

ANALISA KOORDINASI SETTING OVER CURRENT RELAY (OCR) DAN GROUND FAULT RELAY (GFR) PADA BAY BUSTIE KTT PT DAESANG DI GI MIWON

Hifdillah Kharisma Muhammad¹, Bambang Minto Basuki², Abdul Muta'ali³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

kh_41215@yahoo.co.id, bambang.minto@unisma.ac.id, amutaali@unisma.ac.id

Abstract

Electrical protection systems are crucial for maintaining reliability and safety in power distribution. This study examines the coordination analysis between the Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) in the GI Miwon bay bustie. The primary objective of this research is to determine the optimal setting values for the OCR and GFR to detect and interrupt short-circuit faults in timely manner and accurate. The methods used involve both of theoretical calculations and simulations to evaluate the performance of the relays in various fault scenarios. The result of the research shows the relays responded properly in order to covering the fault in covered area and ensuring the grid system on going stability.

Keywords— Over Current Relay, Ground Fault Relay, Coordination relays, Electrical protection, Power Grid Stability

Abstraksi

Sistem proteksi tenaga listrik sangat penting untuk menjaga keandalan dan keamanan dalam distribusi tenaga listrik. Penelitian ini mengkaji analisa koordinasi antara Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada bay *bustie* GI Miwon. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan nilai *setting* yang optimal untuk OCR dan GFR agar dapat mendeteksi dan memutuskan gangguan hubung singkat dengan cepat dan akurat. Metode yang digunakan melibatkan perhitungan teoretis dan simulasi untuk mengevaluasi kinerja relai dalam berbagai skenario gangguan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penyetelan yang tepat, relai dapat bekerja secara selektif dan efisien, meminimalkan area gangguan dan memastikan stabilitas sistem.

Kata Kunci— Over Current Relay, Ground Fault Relay, Koordinasi rele rele, Proteksi tenaga listrik, Kestabilan Jaringan Listrik

I. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) merupakan perusahaan listrik terbesar di Indonesia. Perusahaan ini mempunyai banyak pelanggan dari kota besar hingga pelosok tanah air. Kapasitas yang ditawarkan pun juga bermacam - macam, mulai dari 450 VA sampai ratusan MVA. Selain menawarkan berbagai macam kapasitas, perusahaan ini juga menawarkan berbagai macam tegangan, mulai dari 220 V sampai 150.000 V (150 kV). Pelanggan yang bertegangan 70 kV atau lebih disebut dengan pelanggan Konsumen Tegangan Tinggi (KTT) [1]. Salah satu pelanggan KTT PT. PLN (Persero) adalah PT. Daesang Ingredients Indonesia yang terletak di Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik.

PT. Daesang Ingredients Indonesia merupakan pelanggan premium Konsumen Tegangan Tinggi 70 kV dengan kontrak kapasitas 30 MVA. Dalam penyaluran energi listrik selalu ada kondisi tidak normal (gangguan)

yang menyebabkan terganggunya keberlangsungan penyaluran listrik terhadap konsumen. Jika gangguan tersebut tidak cepat dihilangkan maka dapat merusak peralatan yang ada pada tenaga listrik dan peralatan listrik konsumen. Agar penyaluran sistem tenaga listrik ini dapat berjalan andal maka perlu adanya sistem proteksi, salah satu sistem proteksi yang digunakan adalah Rele Arus Lebih atau Over Current Relay (OCR) dan Rele Gangguan Tanah atau Ground Fault Relay (GFR). Rele Arus Lebih atau yang lebih dikenal dengan Over Current Relay (OCR) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya [2]. Sedangkan Ground Fault Relay (GFR) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama dengan relai arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan

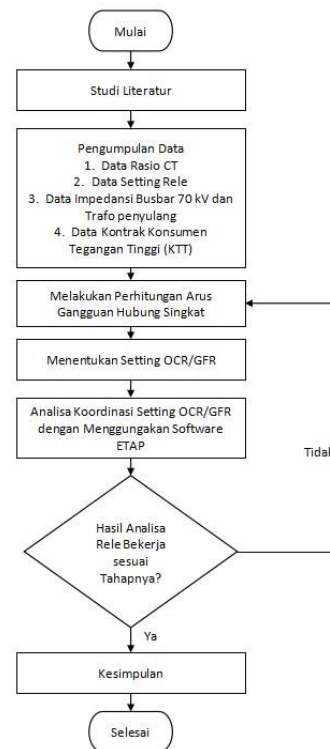
dalam kegunaannya. GFR mendeteksi melalui binary input yang ada pada relai sehingga memerintahkan binary output agar memberikan perintah jika adanya hubungan singkat ke tanah [3].

