

Evaluasi *Setting Over Current Relay* dan *Ground Fault Relay* pada Penyulang Bili-Bili Satu GI Borongloe

Syaira Muzayyana^{1*}, Aprilia Dwi Rahmawati², Muhammad Nawir³, Arif Jaya⁴, Andi Syarifuddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹syaira.muzayyana@gmail.com; ²apriadiwirp@gmail.com; ³muhammadnawir@umi.ac.id;

⁴arief.jaya@umi.ac.id; ⁵asyarif@umi.ac.id

Received: 02 01 2024 | Revised: 09 02 2024 | Accepted: 19 02 2024 | Published: 28 03 2024

Abstrak

Dalam memastikan proses distribusi listrik berjalan dengan lancar dan tanpa hambatan, sistem proteksi yang terpasang pada jaringan distribusi harus berfungsi dengan optimal dan handal. Oleh karena itu, kualitas distribusi listrik menjadi indikator penting, karena koordinasi yang baik antara sistem proteksi dalam jaringan distribusi sangat penting. Sistem proteksi harus dipasang dengan tingkat selektivitas yang tinggi, bekerja dengan cepat dan tanggap terhadap perubahan agar dapat dikatakan handal. Alat proteksi yang digunakan adalah OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*). Kedua relai ini berfungsi memberikan sinyal kepada PMT (Pemutus Tenaga) agar segera membuka sirkuit, sehingga area yang mengalami gangguan dipisahkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *setting* relai, pengaturan waktu kerjanya, serta mendapatkan perbandingan data *setting* lapangan dengan data perhitungan manual antara OCR juga GFR pada sistem proteksi. Penelitian dan pengumpulan data ini dilaksanakan di ULTG Panakukkang, Gardu Induk Borongloe, UP3 Makassar, dan ULP Sungguminasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penentuan nilai *setting* OCR juga GFR dilakukan dengan menghitung impedansi ekivalen jaringan penyulang untuk mendapatkan nilai arus gangguan hubung singkat sebagai dasar penetapan waktu kerja relai (TMS). Nilai TMS yang diperoleh untuk OCR sisi *incoming* adalah 0,199 detik dan sisi penyulang sebesar 0,174 detik, sedangkan untuk GFR masing-masing sebesar 0,203 detik dan 0,092 detik. Koordinasi waktu kerja antara relai sisi penyulang dan sisi *incoming* belum sepenuhnya sesuai dengan standar *grading time* yang ideal (0,35–0,4 detik), karena selisih waktu yang diperoleh justru melebihi batas tersebut, yaitu 0,533 detik untuk OCR dan 0,582 detik untuk GFR. Selain itu, terdapat perbedaan antara hasil *setting* relai berdasarkan data lapangan dan hasil perhitungan, yang umumnya masih dalam batas wajar, kecuali pada OCR sisi penyulang yang menunjukkan perbedaan cukup besar akibat pengaruh nilai beban.

Kata kunci: proteksi, ocr, gfr, penyulang

1. Pendahuluan

Koordinasi yang baik antara peralatan proteksi dalam jaringan distribusi listrik sangat penting untuk menjaga kualitas pasokan listrik. Sebagian besar gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Kegagalan dalam jaringan distribusi listrik tidak mungkin dapat dihindari, namun karena gangguan ini dapat diprediksi, sistem proteksi yang andal dan sesuai sangatlah penting. Tujuan utama adalah memastikan kelangsungan pasokan listrik dan melindungi sistem serta peralatan dari kerusakan [1, 2]. Gangguan arus pendek di jaringan dapat diatasi dengan dua jenis utama relai proteksi: relai arus berlebih atau *Over Current Relay* (OCR), yang menangani gangguan antar-fasa, dan relai arus tanah atau *Ground Fault Relay* (GFR), yang dirancang khusus untuk mengatasi gangguan arus tanah. Jika pengaturan (nilai nominal) relai ini tidak sesuai dengan standar, sistem perlindungan tidak akan berfungsi secara optimal dan kesalahan arus pendek masih dapat terjadi. Untuk memastikan keandalan sistem perlindungan, pengaturan relai harus dihitung dengan tepat [3]. Relay harus disetel sedemikian rupa sehingga beroperasi dengan cepat dan meminimalkan bagian yang perlu dimatikan. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan waktu operasi relay sehingga relay beroperasi lebih lambat pada arus gangguan rendah dan lebih cepat pada arus gangguan yang lebih tinggi [4].

