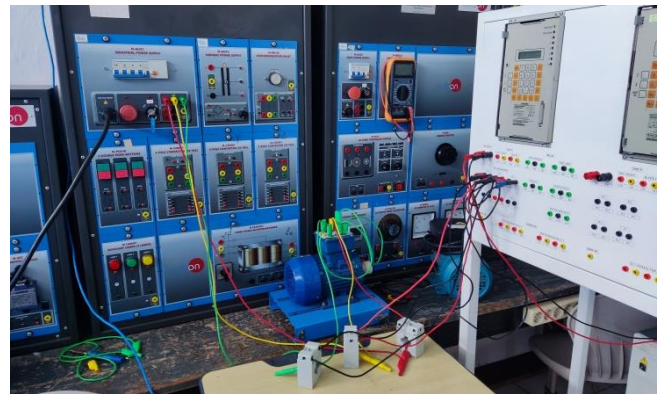


Gambar 6. Rangkaian CT Pada Transformator

Pemasangan CT harus sesuai dengan gambar kerja, Apabila CT terbalik maka nilai yang dihasilkan tidak akurat atau bahkan tidak muncul.

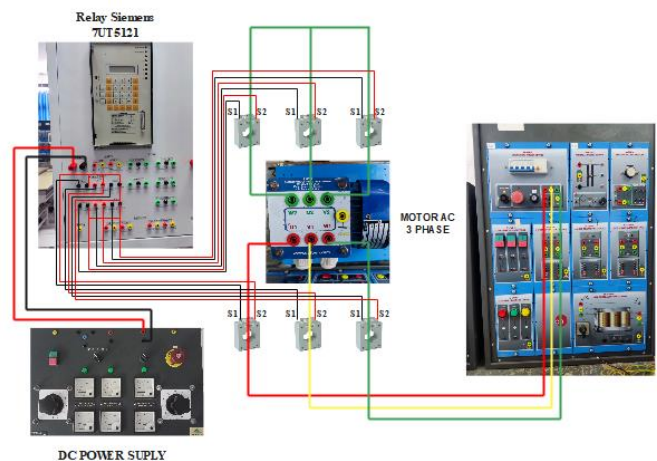
I. Pengujian Proteksi *Differential* Pada Transformator

Proteksi diferensial pada transformator digunakan untuk memproteksi transformator dari gangguan internal. Relay ini bekerja berdasarkan perbandingan dari arus primer dan sekunder. Arus primer dan arus sekunder harus balance atau seimbang.



Gambar 7. Pengujian Proteksi *Differential* Pada Transformator

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan CT pada sisi primer dan sisi sekunder transformator menuju ke relay diferensial untuk membaca arus. Relay mendapatkan sumber dari power supply 220-250 VDC.



Gambar 8. Wiring Diagram Pengujian Alat

J. Hasil Pengujian Relay *Differential*

Dalam tahap ini dilakukan pengujian pengukuran arus, hasil yang didapatkan ditampilkan pada tabel 1 dibawah:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Arus

Fasa	Pengukuran	Tampilan pada Relay
R	0,5 A	8,3%
S	0,6 A	8,8%
T	0,6 A	8,0%



Gambar 9. Pengukuran Arus Pada Fasa R



Gambar 10. Pengukuran Arus Pada Fasa S



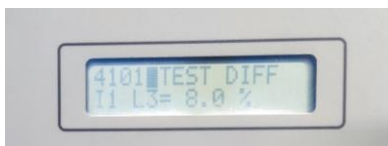
Gambar 11. Pengukuran Arus Pada Fasa T



Gambar 12. Tampilan Arus Fasa R Pada Relay Proteksi



Gambar 13. Tampilan Arus Fasa S Pada Relay Proteksi



Gambar 14. Tampilan Arus Fasa T Pada Relay Proteksi

Pada hasil pengujian menggunakan motor 3 fasa didapatkan nilai I1 sebesar 0,5A, I2 sebesar 0,6 A,

