

KOORDINASI SISTEM PROTEKSI TRAFU DISTRIBUSI 20 KV (STUDI LAPANGAN PT. PLN PERSERO UNIT LAMONGAN)

Rohmat Syaifuddin¹, Zainal Abidin², Affan Bachri³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Teknik, Universitas Islam Lamongan

Jln. Veteran No.53 A Lamongan

Telp. (0322) 324706

E-mail: ahmetrasta.rs@gmail.com¹, inal9474@gmail.com², avanbe@gmail.com³

ABSTRACT

Electricity distribution systems that use aerial or ground wires often experience various disturbances. Disturbances that often occur are symmetry disturbances or asymmetric disturbances which can be in the form of a short circuit of one phase to the ground, between phases or the breakup of one or more. To determine the magnitude of the fault current is needed transformer distribution system analysis to determine the disturbances that will occur. The transformer which is the main equipment in a GI must be considered to get the right current and safety circuit. Designing an appropriate transformer setting is an effort to protect equipment, systems and consumer needs from interference that may occur in the distribution system. Calculation of the fault current and the magnitude of the transformer nominal current will be used as an important reference in determining the transformer setting in the distribution of voltage to consumers. From the results of these calculations, it can be concluded that the relay feeder performance time is slower than the relay time in the calculation. The data in the field is still in a suitable condition (the difference is not too far away), so that the overall OCR - GFR settings in the field are still in good condition.

Keywords: Disturbances, Transformer, Settings, OCR-GFR

1. PENDAHULUAN

Sistem Tenaga Listrik terdiri dari beberapa sub sistem, yaitu Pembangkitan, Transmisi, dan Distribusi. Tenaga listrik disalurkan ke masyarakat melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi merupakan bagian jaringan listrik yang paling dekat dengan masyarakat. Jaringan distribusi dikelompokkan menjadi dua, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV, 6 kV. Pada saat ini, tegangan distribusi primer yang cenderung dikembangkan oleh PLN adalah 20 kV. Tegangan pada jaringan distribusi primer diturunkan oleh gardu distribusi menjadi tegangan rendah yang besarnya adalah 380/220 V, dan disalurkan kembali melalui jaringan tegangan rendah kepada konsumen. Pada operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebarkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen, atau suatu elemen untuk berkerja sesuai dengan fungsinya.

Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan distribusi hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedasi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standart ANSI/IEEE Std. 100-1992. Hubung singkat merupakan suatu hubung abnormal (termasuk busur api) pada implemetasi yang relative rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensi yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Mengatasi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat sehingga sistem proteksi yang tepat pada Sistem Tenaga Listrik dapat ditentukan. Analisis hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik.

Sistem proteksi memegang peranan penting dalam kelangsungan dan keamanan terhadap penyaluran daya listrik. Pengamanan pada jaringan transmisi perlu mendapat perhatian yang serius dalam setiap perencanaannya. Sistem transmisi memiliki parameter-parameter dan keadaan sistem yang berubah secara terus menerus, sehingga strategi pengamanannya harus disesuaikan dengan perubahan dinamis dalam hal desain dan pengaturan peralatannya. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kemungkinan

kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan, misalnya gangguan dari alam atau akibat rusaknya peralatan secara tiba-tiba, melokalisir daerah-daerah sistem yang mengalami gangguan sekecil mungkin, dan mengusakan secepat mungkin untuk mengatasi gangguan yang terjadi di daerah tersebut, sehingga stabilitas sistemnya dapat terpelihara, dan juga untuk mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Maka, dalam hal tersebut kita harus memperhatikan pada mesin listrik. Mesin listrik itu sendiri juga masih terbagi menjadi dua bagian, yaitu mesin listrik statis dan mesin listrik dinamis. Mesin listrik statis adalah transformator, alat untuk mentransfer energi listrik dari sisi primer ke sekunder dengan perubahan tegangan pada frekuensi yang sama. Mesin listrik dinamis terdiri atas motor listrik dan generator. Hal tersebut, penulis mempunyai keinginan untuk meneliti secara mendalam terkait dengan sistem proteksi pada trafo 20 kV di gardu Induk PT. PLN (Persero) Unit Lamongan sebagai tugas akhir perkuliahan.

