

## ANALISIS EVALUASI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH PADA SWITCHGEAR PLTP PT GEO DIPA ENERGI (PERSERO)

Haidar Nabil Muflih<sup>1)</sup> dan Candra Febri Nugraha<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Yacarana, Sekip Unit IV, Yogyakarta, Indonesia  
E-mail: candra.febri.nugraha@ugm.ac.id

### Abstract

*The electrical protection system in power generation is essential for ensuring reliability and operational continuity. Each protection device has specific settings and operating times, tailored to the protected zones and the types of disturbances that may occur. This research focuses on the analysis and evaluation of protection coordination in the 19 kV switchgear of Geothermal Power Plant Unit 1, operated by PT Geo Dipa Energi (Persero) in Dieng. The objective of this study is to verify the conformity of the existing settings with standards and coordination principles. The analysis is conducted through setting calculations and short-circuit simulations based on data from relay configuration tests under existing conditions. If the existing settings for overcurrent relays do not meet the standards, a resetting process will be carried out using calculations in line with the standards. The resetting of overcurrent relays includes determining pickup current, instantaneous trip settings, and time dial settings to ensure that the grading time between protection system components meets the standards. The results of this study indicate that there are overcurrent relay settings that still do not comply with the standards. After the relay settings have been reset, the analysis shows that the protection system can coordinate effectively in accordance with the standards.*

**Keywords:** Protection system, protection coordination, short-circuit current, grading time, overcurrent relay

### Abstrak

Sistem proteksi kelistrikan pada pembangkit listrik dibutuhkan dalam menjaga keandalan dan kontinuitas operasi. Setiap peralatan proteksi memiliki *setting* dan waktu kerja, sesuai dengan zona yang diproteksi dan gangguan yang terjadi. Penelitian ini membahas analisis dan evaluasi koordinasi proteksi pada *switchgear* 19 kV PLTP Unit 1 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian *setting existing* dengan standar dan prinsip koordinasi. Analisis dilakukan dengan perhitungan *setting* dan simulasi hubung singkat pada kondisi *existing* berdasarkan data hasil pengujian pengaturan relai. Jika pengaturan relai *existing* pada relai arus lebih masih belum memenuhi standar, maka akan dilakukan *resetting* menggunakan perhitungan sesuai dengan standar. *Resetting* pada relai arus lebih meliputi penentuan arus *pickup*, *instananeous*, dan *time dial* agar *grading time* antar peralatan sistem proteksi memenuhi standar. Hasil studi ini menunjukkan bahwa terdapat pengaturan relai arus lebih yang masih belum sesuai dengan standar. Setelah dilakukan pengaturan ulang relai, hasil analisis menunjukkan bahwa sistem proteksi dapat berkoordinasi dengan baik sesuai dengan standar.

**Kata kunci:** Sistem proteksi, koordinasi proteksi, arus hubung singkat, grading time, relai arus lebih

## PENDAHULUAN

Peralatan listrik memiliki potensi untuk mengalami gangguan yang dapat menyebabkan terhambatnya proses pembangkitan dan terhentinya kelangsungan sistem tenaga listrik. Sistem proteksi tenaga listrik terdiri dari beberapa peralatan yang saling terkoordinasi untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik. Setiap peralatan proteksi

seharusnya bisa bekerja menyesuaikan dengan kemampuan, tujuan, dan fungsinya yang akan ditentukan tergantung gangguan yang terjadi. Sistem proteksi yang baik bekerja sesuai dengan *setting* dan waktu *trip* yang sudah diatur ketika terjadi gangguan tertentu (Bamatraf et al., 2011).