I3 sebesar 0,6 A. Sedangkan pada relay proteksi nilai arus yang ditampilkan berbentuk persentase. Nilai pengukuran tersebut digunakan untuk mentrigger dan mengaktifkan proteksi diferensial yang digunakan untuk mengamankan bahaya dan gangguan dari jaringan tenaga listrik. Batas nilai yang disetting mengambil nilai set poin minimal, sehingga arus yang terbaca melebihi set poin yang telah disetting. Sehingga relay akan memberikan sinyal trip ke PMT. Lampu indikator pada relay juga menyala yang menandakan bahwa relay telah memberikan sinyal.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian dijelaskan pada bagian ini

1. Apabila nilai perbandingan arus dari sisi primer dan sekunder tidak seimbang dan melebihi nilai setingan maka relay akan memberikan sinyal Trip kepada PMT untuk memutuskan arus pada transformator.
2. Dari hasil perhitungan parameter untuk Rasio CT didapatkan I nominal 1 sebesar 230,94 A, untuk arus I nominal 2 sebesar 1905,25 A. Untuk Arus Sekunder CT didapatkan I sekunder 1 sebesar 0,769 A, untuk arus I sekunder 2 sebesar 0,866 A. Pada arus relay differensial didapatkan nilai 0,097 A. Pada arus restrain didapatkan nilai sebesar 0,817 A. Pada arus presentase slope 1 hasil yang didapatkan sebesar 11,18% dan pada slope 2 sebesar 23,74%, dan pada setting arus differential didapatkan nilai setting sebesar 0,379 A.
3. Jika transformator yang akan diproteksi memiliki spesifikasi lebih rendah atau lebih tinggi dari relay proteksinya, relay proteksi tidak akan dapat memproteksi. Karena relay proteksi tidak akan dapat membaca data arus, tegangan dan frekuensi dari transformator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. L. Syamsudin Zalmadi, Makkulau Andi, "Evaluasi Perencanaan Kelistrikan," *Sutet*, vol. 6, no. 1, pp. 28–34, 2016.
- [2] K. M. Habsari, L. Khariroh, Y. Prasetyo, and R. J. K. Haryo, "ANALISA KOREKSI VOLTAGE DROP DENGAN METODE UPRATING KABEL A3C KE KABEL A3CS PADA PENYULANG," pp. 168–172, 2024.
- [3] Z. Zulkarnaini and F. Hafni, "Studi Analisa Rele Differensial Pada Proteksi

-
- Transformator 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo,” *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 79–86, 2020.
- [4] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, and M. H. Hidayat, “Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3,” *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, pp. 28–39, 2021.
- [5] E. S. Nasution *et al.*, “Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk,” pp. 179–186, 2019.
- [6] Y. Prasetyo, N. Prakoso, R. Wicaksono, B. Triyono, and S. Triwijaya, “Analysis of Transformer Protection Systems Using Smart Relays for Electrical Energy Stability,” vol. 07, no. 02, 2023.
- [7] D. Hariyono, “Analisa Proteksi Relay Diferensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator,” *Saintek ITM*, vol. 32, no. 2, pp. 37–43, 2019.
- [8] T. R. Firdausi, M. Pujiantara, and V. Lystianingrum, “Setting Differential Relay Transformer (87T) dengan Pertimbangan Vector Group pada PLTU Tenayan 2x110 MW,” vol. 9, no. 2, 2020.
- [9] H. Pradika and M. Moediyono, “Thermal Overload Relay Sebagai Pengaman Overload Pada Miniatur Gardu Induk Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) Cp1E-E40Dr-a,” *Gema Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 80–85, 2015.
- [10] A. Sugiarto, “Pemakaian Dan Pemeliharaan Transformator Arus (Current Transformer/CT),” *Forum Teknol.*, vol. 05, no. 1, pp. 1–7, 2015.
-