

Analisis Koordinasi *Over Current Relay (OCR)* Dan *Ground Fault Relay (GFR)* Pada Sistem Distribusi 20 KV Studi Kasus di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja

Riki Andriyan¹, Nasrulloh², Randi Adzin Murdiantoro³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia
rikianandriyan2000@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: 15 April 2022

Received in revised form: 26 April 2022

Accepted: 19 Mei 2022

Available online: 19 Mei 2022

Keywords:

Recloser

Over Current Relay (OCR)

Ground Fault Relay (GFR)

ETAP

Kata Kunci:

Recloser

Over Current Relay (OCR)

Ground Fault Relay (GFR)

ETAP

ABSTRACT

ANALYSIS OF COORDINATION OF OVER CURRENT RELAY (OCR) AND GROUND FAULT RELAY (GFR) ON 20KV DISTRIBUTION SYSTEM CASE STUDY AT PT. PLN (Persero) ULP SIDAREJA. Increasing consumers of electrical energy impacts increasing the risk of disruption that distribution systems can expose to consumers. In order not to interfere with the distribution of electrical energy, the protection system installed in the electrical energy distribution network must work optimally. Coordination between protections installed in the distribution network has a significant impact on the quality of distribution. Therefore, the protection components, that is, the reclosing switch, the overcurrent relay (OCR), and the ground fault relay (GFR) must be configured correctly. Proper adjustment is where the protection system works according to its capacity, so the effects of disturbances can be minimized, the disturbances are not widespread and can lead to power outages. The grid protection system from the Lomanis –05 feeder line to ULPSidareja is already good because the components of the protection system are well matched. Since the components do not comply with SPLN 64: 1985 and IEC 60255, that is, 0.35 to 0.4 seconds, we can conclude that the quality of coordination between protection systems is good, but we still evaluate the applied settings. is needed. Not compliant with SPLN 64: 1985, but compliant with IEC60255.

Bertambahnya konsumen energi listrik berdampak pada bertambahnya resiko gangguan yang dapat dialami oleh sistem distribusi listrik ke konsumen. Untuk menjaga pendistribusian energi listrik tidak terganggu maka sistem proteksi yang terpasang pada jaringan distribusi tenaga listrik harus bekerja secara maksimal. Koordinasi antara peralatan proteksi yang terpasang pada jaringan distribusi tenaga listrik sangat berpengaruh pada kualitas pendistribusian energi listriknya. Oleh karena itu perlu diterapkan setting yang akurat pada komponen proteksinya, yaitu *Recloser*, *Overcurrent Relay (OCR)*, dan *Ground Fault Relay (GFR)*. Koordinasi yang baik adalah dimana sistem proteksinya bekerja sesuai dengan kapasitasnya, agar dampak gangguan bisa diminimalisir dan gangguan tidak terjadi secara meluas yang bisa mengakibatkan *blackout*. Sistem proteksi jaringan distribusi energi listrik dari penyulang Lomanis – 05 ke ULP Sidareja sudah bisa dikatakan baik, karena komponen sistem proteksinya bisa berkoordinasi dengan baik, hanya saja masih perlu dilakukan setting ulang karena waktu kerja komponen belum sesuai dengan SPLN 64 : 1985 dan IEC 60255 yaitu 0,35 detik – 0,4 detik, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas koordinasi antara sistem proteksinya bagus, namun setting yang diterapkan masih perlu di evaluasi lagi karena masih belum sesuai dengan SPLN 64 : 1985 dan IEC 60255.

Corresponding author:

Nasrulloh

Program Studi Teknik Elektro

Jalan Raya Pagojengan Km.3 Bumiayu Kab. Brebes 52276

E-mail addresses: arul.ste@gmail.com

1. Pendahuluan

Sistem distribusi energi listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik, yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (pembangkit) hingga ke konsumen. Meningkatnya konsumen energi listrik sejalan dengan bertumbuhnya jumlah penduduk yang semakin banyak setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan terjadinya kenaikan presentase kemungkinan terjadinya gangguan pada sistem distribusi energi listrik[1],[2].Gangguan yang biasa terjadi dapat berupa gangguan hubung singkat dan gangguan beban lebih, upaya untuk mengatasi gangguan tersebut yaitu perlu dilakukannya pengamanan pada jaringan berupa pemasangan alat pengamanan atau proteksi. Alat pengaman atau sistem proteksi merupakan bagian yang sangat penting yang digunakan dalam penyaluran tenaga listrik mulai dari pembangkit, transmisi, dan distribusi. Sistem proteksi pada distribusi energi listrik berperan sangat penting untuk menjaga pelayanan listrik yang aman dan andal[3].

Menurut IEC 60909, gangguan hubung singkat diartikan sebagai gangguan konduksi yang terjadi secara disengaja maupun tidak disengaja dengan perantara impedansi atau hambatan yang cukup rendah di beberapa titik

yang pada keadaan normal, mempunyai beda potensial (bertegangan) [4]. Gangguan di sistem distribusi energi listrik hampir semuanya merupakan gangguan hubung singkat yang bisa menimbulkan arus yang cukup besar. Arus yang besar apabila tidak segera dihilangkan maka bisa mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang dilewati oleh arus tersebut [5]. Sistem proteksi yang handal yaitu ketika sistem proteksi dapat segera mengantisipasi gangguan sedini mungkin dan juga bisa mengurangi efek yang terjadi akibat gangguan tersebut [6]. Sistem proteksi yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik bisa bekerja dengan baik dalam mengamankan sistem distribusi dari gangguan, maka dibutuhkan koordinasi kerja yang baik antara komponen proteksi, yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, yaitu OCR (*Overcurrent Relay*), GFR (*Ground Fault Relay*), dan juga recloser.

Tujuan adanya proses koordinasi ini adalah untuk mendapatkan setting waktu yang memerintahkan peralatan proteksi beroperasi ketika terjadi gangguan. Koordinasi antara peralatan proteksi ini bisa diperoleh dengan menerapkan setting nilai yang sesuai agar sistem proteksi bisa bekerja dengan baik. Untuk meminimalisir area gangguan dan meminimalisir dampak dari gangguan yang terjadi dibutuhkan koordinasi sistem proteksi energi listrik yang baik. Gangguan di sistem distribusi energi listrik hampir semuanya merupakan gangguan hubung singkat yang bisa menimbulkan arus yang cukup besar. Arus yang besar apabila tidak segera dihilangkan maka bisa mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang dilewati oleh arus tersebut [7]. Koordinasi sistem proteksi yang baik yang dimaksudkan adalah sistem proteksi bekerja sesuai dengan kapasitasnya, sehingga ketika terjadi gangguan, sistem proteksi akan memutuskan sambungan sampai batas terjadinya gangguan, sehingga gangguan tidak meluas. Jika koordinasi sistem proteksi tidak bekerja dengan baik maka bisa mengakibatkan pemadaman secara meluas atau biasa disebut *blackout* [8].

Prinsip kerja dari *Recloser* adalah mendeteksi terjadinya gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi energi listrik lalu memerintahkan PMT (Pemutus) untuk memutuskan arus agar menghindari kerusakan pada peralatan distribusi listrik lainnya, lalu menyambung lagi secara otomatis yang bisa diatur jeda waktunya. *Recloser* pada dasarnya akan mendeteksi gangguan dan kemudian akan terbuka dalam jangka waktu yang telah di setting sebelum ditutup secara otomatis. Penutup balik ini disebut *autoreclose/recloser*, dan beberapa operasi buka dan tutup dapat digunakan untuk menghilangkan gangguan sementara [9]. Ketika gangguan hanya sementara, maka *recloser* akan tersambung kembali secara otomatis, jika gangguan bersifat permanen, *recloser* akan tetap terbuka sampai perbaikan dilakukan. *Recloser* biasanya akan mencoba terhubung kembali sebanyak 3x untuk memastikan gangguan yang dialami bersifat sementara atau permanen, setelah gagal terhubung sebanyak 3x *recloser* akan tetap terbuka sampai gangguan diperbaiki [10].

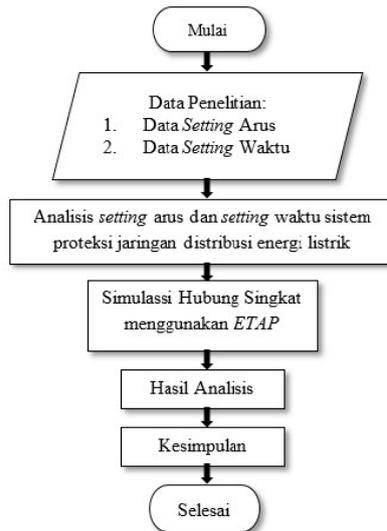
OCR (*Over Current Relay*) atau relai arus lebih, adalah relai yang berfungsi untuk mendeteksi adanya kenaikan arus listrik yang naik melebihi nilai settingnya, bisa disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat atau arus berlebih. OCR juga bisa berfungsi sebagai relai yang melindungi trafo dari arus berlebih [11]. Perangkat proteksi yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gangguan arus lebih, baik itu disebabkan oleh gangguan hubung singkat atau overload yang bisa merusak peralatan sistem tenaga yang berada didalam wilayah proteksinya [12]. GFR (*Ground Fault Relay*) atau relai gangguan tanah adalah relai yang memiliki prinsip kerja yang hampir sama seperti OCR, tetapi memiliki perbedaan dalam kegunaannya, relai OCR mendeteksi gangguan antar fasa sedangkan relai GFR mendeteksi gangguan fasa ke dalam tanah [13]. ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) adalah suatu perangkat lunak komputer yang sangat komprehensif dan sangat mendukung untuk kegiatan kelistrikan, baik untuk desain suatu sistem kelistrikan, maupun simulasi sistem kelistrikan [14]. Pada penelitian kali ini software ETAP digunakan untuk melakukan kegiatan simulasi gangguan hubung singkat.

PLN (Persero) ULP SIDAREJA merupakan Unit Layanan Pelanggan yang merupakan bagian dari PLN (Persero) Area Cilacap. PLN (Persero) ULP SIDAREJA mendistribusikan Tenaga Listrik ke beberapa kecamatan, diantaranya Kec. Sidareja, Kec. Cipari, Kec. Kedungreja, Kec. Patimuan, Kec. Gandrungmangu, Kec. Bantarsari, Kec. Kawunganten, serta sebagian Kec. Jeruk Legi dan Kec. Wanareja.

Karena wilayah kerja dari PLN (Persero) ULP SIDAREJA yang cukup besar, maka pemeliharaan pada jaringan distribusi tenaga listriknya harus dilakukan secara rutin, termasuk kualitas sistem proteksi yang terpasang di jaringan distribusi tenaga listriknya harus berfungsi dengan baik untuk menjaga kualitas pendistribusian tenaga listrik ke konsumen. Semakin baik koordinasi antara komponen proteksi yang terpasang pada jaringan distribusi energi listrik, maka semakin baik pula kualitas pendistribusian energi listrik ke konsumen. Berdasarkan penjelasan diatas diperlukan Analisis Koordinasi *Over Current Relay (OCR)*, dan *Ground Fault Relay (GFR)* pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 KV, pada PT. PLN (Persero) ULP SIDAREJA. Terkait setting sistem proteksi yang diterapkan pada jaringan distribusi tenaga listriknya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dimana metode yang dimaksud adalah perhitungan untuk mencari nilai setting arus dan setting waktu perangkat proteksi distribusi tenaga listrik, dan mensimulasikan dengan menggunakan software ETAP 12.6.0, hasil dari penelitian ini yaitu kualitas koordinasi komponen sistem proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik. Diagram Alir Penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis kuantitatif [15]. perhitungan impedansi, perhitungan arus hubung singkat, kemudian akan dilakukan perhitungan ulang dan akan didapat nilai setting nya. Kemudian nilai setting nya akan disimulasikan dengan software ETAP 12.6.0 lalu dianalisis apakah sudah sesuai kriteria sistem proteksi.

2.1. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$I_{3fas} = \frac{V_{ph}}{Z_{1e}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- I_{3fas} : Arus hubung singkat tiga fasa (A)
- V_{ph} : Tegangan fasa-netral sistem 20 kV = $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$ (V)
- Z_{1e} : Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)

Arus gangguan hubung singkat dua fasa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 berikut:

$$I_{2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- I_{2fasa} : Arus gangguan hubung singkat dua fasa (A)
- V_{ph-ph} : Tegangan fasa-fasa sistem 20 kV = 20.000 (V)
- Z_{1eq} : Impedansi urutan positif (ohm)
- Z_{2eq} : Impedansi urutan negatif (ohm)

Arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$I_{1fasa} = \frac{3xV_{xph}}{2xZ_{1eq} + Z_{0eq}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- I_{1fasa} : Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)
- V_{ph} : Tegangan fasa – netral sistem 20 kV = $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$ (V)
- Z_{1eq} : Impedansi urutan positif (ohm)
- Z_{0eq} : Impedansi urutan nol (ohm)