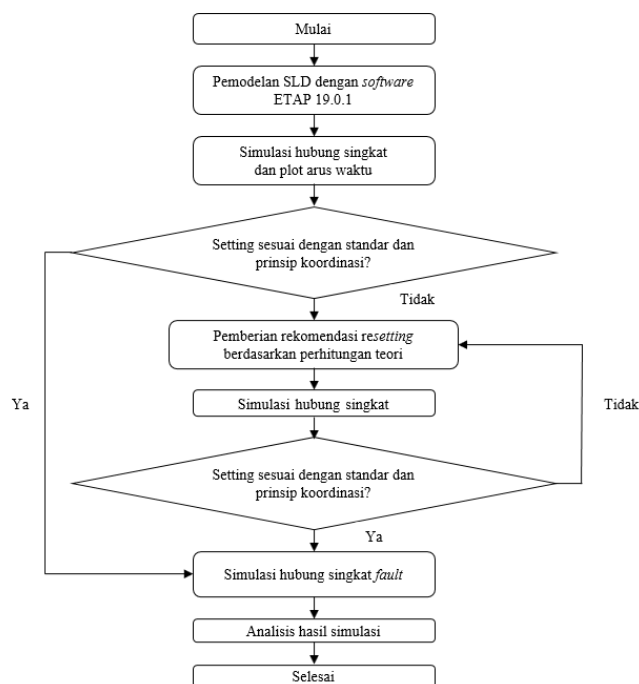
Peneliti pada (Pinastika, 2017) dilakukan analisis koordinasi proteksi arus lebih pada PLTU Paiton 1 dan 2, sementara itu peneliti pada (Hadiyanto, 2018) melakukan hal yang serupa pada PLTGU Muara Karang Blok 1. Penentuan *setting* pada relai arus lebih dilakukan dengan melakukan *resetting* pada relai arus lebih berdasarkan plot *time current curve* (TCC) pada kondisi *existing*. Pada penelitian ini diberikan rekomendasi untuk *resetting* pada relai dengan melakukan perhitungan pada *pickup*, *time dial* sehingga sesuai dengan standar *grading time*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa sistem proteksi pembangkit listrik perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan kinerja sistem proteksi. Jika proteksi pada pembangkit mengalami kegagalan koordinasi, maka akan berdampak terhadap kontinuitas suplai listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi pengaturan relai proteksi pada *switchgear* 19 kV PLTP Unit 1 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Rekomendasi akan diberikan apabila pengaturan *existing* tidak sesuai standar. Koordinasi dari relai proteksi sebelum dan sesudah evaluasi juga akan dibandingkan.

## **METODE PENELITIAN**

### **2.1. Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1 yang dimulai dari pengambilan data yang meliputi *single line diagram*, *nameplate* dan spesifikasi objek penelitian, *datasheet* relai, dan pembebanan. Kemudian, dilakukan pemodelan *single line diagram* dan memasukkan data *existing* ke dalam *single line diagram* menggunakan *software* ETAP. Kemudian dilakukan perhitungan *setting* dan simulasi hubung singkat menggunakan *software* ETAP menggunakan data *existing*. Untuk memastikan kesesuaian *setting* relai pada data *existing* dengan standar dan prinsip koordinasi dapat dilihat dari hasil *plotting* kurva arus waktu relai dan perhitungan *setting*.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

Jika *setting* relai belum sesuai dengan standar dan prinsip koordinasi, dilakukan pemberian rekomendasi dengan evaluasi pada *relai* dengan membuat perhitungan teori dalam mencari arus *pickup*, *instantaneous*, dan *time dial* menyesuaikan jenis kurva *inverse* yang digunakan. Kemudian dilakukan analisis koordinasi proteksi dengan melakukan simulasi hubung singkat *fault* pada salah satu peralatan listrik menggunakan *software* ETAP untuk membandingkan kedua kondisi, yaitu kondisi *existing* dan *resetting* serta mengetahui cara kerja relai. Terakhir, dilakukan analisis dan pengambilan kesimpulan dari proses perbandingan kedua kondisi.

## 2.2. Analisis Data

Menurut BS (*British Standard*) 142:1983 dalam menentukan *setting* relai arus lebih, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai arus *pickup* dan *time dial* (Gunawan, 2021). Besar arus *pickup* harus lebih besar dari arus beban penuh karena relai tidak boleh bekerja dalam kondisi arus beban penuh. Berdasarkan ketentuan di atas, maka penentuan arus *pickup* atau  $I_{set}$  ditunjukkan pada (1) dan penentuan *time dial* ditunjukkan pada (2).

$$1,05 FLA < I_{set} < 1,4 FLA \quad (1)$$

$$T_s = \frac{k}{\left[\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right] \times \beta} \times TMS \quad (2)$$

dengan,

- FLA : arus beban penuh (A)  
 TMS : standar waktu *setting* relai  
 K,  $\alpha$ ,  $\beta$  : konstanta standar *inverse*  
 I : arus gangguan (A)  
 $I_{set}$  : arus *pickup* (A)

Penentuan *time dial* perlu memperhatikan waktu tunda atau *grading time* dibutuhkan antara relai utama dan relai cadangan sesuai dengan standar IEEE 242-2001, yaitu 0,2 s.d. 0,4 s (Yahdian et al., 2017). Karakteristik *inverse* mempunyai konstanta berbeda-beda pada setiap karakteristiknya seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1  
 Konstanta *inverse time dial* (Saputro et al., 2015)

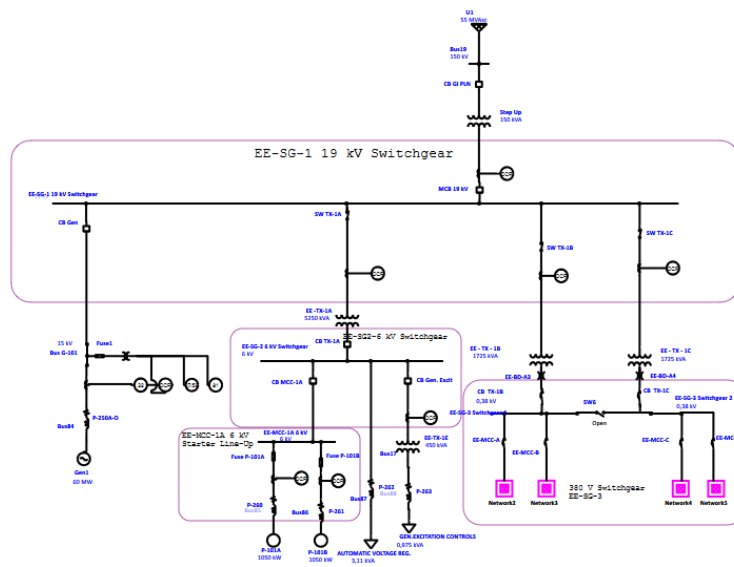
Karakteristik relai	Konstanta		
	k	$\alpha$	$\beta$
Standar Inverse (S)	0,14	0,02	2,97
Very Inverse (V)	13,5	1	1,5
Extremely Inverse (E)	80	2	0,808
Ultra Inverse	315,2	2,5	1

Untuk menentukan batas arus pada *setting instantaneous* menggunakan  $I_{sc\ min}$ , yaitu arus gangguan hubung singkat 3 fase pada 30 *cycle* (Yamhiko, 2019). Penentuan *setting time dial* dapat dihitung dengan menggunakan (3). Adapun nilai 0,8 merupakan faktor keamanan pada sistem proteksi untuk perkiraan jika arus gangguan lebih kecil dari  $I_{sc\ min}$  (Triyono et al., 2013).

$$1,6 FLA \leq I_{set} \leq 0,8 I_{sc\ min} \quad (3)$$

### 2.3. Observasi Lapangan

Dalam penelitian ini, pembuatan *single line diagram* menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Gambar 2 menunjukkan *single line diagram* PLTP Unit 1 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng. Simulasi koordinasi proteksi dilakukan pada beban Hot Well Pump P-101A. Pada beban Hot Well Pump P-101A, peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah Fuse P-101A, Relai P101A OCR, Relai TX-1A OCR, dan Relai P-101B OCR.



Gambar 2. Single line diagram

Dalam penelitian ini, terdapat data *setting existing* pada relai arus lebih berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 13.

Tabel 1  
 Datasheet spesifikasi dan hasil pengujian pada relai arus lebih pada proteksi transformator 15 kV EE-TX-1A

Data	
Merek	Bassler
Type	BE1-50/51B
No Seri	BE1-50/51B-105
I Pickup	6 A
Time Dial	5
Kurva Karakteristik	V (Very Inverse)
Rasio CT	400/5

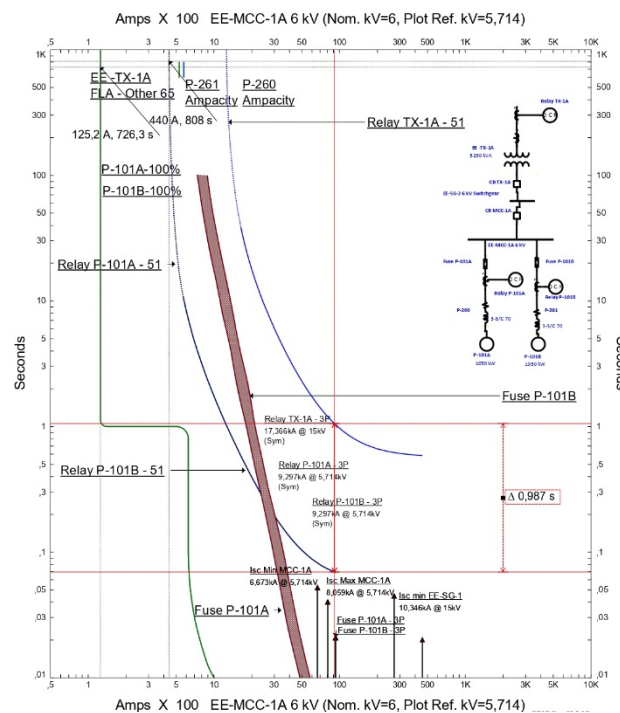
Tabel 2  
 Datasheet spesifikasi dan hasil pengujian pada relai arus lebih pada proteksi motor *Hot Well Pump* P-101A dan P-101B

Data	
Merek	Bassler
Type	BE1-50/51B
No Seri	BE1-50/51B-105
I Pickup	11 A
Time Dial	1
Kurva Karakteristik	E (Extremely Inverse)
Rasio CT	3000/5

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan *setting* yang sesuai dengan standar, dilakukan simulasi hubung singkat minimum 3 fase pada 30 *cycle* dan hubung singkat maksimum 3 fase pada 4 *cycle*. Kemudian dilakukan pembuatan kurva arus waktu berdasarkan simulasi hubung singkat pada kondisi *setting existing* dan hasil perhitungan *resetting*. Terakhir, dilakukan analisis koordinasi proteksi dengan melakukan simulasi hubung singkat *fault* menggunakan *software* ETAP untuk membandingkan kedua kondisi, yaitu kondisi *existing* dan *resetting*.

Pada kondisi *setting existing* akan dilakukan plot *time current curve* (TCC) berdasarkan simulasi hubung singkat untuk memastikan kesesuaian kondisi *setting existing* dengan standar dan prinsip koordinasi. Gambar 5 menunjukkan kurva arus-waktu pada kondisi *setting existing*.



Gambar 2. Plot TCC kondisi *existing*

Besar arus gangguan pada bus bar EE-MCC-1A 6 kV dan EE-SG-2 6 kV *Switchgear* adalah 6,68 kA. Berdasarkan hasil simulasi, dapat diketahui jika relai P-101A dan P-101B memiliki  $I_{set}$  sebesar 440 A dan waktu operasi ( $t_s$ ) paling cepat 0,068 s. Kemudian, relai TX-1A memiliki  $I_{set}$  sebesar 480 A dan waktu operasi ( $t_s$ ) paling cepat 1,03 s. Berdasarkan kurva di atas, dibutuhkan *resetting* pada relai-relai di atas. Hal ini dikarenakan *grading*

*time* antara relai P-101 A dan P-101B dengan relai TX-1A belum memenuhi standar *grading time* menurut IEEE 242. Kemudian, arus *pickup* pada relai P-101 A dan P-101B belum memenuhi standar BS 142:1983. Terakhir, relai P-101A, P-101B, dan TX-1A belum dilakukan penentuan *setting instantaneous*.

*Resetting* relai arus lebih dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu *setting* arus *pickup* dan arus *instantaneous* berdasarkan standar BS 142:1983. Kemudian dilakukan penentuan *time dial* supaya *grading time* antar relai arus lebih serta dengan peralatan proteksi lainnya sesuai standar *grading time* menurut IEEE 242. Berdasarkan hasil perhitungan *resetting* pada relai arus lebih, dapat diketahui *setting* yang memenuhi standar. Perbandingan *setting* antara kondisi *existing* dengan *resetting* relai arus lebih dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

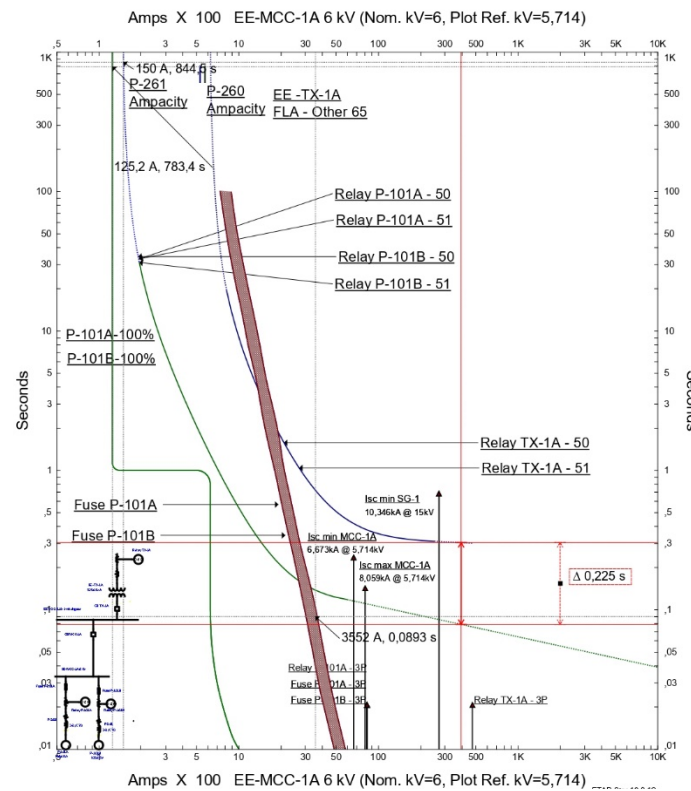
Tabel 3  
Perbandingan *setting existing* dengan hasil *resetting* pada relai arus lebih P-101A dan P-101B

Kondisi	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
	<i>Extremely Inverse</i>	<i>Instant</i>	<i>Extremely Inverse</i>	<i>Instant</i>
Rasio CT (A)	200/5	200/5	200/5	200/5
Arus Pickup (A)	11	-	3,75	2,91
Time Dial (s)	1	-	75	0,1

Tabel 4  
Perbandingan *setting existing* dengan hasil *resetting* pada relai arus lebih trafo EE-TX-1A

Kondisi	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
	<i>Very Inverse</i>	<i>Instant</i>	<i>Very Inverse</i>	<i>Instant</i>
Rasio CT (A)	200/5	200/5	200/5	200/5
Arus Pickup (A)	6	-	3	2,91
Time Dial (s)	5	-	75	0,1

Gambar 6 menunjukkan kurva arus-waktu pada kondisi *resetting*. Kemudian dilakukan simulasi gangguan *fault* untuk membandingkan kondisi *setting existing* dengan kondisi *resetting*. Laporan urutan kerja peralatan pengaman ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fase pada *Hot Well Pump* P-101A yang mengalami *fault* ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 3. Plot TCC kondisi *resetting*

Tabel 5

Sequence of Operation peralatan pengaman ketika *Hot Well Pump* P-101A yang mengalami *fault*

Time (ms)	ID Peralatan	Arus gangguan (kA)	Kondisi
9,9	Fuse P-101A	6,6	
118	Relai P-101A	6,6	Phase - OC1 - 51
134	Relai P-101A	6,6	Phase - OC1 - 50
417	Relai TX-1A	2,517	Phase - OC1 - 51

## SIMPULAN

Berdasarkan analisis pengaturan relai dan koordinasi proteksi, diketahui bahwa masih terdapat pengaturan relai arus lebih pada *switchgear* 19 kV PLTP Unit 1 PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng yang belum memenuhi standar. Pengaturan relai yang belum memenuhi standar yaitu *setting* arus *pickup*, *grading time*, dan belum ada *setting instantaneous*. Untuk itu, pengaturan ulang diperlukan agar pengaturan saat ini sesuai dengan standar. *Resetting* relai arus lebih telah dilakukan dengan menentukan terlebih *setting* arus *pickup* dan *instantaneous* berdasarkan standar BS 142:1983. Kemudian dilakukan penentuan *time dial* supaya *grading time* antar relai arus lebih serta dengan



peralatan proteksi lainnya sesuai standar *grading time* menurut IEEE 242. *Resetting* relai yang telah dilakukan mampu memperbaiki koordinasi proteksi pada sistem proteksi yang diuji sesuai dengan prinsip koordinasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bamatraf, R. S., Pujiantara, M., & Riawan, D. C. (2011). Studi Koordinasi Proteksi Sistem Pembangkit UP Gresik (PLTG dan PLTU). *Jurnal Teknik Pomits*, 1–7.
- Gunawan, A. (2021). *Analisis Karakteristik Waktu Kerja Overcurrent dan Ground Fault Relay Bay Kopel Gardu Induk 150 kV Gejayan*.
- Hadiyanto, M. F. (2018). *Analisis dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PT PJB UP Muara Karang Blok I*.
- Pinastika, S. H. (2017). *Analisis dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton 1 dan 2*.
- Saputro, T. D., Hermawan, & Handoko, S. (2015). Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator Pada Plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex Development Project Menggunakan Simulasi Etap 12.6.0. *Transient*, 4(4), 1–10.
- Triyono, Y., Penangsang, O., & Sjamsjul, A. (2013). Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), B159–B164.
- Yahdian, U., Juningtyastuti, J., & Karnoto, K. (2017). Analisis Koordinasi Proteksi Generator dan Trafo Generator pada PLTGU Tambak Lorok Blok 2 Menggunakan Software ETAP 12.6.0. *Transient*, 6(3), 292. <https://doi.org/10.14710/transient.6.3.292-300>
- Yamhiko, F. (2019). *Studi Perencanaan Koordinasi Rele OCR dan GFR pada Transformator-4 150/20 kV 60 MVA di Gardu Induk Cawang Lama*. IT PLN.