

Evaluasi Koordinasi Sistem Proteksi Transformator 30 MVA di PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Keramasan

Tri Ardianto¹, Abdul Azis², Perawati³

^{1,2,3}Universitas PGRI Palembang

Triardianto18@gmail.com¹, Azis@univpgri-palembang.ac.id², perawati80@univpgri-palembang.ac.id³

Received 30 Januari 2021 | Revised 17 Maret 2022 | Accepted 18 Maret 2022

ABSTRAK

Proses penyaluran energi listrik dari pembangkitan hingga sampai ke konsumen akan melalui sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik terdiri dari 3 bagian yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Sistem distribusi adalah sistem yang sering mengalami gangguan pada sistem tenaga listrik. Langkah untuk memutuskan gangguan yang terjadi pada sistem tersebut maka diperlukan sebuah koordinasi antara *circuit breaker* (CB) dan relai yang disebut sebagai sistem proteksi. Apabila arus kerja bertambah melampaui batas aman yang telah ditentukan dan tidak ada proteksi atau jika proteksi tersebut tidak efektif, maka keadaan sistem tenaga listrik akan menjadi tidak normal dan akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gangguan arus lebih terletak pada gangguan satu fasa ke tanah pada transformator.

Kata kunci: Koordinasi, Sistem Proteksi, Transformator

The process of distributing electrical energy from generation to consumers will go through the electric power system. The electric power system consists of 3 parts, namely generation, transmission, and distribution. The distribution system is a system that often experiences disturbances in the electric power system. The step to decide the disturbance that occurs in the system requires a coordination between the circuit breaker (CB) and the relay which is called the protection system. If the working current increases beyond a predetermined safe limit and there is no protection or if the protection is not effective, then the state of the electric power system will become abnormal and will result in damage to the insulation. The results of this study indicate that the overcurrent fault lies in the single phase to ground fault on the transformer.

Keywords: Coordination, Protection System, Transformer

I. PENDAHULUAN

Energi listrik yang dibangkitkan di pusat pembangkitan. Setelah dibangkitkan maka selanjutnya energi listrik disalurkan ke konsumen melalui sistem tenaga listrik. Kenyataannya sistem distribusi adalah sistem yang sering mengalami gangguan. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau gangguan yang melalui impedansi. Istilah gangguan identik disebut dengan hubung singkat, yang merupakan suatu hubungan tidak normal pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda (Gusti Putu Arka, 2016). Langkah utama untuk mengatasi adanya gangguan hubung singkat yaitu menggunakan relai arus lebih dan relai gangguan tanah.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi studi literatur. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data transformator dan yang lainnya, kemudian dilanjutkan dengan spesifikasi relai *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (Priyono, 2011), (GFR) (Dermawan, 2017).

A. Pengolahan Data

1). Karakteristik gardu induk

Pada gardu induk keramasan ini terdiri dari 4 unit transformator yang digunakan tetapi pada penelitian ini hanya akan membahas dan di analisis 1 transformator dengan kapasitas 30 MVA.

2). Teknik analisis data

Gangguan hubung singkat ini dihitung berdasarkan panjang 0%, 25%, 50%, 100% dari total panjangnya penyulang (Affandi, 2009).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dan penyetelan arus dan TMS pada OCR dan GFR serta di analisis keduanya.

A. Perhitungan arus gangguan hubung singkat

1). Menghitung impedansi sumber

Data hubung singkat di sistem tenaga listrik pada sisi primer (70 kV) di Gardu Induk Keramasan Palembang adalah sebesar 866 Ampere. Maka untuk impedansi sumber (X_s) adalah:

$$X_s = \frac{(kv(\text{sisi primer}))^2}{MVA} = \frac{(70KV)^2}{866} = 5,658199 \text{ Ohm}$$

Selanjutnya, untuk mengetahui Impedansi di sisi sekunder pada sistem tenaga listrik, yaitu di bus 20kv adalah:

$$X_s = \frac{(kv \text{ sisi sekunder trafo})^2}{Kv (\text{sisi primer trafo})^2} = \frac{(20)^2}{(70)^2} = \frac{400}{4900} = 0,801633 \text{ Ohm}$$