Berdasarkan hasil lapangan, gangguan terjadi pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) penyulang bili-bili satu di Gardu Induk (GI) Borongloe, yang merupakan bagian dari ULTG Panakukkang. Sebagai respon terhadap gangguan tersebut, PMT *Incoming* dan PMT Penyulang Bili-Bili Satu mengalami *trip* secara bersamaan. Mengingat sistem distribusi tenaga listrik di PLN GI Borongloe, maka evaluasi dan tinjauan ulang sistem proteksi yang ada pada penyulang bili-bili satu sangat diperlukan. Langkah ini diambil untuk memastikan keandalan kelistrikan di PLN GI Borongloe serta area sekitarnya.

Isu yang diangkat dalam studi ini mencakup tiga aspek utama yang berhubungan dengan evaluasi pengaturan sistem proteksi pada penyulang. Pertama, bagaimana menentukan nilai *setting* yang tepat untuk relai OCR dan GFR dengan akurasi dan keandalan yang memadai. Kedua, bagaimana pengaturan waktu kerja dari relai OCR dan GFR agar dapat berfungsi secara selektif sesuai dengan koordinasi sistem proteksi yang sudah dirancang. Ketiga, bagaimana perbandingan antara data *setting* relai yang diperoleh dari kondisi nyata di lapangan dengan hasil perhitungan manual, untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian dan efektivitas dari pengaturan tersebut.

Sistem proteksi memiliki peranan krusial dalam mengelola dan menangani gangguan yang terjadi dalam sistem kelistrikan. Tujuan dari peran tersebut adalah untuk melindungi jaringan dan peralatan listrik dari kerusakan dengan cara mengisolasi gangguan secara cepat dan akurat [6]. Gangguannya pun dapat berupa gangguan hubung singkat, tegangan yang terlalu tinggi atau rendah, kelebihan beban, atau fluktuasi frekuensi sistem. Sejalan dengan perubahan yang terjadi di dalam sistem tenaga listrik, seperti variasi beban, perluasan jaringan, serta penggantian peralatan, *setting* proteksi yang lama mungkin sudah tidak relevan. Oleh karena itu, evaluasi rutin terhadap *setting* relai OCR dan GFR menjadi sangat penting untuk memastikan kesesuaian dengan kondisi sistem yang terbaru. Penelitian ini juga bisa memberikan kontribusi teknis bagi evaluasi yang telah dilakukan dan bisa dijadikan referensi dalam pengelolaan sistem proteksi penyulang yang relevan maupun penyulang lainnya.

Beberapa studi sebelumnya telah membahas bagaimana koordinasi dan kinerja OCR dan GFR dalam berbagai kondisi sistem distribusi dan transmisi. Andriyan, dkk [3] melakukan analisa serta evaluasi OCR dan GFR pada sistem distribusi, dengan mengambil wilayah ULP Sidareja. Mereka menekankan bahwa pengaturan setting proteksi yang akurat sangat penting untuk menjaga sistem proteksi bekerja sepenuhnya dan meminimalkan efek gangguan. Mereka juga menegaskan bahwa gangguan tidak boleh berkembang lebih jauh, yang dapat menyebabkan pemadaman total. Meskipun hasil penelitian menunjukkan koordinasi proteksi yang baik, pengaturan waktu masih tidak memenuhi standar.

Sementara itu, Multi dan Thufail [6] melakukan analisa OCR dan GFR wilayah transformator daya. Mereka menggunakan metode kuantitatif untuk menghitung arus hubung singkat dan *setting* waktu relai untuk sisi trafo 150 kV dan 20 kV. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai arus gangguan dan setting waktu proteksi di kedua sisi sangat berbeda, yang menekankan bahwa proteksi harus disesuaikan dengan karakteristik sistem dan perubahan yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik. Kedua studi ini memberikan fondasi penting untuk penelitian lebih lanjut tentang cara mengoptimalkan koordinasi dan pengaturan proteksi OCR dan GFR untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik.

Lalu dalam penelitian Zulkarnaini, dkk [7] melakukan analisa OCR dan GFR wilayah feeder 20kV PLN (Persero) Rayon Kuranji. Penelitian ini menjelaskan bahwa sistem distribusi tenaga listrik memerlukan tingkat keandalan yang tinggi, yang dapat

dicapai dengan memasang sistem proteksi sebagai langkah keamanan untuk peralatan listrik dalam masalah gangguan. Oleh karena itu, studi ini mengevaluasi sistem proteksi pada feeder RSUD, termasuk perhitungan pengaturan koordinasi untuk relai proteksi OCR dan GFR. Tujuan langkah ini adalah untuk memastikan pasokan listrik di RSUD dan sekitarnya tetap andal.