Pada pemasangannya, Rele Arus Lebih atau Over Current Relay (OCR) dan Rele Gangguan Tanah atau Ground Fault Relay (GFR) ini menggunakan input arus yang di dapat dari Current Transformer (CT) yang mengkonversikan arus primer menjadi arus sekunder yang dapat digunakan untuk pengukuran dan sistem proteksi. Pada sistem tenaga listrik yang kompleks, rele - rele ini pasti terpasang di setiap bay line dan bay trafo. Agar rele - rele arus lebih atau Over Current Relay (OCR) dan rele - rele gangguan tanah atau Ground Fault Relay (GFR) dapat bekerja secara berurutan maka harus dilakukan koordinasi. Koordinasi sistem proteksi dapat melokalisir dan mengisolasi daerah yang terganggu sehingga dapat menghindari terjadinya padam meluas [4].

Rele Arus Lebih atau Over Current Relay (OCR) yang terpasang di Bay Bustie GI Miwon ini di desain menggunakan karakteristik waktu Definite Time, yang artinya rele ini akan bekerja sesuai waktu kerja yang di setting. Begitu juga dengan Rele Gangguan Tanah atau Ground Fault Relay (GFR), desain pengamanannya sama seperti OCR yaitu menggunakan karakteristik waktu Definite Time. Setelah OCR dan GFR bay Bustie GI Miwon ini sudah di setting, selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik dan pengujian individu pada rele. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji Omicron CMC 356, dengan injeksi tegangan nominal dan arus lebih besar dari arus setting, kemudian alat uji menghitung waktu tripnya dan dibandingkan dengan waktu setting pada rele.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengumpulan data pada skripsi ini dilakukan di PT. Daesang Ingredients Indonesia GI (Gardu Induk) Miwon yang bertempat di Jl. Raya Driyorejo No.265, Dusun Karanglo, Kec. Driyorejo, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61177 dengan waktu penelitian pada Bulan Juli 2024. Adapun desain penelitian dapat digambarkan dengan diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan (1) studi literatur, (2) penelitian secara langsung, dan (3) observasi lapangan. Dalam menganalisis data yang telah didapatkan peneliti menggunakan metode kuantitatif yaitu melakukan perhitungan dan analisa dari hasil perhitungan yang telah didapatkan. Adapun metode kuantitatif yang penulis terapkan yaitu (1) perhitungan per unit, (2) impedansi transformator, (3) impedansi sumber di busbar GI Miwon 70 kV, dan (4) perhitungan arus hubung singkat 3 fasa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Pengaman Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada KTT PT. Daesang di GI Miwon

Untuk menentukan desain pengaman OCR/GFR harus dilakukan beberapa tahapan perhitungan, berikut adalah tahapan perhitungan untuk menentukan desain pengaman atau nilai setting arus dan karakteristik waktunya.

3.1.1. Perhitungan ib70

Sebelum penulis melakukan perhitungan lebih lanjut, penulis terlebih dahulu menghitung arus dasar sisi 70 kV (ib70) untuk dasar perhitungan menentukan setting arus rele. Dengan menggunakan

MVA base = 100 maka hasil perhitungannya adalah sebagai berikut.

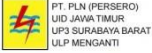
$$ib_{kv} = \frac{MVA_{base}}{kV \sqrt{3}} \quad (1)$$

$$ib_{70} = \frac{100}{70 \sqrt{3}} \quad (2)$$

$$ib_{70} = 824,786 A \quad (3)$$

3.1.2. Perhitungan Ompedansi Transformator

Transformator di GI Miwon berjumlah 3 yang jika dijumlahkan dayanya sebesar 30 MVA sesuai dengan data informasi pelanggan yang ada pada Gambar di bawah dengan Impedansi (X_t) sebesar 10% dan waktu maksimal merasakan gangguan adalah 0,2 detik.



