

ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI UNTUK GANGGUAN ANTAR FASA DAN GANGGUAN TANAH PADA SISI PEMBANGKIT 150 KV DI PT. PGE KAMOJANG UNIT IV

¹Farid Maulana, ² Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT. ³ Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹farytmaulana@gmail.com, ²m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³widodopm@yahoo.com

Abstrak—*Dalam sistem pembangkit listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang apabila tidak diproteksi dapat mengakibatkan kegagalan sistem pembangkit atau blackout, penyebab gangguan dapat terjadi oleh gangguan hubung singkat 3 fasa, satu fasa ke tanah, dan tidak keseimbangan tegangan. Keamanan sistem perlu ditingkatkan lagi dalam memproteksi gangguan dengan memperkecil daerah gangguan. Relay yang digunakan yaitu OCR, GFR, dan Difrensial Relay. Dimana pihak perusahaan perlu mengevaluasi setting relay tersebut sebelum mengganti dengan relay yang baru agar mendapatkan setting yang terkoordinasi dengan baik, selektifitas yang tinggi, dan handal, langkah pertama mengetahui arus hubung singkat 3 fasa untuk OCR, sedangkan 1 fasa ke tanah untuk GFR. Dari hasil analisis dan kondisi eksisting setting relay di PT.PGE Kamojang tidak jauh berbeda, hanya saja OCR pada tipikal 1 dan 2 perlu adanya setting ulang karena Grid Cord PLN untuk relay tipikal 1 sisi 150kV pada time dial relay REF541 yaitu 3 second, sedangkan pada tipikal 2 sisi 13,8kV dimana fungsi backup yaitu relay G30 bekerja lebih cepat dari relay GPU2000R yang menyebabkan fungsi kerja relay tidak tepat. Hasil calculation serta simulasi untuk GPU2000R dengan pickup 5.44 A dan time dial 0,9 second sedangkan Backup G30 dengan pickup 5.44 A dan time dial 0.13. Analisis ini dapat menjadi rekomendasi setting relay OCR, GFR, dan Difrensial Relay.*

Kata Kunci—*Setting koordinasi proteksi, OCR, GFR, Difrensial*

I. PENDAHULUAN

Sistem proteksi adalah bagian paling penting dalam sistem tenaga listrik secara umum [1]. Oleh karena itu sistem tenaga listrik 150kV di PT. PGE haruslah terkoneksi dengan baik, energi listrik yang dibutuhkan untuk *auxiliary system* PLTP PGE tidak dapat didistribusikan kepada beban-beban dengan tingkat kualitas yang tinggi. Untuk itu maka diperlukan sistem proteksi yang memadai pada sistem kelistrikan Pembangkit PT.PGE. Dengan digunakannya sistem proteksi yang ada di PT. PGE itu sendiri yaitu *Overcurrent Relay* sebagai pengamanan pada sistem pembangkit, maka sistem pengamanan *relay* harus dapat meminimalisir adanya gangguan yang tidak sesuai dengan karakteristik pengamanan terhadap gangguan antar fasa dan gangguan tanah [2].

Gangguan ini menyebabkan lonjakan arus yang cukup besar sehingga dapat merusak *transformer*, dan Generator yang berada di dalam sistem pembangkit dan di butuhnya

sistem pengamanan tersebut [2]. Dari kegagalan sistem koordinasi sistem proteksi dapat membuat produksi terhenti pada station itu sendiri dan membutuhkan waktu yang lama untuk normal kembali yang bisa berakibat juga kepada sistem kontrolnya dan dapat pula menghindarkan adanya kesalahan kerja dari *Overcurrent Relay* itu sendiri sehingga kualitas pelayanan dan penyediaan tenaga listrik dapat dipertahankan [3].

Relay proteksi memiliki kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai tingkat keandalan sistem yang tinggi karena kinerja pengamanan yang cepat dan tepatakan dapat mengisolir gangguan seminim mungkin [2]. Gangguan ini tidak dapat dihilangkan keberadaannya, gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu gangguan yang bersifat tetap (permanen) dan gangguan yang bersifat sementara (temporer) [3].

Penelitian ini membahas setting koordinasi *relay* dengan memahami kondisi awal setting *relay* dan koordinasinya serta mengevaluasi setting *relay* dan koordinasinya pada sisi pembangkit 150kV. Adapun tujuan penelitian ini dalam menganalisis kondisi awal setting *relay* dan koordinasinya dan mengevaluasi kinerja *relay* dalam memperkecil daerah gangguan dan meningkatkan selektifitas kerja *relay* di PT. PGE Kamojang Unit IV.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Relay proteksi sebagai komponen yang penting dalam sistem proteksi tenaga listrik dalam melaksanakan tugasnya yaitu untuk mengidentifikasi *short-circuit*, harus memenuhi beberapa persyaratan keandalan (*reliability*) yaitu [4]:

1. Sensitifitas

Merupakan kemampuan pada sistem proteksi untuk mengidentifikasi terjadinya ketidaknormalan atau gangguan yang terjadi pada daerah yang diproteksinya.

2. Selektifitas

Koordinasi pada sistem proteksi, dimana jika terjadi hubung singkat *relay* hanya membuka pemutus tenaga yang diperlukan saja (tidak menyebabkan pemutus / pemadaman jaringan yang lebih luas).

3. Keamanan

Kemampuan sistem proteksi untuk menjamin peralatan proteksi akan beroperasi jika terjadi suatu gangguan dan tidak beroperasi jika tidak terjadi gangguan.

4. Kecepatan

Ketika terjadi gangguan, komponen pada proteksi haruslah dapat mengirimkan respon waktu yang cukup tepat, sesuai dengan setting koordinasi yang telah diinginkan.

B. Komponen Sistem Proteksi

Pada umumnya sistem proteksi tenaga listrik terdiri dari beberapa komponen yang di rancang untuk mengidentifikasi kondisi pada sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang didapat dari sistem tersebut seperti arus, tegangan atau sudut fasa antara keduanya. Berikut komponen-komponen terkait,

1. Current Transformer (CT)

Current Transformer merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengambil *sample* atau masukan arus sistem dan mentransformasikannya ke level yang lebih rendah untuk peralatan-peralatan proteksi, pengukuran maupun peralatan kontrol.

2. Relay

Relay adalah suatu alat yang berkerja saat diberi energi oleh besaran-besaran sistem yang tepat dapat memberi indikasi suatu kondisi abnormal.

3. Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) merupakan peralatan yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik sesuai dengan kapasitas ratingnya. CB mempunyai kemampuan dalam memutuskan arus beban dan arus gangguan hubung singkat pada tegangan tinggi dalam waktu yang relatif sangat cepat.

C. Fungsi Sistem Proteksi

Gangguan juga dapat didefinisikan sebagai kecacatan yang mengganggu aliran listrik ke beban sehingga aliran tidak normal. Tujuan dari sistem proteksi [4] [5].

- Menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan akibat gangguan.
- Meminimalisir (mengisolir) daerah gangguan sekecil mungkin.
- Memberi pelayanan listrik dengan keandalan yang baik kepada konsumen dan memperkecil bahaya bagi manusia.

D. Gangguan Hubung Singkat

Karakteristik kerja *relay* proteksi di pengaruhi oleh besaran energi yang dimonitoring oleh *relay* seperti arus atau tegangan [6]. Gangguan hubung singkat diklasifikasi dalam empat jenis, yaitu:

- Gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah.

- Gangguan hubung singkat 2 fasa.
- Gangguan hubung singkat 2 fasa ketanah.
- Gangguan hubung singkat 3 fasa.

E. Relay Proteksi

Relay ialah alat yang apabila diberi energi dari besaran sistem yang sesuai dan tepat dapat memberikan indikasi abnormal [7] [8]. Klasifikasi *relay Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR), dan *Difrensial Relay* sebagai berikut,

1. Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih memiliki setelan *pickup* dan setelan *time dial* atau *time multiplier*. *Pickup* didefinisikan sebagai nilai arus minimum yang menyebabkan *relay* bekerja. Untuk menentukan setelan *pickup*, harus dipertimbangkan besarnya arus nominal maksimum atau *Full Load Ampere* (FLA) yang mengalir. Setelan *pickup* harus lebih besar dari pada arus nominal maksimum yang mungkin mengalir, sehingga *relay* tidak langsung memerintahkan *circuit breaker* (CB) untuk *trip* ketika arus yang mengalir mencapai nilai maksimum. Adapun untuk menentukan besarnya tap yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

- *Inverse*

$$tap = \frac{I_{set}}{CT \text{ primary}} \quad (1)$$

I_{set} adalah arus *pickup* dalam *ampere*. Dalam standar *British BS 142* batas settingnya adalah $1.05 I_{FLA} < I_{set} < 1.3 I_{FLA}$. Dimana I_{FLA} merupakan arus beban maksimum sebuah peralatan. Sedangkan *time dial* di rumuskan sebagai berikut:

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

- *Instantaneous*

Relay waktu instan berfungsi sebagai pengaman sistem tenaga listrik dari gangguan hubung singkat dari yang paling minimum. Untuk mengamankan sistem dari gangguan maka penyetelan arus *relay* waktu instan menggunakan $I_{sc \text{ min}}$ dari arus hubung singkat antar fasa

$$I_{set} = 0.8 \times I_{sc \text{ min}} \quad (3)$$

2. Ground Fault Relay (GFR)

Relay gangguan tanah adalah *relay* yang digunakan dalam mengamankan antar fasa dengan tanah. Gangguan satu fasa ketanah dan dua fasa ketanah dapat diamankan dengan *relay* gangguan tanah atau *ground fault relay* [9].

- *Inverse*

$$I_{setp} = 0,2x I_n \quad (4)$$

$$I_{sets} = \frac{I_{setp}}{Ratio CT} \quad (5)$$

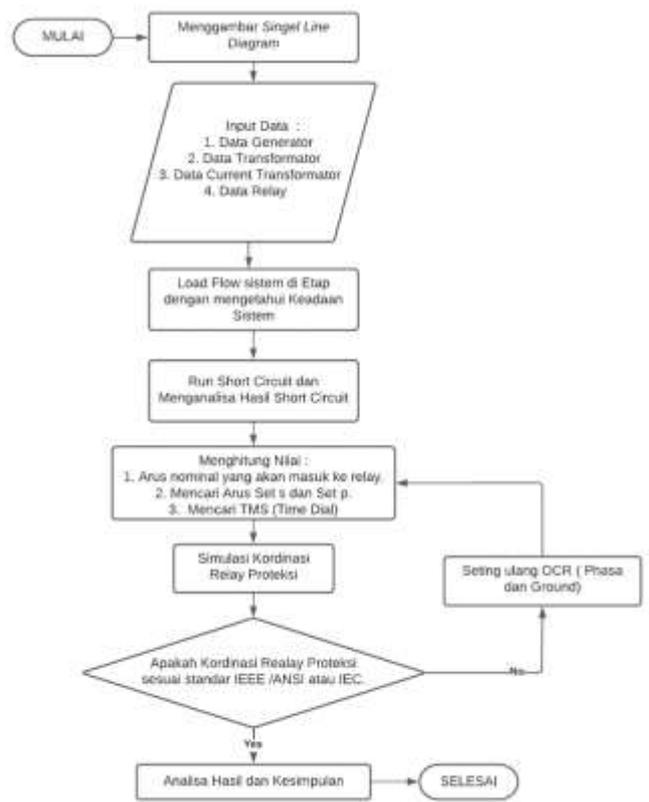
3. Difrensial Relay

Relay diferensial dirancang untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk pada cakupan atau daerah yang diproteksi dengan arus yang keluar .

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (6)$$

III. METODOLOGI

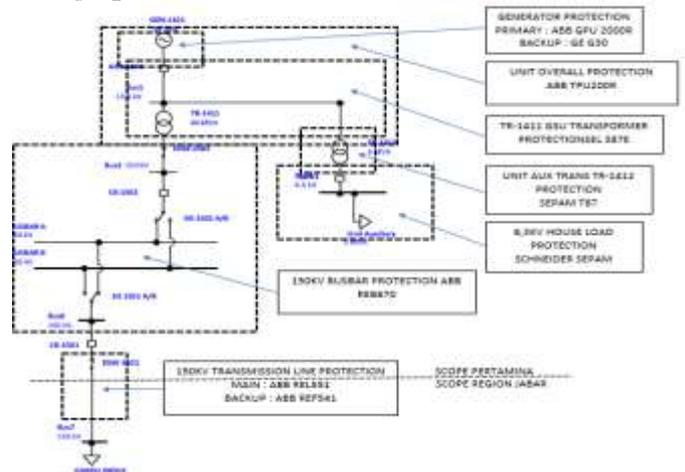
Dengan pembahasan yang ada pada sistem proteksi di PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV, dapat ditentukan proses penyelesaian dari masalah agar memudahkan dalam proses pemecahan masalah dengan cara menggambar *single line diagram* (SLD) pada *software* ETAP dan input data yang dibutuhkan yaitu data generator, transformator, *current transformator* (CT), dan data *relay* kemudian menganalisis *short-circuit* pada lokasi proteksi yang ingin dilakukan objek penelitian, setelah ditemukannya besaran arus dari gangguan 3-Phase, L-G kemudian diambil nilai arus gangguan terbesarnya agar dapat di jadikan referensi arus yang digunakan untuk menghitung pada persamaan (1) s/d (6), setelah dihitung sesuai persamaan diatas maka koordinasi dapat dianalisis apakah koordinasi sudah benar dan jika tidak maka dari persamaan diatas dilakukannya *setting ulang* atau perhitungan ulang hingga *relay* proteksi yang mengalami keterlambatan dalam waktu memutus dapat lebih cepat dalam menangani gangguan.



Gambar 1. Flowcard Analisis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

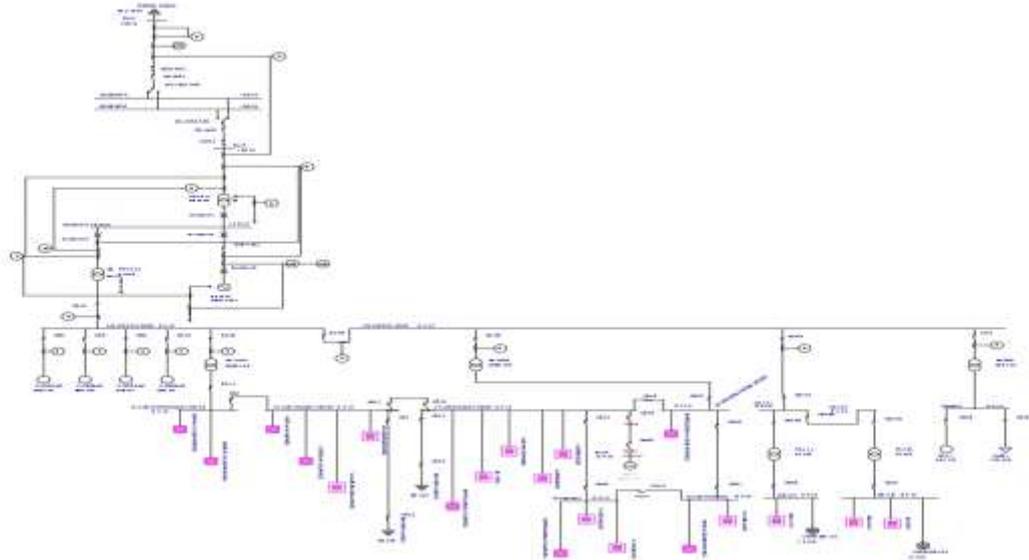
Proteksi di PLTP PT. PGE Area Kamojang Unit IV sendiri terbagi dalam beberapa zona yang terdiri dari beberapa fungsi *relay* dalam memproteksi gangguan hubungsingkat antar fasa maupun tanah, berikut zona proteksi pada PLTP PT. PGE Area Kamojang Unit IV.



Gambar 2. Zona Proteksi PT.PGE Kamojang Unit IV.

A. Single Line Diagram (SLD) PT PGE Kamojang

Berikut SLD yang menggambarkan sistem kelistrikan di PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV menggunakan aplikasi ETAP *power station*.



Gambar 3. Single Line Diagram PLTP PT.PGE Kamojang Unit IV.

B. Analisa Hubung Singkat

Analisa hubung singkat yang telah dilakukan antara lain :

- Hasil hubung singkat 3 fasa

Hasil hubung singkat 3 fasa didapat pada simulasi *short circuit minimum* dan *maximum* pada *software* ETAP, dimana bus yang *default* pada analisa ini yaitu pada busbar A, Busduck 13,8kV, dan bus SG-1401 U1/MVB. Hasil hubung singkat 3 fasa digunakan untuk mengetahui besar gangguan di setiap bus dan kebutuhan perhitungan manual pada *Over Current Relay* (OCR).

Tabel 1. Hasil simulasi hubung singkat 3 fasa pada *software* ETAP

<i>Fault</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Busbar A	0,745 kA	0,945 kA
Busduck 13,8kV	13,382 kA	19,635 kA
SG-1401 U1/MVB	5,871 kA	9,425 kA

- Hasil hubung singkat 1 fasa ke tanah

Hasil hubung singkat 1 fasa ke tanah didapat pada *simulasi short circuit minimum* dan *maximum* pada *software* ETAP, dimana bus yang *default* pada analisa ini yaitu pada busbar A, Busduck 13,8kV, dan bus SG-1401 U1/MVB. Hasil hubung singkat 1 fasa ke tanah digunakan untuk mengetahui besar gangguan di setiap bus dan kebutuhan perhitungan manual pada *Ground Fault Relay* (GFR).

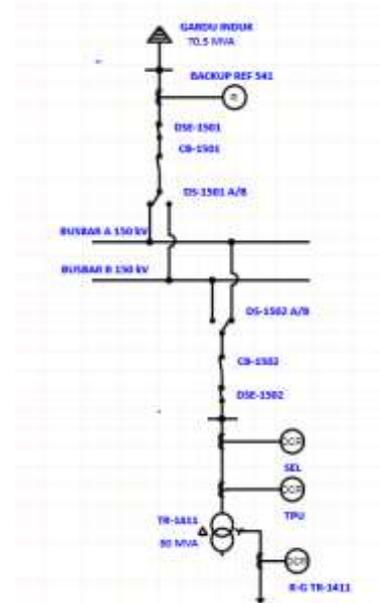
Tabel 2. Hasil simulasi hubung singkat 1 fasa ketanah pada *software* ETAP

<i>Fault</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Busbar A	1,040 kA	1,164 kA
Busduck 13,8kV	17,192 kA	19,617 kA
SG-1401 U1/MVB	4,190 kA	4,640 kA

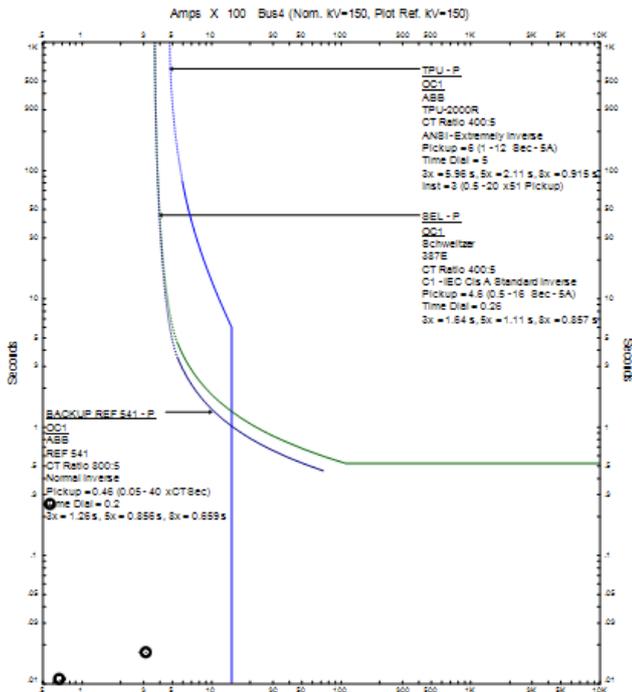
C. Hasil Perhitungan dan Setting Relay Pertipikal

1. Koordinasi Proteksi Tipikal 1 Tegangan 150kV

Koordinasi *relay* tipikal 1 merupakan jalur menuju *transmission line* yang biasa disebut *Switchyard* yang bertegangan 150 kV kearah Gardu Induk. Jalur ini melewati 3 *relay* OCR bagian fasa dan 4 *relay* OCR bagian *Ground*, antara lain : *relay* BACKUP REF 541, *relay* SEL, *relay* TPU, dan *relay* R-G TR-1411. Gambar rangkain tipikal 1 dapat di lihat pada gambar 4.

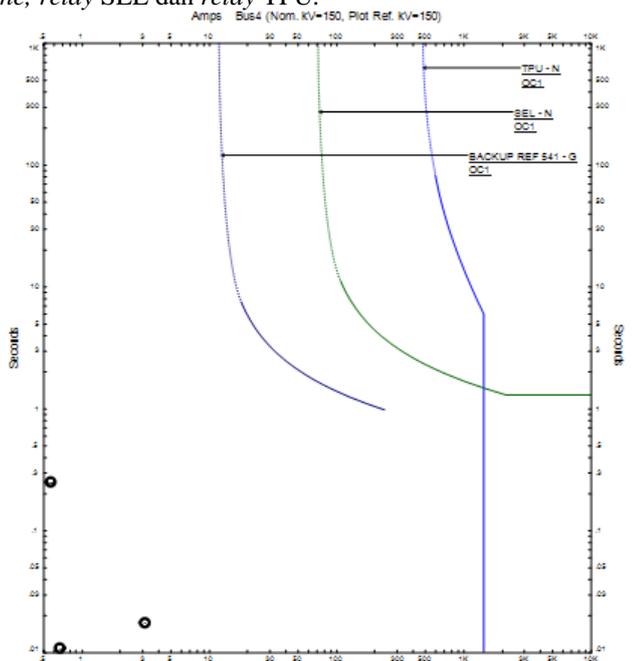


Gambar 4. Single Line Diagram Tipikal 1



Gambar 5. Curve Kondisi Eksisting Relay OCR Tipikal 1

Dari hasil plot *curve* kondisi eksisting tipikal 1 gangguan 3 fasa pada gambar 5, bahwa terdapat koordinasi *relay* yang cukup baik dan dapat di lakukan perhitungan sebagai rekomendasi setting *relay* yang akan ada pergantian pada semua tipe *relay* ditipikal 1 ini yaitu, *relay* REF 541 di sisi *transmission line*, *relay* SEL dan *relay* TPU.



Gambar 6. Curve Kondisi Eksisting Relay GFR Tipikal 1

Dari hasil plot *curve* kondisi eksisting tipikal 1 sisi *Ground* pada gambar 6 bahwa terdapat koordinasi *relay* yang cukup baik dan dapat di lakukan perhitungan sebagai

rekomendasi setting *relay* yang akan ada pergantian pada semua tipe *relay* ditipikal 1 ini yaitu, *relay* REF 541 di sisi *transmission line*, *relay* SEL dan *relay* TPU.

a. Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* (OCR) Tipikal 1

Tabel 3. Hasil Resetting *Relay* OCR Tipikal 1

Relay	Pickup	TD	Curve
REF	2,3 A	0.2 s	SI
SEL	4,6 A	0.23 s	SI
TPU	4,6 A	0,48 s	EI

Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 3 tipikal 1 dengan persamaan rumus 1 dan rumus 2 gangguan 3 fasa menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu REF dengan waktu 0.2 s, kemudian yang memutus kedua yaitu SEL pada waktu 0.23 s, dan *relay* yang memutus ke tiga yaitu TPU dengan waktu 0.48 s.

b. Koordinasi Proteksi *Ground Fault Relay* (GFR) Tipikal 1

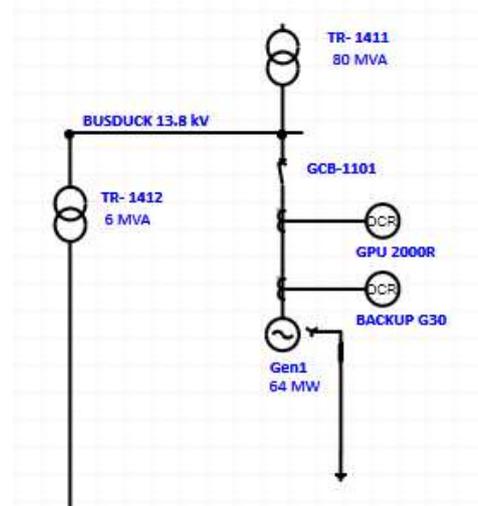
Tabel 4. Hasil Resetting *Relay* GFR Tipikal 1

Relay	Pickup	TD	Curve
REF	0.75 A	0.43 s	SI
SEL	0.9 A	0.65 s	SI
TPU	6 A	5 s	EI

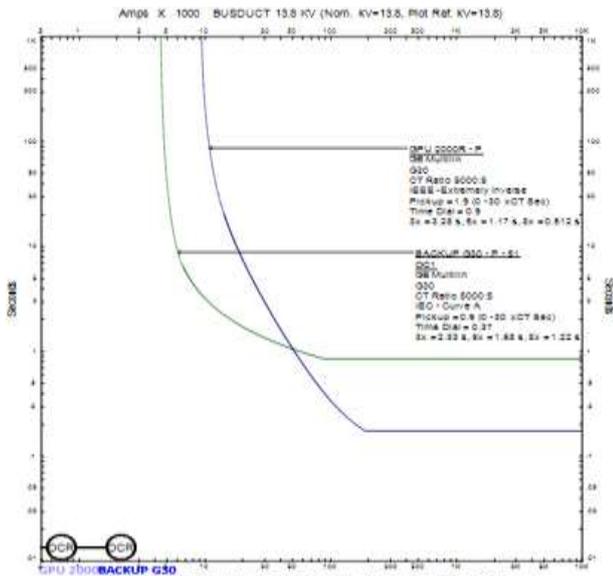
Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 4 tipikal 1 dengan persamaan rumus 4 dan 5 gangguan 1 fasa ke tanah menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu REF dengan waktu 0.43 s, kemudian yang memutus kedua yaitu SEL pada waktu 0.65 s, dan *relay* yang memutus ke tiga yaitu TPU dengan waktu 5 s.

2. Koordinasi Proteksi Tipikal 2 Tegangan 13,8kV

Koordinasi *relay* tipikal 2 merupakan *busbar* utama dengan tegangan 13,8 kV keluaran GEN-1101 sebelum menuju main trafo TR-1411 dan UAT TR-1412. Jalur ini melewati 2 *relay* OCR bagian fasa dan 2 *relay* OCR bagian *Ground*, antara lain : *relay* GPU 2000R dan *relay* BACKUP G30. Gambar rangkain tipikal 2 dapat di lihat pada gambar 7.



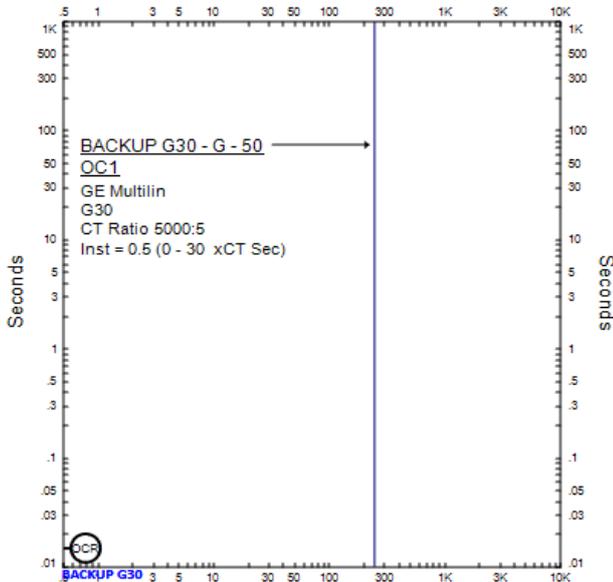
Gambar 7. Single Line Diagram Tipikal 2



Gambar 8. Curve Kondisi Eksisting Relay OCR Tipikal 2

Dari hasil plot *curve* kondisi eksisting tipikal 2 pada gambar 8 bahwa terdapat koordinasi *relay* yang tidak baik, dimana *relay* dari G30 bersilangan dengan *relay* GPU yang mana seharusnya bekerja terlebih dahulu ialah *relay* GPU dikarenakan *relay* G30 adalah *backup* proteksi bagi GPU. Berikut hasil perhitungan setting sebagai rekomendasi setting *relay* yang akan ada pergantian pada tipe *relay* ditipikal 2 ini yaitu, *relay* GPU 2000R.

amps X 10 BUSDUCT 13.8 KV (Nom. kV=13.8, Plot Ref. kV=13.8)



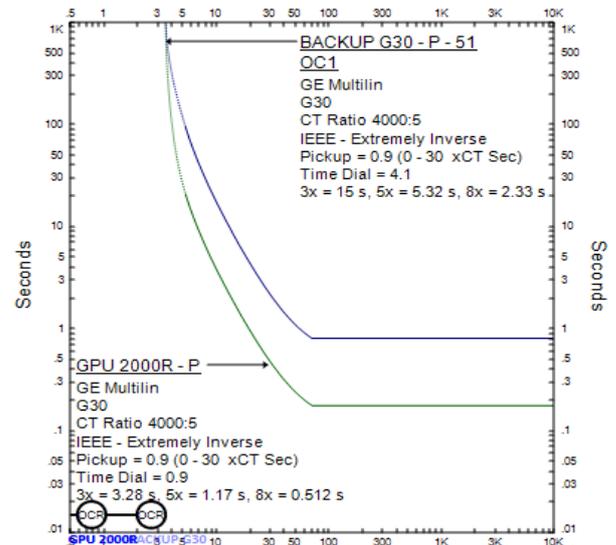
Gambar 9. Curve Kondisi Eksisting Relay GFR Tipikal 2

Dari hasil plot *curve* kondisi eksisting tipikal 2 pada gambar 9 bahwa terdapat kondisi koordinasi kurang aman dan berikut hasil perhitungan setting *relay* sebagai rekomendasi setting *relay* yang akan ada pergantian pada tipe *relay* ditipikal 2 ini yaitu, *relay* GPU 2000R.

a. Koordinasi Proteksi Over Current Relay (OCR) Tipikal 2

Adapun hasil simulasi resetting OCR dengan aplikasi ETAP pada gambar 10.

amps X 1000 BUSDUCT 13.8 KV (Nom. kV=13.8, Plot Ref. kV=13.8)



Gambar 10. Hasil Resetting Relay OCR Tipikal 2

Tabel 5. Hasil Resetting Relay OCR Tipikal 2

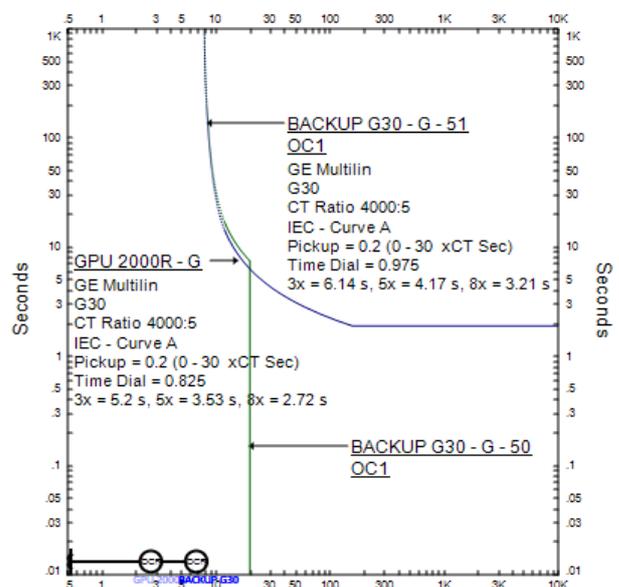
Relay	Pickup	TD	Curve
GPU	5,44 A	0,9 s	EI
GE	5,44 A	4.1 s	Tipe A

Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 5 tipikal 2 dengan persamaan rumus 1 dan rumus 2 gangguan 3 fasa menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu GPU dengan waktu 0.9 s, dan kemudian yang memutus kedua yaitu GE pada waktu 4.1 s.

b. Koordinasi Proteksi Ground Fault Relay (GFR) Tipikal 2

Adapun hasil simulasi resetting GFR dengan aplikasi ETAP pada gambar 11.

amps X 100 BUSDUCT 13.8 KV (Nom. kV=13.8, Plot Ref. kV=13.8)



Gambar 11. Curve Hasil Resetting Relay GFR Tipikal 2

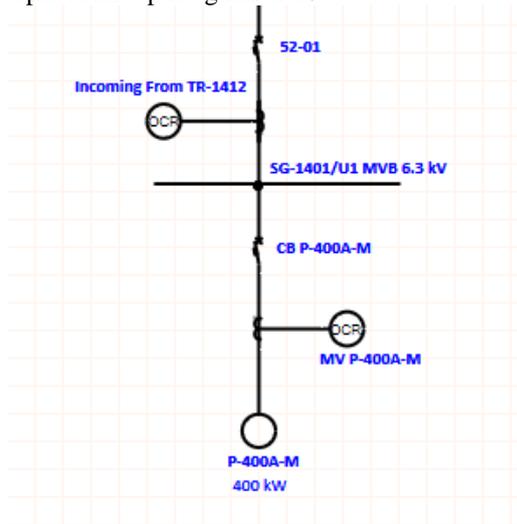
Tabel 6. Hasil Resetting Relay GFR Tipikal 2

Relay	Pickup	TD	Curve
GPU	800 A	0,825 s	EI
GE	800 A	0,975 s	EI

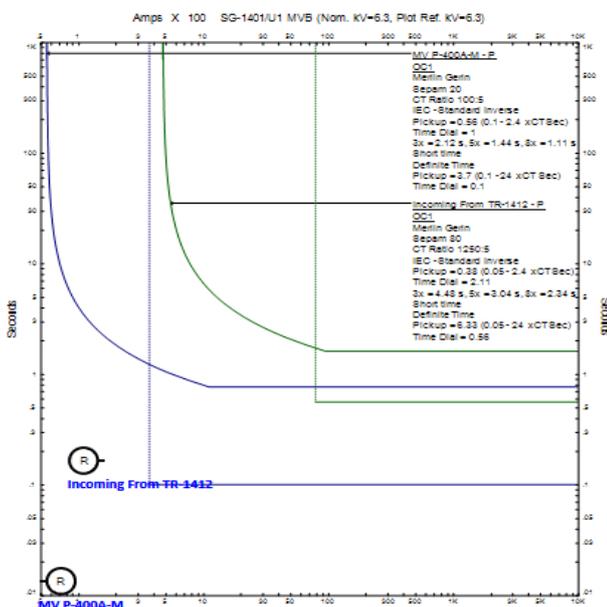
Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 6 tipikal 2 dengan gangguan 1 fasa ke tanah menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu GPU dengan waktu 0.825 s, kemudian yang memutus kedua yaitu GE pada waktu 0.975 s.

3. Koordinasi Proteksi Tipikal 3 Tegangan 6,3kV

Koordinasi *relay* tipikal 3 merupakan beban motor terbesar pada SG-1401 / U1 MVB 6,3 kV dengan beban motor P-400A-M sebesar 400kw. Jalur ini melewati 2 *relay* OCR bagian fasa dan 2 *relay* OCR bagian *Ground*, antara lain : *relay* MV P-400A-M dan *relay* *Incoming From* TR-1412. Gambar rangkain tipikal 3 dapat di lihat pada gambar 10.

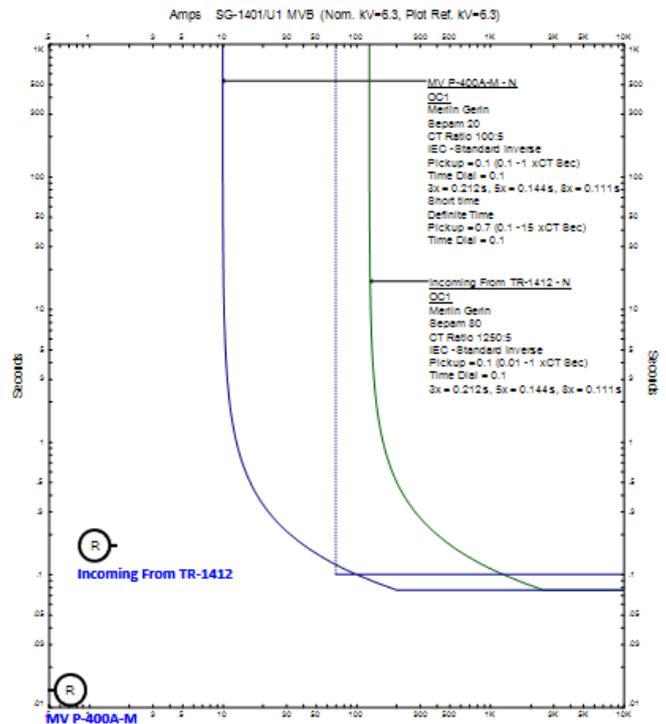


Gambar 12. Single Line Diagram Tipikal 3



Gambar 13. Curve Kondisi Eksisting Relay OCR Tipikal 3

Dari hasil *plot curve* kondisi eksisting tipikal 3 pada gambar 13 bahwa kondisi koordinasi *relay* yang cukup baik dan dapat di lakukan perbandingan dengan kondisi eksisting dengan melakukan perhitungan manual serta simulasi hasil perhitungan menggunakan aplikasi ETAP Power Station.



Gambar 14. Curve Kondisi Eksisting Relay GFR Tipikal 3

Dari hasil *plot curve* kondisi eksisting tipikal 3 sisi *Ground* pada gambar 12 bahwa kondisi koordinasi *relay* yang cukup baik dan dapat di lakukan perbandingan dengan kondisi eksisting dengan melakukan perhitungan manual serta simulasi hasil perhitungan menggunakan aplikasi ETAP Power Station.

a. Koordinasi Proteksi Over Current Relay (OCR) Tipikal 3

Tabel 7. Hasil Resetting Relay OCR Tipikal 3

Relay	Pickup	TD	Curve
SEPAM	1.9 A	2.11 s	SI
MV400A-P	2.8 A	1 s	SI

Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 7 tipikal 3 dengan persamaan rumus 1 dan rumus 2 gangguan 3 fasa menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu MV 400A-P dengan waktu 1 s, dan kemudian yang memutus kedua yaitu SEPAM pada waktu 2.11 s.

b. Koordinasi Proteksi Ground Faul Relay (GFR) Tipikal 3

Tabel 8. Hasil Resetting Relay GFR Tipikal 3

Relay	Pickup	TD	Curve
SEPAM	7,920 A	560 ms	SI
MV400A-P	370 A	0,1 s	SI

Dapat diketahui hasil *calculation* pada tabel 8 tipikal 3 dengan persamaan rumus 4 dan 5 gangguan 1 fasa ke tanah menggunakan standart IEC, *relay* dapat berkoordinasi dengan baik. Adapun hasil resetting *relay* yang memutus pertama yaitu MV 400A-P dengan waktu 0.1 s, dan kemudian yang memutus kedua yaitu SEPAM pada waktu 560 ms.

4. Koordinasi Proteksi Tipikal 4 *Diffrensial*

Setelah arus *diferensial* dan arus penahan (*restrain*) diketahui, selanjutnya menentukan persen dari *slope* yang akan digunakan untuk memastikan kinerja selektifitas dari *relay*. Pengaturan nilai *slope* pada umumnya terdapat dua pengaturan yaitu *slope 1* dan *slope 2*, dimana *slope 1* untuk mengatasi arus gangguan yang kecil atau gangguan *internal* sedangkan *slope 2* pada arus gangguan yang besar agar tidak bekerja pada luar daerah *relay diferensial*.