Berdasarkan uraian dalam latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

- Bagaimana koordinasi sistem proteksi distribusi 20 kV di PT. PLN (persero) Lamongan ?
- Bagaimana sistem proteksi gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi 20 kV ?

2. METODE

Dalam melakukan penelitian ini penulis menggunakan beberapa metodologi penelitian seperti yang dijelaskan dibawah ini :

Metode Observasi

Metode observasi dimaksudkan untuk mengadakan pengamatan terhadap subjek yang akan diteliti, yaitu tentang sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN persero unit Lamongan. Dalam hal ini penulis hanya mengadakan observasi dan penelitiannya melalui pengambilan data.

Metode Wawancara

Metode wawancara atau interview dilakukan dengan tanya jawab, yang dimaksud untuk memperoleh data-data yang perlu diperlukan dalam penelitian ini baik dari operator maupun tenaga ahli yang dalam hal ini sistem distribusi tenaga listrik.

Metode Literatur

Metode literatur atau dokumenter dimaksudkan untuk mendapat dan mencari data-data atau bahan dalam penelitian, yang didapat dari buku-buku, artikel-artikel, modul-modul yang ada di perpustakaan dan literatur-literatur lain baik dari pembimbing penulisan/ dosen pembimbing.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang saya lakukan demi menunjang penelitian yang saya lakukan adalah dengan sistem survey /melihat atau terjun langsung

kelapangan, analisa/meneliti alat atau benda yang dipermasalahkan, mencari refrensi dan mewawancarai berbagai macam sumber.

Teknik Analisis Data

Teknis analisis data yang saya lakukan adalah mensurvei, analisa dan mencari refrensi serta mewawancarai berbagai sumber dari situlah maka hasil penelitian akan tampak. Analisis data mencakup seluruh kegiatan mengklasifikasikan, menganalisa, memaknai dan menarik kesimpulan dari semua data yang terkumpul. Oleh karena itu perlu menggunakan dasar pemikiran untuk menentukan pilihan-pilihan teknik analisis data yang akan digunakan.

Persamaan Rumus

Contoh perhitungan arus trafo 3 phase dengan kapasitas 200 kVA, dengan tegangan 20 kV / 400 Volt dan tegangan hubung singkat 6 %.

Berapa arus nominal primer / sekunder dan arus hubung singkat bila terjadi hubung singkat di panel.

Contoh penyelesaian :

$P = 20 \text{ kVA} = 200.000 \text{ VA}$, $V_1 = 20 \text{ kV} = 20.000 \text{ volt}$,
 $V_2 = 400 \text{ volt}$ dan $Z = 6 \%$

$$I_1 = \frac{200.000}{400 \times \sqrt{3}} = 5,77 \text{ Amp (Arus Nominal Primer)}$$

$$I_2 = \frac{200.000}{400 \times \sqrt{3}} = 288,7 \text{ amp (Arus Nominal Sekunder)}$$

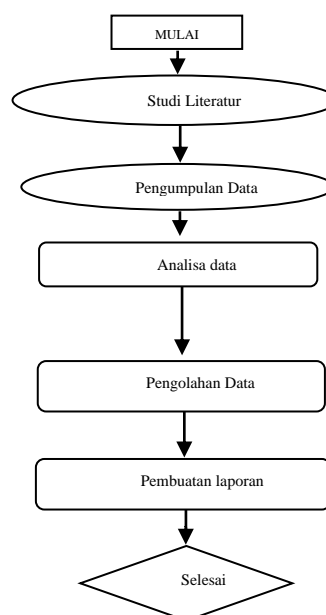
$$Z_{\text{sek}} = \frac{KV^2}{MVA} \times Z = \frac{0,4^2}{0,2} \times 6\% = 0,048 \text{ Ohm}$$

$$I'' = \frac{400/V^3}{0,048} =$$

4.811 Amp (Arus Hubung 3 Phase Pada Panel) atau

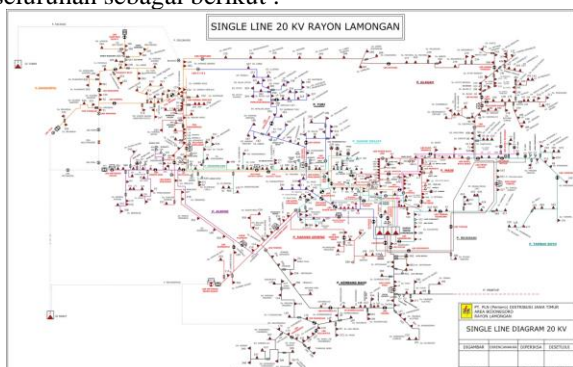
$$I'' = I_2 \times \frac{100}{Z} = 288.7 \times \frac{100}{6} = 4.811 \text{ Amp}$$

3.5 Flowcart



3. PEMBAHASAN Profil Gardu Distribusi Lamongan

Kemudian mencari data Single Line dari PT. PLN (Persero) Lamongan, data Single Line keseluruhan sebagai berikut :



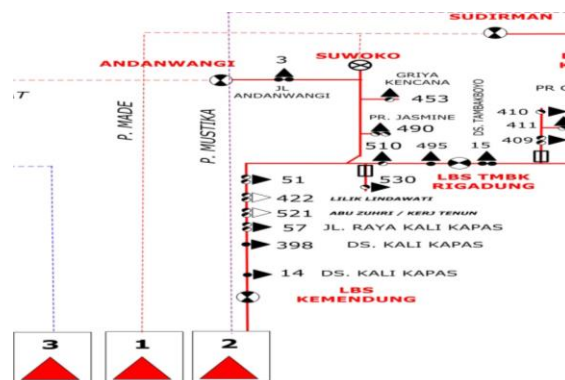
Gambar 1 Single Line Keseluruhan Di PT. PLN (persero) Lamongan

Deskripsi Lokasi Penelitian

PT. PLN (Persero) Lamongan beralamat di Jalan Veteran Kecamatan Lamongan Jawa Timur, Area pelayanan PT. PLN (Persero) kota Lamongan. Adapun beberapa desa yang menjadi wilayah pelayanan Rayon Lamongan wilayah yaitu :

- a. Desa Kali Lapas
- b. Desa Simbatan
- c. Desa Canggih
- d. Desa Tambak Boyo
- e. Desa Deket Kulon
- f. Desa Deket Wetan
- g. Desa Rejo Sari
- h. Desa Pandan Pancur
- i. Desa Srirande/Sisipan
- j. Desa Nginjen
- k. Desa Ploso Boden
- l. Desa Pandanan
- m. Desa Tumapel
- n. Desa Beru
- o. Desa Sumber Rejo
- p. Desa Mejuwet
- q. Desa Sugih Waras
- r. Desa Dinoyo
- s. Desa Babat Agung
- t. Desa Rejo Tengah

Dalam penelitian ini mengacu pada Desa Tambak Boyo. Koordinasi sistem proteksi distribusi di PT. PLN (persero) Lamongan wilayah Tambak Boyo adalah seperti tampil pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Single Line Lbs Tambak Rigadung

Dalam penelitian ini gangguan pada LBS Tambak Rigadung 20 KV dengan kapasitas Trafo 25 – 250 Kva.

Arus gangguan hubung singkat dihitung dengan menggunakan rumus HUKUM OHM yaitu :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

I = Arus yang mengalir pada Impedansi Z (AMP)

V = Tegangan sumber (VOLT)

Z = Impedansi jaringan yaitu nilai ekivalen dari seluruh impedansi di dalam jaringan mulai dari sumber tegangan sampai ke titik gangguan (OHM)

$$X_s = \frac{KV^2}{MVA}$$

$$X_s = \frac{11.6}{20^2}$$

$$X_s = \frac{400}{11.6}$$

$$X_s = 34,48 \text{ ohm}$$

Adapun penelitian di gardu distribusi Lamongan terdapat tiga jenis trafo tenaga dengan tegangan kerja 150/20 kV dimana masing-masing trafo berkapasitas 60 MVA. Karena pada trafo dua memasuk 5 penyulang, maka diperlukan penyetelan relay yang baik agar relay dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus gangguan hubungan singkat maupun beban lebih. Adapun data-data yang diperlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut :

- Merk = SINTRA
- Daya = 50 MVA
- Tegangan = 150/20 kV
- Impedansi (Z%) = 12,15%
- Teg Primer = 150 kV
- Teg Sekunder = 20 kV
- Ratio CT Trafo = 2000/5
- Arus Nominal Trafo = 1443,4
- Hub. Belitan Trafo = Yyn0(d11)
- Grund Resistor = 14 Ohm

Data hubung singkat di bus sisi primer (150kV) di gardu distribusi adalah sebesar 2.586 MVA. Maka impedansi sumber (Xs) adalah:

$$s (sisi 150kV) = \frac{150^2}{20}, h$$

Untuk mengetahui impedansi di sisi sekunder yaitu di bus sisi 20 kV maka:

$$s \text{ (sisi } 150kV) = \frac{20^2}{150^2}, 0,155 \text{ h}$$

Besarnya reaktansi trafo tenaga satu di gardu distribusi adalah 12,13%, agar dapat mengetahui besarnya nilai reaktansi urutan positif, negatif dan reaktansi urutan nol dalam ohm, maka perlu dihitung dulu besar nilai ohm pada 100% nya.

Besarnya nilai ohm pada 100% yaitu:

$$t \text{ (pada } 100\%) = \frac{kV \text{ (sisi us } 2)^2}{VA \text{ trafo}}$$

$$t \text{ (pada } 100\%) = \frac{20^2}{50} \text{ h}$$

Nilai reaktansi trafo tenaga:

➤ Reaktansi urutan positif, negatif ($X_{t1} = X_{t2}$) $X_t = 12,15\% \cdot 8 = 0,972 \text{ Ohm}$

➤ Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Karena trafo daya yang mensuplai penyulang mempunyai hubungan Y_{nyn0} yang tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besarnya X_{t0} berkisar antara 9 s.d 14. X_{t1} , dalam perhitungan ini diambil nilai X_{t0} lebih kurang 10. X_{t1} . Jadi $X_{t0} = 10 \cdot 0,972 = 9,72 \text{ Ohm}$.

Dari data yang diperoleh bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang hanya menggunakan satu tipe kabel yaitu XLPE 210 mm².

Panjang penyulang = 5,309 km, dengan panjang penghantar XLPE 210 mm² = 5,309. $Z_1 = Z_2$ (XLPE 210) = $(0,118 + j0,095) \Omega/km \times 5,309 = 0,624 = j0, 504 \text{ Ohm}$. Z_0 (XLPE 210) = $(0,255 + j0,024) \Omega / km \times 5,309 = 1,354 = j0,127 \text{ Ohm}$.

Dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_1 dan Z_2)
0	$0\% \cdot (0,624 + j0, 504) = 0 \text{ Ohm}$
25	$25\% \cdot (0,624 + j0, 504) = 0,156 + j0,126 \text{ Ohm}$
50	$50\% \cdot (0,624 + j0, 504) = 0,312 + j0,252 \text{ Ohm}$
75	$75\% \cdot (0,624 + j0, 504) = 0,468 + j0,378 \text{ Ohm}$
100	$100\% \cdot (0,624 + j0, 504) = 0,624 + j0,504 \text{ Ohm}$

Tabel 2 Impedansi Penyulang Urutan Nol

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_0)
0	$0\% \cdot (1,354 + j0, 127) = 0 \text{ Ohm}$
25	$25\% \cdot (1,354 + j0, 127) = 0,339 + j0,032 \text{ Ohm}$
50	$50\% \cdot (1,354 + j0, 127) = 0,677 + j0,064 \text{ Ohm}$
75	$75\% \cdot (1,354 + j0, 127) = 1,016 + j0,095 \text{ Ohm}$
100	$100\% \cdot (1,354 + j0, 127) = 1,354 + j0,127 \text{ Ohm}$

Rumus perhitungan impedansi Ekuivalen jaringan yaitu Z_{1eq} dan Z_{2eq} :

Z_{1eq} dan $Z_{2eq} = Z_iS$ (sisi 20kV) + Z_iT + Z_1 penyulang

$$= j0, 155 + j0,972 + Z_1 \text{ penyulang}$$

$$= j1,127 + Z_1 \text{ penyulang}$$

Karena lokasi gangguan diasumsikan terjadi pada 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, maka Z_{1eq} (Z_{2eq}) yang didapat adalah:

Tabel 3 Impedansi Ekuivalen Z_{1eq} (Z_{2eq})

(% Panjang)	Impedansi Z_{1eq} (Z_{2eq})
0	$0 + j1,127 \text{ Ohm}$
25	$0,156 + j1,253 \text{ Ohm}$
50	$0,312 + j1,379 \text{ Ohm}$
75	$0,468 + j1,505 \text{ Ohm}$
100	$0,624 + j1,631 \text{ Ohm}$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$Z_{0eq} = Z_{ot} + 3RN + Z_0 \text{ penyulang}$$

$$= j9,72 + 3 \times 14 + Z_0 \text{ penyulang}$$

$$= j9,72 + 42 + Z_0 \text{ penyulang}$$

Untuk lokasi gangguan di 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, maka perhitungan Z_{0eq} menghasilkan:

Tabel 4 Impedansi Ekuivalen Z_{0eq}

(% Panjang)	Impedansi Z_{0eq}
0	$42 + j9,72 \text{ Ohm}$
25	$42,339 + j9,752 \text{ Ohm}$
50	$42,677 + j9,784 \text{ Ohm}$
75	$42,016 + j9,815 \text{ Ohm}$
100	$42,354 + j9,847 \text{ Ohm}$

Impedansi ekuivalen yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung arus hubung singkat menggunakan persamaan-persamaan (2), (3), (4). Hasil perhitungan disajikan pada tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 5 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

(%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa
0	0	10245,79	8873,11	793,18
25	1,327	9215,51	7980,94	780,6
50	2,665	8373,56	7758,34	768,42
75	3,982	7672,64	6645,39	756,6
100	5,309	7080,1	6132,77	745,15

Untuk setelan relay arus lebih penyulang yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum. Untuk relay inverse bisa diset sebesar 1,05 sampai dengan 1,1 x I_{maks} , sedangkan relay definite diset sebesar 1,2 sampai dengan 1,3 x I_{maks} .

Persyaratan lain yang harus dipenuhi yaitu untuk penyetelan waktu minimum dari relay arus lebih (terutama dipenyulang tidak lebih kecil dari 0,3 detik). Keputusan ini diambil agar relay tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari trafo-

trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada saat PMT penyulang tersebut dimasukan.

Untuk setelan arus beban perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I \text{ beban} &= 381,26 \text{ Ampere, CT} = 400/5 \text{ A} \\ I \text{ set (primer)} &= 1,05 \times I \text{ beban} \\ &= 1,05 \times 381,26 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Nilai arus tersebut merupakan nilai setelan pada sisi primer, sedangkan nilai yang akan disetkan pada relay adalah nilai sekundernya. Oleh karena itu dihitung menggunakan nilai rasio trafo arus yang terpasang pada penyulang. Besarnya arus pada sisi sekundernya adalah :

$$\begin{aligned} I \text{ set (sekunder)} &= I \text{ set (primer)} \times \frac{1}{\text{rasioCT}} \text{ A} \\ &= 400,32 \times \frac{5}{400} \text{ A} \\ &= 5,004 \text{ A} \\ &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya setting TMS relay OCR sisi penyulang 20 kV transformator tenaga yaitu arus gangguan hubungan singkat tiga fasa di 0% panjang penyulang. Waktu kerja paling hiller yang ditetapkan $t = 0.3$ detik.

