

# COORDINATION ANALYSIS OF OCR AND GFR PROTECTION SYSTEM ON EXPRESS KOYA SUBSTATION 70 20 KV HOLTEKAMP JAYAPURA

Dedy Warisyu<sup>1</sup>, Dultudes Mangopo<sup>2</sup>, Handoko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik/Universitas Cenderawasih/Indonesia  
Email: dedy.w@el.ftuncen.ac.id

## Info Artikel

Histori Artikel:  
Diterima 02 02, 2025  
Direvisi 18 02, 2025  
Disetujui 17 03, 2025

## ABSTRACT

The reliability of power distribution heavily depends on the coordination of the protection system to prevent faults from spreading. This study evaluates the coordination of Overcurrent Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) on the Express Koya feeder at the 70/20 kV Holtekamp Substation in Jayapura. Short-circuit current calculations for three-phase, two-phase, and single-phase-to-ground fault scenarios were performed at several points along the feeder, using data from the short-circuit level of 239.25 MVA, a 30 MVA transformer (70/20 kV), and the AAAC-S 240 mm<sup>2</sup> feeder characteristics. Near the substation, the fault currents were recorded at approximately 3.45 kA (three-phase), 2.99 kA (two-phase), and 0.23–0.25 kA (single-phase-to-ground), decreasing as the fault distance increased. The proposed settings that meet selectivity requirements are: OCR incoming 598 A with a time multiplier of 0.178; OCR outgoing 520 A with a time multiplier of 0.083; GFR incoming 23.4 A with a time multiplier of 0.236; and GFR outgoing 23.4 A with a time multiplier of 0.101. Time-current curve verification shows a coordination margin of approximately 0.38–0.40 seconds, which is sufficient to prevent maloperation and maintain service continuity.

**Keywords:** overcurrent relay, ground fault relay, protection coordination, short-circuit current, 20 kV distribution.

## ABSTRAK

Keandalan penyaluran daya sangat bergantung pada koordinasi sistem proteksi agar gangguan tidak meluas. Penelitian ini mengevaluasi koordinasi relay arus lebih (OCR) dan relay gangguan tanah (GFR) pada Penyulang Express Koya di GI 70/20 kV Holtekamp, Jayapura. Perhitungan arus hubung singkat untuk skenario tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ke tanah dilakukan di beberapa titik sepanjang penyulang, dengan data tingkat hubung singkat 239,25 MVA, transformator 30 MVA (70/20 kV), dan karakteristik saluran AAAC-S 240 mm<sup>2</sup>. Di dekat gardu induk, arus gangguan tercatat sekitar 3,45 kA (tiga fasa), 2,99 kA (dua fasa), dan 0,23–0,25 kA (satu fasa ke tanah), lalu menurun seiring jarak gangguan bertambah. Usulan setelan yang memenuhi selektivitas adalah: OCR sisi masuk 598 A dengan pengali waktu 0,178; OCR sisi penyulang 520 A dengan pengali waktu 0,083; GFR sisi masuk 23,4 A dengan pengali waktu 0,236; dan GFR sisi penyulang 23,4 A dengan pengali waktu 0,101. Verifikasi kurva waktu-arus menunjukkan margin koordinasi sekitar 0,38–0,40 detik, cukup untuk mencegah salah trip dan menjaga kontinuitas layanan.

**Kata kunci:** relay arus lebih, relay gangguan tanah, koordinasi proteksi, arus hubung singkat, distribusi 20 kV.

---

## Penulis Korespondensi:

Dedy Warisyu,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Cenderawasih,  
Email: dedy.w@el.ftuncen.ac.id

---

## 1. PENDAHULUAN

Keandalan penyaluran energi listrik pada jaringan distribusi 20 kV sangat ditentukan oleh kinerja dan koordinasi sistem proteksi. Tanpa koordinasi yang baik, gangguan akibat cuaca, vegetasi, hewan, atau penurunan kondisi peralatan dapat memicu pemadaman yang meluas karena perangkat di sisi hulu bekerja lebih dulu daripada perangkat yang seharusnya membatasi area gangguan di sisi hilir. Prinsip selektivitas, kecepatan, dan kepekaan karenanya menjadi landasan utama dalam merancang setelan proteksi pada jaringan radial agar gangguan terlokalisasi dan waktu pemulihan layanan tetap singkat.

