

**KOORDINASI SETTING OCR DAN DGR PADA PENYULANG 20 KV GARDU
INDUK KUPANG****Aji Riyanto*¹, Hadi Tasmono², Reza Sarwo Widagdo³**^{1,2,3}Universitas 17 Agustus 1945 Surabayae-mail: ¹iyanaji11@gmail.com, ²haditasmono@untag-sby.ac.id,
³rezaswidagdo@untag-sby.ac.id**Abstract**

In 2022, transformer 1 GI Kupang experienced disruptions nine times on the feeder side. Therefore, a good coordination of protection is needed to avoid unnecessary power outages. One of the protection systems used is Over Current Relay (OCR) and Directional Ground Relay (DGR). This study discusses the coordination of OCR and DGR settings for the feeders in transformer 1 GI Kupang. From calculations, the highest $I_{hs\ 3\phi}$ on all feeders is 11,607.56 A, while the lowest $I_{hs\ 1\phi}$ is 25.2 - 25.1 A. $I_{set\ primer}$ setting OCR is 128.1 A feeder M Duryat, 141.75 A feeder Trunojoyo, 108.15 A feeder Pasar Kembang, 97.65 A feeder Tegalsari, and 39.9 A feeder Kedongdong. $I_{instant\ primer}$ setting OCR is 3149.18 A for all feeders. The OCR TMS setting is 0.202 feeder M Duryat, 0.197 feeder Trunojoyo, 0.21 feeder Pasar Kembang, 0.215 feeder Tegalsari, and 0.257 feeder Kedongdong. The instant time delay is 0.3 seconds on the feeder side. The DGR current setting on the feeder side is 12 A with TMS 0.206. Simulation conducted using ETAP 19.0.1 software shows that the performance of the OCR and DGR relays is accurate, and the relays coordinate effectively within their protection zones.

Keywords — Coordination, DGR, Feeder, OCR, Protection Relay,

Abstrak

Pada tahun 2022 transformator 1 GI kupang telah mengalami gangguan sebanyak 9 kali pada sisi penyulang. Oleh karena itu, pada sistem proteksi dibutuhkan koordinasi relai yang baik agar tidak terjadi padam yang tidak dibutuhkan. Salah satu sistem proteksinya adalah Over Current Relay (OCR) dan Directional Ground Relay (DGR). Untuk itu penelitian ini membahas mengenai koordinasi setting OCR dan DGR pada penyulang di transformator 1 GI Kupang. Dari hasil perhitungan $I_{hs\ 3\phi}$ terbesar pada semua penyulang sebesar 11.607,56 A dan $I_{hs\ 1\phi}$ terkecil senilai 25,2 – 25,1 A. Setelan $I_{set\ primer}$ OCR sebesar 128,1 A penyulang M Duryat, 141,75 A penyulang Trunojoyo, 108,15 A penyulang Pasar Kembang, 97,65 A penyulang Tegalsari, 39,9 A penyulang Kedongdong. Setelehan $I_{instant\ primer}$ OCR sebesar 3149,18 A pada semua penyulang. Dengan setelan TMS OCR sebesar 0,202 penyulang M Duryat, 0,197 penyulang Trunojoyo, 0,21 penyulang Pasar Kembang, 0,215 penyulang Tegalsari, dan 0,257 penyulang Kedongdong. Dengan waktu instant selama 0,3 detik pada sisi penyulang. Dan setelan arus DGR pada sisi penyulang sebesar 12 A dengan TMS 0,206. Pada simulasi menggunakan software ETAP 19.0.1. kinerja relay OCR dan DGR sudah benar dan relay saling berkoordinasi sesuai dengan daerah proteksinya.

Kata kunci — DGR, Koordinasi, OCR, Penyulang, Relai Proteksi,

Pendahuluan

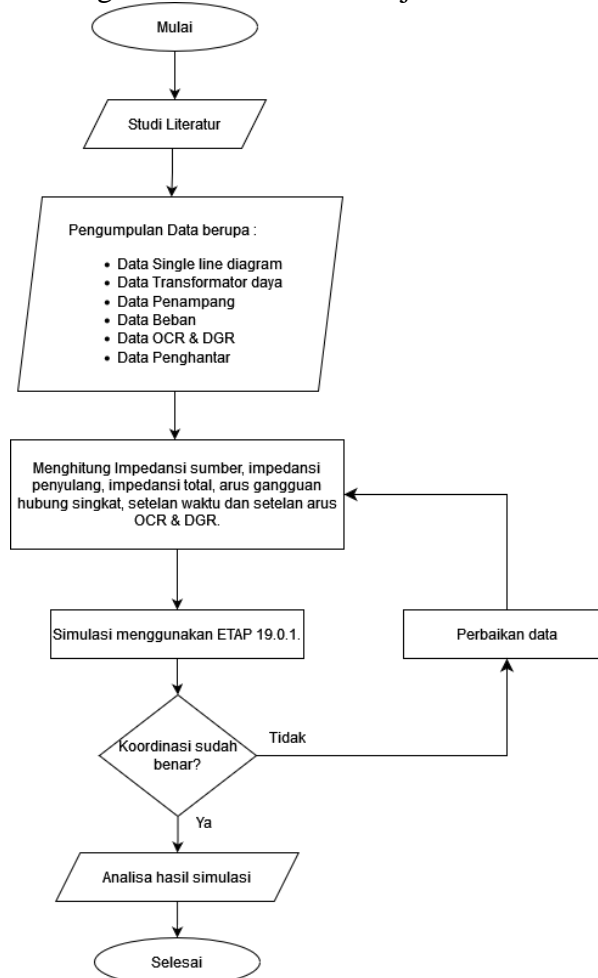
Jaringan distribusi yaitu saluran akhir yang menyalurkan listrik dari jaringan transmisi menuju ke beban pelanggan, oleh karena itu dibutuhkan sistem pengamanan yang handal agar penyaluran listrik secara terus-menerus dapat melayani kebutuhan energi listrik (Aras Widya Pratama et al., 2021). Transformator 1 GI Kupang adalah salah satu transformator berkapasitas 60 MVA yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) untuk mentransformasikan tegangan dari sistem transmisi (150 kV) menjadi tegangan distribusi (20 kV) yang akan disalurkan di beberapa penyulang. Pada tahun 2022 transformator 1 GI Kupang telah mengalami gangguan sebanyak 9 kali pada sisi penyulang. Oleh karena itu dibutuhkan koordinasi proteksi yang baik agar tidak terjadi padam yang tidak dibutuhkan. Untuk itu penelitian ini meneliti mengenai koordinasi dan penyetelan *OCR* dan *DGR* pada penyulang di transformator 1 GI Kupang. Penting untuk melakukan koordinasi antara pengamanan pada *recloser* atau *PMT* penyulang, dengan tujuan untuk melindungi penyulang yang lain agar tidak terjadi pemadaman yang tidak diperlukan. Oleh karena itu, penyetelan yang tepat pada relay sangat diperlukan agar relay dapat melindungi peralatan listrik lainnya dari gangguan hubung singkat maupun *overload*.

