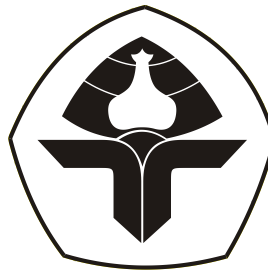


LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS SETELAN RELAI PENGAMAN  
HUBUNG SINGKAT PADA *RECLOSER* CELUK  
AKIBAT REKONFIGURASI PENYULANG  
DALUNG**



Oleh:

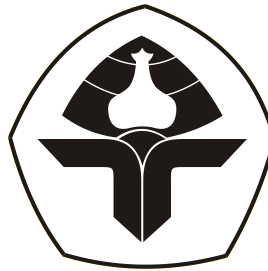
**Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya**  
NIM. 1915333004

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2022**

# LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

Diajukan Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

## **ANALISIS SETELAN RELAI PENGAMAN HUBUNG SINGKAT PADA *RECLOSER* CELUK AKIBAT REKONFIGURASI PENYULANG DALUNG**



Oleh:

**Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya**  
NIM. 1915333004

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS SETELAN RELAI PENGAMAN HUBUNG SINGKAT**  
**PADA *RECLOSER* CELUK AKIBAT REKONFIGURASI**  
**PENYULANG DALUNG**

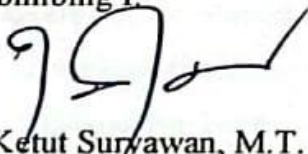
Oleh:

**Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya**  
NIM. 1915333004

Tugas Akhir ini Diajukan untuk  
Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III  
di  
Program Studi DIII Teknik Listrik  
Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali

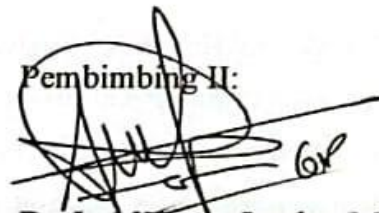
Disetujui Oleh:

Pembimbing I:



Ir. I Ketut Suryawan, M.T.  
NIP. 196705081994031001

Pembimbing II:



Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si  
NIP. 196807061994031003

Disahkan Oleh  
Jurusan Teknik Elektro



  
Ir. I Wayan Balu Ardana, M.T.  
NIP. 196705021993031005

**LEMBAR PERNYATAAN**  
**PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya  
NIM : 1915333004  
Program Studi : Teknik Listrik  
Jurusan : Teknik Elektro  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul ANALISIS SETELAN RELAI PENGAMAN HUBUNG SINGKAT PADA *RECLOSER* CELUK AKIBAT REKONFIGURASI PENYULANG DALUNG.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalih media atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bukit Jimbaran, 15 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya)

## LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya

NIM : 1915333004

Program Studi : Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir berjudul ANALISIS SETELAN RELAI PENGAMAN HUBUNG SINGKAT *RECLOSER* CELUK AKIBAT REKONFIGURASI PENYULANG DALUNG adalah betul-betul karya sendiri dan bukan menjiplak atau hasil karya orang lain. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Bukit Jimbaran, 15 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya)

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Setelan Relai Pengaman Hubung Singkat pada *Recloser* Celuk akibat Rekonfigurasi Penyulang Dalung” ini dengan baik dan selesai tepat pada waktunya. Penyusunan Proyek akhir ini disusun untuk diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan Program Pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis merasa bahwa banyak hambatan yang penulis hadapi. Namun, berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat penulis atasi sedikit demi sedikit. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Made Ariyasa Wiryawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik.
4. Bapak Ir. Ketut Suryawan, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama penulis yang banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping penulis yang banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini
6. Bapak / Ibu Dosen dan Instruktur Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan pengarahan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Pimpinan dan seluruh staf PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Bali yang telah memberikan izin dan dukungan serta membantu dalam pencarian data dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Pimpinan dan seluruh staf PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Bali Selatan yang telah memberikan izin dan dukungan serta membantu dalam pencarian data dalam penyusunan tugas akhir ini

9. Pimpinan dan seluruh staf PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Mengwi yang telah memberikan izin dan dukungan serta membantu dalam pencarian data dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Keluarga, teman-teman, serta semua pihak yang telah turut memberikan dukungan dan motivasinya yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Di samping itu, penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Hal ini dapat diibaratkan “*tak ada gading yang tak retak*”. Oleh sebab itu, penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan-kesalahan di dalam penulisan laporan ini. Dengan rampungnya Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya, dan pembaca pada umumnya.