Gardu Induk Holtekamp 70/20 kV di Jayapura melayani sejumlah penyulang, salah satunya Penyulang Express Koya yang memiliki karakteristik beban dan panjang saluran yang menuntut ketelitian dalam penetapan setelan. Dua perangkat kunci yang berperan adalah relay arus lebih (OCR) untuk gangguan antar-fasa dan relay gangguan tanah (GFR) untuk gangguan ke tanah. Ketidaktepatan setelan pada salah satu perangkat dapat menimbulkan salah trip, memperpanjang proses pemulihan, dan pada akhirnya menurunkan mutu layanan bagi pelanggan.

Kajian mengenai koordinasi proteksi pada jaringan distribusi sudah banyak dibahas, namun sebagian besar bersifat umum atau berfokus pada simulasi yang tidak selalu mencerminkan kondisi lapangan setempat. Di sisi lain, praktisi membutuhkan acuan yang kontekstual berbasis data aktual system serta menghasilkan rekomendasi yang langsung dapat diterapkan. Penelitian ini menanggapi kebutuhan tersebut melalui studi kasus pada Penyulang Express Koya di GI Holtekamp, dengan menautkan perhitungan teknis yang relevan ke keputusan operasional di lapangan.

Tujuan penelitian adalah menghitung arus hubung singkat pada beberapa titik sepanjang penyulang untuk skenario gangguan yang lazim terjadi, menyusun usulan setelan OCR dan GFR yang memenuhi prinsip selektivitas dengan acuan kurva waktu-arus sesuai standar IEC, serta mengevaluasi margin koordinasi waktu antara perangkat di sisi hilir dan hulu agar gangguan dapat diisolasi di lokasi terdekat. Dengan pendekatan ini, artikel memberikan peta perubahan arus gangguan terhadap jarak

dari gardu induk dan menerjemahkannya menjadi rekomendasi setelan yang realistis bagi perangkat sisi masuk dan sisi penyulang. Hasil evaluasi menunjukkan margin koordinasi yang memadai untuk mencegah salah trip dan menjaga kontinuitas layanan, sekaligus menawarkan alur evaluasi yang sederhana serta dapat direplikasi untuk penyulang sejenis di wilayah kerja lainnya.

Ruang lingkup kajian berfokus pada koordinasi relay utama di gardu induk dan di sisi penyulang, tanpa membahas perangkat otomasi lain yang tidak menjadi objek penelitian. Struktur artikel disusun berurutan: bagian metode memaparkan sumber data dan prosedur perhitungan, bagian hasil dan pembahasan menguraikan temuan utama serta implikasinya bagi operasi, sedangkan bagian penutup merangkum kesimpulan dan saran penerapan di lapangan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus berbasis data lapangan dan perhitungan analitis. Data primer-sekunder yang dikumpulkan meliputi tingkat hubung singkat sisi 70 kV, spesifikasi transformator daya 30 MVA (70/20 kV), karakteristik konduktor penyulang AAAC-S 240 mm<sup>2</sup> beserta impedansinya, serta rasio CT pada sisi masuk dan sisi penyulang.

Tabel 1. Parameter Sistem

Parameter	Nilai
Tingkat Hubung Singkat (70 kV)	239,25 MVA
Spesifikasi Trafo	Trafo 30 MVA (70/20 kV), Z% = 12,539
Impedansi Saluran (Z1) per km	Z1 = 0,1344 + j0,3158 Ω/km
Impedansi Saluran (Z0) per km	Z0 = 0,2824 + j1,6034 Ω/km
Panjang Penyulang (AAAC-S 240 mm <sup>2</sup> )	8,85 km
Rasio CT (Incoming/Outgoing)	600/5

Dengan asumsi jaringan radial, kondisi pra-gangguan seimbang, dan arus beban diabaikan terhadap arus gangguan, arus hubung singkat dihitung untuk tiga skenario umum tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ke tanah pada beberapa titik yang mewakili rentang 0 hingga 100 persen panjang penyulang dari gardu induk. Nilai arus yang diperoleh kemudian diterjemahkan menjadi setelan *pickup* dan pengali waktu (TMS) untuk relay arus lebih (OCR) dan relay gangguan tanah (GFR) menggunakan kurva waktu-arus standar IEC,

