

Studi Pengamanan Transformator Daya 8000 kVA Dari Gangguan Arus Lebih Pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata

Muhammad Nafi¹⁾, Syukri^{2*)}

^{1,2)}Prodi Teknik Elektro, Universitas Iskandarmuda

Jl. Kampus Unida, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: syukrie0383@gmail.com

ABSTRACT

The need for electrical energy always increases from time to time along with the increasing needs of the population, which is followed by the development of the housing development sector. To ensure the continuity of the supply of electrical energy from the generator, it is necessary to have good distribution system equipment. For this reason, we need a protection system that can overcome overcurrent disturbances, namely overcurrent relays or known as over current relays (OCR). In the event of an overcurrent disturbance, the OCR will order a power breaker (PMT) so that the voltage that passes through the 8000 kVA power transformer can be tripped. The aim is to protect the 8000 kVA power transformer from damage and to ensure the transformer is resistant to maximum disturbance (2 seconds standard). As a result, the relay setting current on the secondary side is 76.923 A rounded off to 77 Ampere. This decision was taken so that the overcurrent relay does not trip, due to the inrush current from several power transformers that are already connected to the medium voltage distribution network (JDTM). Furthermore, the magnitude of the 3-phase short-circuits fault current that occurs in the 8000 kVA power transformer is 19.245 A, while the 2-phase short-circuit fault current is 52910.0529 A.

Keywords: Short Circuit Fault Current, Power Transformer, Overcurrent Relay, Coordination, OCR Setting

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik selalu bertambah dari waktu ke waktu seiring meningkatnya kebutuhan penduduk yang diikuti berkembangnya sektor pembangunan perumahan. Untuk menjamin kontinuitas suplai energi listrik dari pembangkit maka diperlukan peralatan sistem penyalur yang baik. Untuk itu diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat mengatasi gangguan arus lebih yaitu rele arus lebih atau dikenal dengan over current relay (OCR). Pada saat adanya gangguan arus lebih, maka OCR akan memerintahkan pemutus tenaga (PMT) agar tegangan yang melewati transformator daya 8000 kVA dapat di putuskan (trip). Tujuannya untuk menjaga transformator daya 8000 kVA dari kerusakan dan untuk menjamin transformator tahan terhadap gangguan maksimum (standar 2 detik). Hasilnya, arus setting rele pada sisi sekunder diperoleh sebesar 76,923 A di bulatkan menjadi 77 Ampere. Keputusan ini diambil agar rele arus lebih tidak sampai trip, akibat adanya arus inrush dari beberapa transformator daya yang sudah tersambung di jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM). Selanjutnya, besar arus gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA sebesar 19.245 A, sedangkan arus gangguan hubung singkat 2 fasa adalah 52910,0529 A.

Kata Kunci: Arus Gangguan Hubung Singkat, Transformator Daya, Rele Arus Lebih, Koordinasi, Setting OCR

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan penggunaan teknologi listrik di era Industri 4.0 semakin meningkat, terutama sekali menyangkut dengan tenaga listrik. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat banyak menggunakan peralatan rumah tangga dengan energi listrik. Energi listrik sangat besar manfaatnya bagi kelangsungan hidup manusia serta masyarakat pada umumnya. Oleh sebab itu, apabila tidak tersedianya energi listrik maka membuat segala kegiatan ataupun pekerjaan menjadi tidak efektif karena mengerjakannya masih mengandalkan tenaga manusia [1]. Untuk memaksimalkan penyaluran energi listrik dari pembangkit ke jaringan distribusi tegangan menengah sehingga dalam penyaluran energi listrik ke

pelanggan tidak terkendala. Maka dari itu perlu adanya pengamanan terhadap semua peralatan listrik salah satunya transformator daya [2][3].

Transformator merupakan peralatan listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh [4][5][6]

Transformator daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang bertugas untuk menaikkan tenaga atau daya listrik dari pembangkit dan kemudian disalurkan ke jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM) [6]. Hal yang paling penting didalam penyaluran tenaga listrik adalah kelancaran kelangsungan penyediaan tenaga listrik. Untuk itu diperlukan peralatan rele pengaman yang baik untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik dari kondisi tidak normal [7].

Hampir semua jenis gangguan yang ada pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris yang terjadi dari hubung singkat tidak simetris, dan gangguan tidak simetris melalui penghantar yang terbuka. Gangguan tidak simetris adalah gangguan dua fasa ke tanah. Salah satu peralatan pengaman yang dapat mengamankan transformator daya dari gangguan arus lebih adalah *over Current Relay* (OCR). OCR merupakan rele arus lebih yang digunakan sebagai proteksi cadangan lokal pada proteksi penghantar [8].

OCR juga digunakan sebagai pegaman dari gangguan fasa-fasa untuk penghantar listrik. OCR bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus lebih yang melebihi nilai pengamanan tertentu. Rele pengaman ini akan mendeteksi adanya gangguan atau keadaan operasi yang tidak normal pada sistem yang dapat mengakibatkan kerusakan atau mempengaruhi sistem operasi secara normal. Selanjutnya rele akan memberikan 2 isyarat kepada pemutus beban untuk melepaskan hubungan sistem tenaga listrik tersebut. Adanya rele pengaman ini diharapkan dapat mengurangi dan mencegah kerusakan peralatan akibat gangguan arus lebih [9].

Penelitian ini dilakukan studi tentang pengamanan transformator daya 8000 kVA akibat adanya gangguan arus lebih pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan Pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata. Adapun tahapan penelitian yaitu melakukan pengumpulan data awal, metode penelitian, hasil dan pembahasan serta kesimpulan.

A. Data Awal Penelitian

Hasil penelitian lapangan yaitu pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata, Adapun data-data yang dimaksud yaitu Spesifikasi Transformator pada tabel 1:

TABEL 1. DATA TRANSFORMATOR DAYA

Transformator	
Jenis Transformator	Step Up
Daya Pengenal	8000 KVA
Jumlah Fasa	3 Fasa
Pentanahan	Grounding Kubikel
Ferkuensi	50 Hz
Impedansi Ekuivalen	0,63 Ohm
Bahan Belitan Primer Sekunder	Kawat Email
Jenis Minyak	Mineral
Pendingin	Minyak Transformator
Kenaikan suhu belitan	55o K
Berat Minyak	2500 Kg
Berat Total	15.000 Kg
No. seri	TT. 850010-1
Tahun Pembutan	2010 – 2012

Rugi Tanpa Beban	210 W
Rugi Beban	1420 W
Standar	SPLN d3.002-1 2007
Konstruksi	Outdoor
Rasio CT	2000/5/A

TABEL 2. DATA PRIMER TRANSFORMATOR

Primer	
Tegangan Pengenal	6,3 KV (6300 V)
Arus Pengenal	2.389 A
Tid	125 KV

TABEL 3. DATA SEKUNDER TRANSFORMATOR

Sekunder	
Tegangan Pengenal	21 KV (21.000 V)
Arus Pengenal	144 A

TABEL 4. DATA RELE ARUS LEBIH (*OVER CURRENT*)

No	Over Current Reley	Keterangan
1	Merek	UNICART
2	Tipe	AS 311
3	Kurva	1,05
4	I Nominal	5 A
5	Time Delay	0,2 S
6	Rasio CT	500/5 A

B. Metode Pengambilan Data

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan pada daerah kerja PTPLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata yaitu dengan cara bertanya langsung dengan karyawan, kemudian mengambil data yang diperlukan. Data - data pelengkap yang diambil.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berdasarkan data primer dan data sekunder.

C. Metode Analisis

Pada metode analisis, Studi pengaman transformator besarnya GGL induksi dengan persamaan (4) dan (7) [10].

$$e_p = N_p \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Keterangan:

e_p = GGL induksi pada kumparan primer (V)

N_p = Jumlah belitan kumparan primer

d_ϕ = Perubahan garis-garis gaya magnet

dt = Perubahan waktu (detik)

1. Nilai reaktansi transformator

Mencari nilai ohm pada 100% untuk trafo pada 21 KV, yaitu dengan menggunakan persamaan (7) [10][11]:

$$X_t (\text{dalam } 100\%) = \frac{KV^2}{MV} \quad (2)$$

Keterangan :

X_t = Impendansi trafo tenaga(ohm).

KV^2 = Tegangan sisi sekunder (kV)

MVA = Kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

Arus beban penuh dengan persamaan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} x V} \quad (3)$$

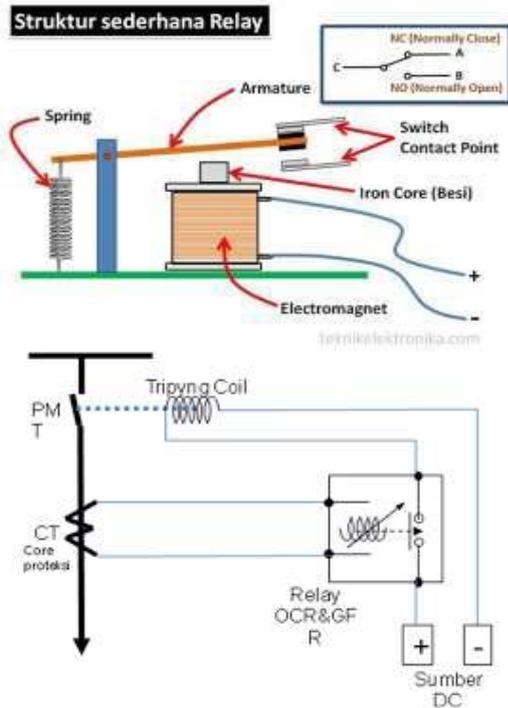
Setelan Rele:

$$I_{Nominal} = Kurva Rele \times FLA \quad (4)$$

$$I_{Sekunder} = I_{sekunder} \times Rasio CT \quad (5)$$

2. Prinsip kerja rele arus lebih

Rele arus lebih atau *over current relay* (OCR) bekerja berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan rele, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat ataupun beban lebih (*overload*) dan kemudian memberikan perintah trip ke PMT (Pemutus Tenaga) sesuai dengan karakteristik waktunya (nilai settingan) [9][12].



Gambar 1. Prinsip kerja OCR [9][12]

3. Gangguan hubung singkat

Semua gangguan hubung singkat di atas, arus gangguannya dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) [13].

$$I = \frac{V}{Z} \quad (6)$$

Keterangan:

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (Ampere)

V = Tegangan Sumber (Volt)

Z = Impedansi Jaringan titik gangguan (ohm)

Z untuk gangguan tiga fasa = Z_1

Z untuk gangguan dua fasa $Z_1 + Z_2$

Z satu fasa ke tanah $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

4. Arus gangguan hubung singkat 3 fasa

Menghitung besarnya arus hubung singkat 3 fasa dengan menggunakan persamaan (6) diatas maka arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan (8) [13][14]:

$$I_{3 fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1ek}} \quad (7)$$

Keterangan:

$I_{3 fasa}$ = Arus gangguan hubung singkat 3 fasa

V_{ph} = Tegangan fasa ke fasa

Z_{1ek} = Impedansi ekuivalen urutan positif

5. Arus gangguan hubung singkat 2 fasa

Menghitung besarnya arus hubung singkat 2 fasa dengan menggunakan persamaan (6) diatas maka arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan [13][14]:

$$I_{2 fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1ek} + Z_{2ek}}$$

Karena $Z_{1ek} = Z_{2ek}$, maka:

$$I_{2 fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2Z_{1ek}} \quad (8)$$

Keterangan:

$I_{2 fasa}$ = Arus gangguan hubung singkat 2 fasa

V_{ph-ph} = Tegangan fasa ke fasa

Z_{iek} = Impedansi urutan positif

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Pengamanan Transformator Daya 8000 kVA

Berdasarkan hasil penelitian pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata diketahui bahwa sistem pengamanan transformator daya dari gangguan arus lebih menggunakan OCR. Pada saat adanya gangguan arus lebih (*overload*) maka OCR akan melakukan perintah ke PMT (pemutus tenaga) agar tegangan yang melewati transformator daya 8000 KVA akan di putuskan (*trip*) yang bertujuan untuk menjaga transformator daya 8000 kVA dari kerusakan. OCR yang mana rele tersebut adalah sebagai rele pengaman pembantu yang ada di transformator daya 8000 kVA di PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata.