Bukit Jimbaran, 2022

**Penulis**

## ABSTRAK

**Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya**  
**Perencanaan/Analisis Sistem**  
**Analisis Setelan Relai Pengaman Hubung Singkat pada *Recloser* Celuk Akibat**  
**Rekonfigurasi Penyulang Dalung**

Untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan akibat gangguan hubung singkat maka dibuatlah sistem proteksi. Adanya rekonfigurasi penyulang jaringan distribusi 20 KV menyebabkan perubahan panjang saluran yang berpengaruh terhadap besarnya arus hubung singkat. Seperti yang terjadi di Penyulang Dalung yang mengalami rekonfigurasi sehingga perlu dianalisis kembali besarnya arus hubung singkat serta setelan relai pengaman yang digunakan. Dalam mencari arus gangguan hubung singkat digunakan perhitungan manual dan simulasi program ETAP 12.6. Berdasarkan analisis diperoleh arus gangguan maksimum sebesar 12.659,0568A (perhitungan) dan 12.302,29A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 10.963,0648A (perhitungan) dan 10.654,09A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 292,0924A (perhitungan) dan 307,0749A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah. Dan arus gangguan minimum sebesar 3.792,9344A (perhitungan) dan 3.173,7380A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 3.284,7775A (perhitungan) dan 2.748,538A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 273,8173A (perhitungan) dan 283,890A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah. Setelah rekonfigurasi, setelan existing OCR tidak dapat digunakan lagi, namun setelan GFR masih dapat digunakan. Dimana, nilai setelan OCR di *Recloser* Celuk adalah 250 A/TMS 0,08/SI dan 3.652A/waktu 0 detik/DT. Sedangkan, GFR di *Recloser* Celuk adalah 40 A/TMS 0,1/ SI.

Kata Kunci : OCR, GFR, *Recloser*, Rekonfigurasi

## ABSTRACT

**Ni Komang Putri Maharani Indraswari Marya**  
**Planning/System Analysis**  
**Analysis of Short Circuit Relay Protection Settings on Celuk *Recloser* Due to**  
**Dalung Feeder Reconfiguration**

To prevent or limit equipment damage due to short circuit fault, a protection system is created. 20 kV distribution feeder network reconfiguration is transforming the network length that affect amount of short circuit current. As happened at Dalung Feeder, which was reconfigured so that it was necessary to re-analyze the amount of short-circuit fault currents as well as the used safety relay settings. In searching for short circuit fault currents, manual calculations and ETAP 12.6 application simulation are used. Based on the analysis, the maximum fault currents are obtained with a value of 12,659.0568A (calculation) and 12,302.29A (ETAP) for 3-phase IHS, 10,963.0648A (calculation) and 10,654.09A (ETAP) for 2-phase IHS, 292.0924A (calculation) and 307.0749A (ETAP) for 1-phase-to-ground IHS. And the minimum fault currents are obtained with a value of 3,792.9344A (calculation) and 3,173.7380A (ETAP) for 3-phase IHS, 3,284.7775A (calculation) and 2,748.538A (ETAP) for 2-phase IHS, 273.8173A (calculation) and 283.890A (ETAP) for 1-phase IHS-to-ground. After the reconfiguration, the existing OCR setting can no longer still be used, but the GFR setting can still be used. Where, the OCR setting value in *Recloser* Celuk is 250 A/TMS 0.08/SI and 3.652A/time 0 seconds/DT. Meanwhile, the GFR in *Recloser* Celuk is 40 A / TMS 0.1 / SI.

Keywords: OCR, GFR, *Recloser*, Reconfiguration



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah .....	I-2
1.3 Batasan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan .....	I-3
1.5 Manfaat .....	I-3
BAB II LANDASAN TEORI II-1 .....	II-1
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	II-1
2.2 Jaringan Distribusi Tegangan Menengah .....	II-2
2.2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) .....	II-2
2.2.2 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) .....	II-3
2.2.3 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) .....	II-4
2.3 Gangguan pada Sistem Distribusi 20 kV .....	II-4
2.3.1 Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Distribusi 20 kV .....	II-5
2.4 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Jaringan Distribusi 20 kV .....	II-7
2.4.1 Impedansi Sumber .....	II-7
2.4.2 Impedansi Transformator Tenaga .....	II-9
2.4.3 Impedansi Jaringan Distribusi .....	II-10
2.4.4 Impedansi Ekuivalen Jaringan .....	II-10
2.4.5 Arus Gangguan Hubung Singkat .....	II-11
2.5 Sistem Proteksi Jaringan Distribusi 20 kV .....	II-12
2.6 Kubikel Sisi 20 kV .....	II-14
2.6.1 Kubikel Pemutus Tenaga (PMT) .....	II-14
2.7 <i>Recloser</i> atau Penutup Balik Otomatis (PBO) .....	II-15
2.7.1 Prinsip Kerja <i>Recloser</i> .....	II-16
2.7.2 <i>Over Current Relay</i> (OCR) dan <i>Ground Fault Relay</i> (GFR) .....	II-19
2.8 Transformator Arus atau <i>Current Transformer</i> .....	II-24
2.8.1 Kelas Akurasi Transformator Arus Proteksi .....	II-24
2.8.2 Burden .....	II-25
2.8.3 Rated Current .....	II-25
2.9 Perhitungan Setelan Arus dan <i>Time Multiple Setting</i> (TMS) OCR dan GFR .....	II-25
2.9.1 Perhitungan Setelan Arus <i>Over Current Relay</i> (OCR) .....	II-25
2.9.2 Perhitungan Setelan Arus <i>Ground Fault Relay</i> (GFR) .....	II-26
2.9.3 Setelan Waktu .....	II-27
2.10 Koordinasi Pengaman .....	II-27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	III-1

3.1	Jenis Penelitian .....	III-1
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	III-1
3.3	Pengambilan Data .....	III-1
3.3.1	Sumber Data .....	III-1
3.3.2	Jenis Data .....	III-2
3.3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	III-2
3.4	Tahapan Penelitian .....	III-4
3.5	Pengolahan Data .....	III-5
3.5.1	Perhitungan Arus Hubung Singkat .....	III-5
3.5.2	Simulasi ETAP 12.6 Arus Gangguan Hubung Singkat .....	III-7
3.5.3	Analisis Setelan Arus dan <i>Time Multiple Setting</i> (TMS) OCR dan GFR pada <i>Recloser</i> .....	III-7
3.6	Analisis Data .....	III-8
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		IV-1
4.1	Gambaran Umum Penyulang Dalung .....	IV-1
4.1.1	Data Teknis .....	IV-1
4.2	Rancangan Simulasi ETAP .....	IV-10
4.2.1	<i>Input Data Power Grid</i> .....	IV-10
4.2.2	<i>Input Data Kabel Penghantar</i> .....	IV-10
4.2.3	<i>Input Data Transformator</i> .....	IV-11
4.2.4	<i>Input Data Beban Gardu Distribusi</i> .....	IV-12
4.3	Analisis Aliran daya atau <i>Load Flow Analysis</i> Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6 .....	IV-13
4.4	Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat .....	IV-14
4.4.1	Arus Gangguan Hubung Singkat dengan Perhitungan secara Manual .....	IV-16
4.4.2	Arus Gangguan Hubung Singkat dengan Simulasi ETAP .....	IV-34
4.4.3	Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat .....	IV-38
4.5	Pemeriksaan Koordinasi Relai Pengaman dengan Setelan <i>Existing</i> .....	IV-39
4.5.1	Analisis Pemeriksaan Koordinasi Relai Pengaman dengan Setelan <i>Existing</i> .....	IV-48
4.6	Setelan Relai Pengaman Setelah adanya Rekonfigurasi Penyulang .....	IV-49
4.6.1	Perhitungan Setelan Arus OCR dan TMS di <i>Recloser</i> Celuk .....	IV-49
4.6.2	Perhitungan Setelan Arus OCR dan TMS di <i>Outgoing</i> Penyulang Dalung .....	IV-50
4.6.3	Pemeriksaan Koordinasi Relai Pengaman Hasil <i>Resetting</i> Setelah adanya Rekonfigurasi Penyulang .....	IV-52
4.6.4	Analisis Pemeriksaan Koordinasi Relai Pengaman Setelan <i>Resetting</i> .....	IV-59
BAB V PENUTUP .....		V-1
5.1	Kesimpulan .....	V-1
5.2	Saran .....	V-2
DAFTAR PUSTAKA .....		
LAMPIRAN .....		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan Kesalahan Kelas Akurasi untuk Transformator Arus Proteksi .....	II-25
Tabel 2.2 Konstanta Perhitungan berdasarkan Kurva Arus terhadap Waktu .....	II-27
Tabel 4.1 Data Teknis Transformator Tenaga II Gardu Induk Kapal .....	IV-2
Tabel 4.2 Data Pengukuran Tegangan Pangkal Penyulang Dalung Periode Desember 2021 s.d. Februari 2022 .....	IV-2
Tabel 4.3 Data Jenis dan Panjang Penghantar Jaringan Utama Penyulang Dalung ...	IV-3
Tabel 4.4 Impedansi Penghantar AAAC dan AAACS .....	IV-6
Tabel 4.5 Impedansi Penghantar NA2XSEBY .....	IV-6
Tabel 4.6 Data Rasio <i>Current Transformer</i> (CT) .....	IV-6
Tabel 4.7 Data <i>Existing</i> Setelan OCR .....	IV-7
Tabel 4.8 Data <i>Existing</i> Setelan GFR .....	IV-7
Tabel 4.9 Data Gardu Distribusi Penyulang Dalung dan Pembebanannya .....	IV-8
Tabel 4.10 Data Pembebanan Penyulang Dalung Periode Desember 2021 s.d. Februari 2022 .....	IV-9
Tabel 4.11 Hasil Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Penyulang Dalung .....	IV-13
Tabel 4.12 Panjang dan Jenis Penghantar Penyulang Dalung Tiap Section.....	IV-18
Tabel 4.13 Impedansi Jaringan Urutan Positif dan Negatif di Belakang <i>Recloser</i> ...	IV-19
Tabel 4.14 Impedansi Jaringan Urutan Positif dan Negatif di Depan <i>Recloser</i> .....	IV-19
Tabel 4.15 Impedansi Jaringan Urutan Positif dan Negatif di Belakang <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-20
Tabel 4.16 Impedansi Jaringan Urutan Positif dan Negatif di Depan <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-20
Tabel 4.17 Impedansi Jaringan Urutan Nol di Belakang <i>Recloser</i> .....	IV-21
Tabel 4.18 Impedansi Jaringan Urutan Nol di Depan <i>Recloser</i> .....	IV-21
Tabel 4.19 Impedansi Jaringan Urutan Nol di Belakang <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-22
Tabel 4.20 Impedansi Jaringan Urutan Nol di Depan <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-22
Tabel 4.21 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif di Belakang <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-23
Tabel 4.22 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif di Depan <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-24
Tabel 4.23 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol di Belakang <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-27
Tabel 4.24 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol di Depan <i>Recloser</i> Berdasarkan Persentase Panjang Jaringan .....	IV-28
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Dalung Berdasarkan Panjang Jaringan .....	IV-33
Tabel 4.26 Hasil Simulasi ETAP 12.6 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Dalung Berdasarkan Panjang Jaringan .....	IV-35
Tabel 4.27 Rekaman Arus Gangguan Penyulang Dalung .....	IV-37
Tabel 4.28 Perbandingan Jarak Lokasi Gangguan.....	IV-37
Tabel 4.29 Waktu <i>Trip</i> OCR Setelan <i>Existing</i> untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa .....	IV-40
Tabel 4.30 Waktu <i>Trip</i> OCR Setelan <i>Existing</i> untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa .....	IV-43
Tabel 4.31 Waktu <i>Trip</i> GFR Setelan <i>Existing</i> untuk Arus Gangguan Hubung	

Singkat 1 Fasa ke Tanah .....	IV-46
Tabel 4.32 Hasil <i>Resetting</i> Setelan OCR .....	IV-51
Tabel 4.33 Hasil <i>Resetting</i> Setelan GFR .....	IV-51
Tabel 4.34 Waktu <i>Trip</i> OCR Setelan <i>Resetting</i> untuk Arus Gangguan Hubung	
Singkat 3 Fasa .....	IV-53
Tabel 4.35 Waktu <i>Trip</i> OCR Setelan <i>Resetting</i> untuk Arus Gangguan Hubung	
Singkat 2 Fasa .....	IV-55
Tabel 4.36 Waktu <i>Trip</i> GFR Setelan <i>Resetting</i> untuk Arus Gangguan Hubung	
Singkat 1 Fasa ke Tanah .....	IV-58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Sistem Tenaga Listrik .....	II-1
Gambar 2.2 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) .....	II-3
Gambar 2.3 Kabel Udara Tegangan Menengah .....	II-3
Gambar 2.4 Kabel Tanah .....	II-4
Gambar 2.5 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	II-6
Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa .....	II-6
Gambar 2.7 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	II-7
Gambar 2.8 Sistem Distribusi .....	II-8
Gambar 2.9 Konversi Impedansi Sumber dari 150 kV ke 20 kV .....	II-8
Gambar 2.10 Peralatan Proteksi pada Jaringan Distribusi 20 kV .....	II-13
Gambar 2.11 Simulasi Relay Arus .....	II-15
Gambar 2.12 Konstruksi Bagian Dalam <i>Recloser</i> .....	II-16
Gambar 2.13 Panel Kontrol <i>Recloser</i> .....	II-16
Gambar 2.14 <i>Interface</i> Panel Kontrol <i>Recloser</i> .....	II-17
Gambar 2.15 Rangkaian <i>Recloser</i> .....	II-18
Gambar 2.16 (a) Cara Kerja <i>Recloser</i> terhadap Gangguan Temporer; (b) Cara Kerja <i>Recloser</i> terhadap Gangguan Permanen .....	II-19
Gambar 2.17 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR .....	II-20
Gambar 2.18 (a) Vektor Arus saat Kondisi Normal; (b) Vektor Arus saat Kondisi Gangguan Hubung Singkat ke Tanah .....	II-21
Gambar 2.19 Ilustrasi Aliran Arus saat Terjadi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	II-22
Gambar 2.20 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Seketika .....	II-23
Gambar 2.21 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Tertentu .....	II-23
Gambar 2.22 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Terbalik .....	II-24
Gambar 3.1 <i>FlowChart</i> Tahapan Penelitian .....	III-5
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> Jaringan Utama Penyulang Dalung .....	IV-3
Gambar 4.2 <i>Input Data Power Grid</i> .....	IV-10
Gambar 4.3 <i>Input Data</i> Kabel Penghantar .....	IV-11
Gambar 4.4 <i>Input Data</i> Transformator Gardu Distribusi .....	IV-12
Gambar 4.5 <i>Input Data</i> Beban Gardu Distribusi .....	IV-12
Gambar 4.6 Diagram Satu Garis Aliran Daya Penyulang Dalung .....	IV-13
Gambar 4.7 <i>One Line Diagram</i> Jaringan Saat Terjadi Gangguan Satu Fasa ke Tanah .....	IV-14
Gambar 4.8 <i>One Line Diagram</i> Saat Terjadi Gangguan Satu Fasa ke Tanah dalam ETAP .....	IV-15
Gambar 4.9 Penyederhanaan <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dalung .....	IV-18
Gambar 4.10 Rangkain <i>Recloser</i> Celuk di Penyulang Dalung saat Terjadi Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah .....	IV-25
Gambar 4.11 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dan 2 Fasa Penyulang Dalung Berdasarkan Pehitungan Manual .....	IV-34
Gambar 4.12 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Penyulang Dalung Berdasarkan Pehitungan Manual .....	IV-34
Gambar 4.13 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dan 2 Fasa Penyulang Dalung Berdasarkan Simulasi ETAP .....	IV-36
Gambar 4.14 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Penyulang Dalung Berdasarkan Simulasi ETAP .....	IV-36

Gambar 4.15 Simulasi ETAP 12.6 sesuai lokasi gangguan actual .....	IV-38
Gambar 4.16 Kurva Koordinasi OCR dengan Setelan <i>Existing</i> untuk IHS 3 Fasa ..	IV-42
Gambar 4.17 Kurva Koordinasi OCR dengan Setelan <i>Existing</i> untuk IHS 2 Fasa ..	IV-45
Gambar 4.18 Kurva Koordinasi GFR dengan Setelan <i>Existing</i> untuk IHS 1 Fasa ke Tanah .....	IV-48
Gambar 4.19 Kurva Koordinasi OCR Setelan <i>Resetting</i> untuk IHS 3 Fasa .....	IV-54
Gambar 4.20 Kurva Koordinasi OCR Setelan <i>Resetting</i> untuk IHS 2 Fasa .....	IV-57
Gambar 4.21 Kurva Koordinasi GFR Setelan <i>Resetting</i> untuk IHS 1 Fasa ke Tanah .....	IV-59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dalung .....	L-1
Lampiran 2. Laporan Hasil Pengukuran Tahanan NGR dan Arde Pembedaan .....	L-2
Lampiran 3. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dalung dalam ETAP 12.6 .....	L-3