dengan tetap mempertimbangkan batas kemampuan peralatan dan praktik operasi setempat. Selektivitas dievaluasi melalui perbandingan waktu kerja perangkat hilir dan hulu pada skenario kritis di dekat gardu induk, dengan tolok ukur margin koordinasi sekitar tiga hingga empat per sepuluh detik guna mencegah salah trip dan memastikan gangguan terlokalisasi. Validasi kewajaran hasil dilakukan melalui pemeriksaan konsistensi tren arus terhadap jarak serta kesesuaian kisaran waktu operasi dengan pengalaman operasional yang relevan; perangkat otomasi lain seperti recloser atau sectionalizer tidak dimasukkan dalam ruang lingkup kajian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan arus hubung singkat menunjukkan bahwa besaran arus tertinggi terjadi di dekat gardu induk, kemudian menurun seiring bertambahnya jarak lokasi gangguan sepanjang penyulang. Di area sangat dekat dengan gardu induk, arus gangguan tiga fasa berada pada kisaran 3,45 kA, dua fasa sekitar 2,99 kA, dan satu fasa ke tanah berada pada kisaran 0,23–0,25 kA. Penurunan arus pada lokasi yang lebih jauh selaras dengan kenaikan impedansi total saluran, sehingga waktu kerja perangkat proteksi cenderung lebih panjang pada titik-titik ujung penyulang. Pola ini penting karena menjadi dasar untuk menyeimbangkan antara kepekaan relay dalam mendeteksi gangguan di lokasi jauh dan ketahanan terhadap kerja tak dikehendaki saat kondisi beban tinggi.

**Tabel 2.** Arus Hubung Singkat pada Lokasi 0% (Dekat GI)

Jenis Gangguan	Arus (A)
Tiga-Fasa (13 $\phi$ )	3.453,33 A
Dua-Fasa (12 $\phi$ )	2.990,67 A
Satu-Fasa ke Tanah (11 $\phi$ terkecil)	234,00 A

Berdasarkan pola arus tersebut, usulan setelan dirancang agar perangkat di sisi penyulang lebih peka dibanding perangkat di sisi masuk gardu induk. Setelan yang diambil untuk relay arus lebih di sisi masuk adalah arus kerja 598 A dengan pengali waktu 0,178, sedangkan di sisi penyulang 520 A dengan pengali waktu 0,083. Untuk gangguan ke tanah, arus kerja yang disarankan adalah 23,4 A pada kedua sisi, dengan pengali waktu 0,236 di sisi masuk dan 0,101 di sisi penyulang. Pemilihan nilai ini mengikuti kurva waktu–arus standar IEC sehingga perangkat di sisi hilir selalu

merespons lebih cepat pada arus yang sama, sekaligus menjaga jarak aman terhadap arus beban puncak dan kejadian sesaat seperti lonjakan saat penyambungan kembali.

**Tabel 3.** Usulan Setelan OCR dan GFR

Perangkat	Iset (Primer)	TMS	Catatan
OCR Incoming	598 A	0,178	Menggunakan kurva IEC Standard Inverse
OCR Outgoing	520 A	0,083	Menggunakan kurva IEC Standard Inverse
GFR Incoming	23,400 A	0,236	Deteksi arus urutan nol
GFR Outgoing	23,400 A	0,101	Deteksi arus urutan nol

Uji selektivitas pada skenario kritis di dekat gardu induk memperlihatkan waktu kerja perangkat sisi penyulang yang lebih cepat dibanding sisi masuk, dengan contoh waktu sekitar 0,34 detik untuk perangkat hilir dan 0,70 detik untuk perangkat hulu. Selisih keduanya berada pada kisaran 0,38 detik sehingga memenuhi praktik koordinasi yang lazim digunakan untuk mencegah salah trip tanpa memperpanjang waktu pemutusan secara berlebihan. Pada lokasi gangguan yang lebih jauh, meskipun arusnya lebih kecil dan waktu kerja cenderung bertambah, urutan kerja tetap terjaga: perangkat hilir tetap mendahului perangkat hulu sehingga area padam dapat dilokalisasi pada segmen yang terganggu. Untuk gangguan ke tanah yang secara alami menghasilkan arus lebih kecil, setelan pada relay gangguan tanah memastikan perangkat tetap sensitif di ujung penyulang namun tetap aman terhadap variasi arus balik tanah yang dipengaruhi kondisi sistem pembumian.