2. Metode

Digunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk mendeskripsikan berbagai variabel melalui angka-angka dan data numerik. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan rumus-rumus yang telah baku, sehingga menghasilkan kesimpulan yang terukur dan objektif. Pada Mei 2024, penelitian dan pengumpulan data dilakukan di empat tempat, yaitu (a) PT ULTG PLN Panakkukang yang berlokasi di Jl. Hertasning Barat, Kota Makassar, (b) Gardu Induk Borongloe di Jl. Mahoni, Kabupaten Gowa, (c) PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan, serta (d) ULP Sungguminasa di Jalan Tumanurung, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

Terdapat tiga metode yang digunakan untuk pengumpulan data, yaitu studi literatur, observasi, dan diskusi. Studi literatur dilakukan dengan melihat berbagai referensi, termasuk buku, jurnal, situs web, dan dokumen resmi PT PLN. Untuk melakukan observasi, dikumpulkan data melalui wawancara dengan tim HAR di ULTG Panakkukang, teknisi Gardu Induk Borongloe, UP3 Makassar Selatan, dan ULP Sunggumin, yang dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik terkait dengan sistem ketenagalistrikan. Untuk mendukung kelancaran penelitian, diskusi dilakukan melalui bimbingan dan konsultasi dengan dosen pembimbing dan pihak terkait lainnya..

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data matematis. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data teknis seperti data transformator GI Borongloe, data OCR dan GFR, serta data penghantar Penyulang Bili-Bili Satu. Selanjutnya, perhitungan manual dipergunakan untuk mengukur impedansi sumber, transformator, penyulang, dan impedansi ekuivalen jaringan. Pada tahap akhir, nilai *setting* OCR dan GFR dinilai dan dievaluasi.

Langkah pertama adalah menghitung impedansi sumber di sisi primer yang menggunakan persamaan yang telah ditentukan sebagai berikut.

$$X_{S(\text{sisi primer})} = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \quad (1)$$

Untuk memperoleh nilai arus hubung singkat di sisi sekunder, impedansi sumber yang ada di sisi primer harus dikonversi terlebih dahulu ke sisi sekunder yang dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$X_{S(\text{sisi sekunder kV})} = X_{S(\text{sisi primer kV})} \times \frac{kV^2_{(\text{sisi sekunder trafo})}}{kV^2_{(\text{tegangan primer trafo})}} \quad (2)$$

Untuk mencari nilai impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Z_t = \%Z_t \text{ yang diketahui} \times \frac{kV^2_{\text{sisi sekunder}}}{MVA_{trafo}} \quad (3)$$

Sedangkan untuk nilai impedansi trafo tenaga urutan nol, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Z_{t0} = 3 \times Z_{t1} \quad (4)$$

Impedansi ekivalen ini mewakili impedansi total jaringan yang dilihat dari titik gangguan. Tujuan kalkulasi ini yaitu mendapatkan nilai impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}), negatif (Z_{2eq}), dan nol (Z_{0eq}) dari titik gangguan hingga sumber. Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_s (20 \text{ kV}) + Z_{t1} + Z_{1 \text{ penyulang}} \quad (5)$$

Sedangkan impedansi ekivalen urutan positif dan negatif dapat dihitung dengan persamaan,

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3R_N + Z_{0 \text{ penyulang}} \quad (6)$$

Persamaan ini dipergunakan untuk menghitung nilai arus hubung singkat tiga fasa.

$$I_{hs \text{ 3fasa}} = \frac{V_f}{Z_1} \quad (7)$$

Persamaan ini dipergunakan untuk menghitung nilai arus hubung singkat dua fasa.

$$I_{hs \text{ 2fasa}} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (8)$$

Persamaan ini dipergunakan untuk menghitung nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah.

$$I_{hs \text{ 3fasa}} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (9)$$

Adapun untuk mencari *setting* relai OCR pada sisi primer transformator tenaga menggunakan persamaan berikut.

$$I_{set} (\text{prim}) = 1,2 \times I_{nominal} \text{ trafo} \quad (10)$$

Setting untuk relai GFR pada sisi primer transformator tenaga menggunakan persamaan berikut.

$$I_{set} (\text{prim}) = \% \times I_{nominal} \text{ trafo} \quad (11)$$

Setting sekunder yang dapat disetelkan, baik pada relai OCR atau GFR, maka menggunakan persamaan berikut.

$$I_{set} (\text{sek}) = I_{set} (\text{prim}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \quad (12)$$

Berdasarkan IEC 60255, dibedakan menurut karakteristik relainya, persamaan nilai setelan waktu (TMS) ialah sebagai berikut.

