

ETNIK : Jurnal Ekonomi – Teknik

ISSN: 2808-6694 (Online); 2808-7291 (Print)

Jurnal Homepage <https://etnik.rifainstitute.com>

**SETTING RELAI DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR DAYA
150KV GARDU INDUK PONDOK INDAH MENGGUNAKAN PROTOCOL
COMMUNICATIONS MODBUS**

M. Munawir Lasiyono

Universitas Islam Indonesia

Informasi Artikel

Histori Artikel:

Diterima **09 Desember 2021**

Direvisi **14 Desember 2021**

Diterbitkan **20 Desember 2021**

Email Author:

mmunawirlasiyono@students.uui.ac.id

ABSTRACT

Transformers in power systems require different types of protection. This protection is provided by various types of relays, both electromagnetic and static. In general, transformer protection serves to protect the transformer in the event of a disturbance, so that the transformer can be avoided from damage. The relay that will be used to protect the transformer is a differential relay. This relay works when there is a difference in the current of the Current Transformer [CT] on the primary and secondary sides. If the fault occurs outside the protection zone, the relay will not work. The method used in this research is R&D (Research and Development), namely research and development methods, research and development methods are research methods used to produce certain products, and test the effectiveness of these products. An evaluation of the differential relay setting on a 150kV power transformer has been carried out at the Pondok Indah Substation using the Modbus Communications Protocol, where the settings in the field and from the results of calculations using the Micom 632 differential relay are obtained: for the calculation results of $I_{diff} = 0.39$ and $I_{diff\ max} = 8.07$ while the actual setting in the field is $I_{diff} = 0.3$ and $I_{diff\ max} = 8$. The difference in value between the actual setting and the calculation results is I_{diff} by 30%, and $I_{diff\ max}$ 0.87% is still within the allowed interval. Setting using the modbus communications protocol has advantages, including reducing wiring, making troubleshooting or interference easier, reducing the possibility of human-error errors in the configuration process, and making it easy to make changes.

Keywords – Relay, Differential, Transformer, Modbus, CT.

ABSTRAK

Transformator dalam sistem tenaga membutuhkan tipe proteksi yang berbeda-beda. Proteksi ini disediakan oleh berbagai jenis relai, baik elektromagnetik maupun statis. Secara umum proteksi transformator berfungsi untuk memproteksi transformator apabila

terjadi gangguan, sehingga transformator dapat terhindar dari kerusakan. Relai yang akan digunakan untuk memproteksi transformator adalah relai differensial. Relai ini bekerja apabila terdapat perbedaan arus *Current Transformer* [CT] sisi primer dan sisi sekunder. Apabila gangguan terjadi di luar zona proteksi, relai tidak akan bekerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah R&D (Research and Development) yaitu metode penelitian dan pengembangan, metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keektifan produk tersebut. Telah dilakukan evaluasi terhadap setting relai differensial pada transformator daya 150kV, pada Gardu Induk Pondok Indah menggunakan *Protocol Communications Modbus*, dimana setting di lapangan dan dari hasil perhitungan dengan menggunakan relai differensial Micom 632 di dapat : untuk hasil perhitungan sebesar $Idiff = 0,39$ dan $Idiff\ max = 8,07$ sedangkan setting aktual di lapangan sebesar $Idiff = 0,3$ dan $Idiff\ max = 8$. Perbedaan nilai antara setting aktual dengan hasil perhitungan adalah sebesar $Idiff$ sebesar 30%, dan $Idiff\ max$ 0,87% masih berada dalam interval yang diizinkan. Setting dengan menggunakan protocol communications modbus mempunyai kelebihan antara lain mengurangi pengkabelan, pencarian masalah atau gangguan menjadi lebih mudah, mengurangi kemungkinan kesalahan human-error dalam proses konfigurasi bisa ditekan dan mudah untuk melakukan perubahan.

Kata Kunci – Relai, Differensial, Transformator, Modbus, CT.

PENDAHULUAN

Kehandalan sistem tenaga listrik untuk dapat menyalurkan listrik kepada konsumen mempunyai peranan yang sangat penting, kehandalan tenaga listrik dapat terlihat ketika terjadi gangguan yang dapat menyebabkan terganggunya penyaluran energi listrik ke konsumen, oleh karena itu sistem proteksi harus memenuhi persyaratan diantaranya: Sensitif, dapat diandalkan cepat dan selektif.

Transformator merupakan peralatan yang sangat vital dalam penyaluran energi listrik langsung ke konsumen baik konsumen tegangan tinggi, tegangan menengah maupun tegangan rendah (Dasman and Handayani 2017). Untuk menjaga keamanan pada transformator ini dapat dilakukan dengan memasang berbagai macam sistem pengaman, salah satunya adalah pengaman relai differensial (Willy BS, Pumomo 2020). Karena sangat pentingnya pengamanan transformator daya, maka relai differensial perlu dievaluasi, terutama terhadap angka penyetingannya (Liem Ek Bien 2007).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah R&D (Research and Development) yaitu metode penelitian dan pengembangan. Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keektifan produk tersebut (Sri Haryati 2012)(Anggoro 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Transformator

Pada perhitungan penulisan ini, peralatan yang digunakan adalah MICOM P632. Berikut adalah hasil perhitungan setting relai differensial untuk proteksi transformator daya 60MVA, Dalam perhitungan ini data yang diperoleh adalah data transformator yang terdapat pada Gardu Induk Pondok Indah yang digunakan untuk penyetingan relai differensial.

Tabel 1 Data Transformator PLN GI Pondok Indah :

Item	Unit	Deskripsi
Nomor Peralatan		Transformator Daya
Deskripsi Peralatan		Transformator untuk Distribusi
Tegangan Nominal	Kv	150 / 20
Daya Nominal	MVA	60
Impedansi	%	12.5
Arus Gangguan	Imaks / Inmaks	5.41
Jenis Tap		OLTC
CT Ratio pada lilitan HV	A	300 / 1
CT Ration sisi netral pada lilitan HV	A	300 / 1
CT Ratio pada lilitan LV	A	2000 / 5

2. Perhitungan Penyetingan Relai Differensial Secara Manual

Setting relai differensial MICOM P632 digunakan untuk proteksi transformator differensial. Objek utama yang dilindungi adalah transformator, dan setting aktual di lapangan telah di set aktif, Perhitungan setting rele differensial dengan menggunakan tegangan rata-rata pada kumparan 150 Kv dengan detail perhitungan sebagai berikut (Harsono 2014):

a. Perhitungan Tegangan Maksimum

Dikarenakan telah ditentukan besarnya persentase tapping posisi maksimum untuk transformator yang digunakan yaitu 10,5%.

$$\begin{aligned}
 U_{\max} &= U_n + (U_n \times OLTC_{\max}) \\
 &= 150kV + (150kV \times 0,105) = 165,75kV
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Tegangan Minimum

Untuk sementara itu untuk besarnya tapping posisi minimum untuk transformator yang digunakan, juga telah ditetapkan dari pabrikan transformator tersebut yaitu sebesar 7 %.

$$\begin{aligned}U_{\min} &= U_n - (U_n \times OLTC_{\min}) \\&= 150kV - (150kV \times 0,07) = 139,5kV\end{aligned}$$

c. Perhitungan Tegangan Nominal

$$\begin{aligned}U_n &= 2 \times \frac{U_{\max} \times U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \\&= 2 \times \frac{165,75 \times 139,5}{165,75 + 139,5} = 151,49kV\end{aligned}$$

d. Perhitungan Arus Nominal Rata - Rata

$$\begin{aligned}I_{n0} &= \frac{S_s}{\sqrt{3} \times U_n} \\&= \frac{60.000KVA}{\sqrt{3} \times 151,49KV} = 228,66A\end{aligned}$$

e. Perhitungan $F_{adaptasi}$ CT di sisi Primer Dan Sekunder

Untuk relai diferensial jenis MICOM P632 diperlukan persyaratan nominal CT (current transformer) yang memenuhi standar yaitu sebesar $0,2 < F_{adaptasi} < 4$ untuk itu dari data yang telah diperoleh di atas dapat dilakukan pengecekan apakah transformator telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

$$F_{adaptasi} = \frac{I_{nCT \text{ primer}}}{I_{nCT \text{ sekunder}}} \times \frac{\sqrt{3} \times U_n}{S_{n \text{ max}}} \times I_{\text{sekunder}}$$

Pada tabel data 1, transformator yang dijadikan acuan perhitungan menggunakan CT Ratio 300/1 pada sisi primer 2000/5 pada sisi sekunder, maka untuk pengecekan $F_{adaptasi}$ dapat diperoleh sebagai berikut :

$$F_{adaptasi \text{ primer}} = \frac{300}{1} \times \frac{\sqrt{3} \times 151,49KV}{60.000KVA} \times 1A = 1,31$$

$$F_{adaptasi \text{ sekunder}} = \frac{2000}{5} \times \frac{\sqrt{3} \times 20KV}{60.000KVA} \times 5A = 1,15$$

Dari perhitungan $F_{adaptasi \text{ primer}}$ adalah sebesar 1,31 $F_{adaptasi \text{ sekunder}}$ adalah sebesar 1,15 keduanya masih memenuhi persyaratan untuk $F_{adaptasi}$ rele diferensial jenis MICOM P632 yaitu

$$0,2 < F_{adaptasi} < 4$$

f. Perhitungan Penyetingan Pick Up Relai Differensial

$$\begin{aligned}
 I &= 0,3 \times I_n \\
 &= 0,3 \times 300 \quad (\text{Pada sisi primer}) \\
 &= 90 \text{ A}
 \end{aligned}$$

g. Perhitungan Aktual Penyetingan Relai Differensial

$$\begin{aligned}
 I_{diff} &= \frac{I}{I_{n0}} \\
 &= \frac{90 \text{ A}}{228,66 \text{ A}} = 0,39
 \end{aligned}$$

h. Perhitungan Ambang Batas Titik Tertinggi Arus Gangguan

$$\begin{aligned}
 I_{3\phi \max} &= \frac{1}{\% \text{impedansi}} \times \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V_n} \\
 &= \frac{1}{0,125} \times \frac{60.000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ KV}} = 1847,52 \text{ A}
 \end{aligned}$$

i. Perhitungan Penyetingan Tertinggi Maksimum Aktual Relai Differensial

$$\begin{aligned}
 I_{diff \max} &= \frac{I_{3\phi \max}}{I_{n0}} \\
 &= \frac{1847,52}{228,66} = 8,07
 \end{aligned}$$

3. Penyetingan Aktual Dengan Modbus Yang Terpasang

Dari data yang terdapat pada table 4.2 di bawah ini, diketahui beberapa parameter yang terdapat di lapangan yang menjadi bahan perhitungan yaitu :

- Nilai arus differensial pada alamat 72.145 adalah sebesar 0,3
- Nilai arus differensial maksimum pada alamat 72.146 adalah sebesar 8
- CT Ratio yang digunakan untuk CT1 300/1 dan CT2 2000/5

Tabel 2. Data Aktual Penyetingan Standar Micom P632 Di Gardu Pondok Indah Dengan Modbus.

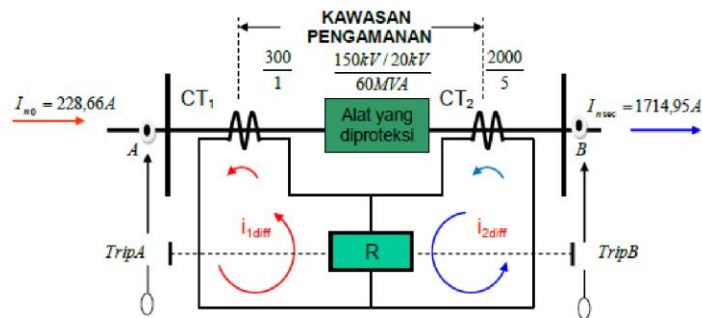
No	Setting Title	Setting Option	Default Setting	Comments
1	I-DIFF>	I/no	0,30 I/no	Pickup Value of Differential Current
2	I-DIFF>>	I/no	8, I/no	Pickup Value of High Set Trip

JENIS RELAI	TIPE	ADDRESS	GROUP	DESCRIPTION	ACTIVE VALUE
Differensial	MICOM P632	72.145	DIFF	Pickup Value of Differential Current	0,30 I/no
Trcto		72.146	DIFF	Pickup Value of High Set Trip	8, I/no

Pada hasil perhitungan yang telah dibahas sebelumnya, nilai-nilai yang diperoleh dapat disimulasikan ke dalam suatu sistem rangkaian listrik dalam dua kondisi yaitu sebagai berikut :

a. Pembuktian pada kondisi normal

Gambar 3 di bawah ini adalah pembuktian pada saat kondisi normal pada pengamanan transformator menggunakan relai differensial.