Keputusan ini diambil agar relay tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari trafo-trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada saat PMT penyulang tersebut dimasukan. Jadi didapat :

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02} - 1} \\ 0,3 &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{10245}{400,32}\right)^{0,02} - 1} \\ T_{ms} &= 0,144 \end{aligned}$$

Setelan relay arus lebih incoming setelan aru nominal trafo pada sisi 20 kV:

$$\begin{aligned} I_n \text{ (sisi 20 kV)} &= \frac{kV \cdot A}{\frac{kV \cdot \sqrt{3}}{50000}} \\ &= \frac{20 \cdot \sqrt{3}}{20 \cdot \sqrt{3}} \\ &= 1443,38 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I \text{ set primer} &= 1,05 \cdot I \text{ beban} \\ &= 1,05 \cdot 1443,38 \text{ Ampere} \\ &= 1515,55 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Nilai setelan pada sisi sekunder :

$$\begin{aligned} I \text{ set (sekunder)} &= I \text{ set (primer)} \times \frac{1}{\text{RatioCT}} \text{ A} \\ &= 1515,55 \times \frac{5}{2000} \text{ A} \\ &= 3,789 \text{ A} \\ &= 4 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk perhiitungan setelan TMS (*Time multiplier Setting*) Incoming sebagai berikut:

$$T \text{ incoming} = (0,3 + 0,4) = 0,7 \text{ detik}$$

Jadi didapa

$$T \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$T \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{10245}{1515,55}\right)^{0,02} - 1}$$

$$T_{ms} = 0,195$$

Setelan arus gangguan tanah di penyulang diset 10% arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini dilakukan untuk menampung tahanan busur. I set (primer) = 0,1 x 745

$$= 74,5 \text{ Ampere}$$

$$\begin{aligned} I \text{ set (sekunder)} &= I \text{ set (primer)} \times \frac{1}{\text{RatioCT}} \text{ A} \\ &= 74,5 \times \frac{5}{400} \text{ A} \\ &= 0,93 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multipler Setting*)

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02} - 1} \\ 0,3 &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{3,1}{4,5}\right)^{0,02} - 1} \\ T_{ms} &= 0,104 \end{aligned}$$

Setelan arus relay gangguan tanah di incoming 20 kV harus lebih sensitif, hal ini berfungsi sebagai cadangan bagi relay di penyulang 20 kV dibuat 8% x arus gangguan tanah terkecil.

$$\begin{aligned} I \text{ set (primer)} &= 0,08 \times 745 \\ &= 59,6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I \text{ set (sekunder)} &= I \text{ set (primer)} \times \frac{1}{\text{RatioCT}} \text{ A} \\ &= 59,6 \times \frac{5}{2000} \text{ A} \\ &= 0,149 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multipler Setting*) $t \text{ incoming} = (0,3 + 0,4) = 0,7$ detik. Jadi didapatkan :

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02} - 1} \\ 0,3 &= \frac{0,14 Ts}{\left(\frac{3,1}{5}\right)^{0,02} - 1} \\ T_{ms} &= 0,27 \end{aligned}$$

Tabel 6 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay untuk Gangguan 3 fasa

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,701	0,301	0,4
25%	0,743	0,311	0,432
50%	0,785	0,322	0,463
75%	0,828	0,331	0,497
100%	0,872	0,341	0,531

Tabel 7 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay untuk Gangguan 2 fasa

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,759	0,315	0,444
25%	0,808	0,327	0,481
50%	0,822	0,33	0,492
75%	0,91	0,348	0,562
100%	0,963	0,359	0,604

Tabel 8 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay untuk Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Lokasi Gangguan (% panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,711	0,301	0,410
25%	0,716	0,303	0,413
50%	0,721	0,305	0,416
75%	0,725	0,307	0,418
100%	0,729	0,309	0,420

Perbandingan hasil perhitungan dengan kondisi eksisting. Tabel 8 menunjukkan setting relay arus lebih hasil perhitung dengan kondisi eksisting.