Gambar 1. Karakteristik *Inverse Time Relay*

Standard inverse (SI)	$t = TMS * \frac{0.14}{(I_r)^{0.02} - 1}$
Very inverse (VI)	$t = TMS * \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely inverse (EI)	$t = TMS * \frac{80}{I_r^2 - 1}$
Long time stand by earth fault	$t = TMS * \frac{120}{I_r - 1}$

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini membutuhkan data komponen dari Penyulang Bili-Bili Satu pada Gardu Hubung Borongloe, termasuk data Trafo #2 Gardu Induk Borongloe, data relai OCR dan relai GFR serta data penghantar pada penyulangnya.

Berikut spesifikasi data Trafo yang dipergunakan pada penyulang Bili-Bili Satu Gardu Induk (GI) Borongloe

Tabel 2. Data Trafo Gardu Induk Borongloe

Merk	Brown Boveri
Rated Power	20 MVA
Impedance	13,9 %
Rated Current	167 / 334 A
Primer	69 kV
Sekunder	20 kV

Berikut adalah spesifikasi peralatan dan *setting* relai OCR dan relai GRF yang dipergunakan pada penyulang Bili-Bili 1 Gardu Induk Borongloe.

Tabel 3. Data OCR dan GFR Penyulang Bili-Bili 1

Kubikel	Ratio CT (Amp)	Relai	Merk	Setting (Ampere)		TMS	Kurva
				Set Relay	Aktual		
Incoming 20 KV	600/5	OCR	Micom	5,75	690	0,2	IEC SI
	600/5	GFR	Micom	0.5	60	0,23	IEC SI
Penyulang Bili-Bili 1	600/5	OCR	Micom	5	600	0,09	IEC SI
	600/5	GFR	Micom	0,5	60	0,09	IEC SI

Berikut adalah spesifikasi penghantar pada penyulang Bili-Bili Satu Gardu Induk Borongloe.

Tabel 4. Data Spesifikasi Penghantar Penyulang Bili-Bili 1

Deskripsi Segmen	Luas Penampang Penghantar (mm ²)	Jenis Penghantar
Segment Expres Bili 1 - Pintu Gerbang	3x240	AAAC-S
Segment Bili 1 Pintu Gerbang - Pertigaan SPBU	3x240	AAAC-S
Segment Bili 1 SPBU - TM32131.007640	3x150	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007640 - TM32131.007662	3x150	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007662 - TM32131.007683	3x150	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007683 - TM32131.007698	3x70	AAAC-S

Segment Bili 1 TM32131.007698 - DS Mayora	3x70	AAAC-S
Segment SKTM DS Mayora - GB. Mayora	3x70	XLPE
Segment Bili 1 DS Mayora - TM32131.007757	3x70	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007757 - TM32131.007787	3x70	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007787 - TM32131.007812	3x70	AAAC-S
Segment Bili 1 TM32131.007812 - TM32131.007831	3x70	AAAC-S

Berikut adalah data penghantar pada penyulang Bili-Bili Satu Gardu Induk Borongloe.