Pentingnya keandalan dan selektivitas dalam sistem proteksi untuk mengatasi gangguan yang dapat merusak peralatan listrik lainnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Fahmi Kadarisman, S. Suratno, dan I.G.P. Arka (Arka & Mudiana, 2016; Kadarisman & Tasmono, 2022; Suratno et al., 2021). Membahas tentang koordinasi *OCR* pada penyulang 20 kV dengan incoming transformator daya, lalu disimulasikan menggunakan *software ETAP 12.6.0*. untuk menguji koordinasi relay. Dari hasil penelitian tersebut jika terdapat gangguan di penyulang maka relay penyulang akan trip dan relay *incoming* juga trip sebagai pengamanan cadangan. Akan tetapi koordinasi tersebut masih kurang handal dikarenakan jika terjadi gangguan di penyulang maka relay yang bekerja hanya relay penyulang saja. Jika terjadi trip di incoming, penyulang lain akan padam. Oleh sebab itu penelitian ini membahas tentang koordinasi relay pada penyulang yang hanya memproteksi daerah proteksinya, agar jika terjadi gangguan di penyulang, maka relay penyulang itu yang akan trip, dan relay lain tidak merasakan adanya arus gangguan yang terjadi pada penyulang tersebut. Hal ini diperlukan untuk meningkatkan keandalan dalam sistem distribusi.

Dalam penelitian ini, peneliti dapat menyusun beberapa sumber referensi yang akan digunakan dalam analisis mengenai pengaturan *Over Current Relay (OCR)* dan *Dirrectional Ground Relay (DGR)* pada penyulang. Lokasi dilakukannya pada penelitian ini di Gardu Induk Kupang dan unit layanan dan distribusi UP3 Surabaya Utara. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membahas bagaimana penggunaan *OCR* dan *DGR* dapat mencegah terjadinya kegagalan proteksi pada penyulang sekaligus berkoordinasi antar relay supaya tidak terjadi padam yang tidak dibutuhkan.

Metode Penelitian

Metode penelitian merujuk pada perencanaan yang dilakukan untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data dalam sebuah studi atau investigasi. Penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif dimana metode ini melalui langkah-langkah yang sistematis untuk mengolah data tersebut menjadi sebuah kesimpulan.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Gambar 1. Merupakan *flowchart* pada penyusunan penelitian ini yang dibutuhkan untuk mencapai kesimpulan akhir, dimulai dari studi literatur, pengambilan data, perhitungan, simulasi, sampai analisa hasil simulasi.

Relay Proteksi

Relay proteksi terdiri dari sekelompok perangkat yang dirancang untuk mendeteksi atau mengukur gangguan. Tugasnya adalah memberikan perintah secara otomatis untuk trip PMT yang berguna untuk memisahkan perangkat atau jalur sistem proteksi yang terkena gangguan (Suratno et al., 2021).

Fungsi utama relay proteksi adalah mendeteksi gangguan dengan melakukan pengukuran atau perbandingan berbagai parameter seperti arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, impedansi, dll (Firmansyah et al., 2022). Parameter-parameter ini dibandingkan dengan nilai-nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu, relay proteksi akan membuat keputusan untuk membuka pemutus tenaga dengan segera atau

dengan penundaan tertentu. Diantara berbagai jenis relai proteksi yang umum digunakan adalah *Over Current Relay (OCR)* dan *Directional Ground Relay (DGR)*.

Arus Gangguan Hubung Singkat

Arus gangguan hubung singkat merupakan kondisi kabel penghantar bersentuhan dengan kabel penghantar lain atau dengan tanah (Syah & Haryudo, 2021). Dalam kondisi ini, besaran nilai akibat adanya gangguan akan dihitung. Gangguan hubung singkat bisa diartikan menjadi gangguan yang terjadi karena penurunan isolasi dasar antar kawat fasa, atau antar kawat fasa dan tanah, yang mengakibatkan peningkatan arus berlebih, juga dikenal sebagai gangguan arus lebih (Arka & Mudiana, 2016).