2.2. Setting Relai

Pada perhitungan *setting recloser*, OCR dan GFR *outgoing* menggunakan karakteristik *standard invers*, perhitungan *setting* perangkat proteksi diawali dari *recloser*, OCR dan GFR *outgoing*. Penentuan *setting* waktu kerja (Top) berdasarkan *grading time* antara peralatan proteksi sesuai IEC 60255 sebesar 0,3 – 0,5 detik. Waktu operasi

(Top) pada kerja cepat (*fast recloser*) adalah 0,5 detik. Rumus yang akan dipakai untuk menentukan nilai setelan waktu pada relai adalah seperti persamaan 2.4 berikut:

$$TK = TMS \times \frac{0,14}{(I_{hs}/I_{set})^{0,02} - 1} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- TK : Waktu Kerja (s)
- TMS : Waktu Setting (s)
- I_{Hs} : Arus Hubung Singkat (A)
- I_{Set} : Arus Setting Hs (A)

2.3. Spesifikasi Alat

Spesifikasi Trafo tenaga seperti berikut Gardu Induk Lomanis, Tegangan Tinggi 150 kV, Tegangan Rendah 20 kV, Kapasitas 60 MVA, Arus Hubung Singkat 3 Fasa 13,493 kA, Arus Hubung Singkat 150 kV: 3505,6 MVA, Impedansi Urutan (+ & -): 0,1344 + J 0,3158, Impedansi Urutan Nol 0,3631 + J 1,6180, Impedansi Trafo, 23%, Akar 3 : 1,7321, I Nominal Trafo 1,720 A, Tahanan Tanah 0,15 Ohm, Beban Rata – rata 991 kVA. Data kabel penghantar yang digunakan pada penyulang Lomanis – 5 berikut Sumber Tenaga Trafo II 60 MVA; Proteksi Terpasang 1 PMT, 2 Recloser; Panjang Penyulang 46 KM; Jenis Kabel Penghantar Alumuniun AAAC 240 mm²; Impedansi Saluran Urutan (+ & -) 0,1344 + J 0,3158; Impedansi Saluran Urutan 0: 0,3631 + J 1,6180.

3. Hasil dan Pembahasan

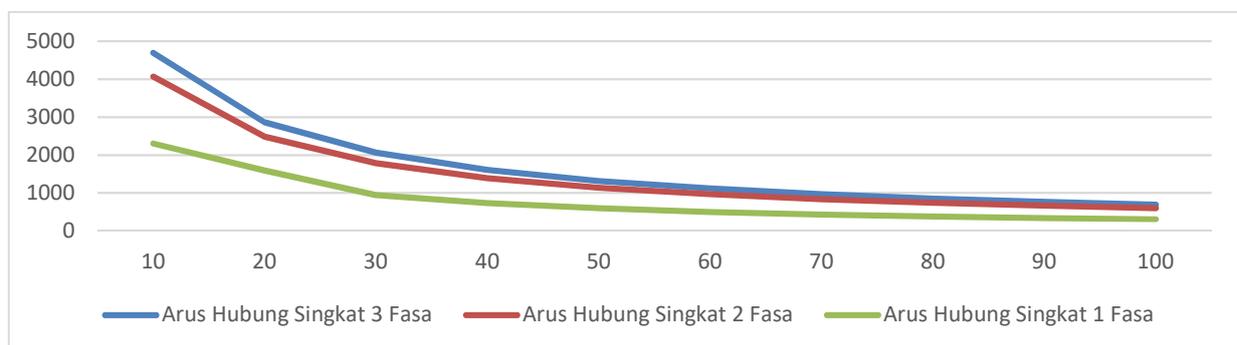
3.1 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat

Hasil perhitungan berikut merupakan nilai arus gangguan hubung singkat 3 Fasa, 2 Fasa, dan 1 Fasa dengan asumsi jarak gangguan 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100%, seperti tampak pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Analisis Nilai Hubung Singkat

Jarak%	I Hs 3 Fasa	I Hs 2 Fasa	I Hs 1 Fasa ke Tanah
10	4695,811	4066,695	2304,943
20	2866,683	2482,621	1589,401
30	2061,596	1785,395	947,277
40	1608,665	1393,145	731,579
50	1318,903	1142,204	595,892
60	1117,487	967,773	502,655
70	969,521	839,630	434,653
80	856,030	741,344	382,841
90	766,376	663,702	342,072
100	693,680	600,744	309,142

Dari hasil perhitungan diatas didapat grafik arus hubung singkat seperti tampak pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Grafik Arus Hubung Singkat

Melihat pada Gambar 4.1, yang merupakan grafik nilai arus hubung singkat dari hasil perhitungan pada penyulang LMS – 05. Dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak gangguan maka gangguan arus hubung singkat yang terjadi semakin kecil, itu dikarenakan dalam perhitungan yang dilakukan, nilai pembagi dari masing – masing fasa berbeda, pada arus hubung singkat 3 fasa nilai pembagi yang digunakan adalah nilai impedansi positif saja, sehingga nilai pembaginya kecil [16], [17]. Pada arus hubung singkat 2 fasa, menggunakan nilai impedansi positif dan negatif sebagai pembagi, sehingga nilai pembaginya besar. Pada arus hubung singkat 1 fasa ke tanah menggunakan

nilai impedansi positif, negatif, dan nilai impedansi Nol, sehingga hasil yang diperoleh akan lebih kecil daripada perhitungan lainnya. Pada jarak 10% arus hubung singkat 3 fasa mencapai angka 3560A, pada jarak 50% mencapai 1211A, sedangkan pada jarak 100% mencapai nilai 663A. Begitu pula pada arus hubung singkat 2 fasa dan 1 fasa ke tanah, semakin jauh maka nilai arus hubung singkat akan semakin kecil.

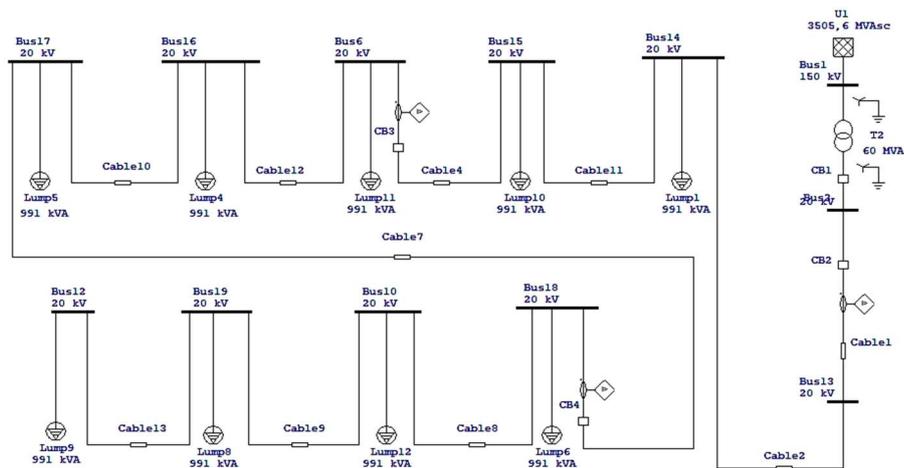
3.2 Hasil Perhitungan Waktu Kerja Relai

Hasil perhitungan waktu kerja relai seperti tampak pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Waktu Kerja Relai

Jarak%	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
10	0,751	0,801	0,866
20	0,964	1,947	1,025
30	1,186	1,314	1,373
40	1,195	1,359	1,005
50	1,438	1,687	1,236
60	1,738	2,108	1,515
70	1,86	2,384	1,195
80	2,305	3,113	1,576
90	2,906	4,371	2,097
100	3,276	6,571	2,842

Untuk melakukan simulasi arus hubung singkat pada *ETAP*, buat *single line diagram* pada *ETAP*, kemudian masukan data komponen spesifikasi alat dimasukkan dalam pada komponen yang ada di *ETAP*. Gambar *single line diagram* seperti tampak pada gambar 3.2 berikut



Gambar 3.2 *Single Line Diagram* Penyulang Lomanis – 5 pada *ETAP*

1) Perbandingan Koordinasi Sistem Proteksi Perhitungan dan Simulasi

Setelah melakukan perhitungan manual dan melakukan simulasi menggunakan software *ETAP*, tahap selanjutnya yaitu melakukan perbandingan antara hasil dari perhitungan dan simulasi untuk mengetahui perbedaan diantara kedua hasil tersebut, ditunjukkan pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Perbandingan Arus Hubung Singkat Perhitungan dan Simulasi

Jarak%	3 Fasa		2 Fasa		1 Fasa	
	Hitung (kA)	Simulasi (kA)	Hitung (kA)	Simulasi (kA)	Hitung (kA)	Simulasi (kA)
10	4,69	4,65	4,06	4,49	2,30	2,84
20	2,86	2,84	2,48	2,74	1,58	1,58
30	2,06	2,05	1,78	1,97	0,947	1,09
40	1,6	1,6	1,39	1,54	0,731	0,837
50	1,31	1,31	1,14	1,26	0,595	0,667
60	1,11	1,11	0,967	1,07	0,502	0,569
70	0,969	0,964	0,839	0,929	0,434	0,491
80	0,856	0,851	0,741	0,821	0,382	0,431

90	0,766	0,762	0,663	0,735	0,342	0,385
100	0,693	0,69	0,600	0,665	0,309	0,347

Dapat dilihat pada Tabel 3.3 perbandingan antara nilai gangguan arus hubung singkat dari hasil perhitungan manual dan dari hasil simulasi koordinasi. Nilai dari kedua hasil tersebut masing – masing memiliki perbedaan, ada juga beberapa hasil yang sama, perbedaan antara kedua hasil tersebut bisa terjadi karena perhitungan dilakukan secara manual dan simulasi dilakukan menggunakan *software ETAP* memiliki metode pembulatan nilai yang berbeda, sehingga memungkinkan akan terjadi perbedaan pada hasilnya [18], [19], [20].

Dari kedua hasil tersebut juga didapat perbedaan yang tidak terlalu jauh, pada perhitungan gangguan arus hubung singkat 3 fasa di titik 10% didapat nilai sebesar 4,69 kA pada titik gangguan 50% didapat nilai 1,31 kA, dan pada titik gangguan 100% didapat nilai gangguan arus hubung singkat yang semakin kecil yaitu sebesar 0,693 kA. Pada simulasi koordinasi menggunakan *software ETAP*, didapat nilai arus hubung singkat 3 fasa pada titik 10% sebesar 4,65 kA, pada titik gangguan 50% didapat nilai sebesar 1,31 kA, dan pada titik gangguan 100% didapat nilai sebesar 0,69 kA, hal serupa terjadi juga pada gangguan arus hubung singkat 2 fasa dan 1 fasa, baik dari hasil perhitungan maupun dari hasil simulasi, semakin jauh titik gangguan terjadi maka nilai arus hubung singkat akan semakin kecil [21], [22]. Koordinasi sistem proteksi pada penyulang penebel belum sesuai, karena waktu per zona antara peralatan proteksi tersebut pada beberapa nilai masih dibawah 0,4 detik, sehingga menyebabkan kemungkinan peralatan proteksi tersebut mengalami trip secara bersamaan [23], [24].

2) Perbandingan Waktu Kerja Relai Hasil Perhitungan dan Simulasi

Setelah melakukan perhitungan manual dan juga simulasi didapat hasil waktu kerja relai seperti tampak pada tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Perbandingan Waktu Kerja Relai Hasil Perhitungan dan Simulasi

Jarak%	3 Fasa		2 Fasa		1 Fasa	
	Hitung (s)	Simulasi (s)	Hitung (s)	Simulasi (s)	Hitung (s)	Simulasi (s)
10	0,751	0,753	0,801	0,765	0,866	0,967
20	0,964	0,967	1,947	0,986	1,025	1,451
30	1,186	1,190	1,314	1,220	1,373	2,106
40	1,195	1,054	1,359	1,089	1,005	2,427
50	1,438	1,279	1,687	1,33	1,236	4,099
60	1,738	1,622	2,108	1,628	1,515	8,883
70	1,86	1,58	2,384	1,628	1,195	15,317
80	2,305	1,991	3,113	2,151	1,576	3,209
90	2,906	2,565	4,371	2,826	2,097	3,83
100	3,276	3,415	6,571	3,872	2,842	3,669

Pada Tabel 3.4 dapat dilihat perbandingan waktu kerja koordinasi antar relai gangguan arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa dari hasil perhitungan manual dan dari hasil simulasi pada *software ETAP*. Nilai dari perhitungan manual maupun nilai dari hasil simulasi tersebut masing – masing memiliki perbedaan, tetapi ada juga nilai yang sama, hal itu dikarenakan perhitungan dilakukan secara manual dan simulasi koordinasi menggunakan *software ETAP* yang memiliki pembulatan nilai yang berbeda, sehingga besar kemungkinan akan terjadi perbedaan pada nilai hasilnya.