Tabel 5. Data Impedansi Penghantar Penyulang Bili-Bili Satu

Deskripsi Segmen	Panjang Penghantar (kms)	Impedansi Urutan Positif, Negatif (Ω)	Impedansi Urutan Nol (Ω)
Segment Expres Bili 1 - Pintu Gerbang	0,950	0,1276 + j 0,3000	0,2682 + j 1,5232
Segment Bili 1 Pintu Gerbang - Pertigaan SPBU	1,050	0,1411 + j 0,3316	0,2965 + j 1,6835
Segment Bili 1 SPBU - TM32131.007640	1,000	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
Segment Bili 1 TM32131.007640 - TM32131.007662	1,100	0,2378 + j 0,3635	0,3994 + j 1,7798
Segment Bili 1 TM32131.007662 - TM32131.007683	1,050	0,2270 + j 0,3470	0,3812 + j 1,6989
Segment Bili 1 TM32131.007683 - TM32131.007698	0,750	0,3456 + j 0,2679	0,4566 + j 1,2335
Segment Bili 1 TM32131.007698 - DS Mayora	1,650	0,7603 + j 0,5893	1,0045 + j 2,7137
Segment SKTM DS Mayora - GB. Mayora	0,270	0,1188 + j 0,0337	0,3402 + j 0,0742
Segment Bili 1 DS Mayora - TM32131.007757	1,300	0,5994 + j 0,4643	0,7914 + j 2,1381
Segment Bili 1 TM32131.007757 - TM32131.007787	1,500	0,6912 + j 0,5358	0,9132 + j 2,4670
Segment Bili 1 TM32131.007787 - TM32131.007812	1,250	0,5760 + j 0,4465	0,7610 + j 2,0558
Segment Bili 1 TM32131.007812 - TM32131.007831	0,950	0,4377 + j 0,3393	0,5783 + j 1,5624
TOTAL	12,820	4,4787 + j 4,3494	6,5536 + j 20,5481

Besar impedansi perkilometer (Ω/km) penyulang akan dipergunakan untuk menghitung impedansi. Nilai impedansi dihitung berdasarkan jenis penghantar dan luas penampang penghantar (mm^2), lalu dikalikan dengan panjang penghantar. Oleh karena itu, nilai impedansi Penyulang Bili-bili Satu untuk gangguan yang diasumsikan terjadi pada lokasi 0% dan 100% sehingga didapatkan data pada tabel berikut :

Tabel 6. Impedansi Penyulang Bili-Bili Satu

Panjang penghantar		Z ₁ dan Z ₂		Z ₀	
(%)	Kms	R	jx	R	jx
0	0	0	0	0	0
100	12,820	4,478	4,349	6,553	20,548

Lalu nilai impedansi ekuivalen jaringan Penyulang Bili-bili Satu untuk lokasi gangguan yang diasumsikan terjadi pada lokasi 0% dan 100% sehingga data yang didapat tampak seperti dalam tabel berikut :

Tabel 7. Impedansi Ekuivalen Jaringan Penyulang Bili-Bili Satu

Panjang penghantar		Z ₁ dan Z ₂		Z ₀	
(%)	Kms	R	jx	R	jx
0	0	0	3,832	120	8,340
100	12,820	4,478	8,181	126,553	28,888

Langkah berikutnya adalah menghitung arus gangguan tersebut pada dua titik gangguan yang diasumsikan, yaitu pada lokasi 0% dan 100% dan hasilnya dapat tampak pada tabel yang disajikan :

Tabel 8. Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Bili-Bili Satu

Panjang Penghantar		Arus Gangguan Hubung Singkat		
(%)	Kms	1 fasa-tanah (Ampere)	2 fasa (Ampere)	3 fasa (Ampere)
0	0	314	2.609	3.031
100	12,820	266	2.233	2.578

Tabel 9. Perbandingan *Setting* Relai OCR dan GFR dari Data Lapangan dengan Perhitungan Manual dan Waktu Kerja Relai di Penyulang Bili-Bili Satu GI Borongloe

Kubikel	Relay	Ratio CT (Ampere)	Data Lapangan		Perhitungan Manual				Waktu kerja relai (s)
			Arus (Ampere)		TMS (s)	Arus (Ampere)		TMS (s)	
			Sek.	Prim.		Sek.	Prim.		
Incoming 20 KV	OCR	600/5	5,75	690	0,2	5,78	693	0,199	0,936
	GFR	600/5	0,5	60	0,23	0,602	72,25	0,203	0,957
Penyulang Bili-Bili 1	OCR	600/5	5	600	0,09	1,15	138	0,174	0,383
	GFR	600/5	0,5	60	0,09	0,481	57,8	0,092	0,374