A. Impedansi

Sebelum menghitung arus gangguan, dibutuhkan nilai impedansi terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Impedansi sumber

$$Z_s(\Omega) = \frac{(\text{Tegangan dasar, } kV_{L-L})^2}{MVA_{hs}} \quad (1)$$

Dimana:

Z_s = impedansi sumber

MVA_{hs} = arus hubung singkat transformator.

- Impedansi transformator daya

$$Z_{1T} = Z_{2T} \quad (2)$$

$$Z_{0T} = 3 \times Z_{1T} \quad (3)$$

Dimana:

Z_1 = urutan positif impedansi transformator

Z_2 = urutan negatif impedansi transformator

Z_0 = urutan nol impedansi transformator

- Impedansi penyulang

$$Z_{1p} = Z_{2p} = R_1 \times jX_1 \times L \quad (4)$$

$$Z_{0p} = R_0 \times jX_0 \times L \quad (5)$$

Dimana:

Z_{1p} = urutan positif impedansi penyulang

Z_{2p} = urutan negatif impedansi penyulang

Z_{0p} = urutan nol impedansi penyulang

L = panjang penyulang

- Impedansi total

$$Z_{1total} = Z_{2total} = Z_s + Z_{1T} + Z_{1p} \quad (6)$$

$$Z_{0total} = Z_{0T} + 3Z_n + Z_{0p} \quad (7)$$

$$Z_n = \frac{R_0}{Z_{dasar}} \quad (8)$$

Dimana:

Z_{1total} = urutan positif impedansi total

Z_{2total} = urutan negatif impedansi total

Z_{0total} = urutan nol impedansi total

Z_n = impedansi pentanahan

B. Arus Gangguan Hubung Singkat

Setelah menghitung impedansi selanjutnya menghitung arus gangguannya menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Arus gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{hs} = \frac{E_\alpha}{Z_1 + Z_f} \quad (9)$$

- Arus gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_{hs} = \frac{E_\alpha}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (10)$$

- Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_{hs} = \frac{E_\alpha}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + Z_f} \quad (11)$$

Dimana:

I_{hs} = arus hubung singkat

Z_1 = urutan positif impedansi total (pu)

Z_2 = urutan negatif impedansi total (pu)

Z_0 = urutan nol impedansi total (pu)

Z_f = impedansi *short circuit*

E_α = tegangan dasar.

Over Current Relay (OCR)

OCR adalah perangkat proteksi yang berfungsi untuk mendeteksi arus lebih, baik akibat gangguan hubung singkat maupun *overload* yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dalam sistem tenaga yang dilindungi. *OCR* berperan sebagai perangkat proteksi utama atau cadangan (Saputro & Winardi, 2019). *OCR* diharuskan mampu bekerja sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan sebelumnya. Kemampuan *OCR* dalam mendeteksi arus gangguan bergantung pada transformator arus. Selanjutnya, *OCR* dapat memberikan perintah pada *PMT* untuk melakukan trip sesuai dengan pengaturan yang dibutuhkan. Menurut standar inggris, perhitungan seting arus adalah 1,05 sampai 1,3

dikali arus puncak (*IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems - IEEE Std 242-2001, n.d.*).

$$I_{set\ primer} = 1,05\ s/d\ 1,3 \times I_{max}(A) \quad (12)$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \frac{1}{n_{CT}} \quad (13)$$

Untuk menghitung waktu tripnya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right]^{-1}}{\beta} \times t \quad (14)$$

$$t = \frac{\beta}{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right]^{-1}} \quad (15)$$

Dimana:

I_{max} = arus puncak

t = waktu yang disetel ke relai

TMS = setelan standar waktu

I_f = arus gangguan paling besar

I_{set} = arus penyetelan relai.

Dirrectional Ground Relay (DGR)

Relay gangguan tanah, atau *DGR (Directional Ground Relay)*, bekerja dengan prinsip yang serupa dengan *OCR*, tetapi terdapat perbedaan dalam penggunaannya. Jika relay *OCR* mendeteksi adanya hubung singkat antar fasa, sedangkan *DGR* mendeteksi adanya hubung singkat fasa ke tanah beserta arahnya (Maulana Idham et al., 2022). Ketika terjadi gangguan satu fasa ke tanah pada sisi pelanggan yang terhubung dengan beberapa penyulang, analisis dapat dilakukan dengan cepat menggunakan relay *DGR* karena relay ini disertai dengan arah. Untuk menghitung setelan arus *DGR* maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_{set\ primer} = 0,06\ s/d\ 0,12 \times I_f \quad (16)$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \frac{1}{n_{CT}} \quad (17)$$

Untuk menghitung waktu tripnya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right]^{-1}}{\beta} \times t \quad (18)$$

$$t = \frac{\beta}{\left[\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha\right]^{-1}} \quad (19)$$

Dimana:

t = waktu yang disetel ke relai

TMS = setelan standar waktu

I_f = arus gangguan ketanah paling kecil

I_{set} = arus penyetelan relai

Hasil dan Pembahasan

Impedansi

- Impedansi dasar

Nilai impedansi dasar berpacu pada tegangan di sisi sekundernya. Impedansi dasar didapatkan dari hasil pembagian antar tegangan dengan kapasitas transformator.

$$Z_{dasar} = \frac{(kV_{L-L})^2}{MVA_{3\phi}} = \frac{(22)^2}{60} = 8,06\Omega$$

- Impedansi Sumber

Menurut data yang diperoleh dari UP3 Surabaya Utara diperoleh nilai arus hubung singkat pada transformator 1 GI Kupang yaitu 16,96 kA. Maka untuk menghitung MVA hubung singkat sebagai dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MVA_{hs} = \sqrt{3} \times kV_{L-L} \times I_{hs}$$

$$MVA_{hs} = \sqrt{3} \times 150 \times 16,96 \text{ kA}$$

$$MVA_{hs} = 4406,337 \text{ MVA}$$

$$Z_s(\Omega) = \frac{(kV_{L-L})^2}{MVA_{hs}} = \frac{(22)^2}{4406,337} = 0,11 \Omega$$

Untuk mempermudah perhitungan maka impedansi diubah ke satuan Per Unit (pu) dengan cara dibagi dengan nilai dasarnya.

$$Z_s(\text{pu}) = \frac{Z_s(\Omega)}{Z_{dsasar}} = \frac{0,11}{8,06} = 0,014j \Omega$$

- Impedansi transformator

Impedansi transformator didapat pada *nameplate* transformator 1 yang masih dalam bentuk persen yaitu 12,7%.

$$Z_{1T}(\text{pu}) = Z_{2T}(\text{pu}) = j 0,127 \left(\frac{22}{22}\right)^2 \times \left(\frac{60}{60}\right)$$

$$Z_{1T}(\text{pu}) = Z_{2T}(\text{pu}) = j 0,127$$

Karena transformator daya 1 pada GI Kupang menggunakan belitan YNyn0(d1) yang didalamnya terdapat belitan delta.

$$Z_{0T}(\text{pu}) = 3 \times Z_{1T}$$

$$Z_{0T}(\text{pu}) = 3 \times j 0,127$$

$$Z_{0T}(\text{pu}) = j 0,381 \text{ pu}$$

- Impedansi penyulang

Untuk mengetahui besarnya impedansi penyulang dengan memasukan data jenis kabel dan Panjang penyulang (KMS). Jenis Penghantar yang digunakan pada penyulang M Duryat yaitu kabel A3C dengan panjang penyulang 5,208 KMS dan ketebalan kabel 150 mm². Berdasarkan data SPLN maka impedansi penghantar yaitu:

$$Z_{1P} = Z_{2P} = (0,2162 + j 0,3305) \times 5,208$$

$$Z_{1P} = Z_{2P} = 2,056 \angle 56,81^\circ \Omega$$

$$Z_{1P}(pu) = \frac{Z_{1P}}{Z_{dasar}}$$

$$Z_{1P}(pu) = \frac{2,056 \angle 56,81^\circ \Omega}{8,06}$$

$$Z_{1P}(pu) = 0,14 + j 0,213 pu$$

$$Z_{0P} = (0,3631 + j 1,618) \times 5,208$$

$$Z_{0P} = 8,636 \angle 77,35^\circ \Omega$$

$$Z_{0P}(pu) = \frac{Z_{1P}}{Z_{dasar}}$$

$$Z_{0P}(pu) = \frac{8,636 \angle 77,35^\circ \Omega}{8,06}$$

$$Z_{0P}(pu) = 0,235 + j 1,045 pu$$

- Impedansi total

Impedansi total didapat dari penjumlahan impedansi sumber, transformator, dan penyulang.

$$Z_{1Total} = Z_{2Total} = Z_s + Z_{1T} + Z_{1P}$$

$$Z_{1Total} = Z_{2Total} = (j 0,014) + (j 0,1217) + (0,14 + j 0,213 pu)$$

$$Z_{1Total} = Z_{2Total} = 0,38 \angle 68^\circ pu$$

$$Z_n = \frac{R_n}{Z_{dasar}} = \frac{500 \Omega}{8,06} = 62 pu$$

$$Z_{0Total} = Z_{0T} + (3 \times Z_n) + Z_{0P}$$

$$Z_{0Total 100\%} = j 0,381 + (3 \times 62) + (0,235 + j 1,045 pu)$$

$$Z_{0Total 100\%} = 186,24 \angle 0,44^\circ pu$$

Arus Gangguan Hubung Singkat

- Arus hubung singkat 3 fasa

Berikut adalah kalkulasi untuk $I_{hs 3\phi}$ pada titik gangguan 100% panjang penyulang M Duryat:

$$I_{hs 3\phi} = \frac{E_\alpha}{Z_1 + Z_f}$$

$$I_{hs 3\phi} = \frac{1 \angle 0^\circ}{0,376 \angle 68^\circ pu + 0}$$

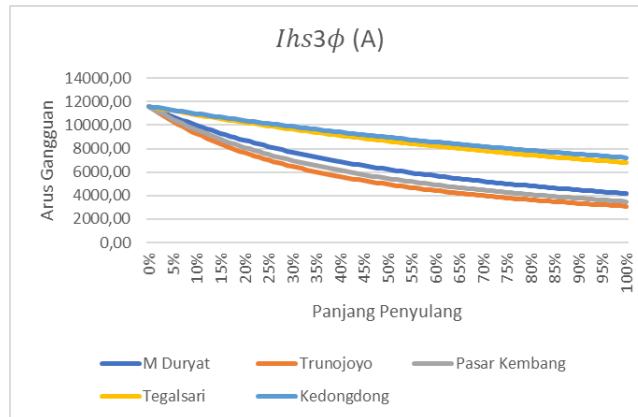
$$I_{hs 3\phi} = 2,658 \angle -68^\circ pu$$

$$I_{hs 3\phi} = I_{hs 3\phi} (pu) \times I_{dasar} (A)$$

$$I_{hs 3\phi} = 2,658 \angle -68^\circ \times 1574,59 A$$

$$I_{hs 3\phi} = 4185,99 A$$

Selanjutnya menghitung arus hubung singkat penyulang lainnya yang sudah dirangkum pada grafik dibawah ini:



Gambar 2. Arus Hubung Singkat 3 Fasa Pada Setiap Penyulang

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui melalui gambar 2. bahwa arus hubung singkat antar fasa terbesar pada semua penyulang yaitu sebesar 11603,46 A. nilai ini dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh titik gangguannya maka akan semakin kecil arus gangguannya.

- Arus hubung singkat antar fasa

Berikut adalah perhitungan $I_{hs\ 2\phi}$ pada titik gangguan 100% panjang penyulang M Duryat:

$$I_{hs\ 2\phi} = \frac{E_{\alpha}}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

$$1 < 0^{\circ}$$

$$I_{hs\ 2\phi} = \frac{(0,376 < 68^{\circ}) + (0,376 < 68^{\circ}) + 0}{1,329 < -68^{\circ} pu}$$

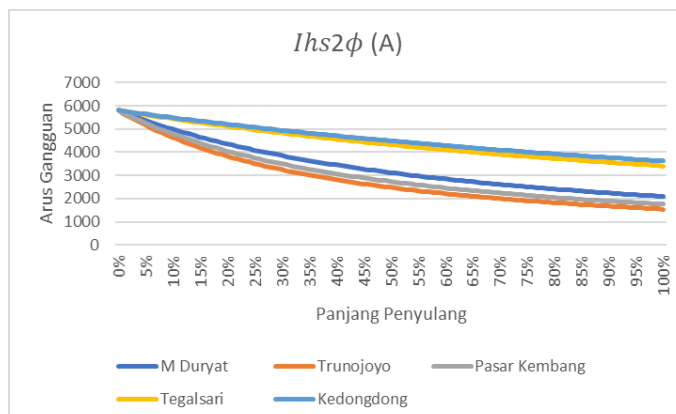
$$I_{hs\ 2\phi} = 1,329 < -68^{\circ} pu$$

$$I_{hs\ 2\phi} = I_{hs\ 2\phi} (pu) \times I_{dasar} (A)$$

$$I_{hs\ 2\phi} = 1,329 < -68^{\circ} pu \times 1574,59 A$$

$$I_{hs\ 2\phi} = 2093 A$$

Selanjutnya menghitung arus hubung singkat penyulang lainnya yang sudah dirangkum pada grafik dibawah ini:



Gambar 3. Grafik Arus Hubung Singkat antar Fasa Pada Setiap Penyulang

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui melalui gambar 3. bahwa arus hubung singkat antar fasa terbesar pada semua penyulang yaitu sebesar 5801,73 A. Sedangkan arus hubung singkat antar fasa terkecil nilainya berbeda pada setiap penyulang, nilai ini dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh titik gangguannya maka akan semakin kecil arus gangguannya.

- Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah

Berikut adalah perhitungan Untuk $I_{hs\ 1\phi}$ pada titik gangguan 0% panjang penyulang M Duryat:

$$I_{hs\ 1\phi} = \frac{3E_{\alpha}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$$

$$I_{hs\ 1\phi} = \frac{3 \times 1 < 0^{\circ}}{(0,38 < 68^{\circ}) + (0,38 < 68^{\circ}) + (184,24 < 0,44^{\circ}) + 0}$$

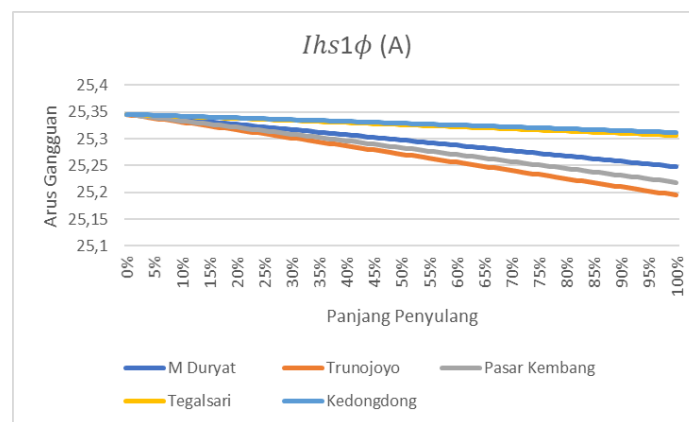
$$I_{hs\ 1\phi} = 1,844 < -79,99\ pu^{\circ}$$

$$I_{hs\ 1\phi} = hs\ 0\phi\ (pu) \times I_{dasar}\ (A)$$

$$I_{hs\ 1\phi} = 0,016 < -0,439^{\circ}\ pu \times 1574,59\ A$$

$$I_{hs\ 1\phi} = 25,248\ A$$

Selanjutnya menghitung arus hubung singkat penyulang lainnya yang sudah dirangkum pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Arus Gangguan 1 Fasa Ke Tanah Pada Setiap Penyulang

Dari hasil perhitungan dapat diketahui melalui gambar 4. bahwa arus hubung singkat satu fasa ketanah terbesar pada semua penyulang yaitu sebesar 25,345 A. Sedangkan arus hubung singkat satu fasa ketanah terkecil nilainya berbeda pada setiap penyulang, nilai ini dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh titik gangguannya maka akan semakin kecil arus gangguannya.

Penyetelan OCR dan DGR

- Penyetelan arus OCR

Untuk menghitung setelan waktunya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_{\text{set primer}} = 1,05 \times 122$$

$$I_{\text{set primer}} = 128,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{set sekunder}} = 128,1 \times \frac{5}{400}$$

$$I_{\text{set sekunder}} = 1,601 \text{ A}$$

$$I_{\text{n trafo}} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV_{L-L}}$$

$$I_{\text{n trafo}} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 22}$$

$$I_{\text{n trafo}} = 1574,59 \text{ A}$$

$$I_{\text{instan}} = 2 \times I_{\text{n trafo}}$$

$$I_{\text{instan}} = 2 \times 1574,59$$

$$I_{\text{instan}} = 3149,18 \text{ A}$$

$$I_{\text{Instan sekunder}} = \frac{I_{\text{instan}}}{I_{\text{set primer}}}$$

$$I_{\text{Instan sekunder}} = \frac{3149,18}{128,1}$$

$$I_{\text{Instan sekunder}} = 24,58 \text{ A}$$

$$I_{\text{instan primer}} = I_{\text{instan sekunder}} \times I_{\text{set primer}}$$

$$I_{\text{instan primer}} = 24,58 \times 128,1$$

$$I_{\text{instan primer}} = 3149,18 \text{ A}$$

Dari Hasil perhitungan diatas didapatkan penyetelan arus relay OCR untuk masing-masing penyulang pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Setelan Arus OCR pada Masing-masing Penyulang

Penyulang	Iset primer (A)	Iset sekunder (A)	Iinstant sekunder (A)	Iinstant primer (A)
M Duryat	128,1	1,60125	24,58378834	3149,183286
Trunojoyo	141,75	1,771875	22,21646057	3149,183286
Pasar Kembang	108,15	1,351875	29,11866192	3149,183286
Tegalsari	97,65	1,220625	32,24970083	3149,183286
Kedongdong	39,9	0,49875	78,92689941	3149,183286

Pada tabel 1. Diketahui setelan arus primer dan sekunder pada masing-masing penyulang. Nilainya berbeda-beda kecuali Iinstant primer yang semua nilainya sama.

- Penyetelan arus *DGR*

Setelan arus instannya dihitung tidak lebih dari setengah $I_{hs\ 1\phi}$ paling kecil.

$$10\% \times I_{hs\ 1\phi} < I_{instant} < 50\% \times I_{hs\ 1\phi}$$

$$2,525 < I_{instant} < 12,624$$

Dipilih $I_{instant} = 12\ A$

Untuk mengetahui setelan arus *inverse* DGR diambil dari 0,06 s/d $0,12 \times I_{hs\ 1\phi}$ terkecil.

$$I_{set} = 0,06 \times 25,248\ A$$

$$I_{set} = 1,515\ A$$

- Penyetelan Waktu *OCR*

Waktu relay pada sisi penyulang ditetapkan sebesar 0,3 detik sesuai standar inggris.

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{11603,46}{128,1}\right)^{0,02}\right] - 1}{0,14} \times 0,3$$

$$TMS = 0,202$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,202}{\left[\left(\frac{11603,46}{128,1}\right)^{0,02}\right] - 1}$$

$$t = 0,3\ detik$$

- Penyetelan waktu DGR

Penyetelan Waktu pada sisi penyulang menggunakan $I_{hs\ 1\phi}$ paling kecil dan arus *setting* sebesar 0,06-0,12 x arus gangguan paling kecil dipilih untuk menentukan setelan TMS waktu DGR pada sisi penyulang. waktu pada sisi penyulang ditetapkan sebesar 0,5 detik.

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{25,247}{1,515}\right)^{0,02}\right] - 1}{0,14} \times 0,5$$

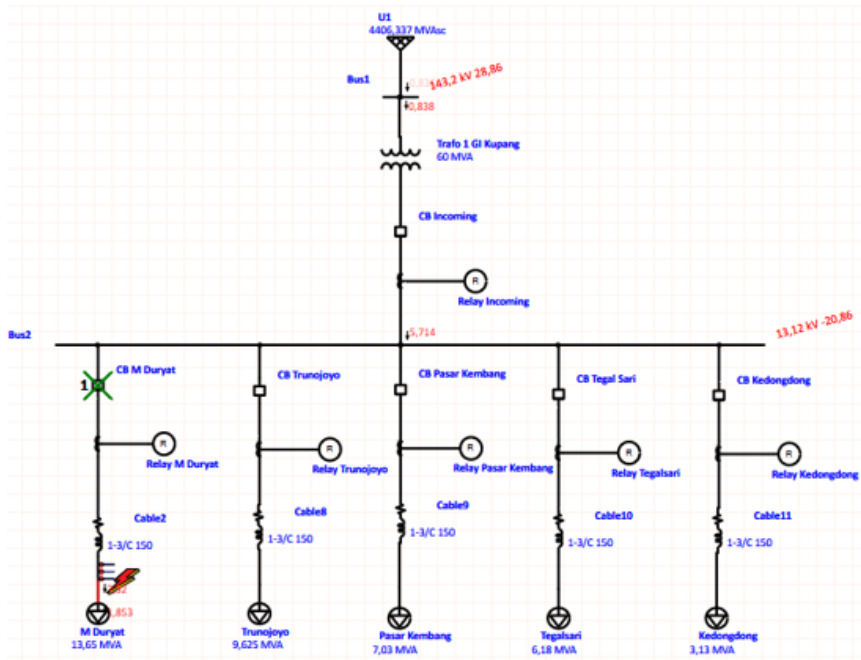
$$TMS = 0,2067$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,2067}{\left[\left(\frac{25,247}{1,515}\right)^{0,02}\right] - 1}$$

$$t = 0,5\ detik$$

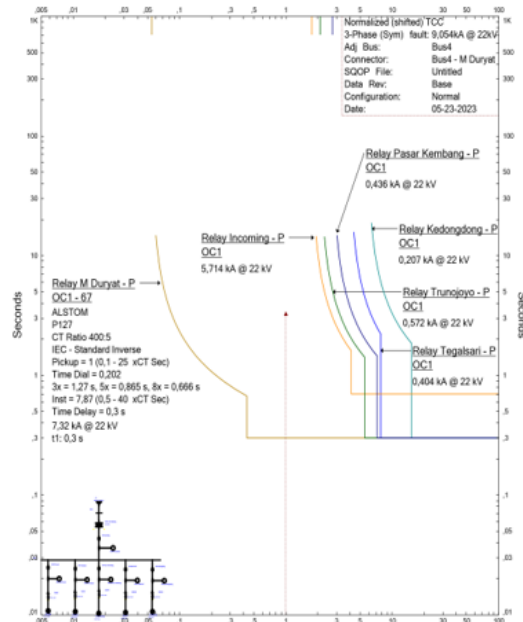
- Simulasi koordinasi OCR

Berikut adalah simulasi gangguan di penyulang M Duryat menggunakan software ETAP 19.0.1.



Gambar 5. Simulasi OCR Menggunakan Etap 19.0.1

Analisa gangguan pada simulasi menggunakan software etap 19.0.1. Simulasi gangguan yang dilakukan pada penyulang M Duryat yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Relay yang bekerja hanya relay M Duryat saja.

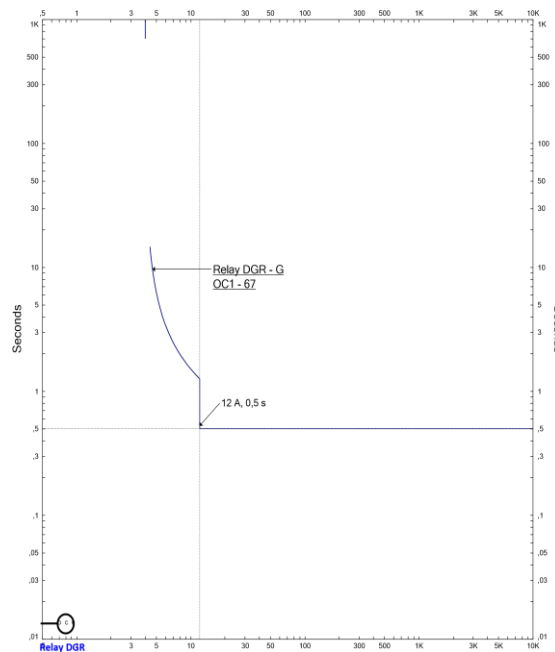


Gambar 6. Kurva TCC OCR Hasil Simulasi

Pada gambar 6. terjadi gangguan sebesar 7,32 kA, Relai yang bekerja adalah OCR Instant M Duryat karena arusnya melebihi arus instant, kemudian memerintahkan CB M Duryat untuk trip dengan waktu selama 0,3 detik, pada relai lainnya tidak mendeteksi pick-up adanya gangguan yang terjadi di penyulang M Duryat.

- Simulasi *DGR*

Berikut adalah simulasi gangguan di penyulang M Duryat menggunakan software ETAP 19.0.1.



Gambar 7. Kurva *TTC DGR* Hasil Simulasi

Dapat diketahui pada kurva diatas nilai Instant pada *DGR* sudah diatur yaitu 50% dari $I_{hs\ 31}$ sebesar 12 A dan memiliki waktu trip sebesar 0,5 detik.

Perbandingan Existing dan Resetting

Berikut tabel perbandingan antara *setting* yang dimiliki PLN dengan *setting* yang didapat dari hasil perhitungan:

Tabel 2. Perbandingan setelan *TMS* kondisi *existing* dan *resetting*

Relay	Penyulang	TMS	
		<i>Existing</i>	<i>Resetting</i>
OCR	M Duryat	0,15	0,202095015
	Trunojoyo	0,15	0,197351117
	Pasar Kembang	0,15	0,210048107
	Tegalsari	0,15	0,214859039
	Kedongdong	0,15	0,257442781
DGR	M Duryat	0,2	0,206719231
	Trunojoyo	0,2	0,206719231
	Pasar Kembang	0,2	0,206719231
	Tegalsari	0,2	0,206719231
	Kedongdong	0,2	0,206719231

Dari tabel 2. terdapat beberapa nilai yang berbeda pada kondisi *existing* dan *resetting*. Nilai yang berubah antara lain adalah nilai *TMS OCR* yang semula bernilai 0,15,

dengan hasil perhitungan diperoleh menjadi 0,19-2,6 yang nilainya berbeda-beda setiap penyulang. Setelan *existing* dan *resetting* DGR tidak terlalu banyak perubahan, nilai TMS DGR pada kondisi *existing* sebesar 0,2 dengan hasil perhitungan diperoleh 0,2067.