2). Menghitung reaktansi trafo

Besarnya reaktansi transformator di Gardu Induk Keramasan Palembang adalah:

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{30} = \frac{400}{30} = 13,33333$$

Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$) pada transformator

$$X_t = 12,26\% \times 13,3333 \\ = 1,634933 \text{ Ohm}$$

Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Karena transformator daya yang mensuplai penyulang Jawa mempunyai hubungan Ynd5 yang tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besarnya X_{t0} berkisar antara 9 s.d. 14 (SPLN, 1995). X_{t1} dalam perhitungan ini diambil dari nilai X_{t0} yaitu lebih kurang 12% . X_{t1} .

Jadi $X_{t0} = 12\% \cdot 1,634933 = 0,196192 \text{ Ohm}$.

3). Menghitung impedansi penyulang

Urutan positif dan negatif.

$$(0\%) = Z_{p2} (0\%) = 0\% \times l_p \times Z_{p1} = 0\% \times 0,72 \times (0,2162 + j 0,3305) = 0\% \times (0,155664 + j0,23796) = 0 \text{ Ohm}$$

$$(25\%) = Z_{p2} (25\%) = 25\% \times l_p \times Z_{p1} = 25\% \times 0,72 \times (0,2162 + j 0,3305) = 0,25 \times (0,155664 + j0,23796) = 0,039 + j0,059 \text{ Ohm}$$

$$(50\%) = Z_{p2} (50\%) = 50\% \times l_p \times Z_{p1} = 50\% \times 0,72 \times (0,2162 + j 0,3305) = 0,5 \times (0,155664 + j0,23796) = 0,078 + j0,119 \text{ Ohm}$$

$$(75\%) = Z_{p2} (75\%) = 75\% \times l_p \times Z_{p1} = 75\% \times 0,72 \times (0,2162 + j 0,3305) = 0,75 \times (0,155664 + j0,23796) = 0,117 + j0,178 \text{ Ohm}$$

$$(100\%) = Z_{p2} (100\%) = 100\% \times l_p \times Z_{p1} = 100\% \times 0,72 \times (0,2162 + j 0,3305) = 1 \times (0,155664 + j0,23796) = 0,155664 + j0,23796 \text{ Ohm}$$

Urutan nol

$$(0\%) = 0\% \times l_p \times Z_{p1} = 0\% \times 0,72 \times (0,3631 + j 1,618) = 0 \times (0,261432 + j1,16496) = 0 \text{ Ohm}$$

$$(25\%) = Z_{p2} (25\%) = 25\% \times l_p \times Z_{p1} = 25\% \times 0,72 \times (0,3631 + j 1,618) = 0,25 \times (0,261432 + j1,16496) = 0,065 + j0,291 \text{ Ohm}$$

$$(50\%) = Z_{p2} (50\%) = 50\% \times l_p \times Z_{p1} = 50\% \times 0,72 \times (0,3631 + j 1,618) = 0,5 \times (0,261432 + j1,16496) = 0,131 + j0,582 \text{ Ohm}$$

$$(75\%) = Z_{p2} (75\%) = 75\% \times I_p \times Z_{p1} = 75\% \times 0,72 \times (0,3631 + j 1,618) = 0,75 \times (0,261432 + J1,16496) = 0,196 + J0,874 \text{ Ohm}$$

$$(100\%) = Z_{p2} (100\%) = 100\% \times I_p \times Z_{p1} = 100\% \times 0,72 \times (0,3631 + j 1,618) = 1 \times (0,261432 + J1,16496) = 0,261432 + J1,16496 \text{ Ohm}$$

4). Menghitung impedansi ekuivalen jaringan.