Dari tabel 9 menunjukkan perbandingan *setting* relai OCR dan GFR dari perhitungan manual dengan data lapangan dan waktu kerja relai OCR dan GFR di Penyulang Bili-Bili Satu GI Borongloe. Nilai *setting* arus dan TMS kedua relai dari data lapangan dan dari perhitungan manual tersebut memiliki perbedaan. Untuk nilai *setting* relai OCR sisi

incoming dan GFR sisi *incoming* juga sisi penyulang dari data lapangan dan dari perhitungan manual memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan dan masih masuk dalam ambang batas, hal itu disebabkan oleh kalkulasi yang dilakukan secara manual dan adanya pembulatan angka yang berbeda, yang meningkatkan kemungkinan bahwa hasil nilai *setting* akan berbeda. Sementara itu, nilai *setting* relai OCR sisi penyulang sangat berbeda karena beban yang dipakai pada Penyulang Bili-Bili Satu adalah 4 MVA, dan nilai beban mempengaruhi nilai *setting* OCR sendiri. Arus beban Penyulang Bili-Bili Satu adalah 115 A, yang sangat kecil dibandingkan kapasitas CT, yaitu 600 A, jadi nilai *setting* arus 600/5 dianggap tidak ideal dan dapat menyebabkan sensitifitas relai berkurang, akurasi yang buruk. Idealnya, jika diterapkan ratio CT yang nominalnya 200/5 dengan mengatur ulang nilai *setting* arus dan TMS pada OCR Penyulang Bili-Bili Satu.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil kalkulasi dan analisis, nilai *setting* relai OCR dan GFR ditentukan dengan memperhitungkan impedansi ekivalen jaringan penyulang untuk memperoleh arus gangguan hubung singkat sebagai dasar penentuan TMS. Nilai *setting* TMS OCR sisi *incoming* sebesar 0,199 detik dan sisi penyulang sebesar 0,174 detik, sedangkan untuk GFR sisi *incoming* sebesar 0,203 detik dan sisi penyulang sebesar 0,092 detik. Hasil selisih waktu (*grading time*) sebesar 0,533 detik untuk OCR dan 0,582 detik untuk GFR menunjukkan bahwa koordinasi antara relai sisi *incoming* dan sisi penyulang tidak memenuhi kriteria *grading time* dimana berdasarkan standar yaitu 0,35 detik – 0,4 detik. Perbedaan nilai *setting* dari data lapangan dan hasil kalkulasi sebagian besar masih dalam batas wajar, kecuali pada OCR sisi penyulang yang menunjukkan perbedaan signifikan akibat pengaruh besaran beban pada penyulang tersebut. Disarankan untuk melakukan evaluasi dan pembaruan *setting* OCR dan GFR secara berkala, menyesuaikan dengan perubahan arus beban pada masing-masing sisi penyulang, untuk menjaga keandalan sistem pengaman. Ini penting untuk memastikan bahwa sistem pengaman tetap bekerja secara optimal dalam menghadapi gangguan. Khususnya untuk OCR sisi penyulang, nilai *setting* harus disesuaikan lebih akurat agar sesuai dengan kondisi operasional aktual dan tidak mengganggu selektivitas sistem proteksi secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- [1] I. N. Sunaya, I. G. S. Widharma, "Analisis Koordinasi Over Current Relay dan Ground Fault Relay Terhadap Keandalan Sistem", *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, vol. 3, no.1, pp. 30-40, Jun 2020, doi: 10.47532/jiv.v3i1.98
- [2] Kustanto, H. Yuli, M. Suyanto, and S. Hani, "Analisis OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) pada Transformator Daya 1 (60 MVA) Gardu Induk Bantul 150 KV Menggunakan Program Etap", *Jurnal Elektrikal*, vol. 1, no. 1, pp. 58-68, 2014.
- [3] R. Adriyan, Nasrulloh, R. A. Murdiantoro, "Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada Sistem Distribusi 20 KV Studi Kasus di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja". *Journal of JE²PA*, vol 11, no 1, 2022.
- [4] I D.G.Agung, I G.Dyana, T. G. I Partha, "Studi Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* di Saluran Penyulang Penebel", *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 02, 2017, doi: 10.24843/MITE.2017.v16i02p07
- [6] A. Multi and T. Addaus, "Analisa Proteksi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR)

- pada Transformator Daya Gardu Induk”, *Sainstech*, vol. 32, no.1, pp. 1-9, 2022, doi: <https://doi.org/10.37277/stch.v32i1.1215>
- [7] Zulkarnaini, Z. Anthony, Kartiria, A. E. Afianti, “Studi Analisa Proteksi OCR dan GFR di Kubikel 20 kV Penyulang RSUD pada PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji”, *JTE ITE*, vol. 11. no. 1, Jan 2022, doi: <https://doi.org/10.21063/JTE.2022.31331106>