Tabel 3. Perbandingan setelan arus kondisi *existing* dan *resetting*

Relay	Penyulang	<i>instantaneous</i>			
		Arus (A)		Waktu (t)	
		<i>Existing</i>	<i>Resetting</i>	<i>Existing</i>	<i>Resetting</i>
OCR	M Duryat	3400	3149	0,3	0,3
	Trunojoyo	3400	3149	0,3	0,3
	Pasar Kembang	3400	3149	0,3	0,3
	Tegalsari	3400	3149	0,3	0,3
	Kedongdong	3400	3149	0,3	0,3
DGR	M Duryat	4	12	0,5	0,5
	Trunojoyo	4	12	0,5	0,5
	Pasar Kembang	4	12	0,5	0,5
	Tegalsari	4	12	0,5	0,5
	Kedongdong	4	12	0,5	0,5

Dari tabel 3. Setelan nilai arus *instantaneous* OCR yang sebelumnya bernilai 3400 A, dengan hasil perhitungan diperoleh 3149,18 A. Pada DGR kondisi *existing* arus *instant* senilai 4 A, sedangkan setelah melakukan perhitungan diperoleh arus *instant* senilai 12 A. perubahan arus ini bertujuan meningkatkan efektivitas relay OCR dalam mengatasi gangguan.

Kesimpulan

Hasil dari perhitungan manual didapat $I_{hs\ 3\phi}$ paling besar yaitu 11603,46 A pada setiap penyulang dan $I_{hs\ 1\phi}$ paling kecil yaitu sekitar 25 A, dimana nilai itu dipakai untuk menghitung setting waktu relay OCR didapat TMS sebesar 0,202 penyulang M Duryat, 0,197 penyulang Trunojoyo, 0,21 penyulang Pasar Kembang, 0,215 penyulang Tegalsari, 0,257 penyulang Kedongdong, dan 0,198 pada sisi incoming trafo. Setelan arus Instant pada sisi penyulang sebesar 3149,18 A dengan waktu 0,3 detik pada semua penyulang. Hasil perhitungan manual setting waktu DGR diperoleh TMS 0,2067 pada semua penyulang dengan setelan arus instant sebesar 12A. Dari hasil simulasi jika terdapat gangguan di sisi penyulang maka relay yang akan trip adalah relay terdekat di penyulang itu sendiri, dan relay penyulang lain tidak merasakan *pick up* adanya gangguan di penyulang tersebut.

Terdapat beberapa nilai yang berbeda pada kondisi *existing* dan *resetting*. Nilai yang berubah antara lain adalah nilai TMS OCR yang pada semula bernilai 0,15, menjadi 0,19-2,6 yang nilainya berbeda-beda setiap penyulang. Nilai arus *instantaneous* yang sebelumnya bernilai 3400 A, menjadi 3149,18 A. Nilai TMS DGR pada kondisi *existing* sebesar 0,2 dengan hasil perhitungan diperoleh 0,2067. perbedaannya hanya senilai 3% pada settingan awal. Pada kondisi *existing* arus *instant* DGR senilai 4 A, sedangkan setelah melakukan perhitungan diperoleh arus instant senilai 12 A. Perubahan arus ini

mempertimbangkan apabila arus terjadi gangguan satu fasa ketanah pada sisi penyulang tidak akan langsung berdampak pada pelanggan yang terhubung pada penyulang itu.

Diharapkan pada penelitian selanjutnya bisa dilanjutkan dengan gangguan 2 fasa dan 3 fasa ketanah, dan mensimulasikan koordinasi DGR menggunakan *software* simulasi yang bisa mendeteksi adanya gangguan fasa ke tanah.

Daftar Pustaka

- Aras Widya Pratama, I. P. G., Dyana Arjana, I. G., & Indra Partha, Cok. G. (2021). STUDI KOORDINASI OCR DAN GFR SALURAN DISTRIBUSI PENYULANG SANDA UNTUK MENINGKATKAN KONTINUITAS PELAYANAN. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 189. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i01.p21>
- Arka, I. G. P., & Mudiana, N. (2016). ANALISIS ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 KV DENGAN OVER CURRENT RELAY (OCR) DAN GROUND FAULT RELAY (GFR). 16.
- Firmansyah, A., Suyadi, A., & Satriaoktarian, M. B. (2022). Unjuk Kerja Over Current Relay Pada Incoming dan Outgoing Transformer Daya #1 60 MVA Gardu Induk Kenten menggunakan ETAP 19.0.1. *Jurnal Tekno*, 19(1), 01–10. <https://doi.org/10.33557/jtekno.v19i1.1613>
- IEEE recommended practice for protection and coordination of industrial and commercial power systems—IEEE Std 242-2001*. (n.d.).
- Kadarisman, F., & Tasmono, H. (2022). Analisa Kegagalan Trip Penyulang Lakarsantri Trafo 2 50 MVA GIS Karangpilang. 4.
- Maulana Idham, G. B., Dyana Arjana, I. G., & Arta Wijaya, I. W. (2022). PERENCANAAN SETTING DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR) UNTUK GANGGUAN SATU FASA KE TANAH DI SALURAN 150 KV DOUBLE CIRCUIT GIS PESANGGARAN – GI NUSA DUA. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(4), 110. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i04.p13>
- Saputro, J. M. W., & Winardi, B. (2019). ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELAY OCR DAN RECLOSER PADA PENYULANG SGN 04 SANGGRAHAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0. 7(2).
- Suratno, S., Narsen, D., & Abdurrahim, A. (2021). Analisis Kerja Relay OCR pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Penyulang T-13 GI Tengkawang. *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 13(2), 67. <https://doi.org/10.46964/justti.v13i2.737>
- Syah, F. R., & Haryudo, S. I. (2021). ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU DISTRIK LEDOK MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3).