**Tabel 4.** Evaluasi Waktu Koordinasi pada Skenario Gangguan

Lokasi Gangguan	Waktu Trip (OCR Incoming)	Waktu Trip (OCR Outgoing)	Margin Waktu Koordinasi
Dekat Gardu Induk (0%)	0,704 s	0,342 s	0,38 s
50% dari Penyulang	0,732 s	0,367 s	0,37 s
100% dari Penyulang	0,788 s	0,398 s	0,39 s

Secara operasional, hasil ini menegaskan bahwa setelan yang diusulkan mampu menjaga kontinuitas layanan dengan cara membatasi luasnya area padam ketika terjadi gangguan. Waktu kerja yang lebih cepat di sisi penyulang memperkecil energi gangguan pada peralatan dan memudahkan proses pemulihan, sementara pengaturan waktu di sisi masuk memberikan lapisan perlindungan cadangan bila perangkat hilir gagal bekerja. Meskipun perangkat otomasi

lain seperti pemutus balik otomatis tidak dibahas dalam kajian ini, pendekatan yang digunakan tetap relevan dan dapat diperluas ketika perangkat tersebut akan diintegrasikan. Agar kinerja tetap optimal, setelan yang diusulkan sebaiknya ditinjau kembali secara berkala seiring perubahan konfigurasi jaringan, variasi pola beban, atau penambahan peralatan proteksi baru di lapangan.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa koordinasi sistem proteksi pada Penyulang Express Koya di GI Holtekamp dapat ditingkatkan melalui penetapan setelan relay yang didasarkan pada perhitungan arus hubung singkat di beberapa titik sepanjang penyulang. Arus gangguan terbukti paling besar di dekat gardu induk dan menurun seiring bertambahnya jarak, sehingga perangkat proteksi di sisi penyulang harus dibuat lebih peka dan lebih cepat daripada perangkat di sisi masuk gardu induk. Dengan mengacu pada kurva waktu-arus standar, usulan setelan relay arus lebih dan relay gangguan tanah menghasilkan urutan kerja yang konsisten, margin koordinasi sekitar tiga hingga empat per sepuluh detik pada skenario kritis, serta kemampuan melokalisasi area padam ketika terjadi gangguan. Hasil ini menegaskan bahwa setelan yang diusulkan tidak hanya memenuhi prinsip selektivitas, tetapi juga menjaga keseimbangan antara kepekaan dan keandalan sehingga kontinuitas layanan tetap terjaga.

Secara praktis, rekomendasi setelan ini dapat dijadikan acuan awal untuk operasi harian, dengan catatan perlunya peninjauan berkala mengikuti perubahan konfigurasi jaringan, pola beban, atau penambahan peralatan proteksi di lapangan. Validasi lanjutan melalui simulasi perangkat lunak dan pembacaan rekam kejadian relay akan membantu menyempurnakan nilai setelan serta memastikan kinerjanya tetap stabil pada kondisi operasi yang beragam. Dengan pendekatan ini, koordinasi proteksi pada penyulang sejenis di wilayah lain juga berpeluang ditingkatkan secara konsisten dan replikatif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, G. K. (2017). Analisis arus gangguan hubung singkat pada penyulang 20 KV dengan Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR). *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 16(1), 46.
- [2] ARIPPIN, M. I. (2022). ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK GLUGUR PT. PLN (PERSERO) (Doctoral dissertation).
- [3] Azis, A., & Perawati, P. (2022). Evaluasi koordinasi koordinasi sistem proteksi transformator 30mva di pt. pln (persero) gardu induk keramasan. *Jurnal Surya Energy*, 5(2), 61-66.
- [4] Effendi, A. (2014). Studi Analisa Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Pada SUTT 150 KV Untuk Setting Relay OCR (Aplikasi GI PIP-PAUH LIMO). *Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 95- 104.
- [5] Hidayat, A. W. (2013). Analisa setting rele arus lebih dan rele gangguan tanah pada penyulang topan gardu induk Teluk Betung. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 7(3), 108-115.
- [6] Mahendra, R. (2020). Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Over Current Relay, Ground Fault Relay, dan Recloser Pada Penyulang KBL 13 Di Gardu Induk 150 kV Kalibakal PT. PLN (Persero) UP3 Purwokerto (Doctoral dissertation, Universitas Jenderal Soedirman).
- [7] Nurdiana, N. (2016). Analisa Gangguan Arus Hubung Singkat Pada Penyulang Nakula Gardu Induk Talang Kelapa. *Jurnal Ampere*, 1(1), 26-36.
- [8] Ramlan, S. T., & Noor, N. A. (2022).
- [9] Analisis Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Trafo 60 MVA di Gardu Induk Tallasa. *Jurnal ELEKTRIK e-ISSN*, 1(2), 01.
- [10] Sidik, A. (2018). Analisa Kerja Rele Diferensial Pada Trafo 60 MVA Di Gardu Induk Wonosari 150 kV (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta)