



## Analisis Model Pengaturan Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah Saluran Tegangan Tinggi di Gi Miwon Ke PT Daesang

Abdul Muta'ali<sup>1\*</sup>, Hifdillah Kharisma Muhammad<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Malang, Indonesia  
[amutaali@unisma.ac.id](mailto:amutaali@unisma.ac.id)<sup>1\*</sup>, [kh\\_41215@yahoo.co.id](mailto:kh_41215@yahoo.co.id)<sup>2</sup>

Alamat: Jalan Mayjen Haryono No.193, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

Korespondensi penulis: [amutaali@unisma.ac.id](mailto:amutaali@unisma.ac.id)

**Abstract:** Power system protection plays a crucial role in maintaining the reliability and security of electricity distribution. This study discusses the analysis of coordination between overcurrent relays (OCR) and ground fault relays (GFR) on the Miwon Substation power line. The study aims to determine the optimal setting values for OCR and GFR, so that they can detect and disconnect short circuit faults quickly and accurately. The approach used includes theoretical calculations and simulations to evaluate relay performance under various fault conditions. The results of the study reveal that with appropriate settings, the relay can operate selectively and efficiently, reducing the impact of disturbances and maintaining the stability of the power system.

**Keywords:** Relay coordination, overcurrent relay, ground fault relay, GI

**Abstrak:** Proteksi sistem tenaga listrik memiliki peran krusial dalam menjaga keandalan dan keamanan distribusi listrik. Penelitian ini membahas analisis koordinasi antara relay arus lebih (Over Current Relay) dan relay gangguan tanah (Ground Fault Relay) pada saluran listrik Gardu Induk Miwon. Penelitian bertujuan menentukan nilai pengaturan optimal untuk OCR dan GFR, sehingga mampu mendeteksi dan memutuskan gangguan hubung singkat secara cepat dan tepat. Pendekatan yang digunakan mencakup perhitungan teoretis serta simulasi untuk mengevaluasi performa relai dalam berbagai kondisi gangguan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa dengan pengaturan yang sesuai, relai dapat beroperasi secara selektif dan efisien, mengurangi dampak gangguan serta menjaga stabilitas sistem tenaga listrik.

**Kata kunci:** Koordinasi relay, relay arus lebih, relay gangguan tanah, GI

### 1. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) adalah perusahaan penyedia listrik terbesar di Indonesia. Perusahaan ini melayani berbagai segmen pelanggan, mulai dari kawasan perkotaan hingga daerah terpencil di seluruh nusantara. Kapasitas listrik yang disediakan sangat beragam, mulai dari 450 VA hingga ratusan MVA. Selain itu, PT. PLN (Persero) juga menawarkan pilihan tegangan yang bervariasi, dari 220 V hingga 150.000 V (150 kV). Pelanggan dengan tegangan 70 kV atau lebih dikenal sebagai Konsumen Tegangan Tinggi (KTT) [1]. Salah satu pelanggan KTT PT. PLN (Persero) adalah PT. Daesang Ingredients Indonesia yang berlokasi di Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik.

Salah satu pelanggan premium PT. PLN adalah PT. Daesang Ingredients Indonesia dengan permintaan Tegangan Tinggi (KTT) sebesar 70 kV dan kontrak kapasitas sebesar 30 MVA. Dalam proses penyaluran energi listrik, kondisi tidak normal atau gangguan seringkali terjadi, yang dapat mengganggu kontinuitas suplai listrik kepada konsumen. Jika gangguan

tersebut tidak segera ditangani, potensi kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik dan perangkat listrik konsumen menjadi sangat tinggi.

Untuk memastikan keandalan sistem tenaga listrik, diperlukan sistem proteksi yang efektif. Salah satu solusi proteksi yang diandalkan adalah penggunaan Rele Arus Lebih (Over Current Relay atau OCR) dan Rele Gangguan Tanah (Ground Fault Relay atau GFR). OCR berfungsi mendeteksi adanya arus lebih, baik akibat gangguan hubung singkat maupun beban lebih (overload), yang berisiko merusak peralatan sistem tenaga dalam area proteksinya [2].

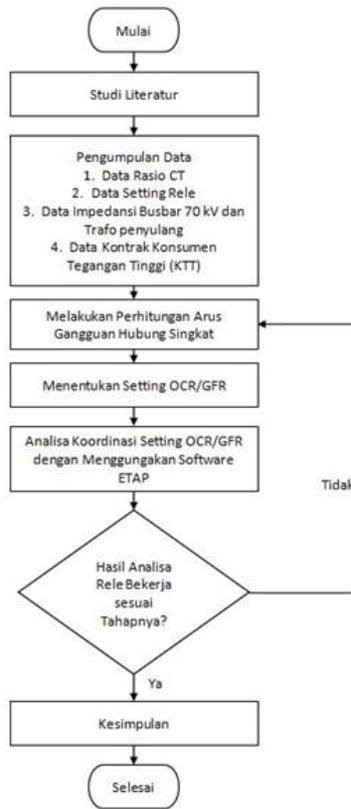
Sementara itu, GFR memiliki prinsip kerja serupa dengan OCR tetapi dengan perbedaan dalam aplikasinya. GFR dirancang untuk mendeteksi gangguan hubungan singkat ke tanah melalui binary input pada relai. Ketika gangguan terdeteksi, GFR akan mengaktifkan binary output untuk memberikan perintah pemutusan, sehingga melindungi sistem dari potensi kerusakan akibat gangguan tanah [3]. Dalam penerapannya, Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) memanfaatkan input arus yang diperoleh dari Current Transformer (CT). CT berfungsi mengubah arus primer menjadi arus sekunder yang sesuai untuk keperluan pengukuran dan proteksi sistem. Pada sistem tenaga listrik yang kompleks, relai-relai ini umumnya terpasang di setiap bay line dan bay trafo. Agar OCR dan GFR dapat beroperasi secara terkoordinasi, diperlukan pengaturan yang tepat. Koordinasi sistem proteksi ini bertujuan untuk melokalisasi serta mengisolasi area yang terdampak gangguan, sehingga dapat mencegah pemadaman yang meluas [4].

Setelah pengaturan OCR dan GFR di Bay Bustie GI Miwon selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah pengujian karakteristik dan uji individu pada relai. Pengujian ini menggunakan alat uji Omicron CMC 356, dengan cara menyuntikkan tegangan nominal dan arus yang melebihi nilai arus setting. Alat uji ini kemudian mengukur waktu trip relai dan hasilnya dibandingkan dengan waktu yang telah ditetapkan dalam pengaturan relai

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian dan pengumpulan data untuk skripsi ini dilaksanakan di PT. Daesang Ingredients Indonesia, Gardu Induk (GI) Miwon, yang berlokasi di Jl. Raya Driyorejo No. 265, Dusun Karanglo, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, 61177. Kegiatan penelitian berlangsung pada bulan Oktober 2024. Desain penelitian yang digunakan berupa 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 Penjelasan ini diringkas dalam bentuk diagram alir yang ada di bawah ini



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 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.

#### Perhitungan $ib_{70}$

Menghitung arus dasar sisi 70 kV ( $ib_{70}$ ) untuk dasar perhitungan menentukan setting arus rele. Dengan menggunakan