B. Menentukan Nilai Settingan OCR

Mencari arus beban penuh (*full load ampere*) adalah suatu kondisi ketika transformator dalam keadaan beban tertinggi. Maka dapat dilakukan perhitungan berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_{FL} = \frac{8000}{\sqrt{3} \times 6,3}$$

$$I_{FL} = \frac{8000}{10,92}$$

$$I_{FL} = 732.6007 \text{ A}$$

Untuk setelan rele yang terpasang dihitung berdasarkan arus beban penuh di kali dengan kurva rele yang dipakai dapat dihitung:

$$\begin{aligned} I_{Nominal} &= Kurva Rele \times FLA \\ &= 1,05 \times 732.6007 \\ &= 769,2307 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus setting rele pada sisi sekunder diperoleh dari perkalian arus nominal di kali perbandingan CT yang terpasang dapat dihitung:

$$\begin{aligned} I_{Set sekunder} &= 769.2307 \times \frac{500}{5} \\ &= 76,923 \text{ A dibulatkan} = 77 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

C. Menghitung Arus Gangguan 3 Fasa

Untuk menghitung besarnya arus gangguan tiga fasa dimana tegangan fasa – fasa $\frac{21000}{\sqrt{3}}$ yaitu:

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1ek}} = \frac{\frac{21000}{\sqrt{3}}}{Z_{1ek}} = \frac{12,125}{Z_{1ek}} A$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{3 \text{ fasa}} &= \frac{12,125}{0+j0,63} = \frac{12,125}{\sqrt{0^2+0,63^2}} \\ &= \frac{12,125}{\sqrt{0+0,3969}} \\ &= \frac{12,125}{\sqrt{0,3969}} \\ &= \frac{12,125}{0,63} \\ &= 19.245 A \end{aligned}$$

Jadi, arus gangguan hubung singkat tiga fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA adalah 19.245 A.

D. Menghitung Arus Gangguan Dua Fasa

Untuk menghitung besarnya arus gangguan tiga fasa dimana tegangan fasa – fasa $\frac{21000}{\sqrt{3}}$ yaitu:

Dan nilai arus gangguan hubung singkat sesuai lokasi gangguan dapat dihitung:

$$\begin{aligned} I_{2 \text{ fasa}} &= \frac{V_{ph-ph}}{2xZ_{1ek}} = \frac{21000}{2x(0+j0,63)} = \frac{21000}{2x(\sqrt{0^2+j0,63^2})} \\ &= \frac{21000}{2x\sqrt{0+0,3969}} \\ &= \frac{21000}{2x\sqrt{0,3969}} \\ &= \frac{21000}{2x0,63} \\ &= \frac{21000}{0,3969} \\ &= 52910,0529 A \end{aligned}$$

Jadi, arus gangguan hubung singkat dua fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA adalah 52910,0529 A.

E. Pembahasan

Pada saat terjadi gangguan arus lebih (*over current*) maka OCR akan melakukan perintah ke PMT (pemutus tenaga) agar tegangan yang melewati transformator daya 8000 kVA akan di putuskan (*trip*) yang bertujuan untuk menjaga transformator daya 8000 kVA dari kerusakan yang mana rele OCR tersebut adalah sebagai rele pengaman pembantu yang ada di transformator daya 8000 kVA di PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata. Pada OCR yang terpasang mempunyai rasio CT 500/5 Ampere, dan arus beban maksimum pada sisi primer tersebut sebesar rele arus lebih dengan karakteristik *Standard Inverse (Normaly Inverse)*, dengan settingan waktu kerja rele arus lebih (*over current relay*) pada sisi sekunder yang diperoleh dari perkalian

arus nominal di kali perbandingan CT yang terpasang adalah sebesar 76,923 A di bulatkan menjadi 77 Ampere.

Hal ini harus memperhatikan ketahanan transformator daya 8000 kVA terhadap besaran arus gangguan yang akan terjadi. Maka arus setting OCR untuk menjamin transformator daya 8000 kVA tahan terhadap gangguan maksimum (standar 2 detik). Keputusan ini diambil agar rele tidak sampai trip, akibat adanya arus inrush dari transformator-transformator daya yang sudah tersambung di jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM). Hasil perhitungan arus hubung singkat, maka dapat dilakukan penyetelan alat proteksi dan dapat dianalisa seberapa besar arus gangguan yang dapat terjadi sehingga dapat mengurangi terjadinya kerusakan. Jadi untuk hasil perhitungan besar arus gangguan 3 fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA sebesar 19.245 A, sedangkan arus gangguan 2 fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA yaitu 52910,0529 A.

IV. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisa penyetelan rele arus lebih pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut bahwa rele arus lebih (*Over current relay*) bekerja apabila terjadi gangguan yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat ataupun beban lebih (*overload*) dan kemudian memberikan perintah trip ke PMT (pemutus tenaga) sesuai dengan karakteristik waktunya. Setting rele arus lebih pada transformator daya 8000 kVA adalah sebesar 76,923 A di bulatkan menjadi 77 Ampere. Besar arus gangguan 3 fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA sebesar 19.245 A, sedangkan arus gangguan 2 fasa yang terjadi pada transformator daya 8000 kVA adalah 52910,0529 A.

REFERENSI

- [1] A. Srinaldi, Muliadi, Syukri, M. R. Azmi, and Husaini, "Proteksi Jaringan Transmisi Saluran Udara dengan Menggunakan Relay Jarak," *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 6–11, 2021.
- [2] M. Afrianda, "Analisa Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Gardu Induk Paya Pasir (PT. PLN Persero)," *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2019.
- [3] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [4] A. I. T. Yahja Igrisa, Yasin Mohamad, "Analisis Perkiraan Umur Trafo Tenaga 150 kV di GI Isimu," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 101–108, 2021.
- [5] A. Tanjung, "Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 292–299, 2015.
- [6] Z. H. Aslimeri, Ganefri, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik*, no. 2. Jakarta, 2008.
- [7] Dasman and H. Handayani, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode SAIDI dan SAIFI di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, pp. 170–179, 2017, doi: 10.21063/jte.2017.3133623.
- [8] J. M. Siburian, T. Siahaan, and J. Sinaga, "Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru, 2020.
- [9] M. Farzinfar, M. Jazaeri, and F. Razavi, "A new approach for optimal coordination of distance and directional over-current relays using multiple embedded crossover PSO," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 61, pp. 620–628, 2014.
- [10] Susi Irmalawati, P. 2014. Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Rele Arus Lebih Pada Transformator Daya. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- [11] R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duanaputri, "Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo," *Jurnal Teknik Elektro (ELTEK) Politeknik Negeri Malang*, vol. 17, no. 2, pp. 69, 2019, doi: 10.33795/eltk.v17i2.161.

- [12] S. Samsurizal and B. Hadinoto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede," *Jurnal Kajian Ilmu Dan Teknologi (KILAT)*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020.
- [13] M. Sanusi, "Analisa proteksi rele jarak pada saluran udarategangan tinggi 150 kv gardu induk rembang baru ke gardu induk pati universitas muhammadiyah surakarta," *E-Jurnal Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2017.
- [14] M. Aqil Haikal, M. R. Djalal, ' Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetris (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 KV Sulawesi Selatan), *Converence. Universitas Darul Ulum Jombang, Volume 1. 2014.*