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{p1} + jX_s + jX_{T1}$$

$$(0\%) = Z_{p2} (0\%) = Z_{p1} (0\%) + jX_s + jX_{T1} = 0 + J1,717 = J1,717 \text{ Ohm}$$

$$(25\%) = Z_{p2} (0\%) = Z_{p1} (25\%) + jX_s + jX_{T1} = 0,039 + J0,059 + J1,717 = 0,039 + J1,776 \text{ Ohm}$$

$$(50\%) = Z_{p2} (0\%) = Z_{p1} (50\%) + jX_s + jX_{T1} = 0,078 + J0,119 + J1,717 = 0,078 + 1,836 \text{ Ohm}_1$$

$$(75\%) = Z_{p2} (0\%) = Z_{p1} (75\%) + jX_s + jX_{T1} = 0,117 + J0,178 + J1,717 = 0,117 + J1,895 \text{ Ohm}$$

$$(100\%) = Z_{p2} (0\%) = Z_{p1} (100\%) + jX_s + jX_{T1} = 0,1556 + J0,238 + J1,717 = 0,156 + J1,955 \text{ Ohm}$$

Kemudian impedansi ekuivalen jaringan urutan nol (Z_{0eq}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Z_{0 \text{ eki}} = Z_{t0} + 3 \text{ RN} + Z_0 \text{ penyulang}$$

$$Z_{0 \text{ eki}} = jX_{T0} + 3 \text{ RN} + Z_{p0} \text{ penyulang}$$

$$Z_{0 \text{ eki}} = J0,196 + 3 \times 12 + Z_0 \text{ penyulang}$$

$$Z_{0 \text{ eki}} = J0,196 + 36 + Z_0 \text{ penyulang}$$

Dengan demikian nilai impedansi ekuivalen jaringan urutan nol (Z_{0eq}) untuk lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % dari panjang penyulang adalah:

$$(0\%) = Z_{p0} (0\%) + jX_{T0} + 3 \text{ RN} = 36 + J0,196 + 0 = 36 + J0,196 \text{ Ohm}$$

$$(25\%) = Z_{p0} (25\%) + jX_{T0} + 3 \text{ RN} = 36 + J0,196 + 0,065 + J0,291 = 36,065 + J0,487 \text{ Ohm}$$

$$(50\%) = Z_{p0} (50\%) + jX_{T0} + 3 \text{ RN} = 36 + J0,196 + 0,131 + J0,582 = 36,131 + J0,779 \text{ Ohm}$$

$$(75\%) = Z_{p0} (75\%) + jX_{T0} + 3 \text{ RN} = 36 + J0,196 + 0,196 + J0,874 = 36,196 + J1,070 \text{ Ohm}$$

$$(100\%) = Z_{p0} (100\%) + jX_{T0} + 3 \text{ RN} = 36 + J0,196 + 0,261 + J1,165 = 36,261 + J1,361 \text{ Ohm}$$

5). Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dengan jarak 0% dari Panjang penyulang adalah:

$$I_{\text{fasa}(0\%)} = \frac{34641,016}{2X_{z2eg} + Z_{0eg}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{3461,016}{(2*(0+J1,717))+(36+J0,196)} \\ &= \frac{3461,016}{34641,016} \\ &= \frac{(2*(0+J1,717))+(36+J0,196)}{34641,016} \\ &= \frac{(36+J3,629)}{34641,016} \\ &= \frac{\sqrt{(36)^2+(3,629)^2}}{34641,016} \\ &= \frac{\sqrt{1296+13,17199}}{34641,016} \\ &= \frac{1309,172}{34641,016} \\ &= \frac{36,1248}{34641,016} \\ &= 957,397 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat digunakan untuk penyetelan OCR dan GFR sehingga dapat di buat suatu perbandingan arus gangguan terhadap titik gangguan lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam % dari total panjang penyulang seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Lokasi Gangguan (% Panjang)	Jarak (km)	Arus Hubung Singkat (A)
0	0	957,397 Ampere
25	2,225	953,325 Ampere
50	4,45	948,448 Ampere
75	6,675	943,513 Ampere
100	0,72	938,524 Ampere

6). Pemeriksaan Waktu Kerja Relay gangguan 1fasa ketanah

Tabel 2. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih waktu (detik)
0	2,182	0,884	1,443
25	2,224	0,886	1,445
50	2,283	0,888	1,448
75	2,351	0,890	1,451
100	2,426	0,892	1,454