INFORMASI PELANGGAN	
NO. KONTRAK	B00338347
ID PELANGGAN	011450338349
NAMA	PT DASISANG INGREDIENTS IN
ALAMAT	JL. DRUYOREJO SEP. RT. / RW. / 0
TARIF/ DATA/ PENBESAR	14 / 30,000,000.00 /
IKWP	010017200057000

Gambar 2. Informasi data pelanggan

Dari data trafo pelanggan yang sudah diperoleh penulis maka dapat dihitung impedansi transformator di GI Miwon dalam satuan pu dengan rumus sebagai berikut.

$$X_{t1} = X_t \frac{MVA_{base}}{S} \quad (4)$$

$$X_{t1} = 10 \frac{100}{30} \quad (5)$$

$$X_{t1} = 0,333 pu \quad (6)$$

Untuk menentukan arus gangguan, perhitungan impedansi trafo sisi primer dan sekunder harus 0,5 dari impedansi trafo. Maka rumusnya adalah sebagai berikut.

$$X_{tp1} = 0,5 \times X_{tp} \quad (7)$$

$$X_{tp1} = 0,5 \times 0,333 \quad (8)$$

$$X_{tp1} = 0,167 pu \quad (9)$$

$$X_{ts1} = 0,167 pu \quad (10)$$

3.1.3. Perhitungan Impedansi Sumber Busbar 70 kV

Data yang diperoleh oleh penulis adalah data yang terbaru yang diperbarui oleh tim PT. PLN (Persero) UIP2B Jatim yaitu impedansi busbar GI Miwon 70 kV semester 2 tahun 2023 dengan data sebagai berikut.

Tabel 1. Impedansi sumber di busbar GI Miwon 70 kV

	R	X
Impedansi urutan positif	$R1 = 0,0086$	$X1 = 0,1315$
Impedansi Urutan Ngatif	$R2 = 0,085$	$X2 = 0,1315$
Impedansi Urutan Nol	$R0 = 12,2594$	$X0 = 0,1606$

Maka dapat dihitung impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif, dan impedansi urutan nol dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Z_{s1} = R1 + j \times X1 \quad (11)$$

$$Z_{s1} = 0,0086 + 0,1315i \quad (12)$$

$$Z_{s2} = R2 + j \times X2 \quad (13)$$

$$Z_{s2} = 0,085 + 0,1315i \quad (14)$$

$$Z_{s0} = R0 + j \times X0 \quad (15)$$

$$Z_{s0} = 12,2594 + 0,1606i \quad (16)$$

3.1.4. Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Kemudian dari data - data yang diperoleh tersebut di atas maka dapat dilakukan perhitungan arus gangguan 3 fasa di sisi primer (70 kV). Arus gangguan 3 fasa digunakan untuk menentukan nilai arus setting pada rele OCR bay bustie 70 kV di GI Miwon. Arus gangguan 3 fasa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$I_{3f70} = \frac{E}{Z_{s1} + j \times X_{tp1} + j \times X_{ts1}} \times ib_{70} \quad (17)$$

$$|I_{3f70}| = \frac{1}{0,0086 + 0,1315 + j \times X_{tp1} + j \times X_{ts1}} \times ib_{70} \quad (18)$$

$$I_{3f70} = 1745 A \quad (19)$$

3.1.5. Menentukan Setting Arus pada Rele OCR/GFR Bay Bustie GI Miwon

Untuk menentukan setting arus pada rele OCR bay bustie GI Miwon yaitu nilai arus hubung singkat 3 fasa dikalikan dengan 1,5.

$$I_{setp} = 1,5 \times I_{3f70} \quad (20)$$

$$I_{setp} = 2618 A \quad (21)$$

Nilai tersebut adalah nilai arus di sisi primer (70 kV), untuk memasukkannya ke dalam nilai arus sekunder (arus yang masuk ke rele) yaitu dengan memperhatikan rasio CT yang terpasang di lapangan (400/5A). Maka perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$I_{sets} = \frac{I_{setp}}{RasioCT} \quad (22)$$

$$I_{sets} = \frac{2618}{400/5} \quad (23)$$

$$I_{sets} = 32,75 A \text{ atau } 6,545 \times I_{en} \quad (24)$$

Kemudian sesuai dengan data yang diperoleh pada data transformator yaitu waktu maksimal gangguan ada 0,2 detik, maka untuk setting waktu rele OCR adalah 0,2 detik dengan karakteristik waktu Definite Time. Selanjutnya untuk setting

arus rele GFR adalah arus NGR dikalikan dengan 0,2.

$$I_{set_{GFRp}} = 0,2 \times 191 = 38,2A \quad (25)$$

Nilai arus tersebut adalah nilai arus pada sisi primer, untuk memasukkannya ke dalam arus sekunder (arus yang masuk ke rele) yaitu dengan memerhatikan rasio CT yang terpasang di lapangan (400/5A). Maka perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$I_{set_{GFRs}} = \frac{I_{set_{GFRp}}}{Rasio_{CT}} \quad (26)$$

$$I_{set_{GFRs}} = \frac{38,2}{400/5} \quad (27)$$

$$I_{set_{GFRs}} = 0,4775 \text{ atau } 0,5A \text{ atau } 0,1 \times I_{en} \quad (28)$$

3.1.6. Perbandingan dengan Proteksi Sebelumnya

Desain pengamanan bay bustie sebelumnya adalah hanya menggunakan rele OCR pembatas yang fungsinya adalah sebagai pengamanan jika beban konsumen melebihi batas kontrak daya. OCR pembatas yang digunakan menggunakan karakteristik waktu Long Time Invers (LTI) dengan setting tunda waktu 1,5 TMS pada arus 0,71 x I_{en} dan Definite Time (DT) dengan setting tunda waktu 4 deting pada arus 2,85 x I_{en}. Berikut adalah hasil unduhan proteksi rele OCR Pembatas bay bustie GI Miwon. Jika dilakukan pengujian waktu trip maka dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Pengujian waktu trip rele OCR

Bay	I set	Kurva	TMS	If	t
Driyo	1,20 x I _{en}	SI	0,360	2618 A	0,303 s
Tarik	1,20 x I _{en}	SI	0,360	2618 A	0,303 s
Pembatas	2,85 x I _{en}	DT	4 s	2618 A	4 s
OCR	6,545 x I _{en}	DT	0,2 s	2618 A	0,2 s

Dan jika dilihat data transformator konsumen, waktu maksimal transformator merasakan gangguan adalah 0,2 detik. Ketika transformator merasakan gangguan lebih dari waktu maksimal yang sudah ditentukan pabrikan maka akan berakibat kerusakan pada transformator. Dengan ditambahkannya proteksi tambahan rele OCR bay bustie maka resiko pemadaman meluas dan kerusakan transformator akibat waktu gangguan yang lama akan berkurang.

3.2. Menguji hasil desain Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada KTT PT. Daesang di GI Miwon

Penulis menguji hasil desain OCR/GFR dengan menganalisa hasil perhitungan setting arus menggunakan aplikasi ETAP pada PC dan

pengujian rele di lapangan menggunakan alat uji OMICRON CMC 356.

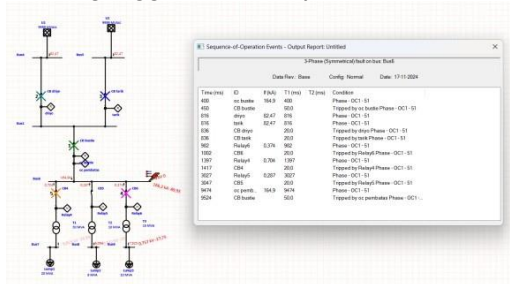
3.2.1. Analisa dengan Aplikasi ETAP

Dengan menggambar Single Line Diagram (SLD) dilengkapi dengan peralatan yang terpasang di lapangan seperti PMT, CT beserta rasionya, rele proteksi beserta settingnya, dan trafo penyulang serta beban maksimal pada penyulang di aplikasi ETAP sesuai fakta di lapangan. Dari SLD yang sudah tergambar pada aplikasi ETAP, kemudian disimulasikan beberapa gangguan. Berikut data peralatan yang digunakan pada aplikasi ETAP.

Tabel 3. Data peralatan pada aplikasi ETAP

Nama Peralatan	Input Rasio	Kurva	Time Dial	I set	Rating
Relay Driyo	400/5A	IEC-SI	0,36	1,2	-
Relay Tarik	400/5A	IEC-SI	0,36	1,2	-
Relay OC Bustie	400/5A	DT	0,2 s	6,545	-
Relay OC Pembatas	400/5A	IEC-LTI	1,5	0,71	-
		DT	4 s	2,85	-
Relay 4	400/5A	Normal Inverse	3	2	-
		Instantaneous	-	16	-
Relay 5	400/5A	Normal Inverse	3	1,8	-
		Instantaneous	-	10	-
Relay 6	400/5A	Normal Inverse	1,2	4	-
		Instantaneous	-	20	-
Transformator T1	70/3,3 kV	-	-	-	30 MVA
Transformator T2	70/3,3 kV	-	-	-	10 MVA
Transformator T3	70/3,3 kV	-	-	-	15 MVA

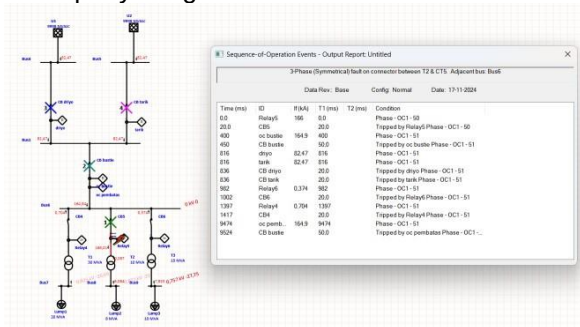
1) Simulasi gangguan berada pada bus 6



Gambar 3. Simulasi gangguan berada pada bus

Pada simulasi di atas terjadi gangguan pada bus 6 yang terletak di antara PMT bay bustie dan PMT - PMT penyulang. Dari percobaan di atas dapat dilihat rele pertama yang bekerja adalah rele OCR bay bustie kemudian dilanjut PMT bustie trip, dilanjut tahap kedua adalah rele driyorejo dan rele tarik bekerja dan dilanjut PMT bay tersebut trip. Dari percobaan tersebut rele OCR bay bustie sudah bekerja dengan benar karena gangguan berada tepat di depan rele tersebut, maka yang harus bekerja pertama kali adalah rele OCR bay bustie.

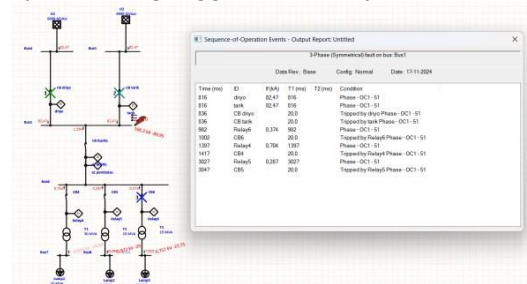
2) Simulasi gangguan berada di antara CT dan Trafo penyalang 2



Gambar 4. Simulasi gangguan berada di antara CT dan Trafo penyalang 2

Pada simulasi di atas terjadi gangguan di antara CT dan trafo penyalang 2. Dari percobaan di atas dapat dilihat rele pertama yang bekerja adalah rele 5 (rele yang terletak pada bay penyalang 2) kemudian dilanjut PMT penyalang 2 trip, dilanjut tahap kedua adalah rele OCR busbar bekerja dan dilanjut PMT busbar trip. Kemudian tahap 3 yang bekerja adalah rele OCR busbar driorejo dan tarik dilanjut PMT busbar tersebut trip. Dari percobaan tersebut rele OCR busbar sudah bekerja dengan benar karena gangguan berada tepat di depan rele penyalang 2, maka yang harus bekerja pertama kali adalah rele OCR penyalang 2, dan dilanjut tahap 2 OCR busbar kemudian tahap selanjutnya adalah rele OCR busbar driorejo dan tarik yang bekerja.

3) Simulasi gangguan berada pada bus 1



Gambar 5. Simulasi gangguan berada pada bus 1

Pada simulasi di atas terjadi gangguan pada bus 1 yang terletak di antara PMT bay Driyorejo, Tarik dan PMT bay bustie. Dari percobaan di atas dapat dilihat rele pertama yang bekerja adalah rele OCR bay driyorejo dan tarik kemudian dilanjut PMT bay tersebut trip. Dari percobaan tersebut rele OCR bay bustie tidak bekerja, hal ini sudah sesuai karena sumber terletak di belakang bus 1, dan yang harusnya bekerja pertama kali adalah rele bay driyorejo dan tarik.

3.2.2. Pengujian dengan Alat Uji OMICRON CMC356

Alat uji OMICRON CMC356 adalah alat uji injeksi arus dan tegangan yang digunakan untuk menguji berbagai macam rele. Prinsip kerjanya adalah alat ini menginjeksi arus ke inputan arus di rele OCR/GFR bay bustie dan kemudian rele akan merespon sesuai dengan settingnya.

1) Pengujian rele OCR

Dalam pengujian ini rele OCR bay bustie diinjeksi dengan arus sebesar 1,1 x arus setting (36,03 A) hingga 1,5 x arus setting (49,13 A). Alat uji OMICRON CMC 356 menghitung waktu kerja rele mulai dari rele merasakan arus gangguan hingga kontak trip rele bekerja. Adapun hasil pengujian rele dengan menggunakan alat uji OMICRON CMC 356 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil uji waktu kerja rele OCR ketika diinjeksi arus

Faktor Pengali Arus	Arus Injeksi Alat Uji	Hasil Uji (detik)
1,10 x <i>Iset</i>	36,03 A	0,244
1,20 x <i>Iset</i>	39,30 A	0,284
1,30 x <i>Iset</i>	42,58 A	0,243
1,40 x <i>Iset</i>	45,85 A	0,242
1,50 x <i>Iset</i>	49,13 A	0,270

Dari percobaan injeksi arus pengujian rele OCR pada tabel di atas membuktikan bahwa kontak rele OCR berhasil bekerja pada arus di atas nilai setting arus yaitu di

atas 32,75 A dan waktu 0,2 detik sesuai dengan waktu setting yang dimasukkan ke rele.

2) Pengujian rele OCR

Sama halnya dengan pengujian rele GFR, hanya saja pengujian GFR pengujiannya dengan menginjeksi salah satu fasa dengan netral hingga pada akhirnya seolah - olah rele merasakan gangguan fasa tanah. Adapun hasil pengujian rele GFR dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil uji waktu kerja rele GFR ketika diinjeksi arus

Faktor Pengali Arus	Arus Injeksi Alat Uji	Hasil Uji (detik)
1,10 x <i>I_{set}</i>	0,55 A	0,236
1,20 x <i>I_{set}</i>	0,60 A	0,237
1,30 x <i>I_{set}</i>	0,65 A	0,238
1,40 x <i>I_{set}</i>	0,70 A	0,234
1,50 x <i>I_{set}</i>	0,75 A	0,233

Dari percobaan injeksi arus pengujian rele OCR pada tabel di atas membuktikan bahwa kontak rele GFR berhasil bekerja pada arus di atas nilai setting arus yaitu di atas 0,5 A dan waktu 0,2 detik sesuai dengan waktu setting yang dimasukkan ke rele.