Adapun setting *relay* menggunakan data eksisting perusahaan sebagai berikut,

Tabel 9 Kondisi Eksisting *Diffrensial Relay* Tipikal 4

<i>Relay</i>	<i>Slop 1</i>	<i>Slop 2</i>	OT
REL	30%	150%	-
BB Pro	50%	-	-
SEL	25 %	60 %	-
TPU	25 %	60 %	-
GPU	15 %	50 %	-
SEPAM	0,19%	-	-

Tabel 9. Hasil *Calculation Diffrensial Relay* Tipikal 4

<i>Relay</i>	<i>Slop 1</i>	<i>Slop 2</i>	OT
REL	30%	150%	-
BB Pro	50%	-	-
SEL	30 %	60 %	-
TPU	30 %	60 %	-
GPU	15 %	50 %	-
SEPAM	0,19%	0,21%	-

Hasil perbandingan pada tabel 9 dan 10 *relay differential* tipikal 4 dalam keadaan normal, dimana % *slop relay* SEL dan TPU terdapat perbedaan yang tidak jauh berbeda dimana hasil perbandingan sebesar 5 %. sedangkan untuk waktu operasi (OT) di buat nol (0) dikarenakan pada *relay differential* tidak memiliki waktu kerja dalam memproteksi gangguan ketidak seimbangan pada masing-masing CT (*Current Transformator*).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang di peroleh dalam analisis ini antara lain :

1. Saat kondisi eksisting dengan data setting awal menggunakan ETAP, terlihat setting dan koordinasi proteksi pada gangguan fasa dan tanah ditipikal 1 dan 3 masih dalam keadaan normal, hanya saja pada tipikal 2 terdapat gangguan fasa dan tanah dengan setting awal pickup yaitu 1.9 pu dan time dial 0.9 sec untuk relay GPU 2000R, dimana setting dan koordinasi tidak sesuai yang menyebabkan *relay backup* GE G30 bekerja terlebih dahulu dibandingkan *relay main* GPU 2000R yang mengakibatkan koordinasi proteksi tidak sesuai dengan semestinya.

2. Hasil resetting *relay* pada gangguan fasa dan tanah menunjukkan pada setiap tipikal *relay* sudah dalam koordinasi dengan baik yang dibuktikan dengan simulasi pada ETAP dan kalkulasi manual yang terdapat pada Gambar 4.24 dan 4.25, adapun perubahan setting *relay* terdapat pada tipikal 1, dimana waktu kerja *relay* yang diminta yaitu 3 detik yang diatur oleh *Grid Code* PLN. Adapun hasil resetting koordinasi proteksi pada tipikal 2 *relay* GPU 2000R yaitu dengan pickup 5.44 A, dan time dial 0.9 second. begitupun untuk rekomendasi *relay* GFR dengan pickup 6 A, time dial 0.8 second.

B. Saran

Analisis ini hanya membahas koordinasi proteksi *relay overcurrent* (fasa dan tanah), *Instantaneous* (fasa dan tanah), dan *diffrensial relay*. Penulis berharap untuk penelitian selanjutnya agar dapat membahas semua jenis *relay* yang terpasang dalam sistem pembangkit tenaga listrik. hasil pembahasan pada makalah ini sebagai rekomendasi setting *relay* pada PT. PGE Kamojang kususnya Unit IV.

VI. REFERENSI

- [1] Z. Zulkarnaini dan M. Rizki, "Studi Koordinasi Rele Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV GI. Payakumbuh – GI. Koto Panjang," hal. 217–225, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.217-225.
- [2] Kementerian ESDM, "Jurnal Energi," 2016, [Daring]. Tersedia pada: [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf).
- [3] Y. Triyono, O. Penangsang, dan S. Anam, "Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang," vol. 2, no. 2, hal. B-159-B-164, 2013.
- [4] A. W. Hidayat, H. Gusmedi, L. Hakim, dan D. Despa, "Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung," *Electrician*, vol. 7, no. 3, hal. 108–115, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/116>.
- [5] S. Saini, "Overcurrent Relay Coordination for Phase and Earth Faults Using Etap," hal. 978–93, 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://electrical-engineering-portal.com/types-and->.
- [6] M. Dhoi, F. Sofa, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, dan U. M. Surakarta, "Studi Analisa Koordinasi Menggunakan Relay OCR (OVER CURRENT RELAY) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 2 Distribusi 20 KV GI Jajar Surakarta Menggunakan ETAP 12.6," 2017.
- [7] R. E. Sitepu, "Perhitungan kedip tegangan akibat gangguan hubung singkat pada penyulang unib sistem distribusi pln bengkulu," 2014.
- [8] I. D. G. Agung Budhi Udiana, I. G. Dyana Arjana, dan T. G. Indra Partha, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Recloser Di Saluran Penyulang Penebel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, hal. 37, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p07.
- [9] M. Sany, A. Saputro, S. Prasetyono, dan M. Ghazali, "Coordination Analysis of Ground Fault Relay Setting for 1 Phase Ground Short Circuit Analisa Koordinasi Setting Ground Fault Relay Terhadap Hubung Singkat 1 Fasa Tanah," vol. 1, no. October, hal. 109–117, 2021.

VII. BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Dusun Polean, Desa Tamansari, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Pada 17 Juni 1998. Putra dari Bapak Didik dan Ibu Waginem. Penulis memulai pendidikan TK di Denpasar, Bali. Penulis melanjutkan Sekolah di SDN 5 UBUNG Denpasar, Bali dan lulus tahun 2012, Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 BULIK, Lamandau, Kalimantan Tengah dan lulus tahun 2015, lalu penulis melanjutkan pendidikan di SMKN 2 BULIK, Lamandau, Kalimantan Tengah dengan jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik dan lulus pada tahun 2018. Lalu penulis melanjutkan pendidikan di ITN Malang pada tahun 2018, dengan memilih Fakultas Teknik Industri, Jurusan Teknik Elektro S1, Konsentrasi Energi Listrik.

Selama menjadi mahasiswa diperguruan tinggi penulis aktif dalam berorganisasi antara lain, anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro S1, pada priode pertama penulis menjabat sebagai humas eksternal dan di piode ke 2 sebagai bendahara umum. Penulis juga aktif di komunitas radio yaitu *Elite FM* dan komunitas robot. penulis juga memiliki pengalaman menjadi Asisten Laboratorium Sistem Kendali Industri dan Robotika pada tahun 2018 hingga 2022. Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Pertamina Geotermal Energi Area Kamojang Unit 4 selama 2 bulan dan dapat menyelesaikan laporan Kerja Praktek yang berjudul “Analisa Hasil Pemeliharaan PMT dan PMS pada Switchyard Unit 4 Tegangan 150kV di PT. Pertamina Geotermal Energi Area Kamojang.