Gambar 3. Pembuktian pada kondisi normal

$$I_{nsec} = \frac{150kV}{20kV} \times 228,66A = 1714,95A$$

$$i_{1diff} = \frac{228,66A}{300A} = 0,762$$

$$i_{2diff} = \frac{1714,95A}{2000A} = 0,857$$

$$i_{1diff} = 0,762 \text{ dan } i_{2diff} = -0,857$$

$$i_{diff} = |i_{1diff} + i_{2diff}|$$

$$i_{diff} = |0,762 - 0,857| = 0,1$$

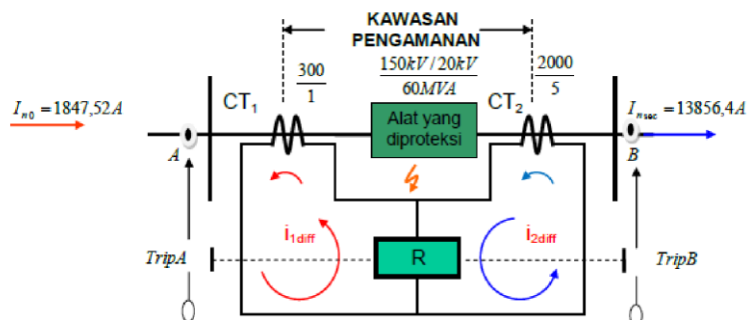
* (Karena arah yang ditunjukkan oleh tanda panah menghadap ke bawah maka nilai yang diperoleh bernilai negatif).

Relai tidak akan bekerja karena perbedaan arus yang terjadi hanya sebesar 0,1

kearah i_{2diff} sementara agar relai dapat berfungsi perbedaan arus minimum adalah 0,39 dari data perhitungan untuk nilai i_{diff} batas minimum.

b. Pada kondisi gangguan hubung singkat

Gambar 4 di bawah ini adalah pembuktian pada saat gangguan hubung singkat di daerah pengamanan pada pengamanan transformator menggunakan relai differensial.



Gambar 4. Pada kondisi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{secondary}} &= \frac{150\text{kV}}{20\text{kV}} \times 1847,52\text{A} = 13856,4\text{A} \\
 i_{1\text{diff}} &= \frac{1847,52\text{A}}{300\text{A}} = 6,15 \\
 i_{2\text{diff}} &= \frac{13856,4\text{A}}{2000\text{A}} = 6,92 \\
 i_{1\text{diff}} &= 6,15 \quad \text{dan} \quad i_{2\text{diff}} = -6,92 \\
 i_{\text{diff}} &= | i_{1\text{diff}} + i_{2\text{diff}} | \\
 i_{\text{diff}} &= | 6,15 - 6,92 | = 0,77
 \end{aligned}$$

* (Karena arah yang ditunjukkan oleh tanda panah menghadap ke bawah maka nilai yang diperoleh bernilai negatif).

Relai akan bekerja karena terdapat perbedaan arus sebesar 0,77 ke arah $i_{2\text{diff}}$, nilai tersebut telah melebihi dari nilai yang ditentukan pada hasil perhitungan untuk i_{diff} minimum adalah 0,39.

Dari penjabaran simulasi di atas dapat diketahui bahwa nilai parameter yang telah diperoleh pada hasil perhitungan, dapat juga dipergunakan untuk setting relai differensial yang telah terpasang di lapangan.

1. Analisa data seting rele differensial : Besar setting aktual adalah sebesar 150kV , sementara dari hasil perhitungan (aktual) didapat sebesar $151,49\text{ kV}$. Interval setting tersebut adalah sebesar $0,4.....800,0\text{ kV}$, maka besarnya yang didapat dari hasil perhitungan masih dapat digunakan.
2. Analisa data seting Arus relai differensial : Besar arus diferensial yang di setting secara aktual adalah sebesar $0,3\text{ I/I}_n0$, sedangkan dari hasil perhitungan diperoleh sebesar $0,39\text{ I/I}_n0$.
3. Analisa data setting arus maksimum relai differensial : Besar arus diferensial maksimum adalah sebesar $8, \text{ I/I}_n0$. Untuk besarnya seting pada aktual, sedang yang didapat dari hasil perhitungan adalah sebesar $8,07\text{ I/I}_n0$. Apabila melihat interval yang diizinkan adalah sebesar $0,5.....35,0\text{ I/I}_n0$, maka dari itu hasil perhitungan yang diperoleh pun dapat digunakan sebagai data aktual seting di lapangan.
4. Perbandingan seting aktual dan hasil Perhitungan, dari setting dilapangan dan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa perbedaan nilai seting sebagai berikut:

- b. Untuk setting arus differensial minimum I_{diffmin} :

$$\frac{U_{nP} - U_{nA}}{U_{nA}} = \frac{0,39 - 0,3}{0,3} \times 100\% = 30\%$$

- b. Untuk setting arus differensial maksimum I_{diffmax} :

$$\frac{U_{nP} - U_{nA}}{U_{nA}} = \frac{8,07 - 8}{8} \times 100\% = 0,87\%$$

Tabel 3. Perbandingan Aktual Menggunakan Modbus Dan Dengan Hitungan Manual :

No	Parameter	Hitungan	Aktual	Deviasi
1	Nilai Arus Differensial	0,39	0,3	30%
2	Nilai Arus Differensial Max	8,07	8	0,87 %

Nilai differensial yang didapat dari hasil perhitungan adalah 0,39, sedangkan nilai aktual yang terpasang sebesar 0,3, hal ini masih dapat digunakan sesuai interval relai differensial Micom P632, dan didapatkan deviasi sebesar 30%. Sedangkan untuk nilai arus differensial maximum yang didapat dari hasil perhitungan 8,07, sedangkan nilai aktual yang terpasang sebesar 8, hal ini juga masih memenuhi dari kriteria relai itu sendiri, dan deviasi yang didapatkan sebesar 0,87%. Parameter dari hasil perhitungan masih berada di dalam interval yang diizinkan untuk rele jenis MICOM P632.

SIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan antara lain: Nilai Minimum Dan Nilai Maksimum Seting Relai Differensial. Nilai arus differensial aktual adalah sebesar 0,3 sedangkan dari hasil perhitungan diperoleh sebesar 0,39. Perbedaan setting selisihnya 30%. Untuk nilai yang diperbolehkan pada hasil perhitungan masih dapat digunakan untuk penyetingan dilapangan dan juga masih terdapat dalam interval yang ditentukan yaitu sebesar 0,05.....3,00 I/In0. Nilai arus differensial maksimum aktual adalah 8, sedangkan dari hasil perhitungan diperoleh 8,07. Perbedaan setting selisihnya 0,87%. Untuk nilai yang diperbolehkan pada hasil perhitungan masih dapat digunakan untuk seting dilapangan dan juga masih terdapat dalam interval yang ditentukan yaitu sebesar 0,5.....35,0 I/In0.

BIBLIOGRAFI

- Anggoro, Bambang Sri. 2015. "Pengembangan Modul Matematika Dengan Strategi Problem Solvin Guntuk Mengukur Tingkat Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa." *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika* 6(2): 121–30.
- da Conceicao, Angelito, Wiwik Handajadi, and Gatot Santoso. 2018. "KOORDINASI SISTEM PENGAMAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV DI PT. PLN (PERSERO) APJ GEDONG KUNING YOGYAKARTA." *Jurnal Elektrikal* 5(1): 64–71.
- Dasman, Dasman, and Huria Handayani. 2017. "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Metode SAIDI Dan SAIFI Di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015." *Jurnal Teknik Elektro ITP* 6(2): 170–79.
- Harsono, Hendrawan Dwi. 2014. "Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relay Arus Lebih Pada Transformator Daya Di Gardu Induk Pedan Menggunakan ETAP." *Jurnal Elektrikal* 1(2): 45–59.
- Liem Ek Bien, Dita Helna. 2007. "STUDI PENYETELAN RELAI DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA." *JETri* 6(2).
- Rizki, Eko Nio. 2021. "Simulasi Modifikasi Konfigurasi Jaringan Spindel Menjadi Loop Tertutup Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Software ETAP." *Energi & Kelistrikan* 13(1): 33–39.
- Sri Haryati. 2012. "(R & D) Sebagai Salah Satu Model Penelitian Dalam." *Academia* 37(1): 13.
- Vijayan, Asha, and S Padma. 2013. "Maintaining Voltage Stability in Power System Using FACTS Devices." *International Journal of Engineering Science Invention* 2(2): 20–25.
- Wahid, Abdur Rahman, Ilmi Rizki Imaduddin, and Moh. Bachrudin. 2020. "Perancangan Trip Control Sistem Pada Kwh Meter Pascabayar Menggunakan Sms Gateway." *TESLA: Jurnal Teknik Elektro* 22(2): 192.
- Willy BS, Pumomo, and Erlina Erlina. 2020. "ANALISIS SETTING RELE DIFERENSIAL

PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GIS 150 KV JATIWARINGIN.”
[http://156.67.221.169/3113/1/SKRIPSI 201611290 ILHAM MAULANA.pdf](http://156.67.221.169/3113/1/SKRIPSI%201611290%20ILHAM%20MAULANA.pdf).