7). Perbandingan hasil perhitungan dengan data di lapangan

Tabel 3. Hasil Perhitungan dan Data di Lapangan Relay Incoming (PLN, Data Setelan Relay Pengahantar, Transformator dan Penyulang, 2012)

Relay Incoming	Setting OCR dan GFR	
OCR	TMS	0,744277328
	Rasio CT	1000/5
	T	2,327 detik
	Iset (primer)	909,327 A
	Iset (sekunder)	4,54663 Ampere
GFR	TMS	1,622 detik
	Rasio CT	1000/5
	T	2,327 detik
	Iset (primer)	75,082 A
	Iset (sekunder)	0,37 A

Tabel 4. Hasil Perhitungan Dengan Data di Lapangan Relay Penyulang (PLN, 2015)

Relay Penyulang	Setting OCR dan GFR	
OCR	TMS	0,30037 detik
	Rasio CT	300/5
	T	0,884 detik
	Iset (primer)	275,52 A
	Iset (sekunder)	1,3776 A
GFR	TMS	0,89118 detik
	Rasio CT	300/5
	T	0,884 detik
	Iset (primer)	75,082 A
	Iset (sekunder)	0,469 A

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1). KESIMPULAN

Hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat diambil kesimpulannya yaitu:

1. Besar gangguan arus lebih satu fasa ke tanah pada Transformator di panjang penyulang 0% = 957,397 Ampere, 25% = 953,325 Ampere, 50% = 948,448 Ampere, 75% = 943,513 Ampere, dan 100% = 938,524 Ampere.
2. *Setting* waktu relai arus lebih *Setting* OCR di sisi Penyulang jawa adalah TMS = 0,30037 detik, $I_{set (primer)} = 275,52$ A, $I_{set (sekunder)} = 1,3776$ A.
3. *Setting* GFR di sisi Penyulang jawa adalah TMS = 0,89118 detik, $I_{set (primer)} = 75,082$ A, $I_{set (sekunder)} = 0,469$ A. *Setting* OCR di sisi *incoming* Penyulang jawa adalah TMS = 0,744277328 detik, $I_{set (primer)} = 909,327$ A, $I_{set (sekunder)} = 4,54663$ Ampere.
4. *Setting* GFR di sisi *incoming* Penyulang jawa adalah TMS = 1,622 detik, $I_{set (primer)} = 75,082$ A, $I_{set (sekunder)} = 0,37$ A.
5. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat di pengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya, dan sebaliknya.
6. Rata-rata waktu kerja *Relay Incoming* selama 2,336 detik, rata-rata waktu kerja Relay Penyulang 0,888 detik. Dari hasil yang didapatkan maka telah memenuhi standar relay PLN selama 2,53 detik, tetapi belum memenuhi standard penentuan *grading time* antar peralatan proteksi berdasarkan IEC 60255 yaitu sebesar 0,3 – 0,5 detik.

2). SARAN

Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menerapkan sistem proteksi transformator 30 MVA terhadap besar arus gangguan 2 fasa dan arus gangguan 3 fasa pada gardu guna mendapatkan perhitungan dan perbandingan yang lebih akurat serta penyempurnaan dari hasil penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, I. (2009). *Analisis Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa*. Depok: Program Studi Teknik Elektro Kekhususan Elektro Fakultas Teknik Univeristas Indonesia.
- Dermawan, E. (2017). Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. *Jurnal Elektum*.
- Gusti Putu Arka, N. M. (2016). Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 kV Dengan Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) . *Jurnal Logic*, 46-52.
- PLN. (2012). *Data Setelan Relay Penghantar, Transformator dan Penyulang*. Palembang: UPT Palembang Bagian Pemeliharaan.
- PLN. (2015). *Perhitungan Setting Relai Proteksi Gardu Induk*.
- Priyono, S. (2011). Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA di Gardu Induk 150 KV Krapyak. *Jurnal Undip*.
- SPLN. (1995). *Impedansi Kawat Penghantar, Tahanan (R) dan reaktansi (XL) penghantar AAC tegangan 20 Kv*. Jakarta: Perusahaan Listrik Negara.