Tabel 9 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Kondisi Eksisting

No	Nama Relay	Data hasil perhitungan	Data yang Terpasang di Lapangan
1	OCR (sisi incomin g)	TMS = 0,144	TMS = 0,16
		Rasio CT = 400/5 A T = 0,3 detik	Rasio CT = 2000/5 A T = 0,7 detik
2	GFR (sisi incomin g)	TMS = 0,195	TMS = 0,26
		Rasio CT = 2000/5 A T = 0,3 detik	Rasio CT = 2000/5 A T = 0,69 detik
3	OCR (sisi penyula ng)	TMS = 0,104	TMS = 0,16
		Rasio CT = 400/5 A T = 0,4 detik	Rasio CT = 300/5 A T = 0,30 detik
4	GFR (sisi penyula ng)	TMS = 0,27	TMS = 0,19
		Rasio CT = 2000/5 A T = 0,7 detik	Rasio CT = 2000/5 A T = 0,29 detik

Dari Tabel 9 tentang perbandingan hasil perhitungan dengan kondisi eksisting dapat dijelaskan bahwa dari data relay OCR incoming yang telah dihitung menghasilkan T = 0,3 detik dan pada keadaan terpasang dilapangan T = 0,7 detik, pada relay GFR incoming T = 0,3 detik dan pada keadaan terpasang T = 0,69 detik. Data relay OCR penyulang yang telah dihitung menghasilkan T = 0,3 detik dan pada keadaan terpasang dilapangan T = 0,7 detik, pada relay GFR penyulang T = 0,7 detik dan pada keadaan terpasang T = 0,29 detik. Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu kinerja relay penyulang lebih lambat dibandingkan dengan waktu relay dalam perhitungan dan data dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai (perbedaanya tidak terlalu jauh), sehingga keseluruhan setting OCR – GFR yang ada dilapangan masih dalam kondisi baik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) unit Lamongan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu kinerja relay penyulang lebih lambat dibandingkan dengan waktu relay dalam perhitungan.
- Data dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai (perbedaanya tidak terlalu jauh),

sehingga keseluruhan setting OCR – GFR yang ada dilapangan masih dalam kondisi baik.

Dengan adanya analisis koordinasi sistem proteksi trafo distribusi di PT. PLN Unit Lamongan ini diharapkan ada peningkatan kualitas dan penurunan permasalahan/gangguan yang terjadi bukan hanya di trafo distribusi namun juga pada jalur distribusi sehingga kinerja yang dihasilkan bisa handal dan efektif. Analisis ini dapat juga dikembangkan untuk dilakukan untuk analisis di trafo distribusi PT. PLN unit kota lainnya.

PUSTAKA

- Ade Wahyu Hidayat, Herri Gusmedi, Lukmanul Hakim, *Dikpride* Despa. 2013.” *Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung*” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Badaruddin, Budi Wirawan. 2014.” *Setting Koordinasi Over Current Relay pada Trafo 60 MVA 150/20 Kv dan Penyulang 20 KV*” Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Eka Setya Laksana.2007.” *Analisis Koordinasi Sistem Pengaman Incoming dan Penyulang Transformator 3 di GI Sukolilo Surabaya*”Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Kampus ITS Sukolilo Surabaya.
- <https://ugmmagatrika.wordpress.com/2014/04/26/pe-mbagan-jaringan-distribusi-dan-sistem-proteksinya/>.
- <http://desijayantr.blogspot.co.uk/2012/06/jurnal-koordinasi-relay-proteksi-pada.html>.
- <http://sardest.blogspot.co.uk/2012/06/proteksi-sistem-tenaga-listrik.html>.
- <http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2008/12/sistem-distribusi-tenaga-listrik.html>.
- <http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/2SistemDistribusi.pdf>.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., Berry, L.L., 1985, *A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research*. Journal of Marketing, 49. ,Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro FTI ITP Padang.
- Rize Taufiq Ramadhan. 2014.” *Studi Koordinasi Sistem Pengaman Penyulang Trafo Iv Di Gardu Induk Waru*” Kementerian Pendidikan Nasional Universitas BrawijayaFakultas Teknik Malang.
- Zulkarnaini, Mohammad Iqbal. 2015.” *Perhitungan Koordinasi Relay Proteksi Ocr / Gfr Dengan Menggunakan Software Mathcad Pada Trafo Daya Unit Ii 20 Mva Gi Salak*” Dosen Jurusan Teknik Elektro FTI ITP Padang