Pada perhitungan manual, waktu kerja koordinasi sistem proteksi antar relai, pada gangguan arus hubung singkat 3 fasa didapat nilai paling kecil sebesar 0,751 detik – 3,276 detik, pada simulasi dengan *ETAP* didapat nilai paling kecil yaitu 0,753 detik – 3,415 detik. Pada perhitungan manual waktu kerja relai dengan arus hubung singkat 2 fasa menghasilkan nilai 0,801 detik – 6,571 detik, pada simulasi dengan *ETAP* didapat waktu kerja paling sedikit 0,765 detik – 3,872 detik. Pada perhitungan manual waktu kerja relai dengan gangguan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah menunjukkan waktu kerja paling sedikit 0,866 detik – 2,842 detik, dari hasil simulasi dengan *ETAP* didapat waktu kerja relai paling sedikit 0,967 detik – 15,317 detik. Jadi waktu kerja koordinasi antar relai pada penyulang Lomanis – 05, masih belum memenuhi standar SPLN 64: 1985 yaitu 0,35 detik – 0,4 detik [25], [26], [27], sehingga perlu dilakukan *setting* ulang pada sistem proteksi tenaga listriknya agar mendapatkan koordinasi sistem proteksi yang maksimal dan sistem proteksi bisa dengan cepat menangani gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik di wilayah Sidareja.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan simulasi koordinasi sistem proteksi dengan menggunakan *software ETAP* pada jaringan distribusi 20 kV wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Sidareja, dari penyulang Lomanis – 05 (LMS – 05), maka dapat disimpulkan kualitas koordinasi sistem proteksinya sudah bagus, karena dari masing – masing relai proteksi bisa bekerja dengan baik, dimana ketika ada gangguan terjadi di zona kerjanya, relai akan bekerja secepat mungkin untuk menangani gangguan yang terjadi. *Setting* yang diterapkan, perlu dilakukan *setting* ulang, karena dari

hasil simulasi dan hasil perhitungan menunjukkan waktu kerja yang tidak sesuai dengan SPLN 64 : 1985 yaitu 0,35 detik – 0,4 detik.

Pada simulasi menggunakan *software ETAP*, *setting* yang diterapkan sangat baik karena masing – masing relai bisa berkoordinasi satu dengan yang lainnya. Dari perbandingan hasil perhitungan dan juga hasil simulasi menggunakan *software ETAP*, menunjukkan beberapa hasil yang sama, tetapi terdapat beberapa hasil yang sedikit berbeda, hal ini bisa diakibatkan oleh *setting* yang kurang sesuai dan juga perbedaan pembulatan nilai antara perhitungan manual dan nilai dari simulasi menggunakan *software ETAP*.