IV. KESIMPULAN (ARIAL, 11 PT, BOLD)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) desain pengaman Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada KTT PT. Daesang di GI Miwon adalah menggunakan karakteristik waktu Definite Time dengan waktu tunda 0,2 detik dengan nilai setting arus OCR adalah 32,75 A atau 6,545 x *I_{len}* dan nilai setting arus GFR adalah 0,4775 A dan di dibulatkan menjadi 0,5 A atau 0,1 x *I_{len}*; (2) pengujian hasil desain Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada KTT PT. Daesang di GI Miwon menunjukkan bahwa rele bekerja sesuai tahapannya atau dapat dikatakan koordinasi setting sudah sesuai dan waktu kerja rele saat merasakan arus setting hasilnya adalah rentang 0,2 - 0,3 detik, hal ini sudah sesuai waktu tunda setting yaitu 0,2 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Proteksi and S. Transmisi, "Pola proteksi saluran transmisi," no. 0256, 2021.
- [2] C. Rizal and A. Azis, "Analisa Setting Relai Arus Lebih (OCR) Dan Relai Gangguan Tanah (GFR) Pada Penyulang Gurami Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang," J. Ampere, vol. 7, no. 1, pp. 49–62, 2022, [Online]. Available: <http://doi.org/10.31851/ampere>
- [3] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," J. Elektum, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/elektum/article/view/1737/1464>
- [4] A. W. Hidayat, H. Gusmedi, L. Hakim, and D. Despa, "Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung," Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro, vol. 7, no. 3, pp. 108–115, 2013, [Online]. Available: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/116>
- [5] A. Saputra, H. Khumaini, and A. Azkiya, "Perancangan Alat Monitoring Arus Pada Circuit Breaker Dengan Sensor Acs712 Menggunakan Tampilan Lcd," I N F O R M a T I K a, vol. 14, no. 2, p. 86, 2023, doi: 10.36723/juri.v14i2.505.
- [6] "ListrikKita.com | Fungsi dan Keunikan Masing-Masing Circuit Breaker." Accessed: Nov. 19, 2024. [Online]. Available: <https://listrikkita.com/article-detail/en/44/fungsi-dan-keunikan-masingmasing-circuit-breaker/>
- [7] "10 Jenis Circuit Breaker untuk Memutus Arus Listrik Tegangan Rendah Hingga Tinggi." [Online]. Available: <https://graha-one.id/news/10-jenis-circuit-breaker-untuk-memutus-arus-listrik-tegangan-rendah-hingga-tinggi>
- [8] A. Sugiarto, "Pemakaian Dan Pemeliharaan Transformator Arus (Current Transformer/CT)," Forum Teknol., vol. 05, no. 1, pp. 1–7, 2015.
- [9] E. S. Nasution et al., "Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk," pp. 179–186, 2015.
- [10] A. Jamaah, "EVALUASI SETTING RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH KRAPYAK-2," Orbith, vol. 10, no. 1, pp. 82–89, 2014.
- [11] F. Mangkusasmito, E. Ariyanto, and M. Syafruddin, "Simulasi Pengaman Pada Saluran Kabel Tegangan Tinggi Berupa Line Current Differential (LCD) Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Tampilan Human Machine Interface dan Notifikasi Blynk," Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol., vol. 19, no. 3, pp. 79–84, 2022, doi: 10.55893/epsilon.v19i3.73.

- [12] M. H. Ashshiddiqi, B. D. Sulo, M. T. Elektro, D. T. Elektro, and U. I. Malang, "Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Rele Gangguan Tanah Pada PLN Transmisi APP Malang (Aplikasi GI Sengkaling) Latar Belakang Masalah Rumusan Masalah Analisa Kebutuhan Batasan Masalah Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Kerja Rele Gang," Sci. Electro, vol. 11, no. 1, 2011, [Online]. Available: <http://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/view/3493%0Ahttp://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/download/3493/3181>
- [13] .Ramlan, S. Thaha, and N. A. Noor, "Analisis Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada Trafo 60 MVA di Gardu Induk Tallasa," J. Elektr., vol. 1, no. 2, pp. 39–50, 2022.
- [14] Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. 2010.
- [15] Danial, Endang, and Nanan Wasriah. "Metode penulisan karya ilmiah." Bandung: Laboraturium Pendidikan Kewarganegaraan (2009).
- [16] M. M. Ali, T. Hariyati, M. Y. Pratiwi, and S. Afifah, "Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Penerapannya dalam Penelitian," Educ. Journal.2022, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2022.