MVA base = 100 maka hasil perhitungannya adalah sebagai berikut

$$ib_{kV} = \frac{MVA \text{ base}}{kV \cdot \sqrt{3}} 10^3 \quad (1)$$

$$ib_{70} = \frac{100}{70 \cdot \sqrt{3}} 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

$$ib70 = 824,786A.....(3)$$

Transformator di GI Miwon berjumlah 3 yang dengan dayan total sebesar 30 MVA sesuai dengan data informasi pelanggan yang ada. Data yang ada berupa imoedansi ( $X_i$ ) sebesar 10% dan waktu maksimal merasakan gangguan 0,2 detik. Impedansi transformator di

$$GI\ Miwon\ sebesar : X_{t1} = X_t \cdot \frac{MVA\ base}{s}$$

$$X_{t1} = 10 \times \frac{100}{30}$$

$$X_{t1} = 0,333\ pu$$

Besar arus gangguan:

$$X_{tp1} = 0,5 X_{tp}$$

$$X_{tp1} = 0,5 \times 0,333$$

$$X_{tp1} = 0,167\ pu$$

$$X_{ts1} = 0,167\ pu$$

Impedansi sumer busbar dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 1** Impedansi sumber di GI Miwon

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

Nilai impedansi urutan positif, negatif dan no

$$Z_{s1} = R1 + jX1$$

$$Z_{s1} = 0,0086 + j0,1315$$

$$Z_{s2} = 0,085 + j 0,1315$$

$$Z_{s0} = 12,2594 + j0,1606$$

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.

$$I_{3f70} = \frac{E}{Z_{s1} + jX_{tp1} + jX_{ts1}} ib70$$

$$I_{3f70} = \frac{1}{0,0086 + j0,1315 + j0,167 + j0,167} 824,786A$$

$$I_{3f70} = 1746A$$

Jadi besar arus hubung singkat 3 fasa : 1746 A

Menentukan besar arus OCR GI Miwon ( $I_{setp}$ ) adalah 1,5 x Ihubung singkat 3 fasa

Pada sisi primer diperoleh :

$$I_{setp} = 1,5 \times 1746 \text{ A} = 2618 \text{ A}$$

Pada sisi sekunder diperoleh :

$$I_{sets} = \frac{I_{setp}}{\text{rasio CT}}$$

$$I_{sets} = \frac{2618}{\left(\frac{400}{5}\right)}$$

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

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.

Setting relay gangguan tanah (GFR) diperoleh dengan NGR x 0,2

$$I_{setGFRp} = 191 \times 0,2 = 38,2 \text{ A}$$

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.

$$I_{setsGFRs} = \frac{I_{setpGFRp}}{\left(\frac{400}{5}\right)}$$

$$I_{setsGFRs} = \frac{38,2}{\left(\frac{400}{5}\right)} = 0,48 \approx 0,5A \text{ atau } 0,1 \times I_{en}$$

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<sub>en</sub> dan Definite Time (DT) dengan setting tunda waktu 4 deting pada arus 2,85 x I<sub>en</sub>. 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 relai OCR

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

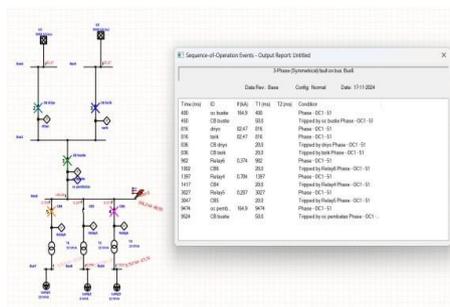
Jika dilihat data transformator konsumen, waktu maksimal transformator merasakan gangguan adalah 0,2 detik. Ketika transformator merasakan gangguan lebih dari waktu maksimal yang sudah ditentukan pabrikan maka akan berakibat kerusakan pada transformator. Dengan ditambahkan proteksi tambahan rele OCR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

akan berkurang. 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

### **Pengujian menggunakan Simulasi ETAP**

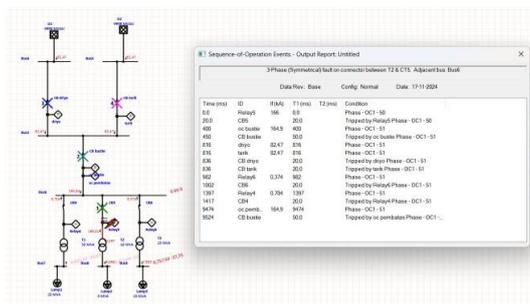
#### **a. Gangguan pada bus 6**

Pada simulasi di bawah ini terjadi gangguan pada bus 6 yang terletak di antara PMT bay bustie dan PMT - PMT penyulang.



**Gambar 2.** Simulasi gangguan berada pada bus 6

#### **b. Simulasi gangguan berada di antara CT dan Trafo penyulang 2**



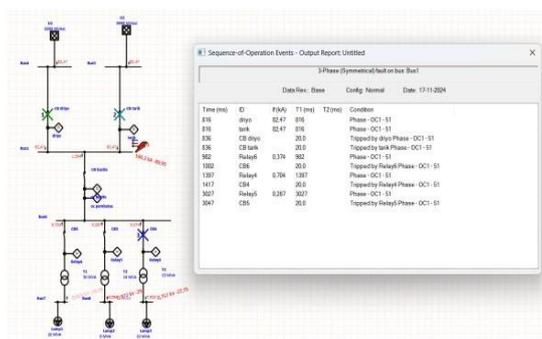
**Gambar 3.** Simulasi gangguan berada di antara CT dan Trafo penyulang 2

Pada simulasi di atas terjadi gangguan di antara CT dan trafo penyulang 2. Dari percobaan di atas dapat dilihat rele pertama yang bekerja adalah rele 5 (rele yang terletak pada bay penyulang 2) kemudian dilanjut PMT penyulang 2 trip, dilanjut tahap kedua adalah rele OCR bustie bekerja dan dilanjut PMT bay bustie trip. Kemudian tahap 3 yang bekerja adalah rele OCR bay driyorejo dan tarik dilanjut PMT bay tersebut trip. Dari percobaan tersebut rele

OCR bay bustie sudah bekerja dengan benar karena gangguan berada tepat di depan rele penyulang 2, maka yang harus bekerja pertama kali adalah rele OCR penyulang 2, dan dilanjut tahap 2 OCR bay bustie kemudian tahap selanjutnya adalah rele OCR bay driyorejo dan tarik yang bekerja.

c. Simulasi gangguan berada pada bus 1

Pada simulasi di bawah ini terjadi gangguan pada bus 1 yang terletak di antara PMT bay Driyorejo, Tarik dan PMT bay bustie.



**Gambar 4.** Simulasi gangguan berada pada bus 1

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.

### 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.

a. 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 3.** 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.

**b. 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>Iset</i>	0,55 A	0,236
1,20 x <i>Iset</i>	0,60 A	0,237
1,30 x <i>Iset</i>	0,65 A	0,238
1,40 x <i>Iset</i>	0,70 A	0,234
1,50 x <i>Iset</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.

**4. KESIMPULAN**

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 *Ien* dan nilai setting arus GFR adalah 0,4775 A dan di dibulatkan menjadi 0,5 A atau 0,1 x *Ien*; (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

- A. Jamaah, “EVALUASI SETTING RELE JARAK GARDU INDUK UNGARAN JARINGAN 150kV ARAH
- 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>
- E. S. Nasution et al., “Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk,” pp. 179–186, 2015.
- E. Dermawan dan 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>
- F. Mangkusamito, 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.
- KRAPYAK-2,” *Orbith*, vol. 10, no. 1, pp. 82–89, 2014.
- Saputra, H. Khumaini, and A. Azkiya, “Perancangan Alat Monitoring Arus Pada Circuit Breaker Dengan Sensor Acs712 Menggunakan Tampilan Lcd,” *Informatika*, vol. 14, no. 2, p. 86, 2023, doi: 10.36723/juri.V142-.505.A.
- Sugiarto, “Pemakaian Dan Pemeliharaan Transformator Arus (Current Transformer/CT),” *Forum Teknol.*, vol. 05, no. 1, pp. 1–7, 2015.
- 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>