Daftar Pustaka

- [1] J. M. W. Saputro, B. Winardi, and S. Handoko., “Analisis Koordinasi Proteksi Relay OCR dan Recloser Pada Penyulang SGN 04 Sanggrahan Menggunakan ETAP 12.6.0,” pp. 1–6.
- [2] M. A. SYAKUR, “Studi Setting Relay Proteksi Over Current Relay dan Ground Fault Relay Sisi Incoming dan Outgoing Pada Penyulang Pelangi Gardu Induk Teluk Betung,” 2020.
- [3] Sodilemana, Anggy Eri, Nasrulloh Nasrulloh, and Rizki Noor Prasetyono. "The Effect Of Loading And Unbalanced Load On Determination Of Life Loss Of Distribution Transformers." *Journal of Electronic and Electrical Power Applications* 1.1 (2021): 1-7.
- [4] M. F. A. Limbong, R. Gianto, and Hardiansyah, “Evaluasi Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah di Gardu Induk Ngabang.”
- [5] N. Afif, “Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang SYG10 di PT.PLN (Persero) GI Sayung,” 2020.
- [6] D. G. A. B. Udiana, I. G. D. Arjana, and T. G. I. Partha, “Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel,” vol. 16, no. 02, 2017.
- [7] I. N. Afif, “Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang SYG10 di PT.PLN (Persero) GI Sayung,” 2020.
- [8] M. Sitompul, “Pnyetelan Ulang Recloser Pada Penyulang WLI06 Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Kelistrikan Dengan Menggunakan Software ETAP 12.6.0,” 2020.
- [9] M. Aditya and A. Rafie, “Koordinasi Proteksi PBO Dengan Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang Jamparing 20 KV di PT. PLN (Persero) UP3 Bogor,” 2020.
- [10] Syafii, “Analisa Koordinasi Recloser dan OCR (Over Current Relay) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 3 Distribusi 20 KV GI Jajar,” 2016.
- [11] Safitri, Gunawan, and A. A. Nugroho, “Analisa Koordinasi Setting Proteksi Over Current Relay (OCR) Outgoing 20 kV dan Recloser pada Trafo II 60 MVA Feeder RBG 01 di Gardu Induk 150 kV Rembang Indri.”
- [12] Khadaafi, “Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Antara Incoming dan Outgoing Penyulang Tornado di Gardu Induk Teluk Betung,” 2020.
- [13] M. H. Noor, “Analisis Perhitungan Koordinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Bambu GIS 150/20 kV Kebon Jeruk,” 2020.
- [14] T. R. I. Juniarto, “Analisis koordinasi pengaman over current relay , ground fault relay , dan recloser pada penyulang majenang 08 pt. pln (persero) gardu induk majenang cilacap,” 2019.
- [15] R. Fansur, “Setting Kerja Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Untuk Circuit Breaker Outgoing (CBO) Penyulang Norwegia di PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya,” 2020.
- [16] B. M. RIZALDO, “Analisa Sistem Koordinasi Proteksi Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah Pada Penyulang Anting di Gardu Induk Duri Kosambi,” 2020.
- [17] A. Albi, “Analisis Koordinasi Proteksi PBO Dengan Proteksi OCR dan GFR Pada Penyulang Kursi 20 KV di PT PLN (Persero) UP3 Cengkareng,” 2020.
- [18] Haryudi, Subuh Isnur, and Unit Three Kartini. "Analisis Perbandingan Perhitungan Short Circuit Pada Gardu Induk 150/20 KV (Studi Kasus Pada Gardu Induk Manyar Gresik)." *JURNAL TEKNIK ELEKTRO* 10.2 (2021): 507-515.
- [19] Juniyanto, Alfin. "Studi Pembagian Beban Dan Rekonfigurasi Switching Keypoint Pada Jaringan TM 20 KV PWI-7 GI Purwodadi Berbasis ETAP 12.6. 0." *CYCLOTRON* 5.1 (2022).
- [20] Sugino, Bambang. "Analisis Sistem Proteksi Jaringan Tegangan Menengah Menggunakan Aplikasi Etap Di Bandar Udara Internasional Kualanamu." *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas sains dan Tehnologi* 1.1 (2021): 185-185.
- [21] Auliq, M. A'an, and Indra Bagus Pratama. "Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12.6. 0." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)* 3.1 (2021): 31-42.
- [22] Kiswanton, Agus, and Ardian Permana Putra. "Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA menggunakan UPS 8 KVA pada software etap 16.0. 0." *Prosiding Seminar Nasional Fortei7 (SinarFe7)*. Vol. 4. No. 1. 2021.
- [23] I. D. G. A. B. Udiana, I. G. D. Arjana, and T. G. I. Partha, “Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel,” vol. 16, no. 02, 2017.
- [24] Permana, Endan Budi, Yudi Prana Hikmat, and Supriyanto Supriyanto. "Studi Proteksi Setting Arus Lebih pada PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV Menggunakan Software ETAP 12.6. 0." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 12. 2021.
- [25] Simanjuntak, Rino PM, Syafriyudin Syafriyudin, and Beny Firman. "Analisis Keandalan Penempatan Recloser Dan Besar Arus Hubung Singkat Di Pt. Pln (Persero) Distribusi Area Yogyakarta." *Jurnal Elektrikal* 4.1 (2017): 40-47.
- [26] Yamashika, H., & Kamil, M. (2022). Rancang Bangun Scaled Down Model Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *Rang Teknik Journal*, 5(1), 184-187.
- [27] Sunitra, Ahmad Al Ambari, Asmar Asmar, and Rudy Kurniawan. "Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Pada Penyulang Lalang PLTD Padang Belitung Timur." *proceedings of national colloquium research and community service*. Vol. 3. 2019.