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan suatu sistem yang berguna untuk mendistribusikan atau menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar hingga sampai ke konsumen[1]. Gangguan hubung singkat merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 kV[2]. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan aliran arus menjadi besar sehingga dapat menurunkan keandalan sistem tenaga listrik dan menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan[3]. Untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan akibat gangguan sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan maka dibuatlah sistem proteksi. Salah satu sistem proteksi tersebut yakni dengan pemasangan *recloser* pada jaringan. *Recloser* dilengkapi dengan *Over Current Relay (OCR)* dan *Ground Fault Relay (GFR)* sebagai perlengkapan proteksinya[4].

Penyulang Dalung merupakan salah satu penyulang yang berada di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Mengwi yang disuplay dari Transformator II Gardu Induk (GI) Kapal dengan rata-rata pembebanan penyulang bulan januari hingga oktober 2021 yakni sebesar 168 A [5]. Karena dirasakan pembebanan penyulang pada penyulang Dalung terlalu besar sehingga akan menyulitkan apabila dibutuhkan manuver jaringan maka dilakukan rekonfigurasi jaringan pada penyulang Dalung. Rekonfigurasi tersebut dilakukan dengan pembagaian beban penyulang Dalung. Beban yang dipindahkan berada pada Zona II atau setelah *Recloser* Celuk tepatnya *section* LBS Dalung Permai hingga LBS Padang Bali. Dengan adanya rekonfigurasi tersebut, gardu distribusi yang disuplay oleh penyulang Dalung menjadi 48 gardu distribusi dengan total kapasitas 8.460 KVA [6]. Rekonfigurasi penyulang Dalung menyebabkan adanya pengurangan panjang saluran dan beban penyulang. Hal ini dapat berpengaruh terhadap besarnya arus hubung singkat yang mungkin terjadi di penyulang Dalung serta setelan relai pengaman yang digunakan pada *recloser* Celuk setelah terjadi rekonfigurasi penyulang.

Berdasarkan kasus diatas, maka perlu dilakukan analisis mengenai besarnya arus gangguan hubung singkat yang dapat terjadi di penyulang Dalung setelah rekonfigurasi penyulang. Dalam mencari besarnya arus gangguan hubung singkat dilakukan



menggunakan perhitungan dan simulasi *software* ETAP 12.6. Setelah mendapatkan besarnya arus gangguan hubung singkat dilakukan pemeriksaan koordinasi proteksi relai pengaman setelan *existing*. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung waktu *trip* relai terhadap arus gangguan hubung singkat yang terjadi di penyulang Dalung setelah adanya rekonfigurasi jaringan. Waktu *trip* OCR dihitung untuk arus gangguan hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa. Sedangkan, waktu *trip* GFR dihitung untuk arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Dari pemeriksaan waktu *trip* tersebut maka diketahui setelan relai pengaman *existing* di *Recloser* Celuk masih sesuai atau tidak untuk digunakan setelah adanya rekonfigurasi penyulang.

Berdasarkan analisis diperoleh arus gangguan maksimum dan minimum sebesar 12.659,0568A (perhitungan) dan 12.302,29A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 10.963,0648A (perhitungan) dan 10.654,09A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 292,0924A (perhitungan) dan 307,0749A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah. Dan arus gangguan minimum sebesar 3.792,9344A (perhitungan) dan 3.173,7380A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 3.284,7775A (perhitungan) dan 2.748,538A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 273,8173A (perhitungan) dan 283,890A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah. Untuk setelan *existing* OCR belum menunjukkan koordinasi yang baik dan tidak dapat digunakan lagi setelah adanya rekonfigurasi penyulang. Sedangkan, setelan *existing* GFR masih menunjukkan koordinasi yang baik dan dapat digunakan lagi setelah adanya rekonfigurasi penyulang. Nilai setelan OCR di *Recloser* Celuk adalah 250 A/TMS 0,08/SI dan 3.652A/waktu 0 detik/DT. Sedangkan, GFR di *Recloser* Celuk adalah 40 A/TMS 0,1/ SI.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan oleh penulis, adapun masalah yang dianalisis dalam tugas akhir sebagai berikut:

- a. Berapa besar arus gangguan hubung singkat di penyulang Dalung setelah adanya rekonfigurasi penyulang jika disimulasikan menggunakan *software* ETAP12.6 dan perhitungan manual?
- b. Apakah setelan relai pengaman *existing* di *Recloser* Celuk masih sesuai untuk digunakan setelah adanya rekonfigurasi penyulang?
- c. Berapa setelan relai pengaman pada *Recloser* Celuk setelah adanya rekonfigurasi penyulang?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka pembahasan dalam penelitian ini dibatasi hanya meliputi hal-hal sebagai berikut:

- a. Gangguan yang dianalisis telah ditentukan yaitu gangguan arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ketanah.
- b. Analisis arus gangguan hubung singkat disimulasikan menggunakan *software* ETAP12.6 dan perhitungan manual.
- c. Perhitungan setelan relai pengaman pada *Recloser* Celuk setelah adanya rekonfigurasi penyulang.
- d. Setelan relai pengaman pada *Recloser* Celuk sebelum adanya rekonfigurasi penyulang menggunakan data *existing* dari PT PLN (Persero) UP2D Bali.

### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk:

- a. Mengetahui berapa besar arus gangguan hubung singkat di penyulang Dalung setelah adanya rekonfigurasi penyulang.
- b. Mengetahui setelan relai pengaman *existing* di *Recloser* Celuk masih sesuai atau tidak untuk digunakan setelah adanya rekonfigurasi penyulang.
- c. Mengetahui setelan relai pengaman pada *Recloser* Celuk setelah adanya rekonfigurasi penyulang.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dengan diadakannya penelitian ini yaitu :

#### a. Bagi Mahasiswa

Untuk mengaplikasikan dan membandingkan teori-teori yang diperoleh saat proses perkuliahan seperti perhitungan arus gangguan hubung singkat pada sistem distribusi, menentukan TMS (*Time Multiple Setting*) pada relai proteksi, serta mahasiswa juga mampu menganalisa koordinasi setting relai pada *outgoing feeder* dengan relai pada *recloser* dan mengimplementasikannya di dunia kerja.

**b. Bagi Politeknik Negeri Bali**

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan tambahan kepustakaan dan referensi bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini diharapkan menambah pembendaharaan penelitian dalam rangka pengembangan pendidikan dan penyempurnaan materi perkuliahan khususnya Program Studi D3 Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali dalam menciptakan lulusan yang terampil dan profesional di bidangnya.

**c. Bagi PT PLN (Persero)**

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat kepada PT PLN (Persero) sebagai tambahan referensi dalam menentukan setelan proteksi yang sesuai untuk Penyulang Dalung setelah adanya rekonfigurasi penyulang dalam upaya meningkatkan kinerja perusahaan yaitu SAIDI, SAFI dan ENS.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya tegangan pangkal pada saat terjadi gangguan dan jarak lokasi gangguan berpengaruh terhadap besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Nilai arus gangguan hubung singkat akan semakin kecil seiring dengan semakin jauh jarak lokasi gangguan dari sumber (Gardu Induk). Di Penyulang Dalung, berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP 12.6 nilai arus gangguan maksimum dan minimum sebagai berikut:
  - a. Nilai arus gangguan maksimum sebesar 12.659,0568 A (perhitungan) dan 12.302,29 A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 10.963,0648 A (perhitungan) dan 10.654,09 A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 292,0924 A (perhitungan) dan 307,0749 A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah.
  - b. Nilai arus gangguan minimum sebesar 3.792,9344 A (perhitungan) dan 3.173,7380 A (ETAP) untuk Ihs 3 fasa, 3.284,7775 A (perhitungan) dan 2.748,538 A (ETAP) untuk Ihs 2 fasa, 273,8173 A (perhitungan) dan 283,890 A (ETAP) untuk Ihs 1 fasa-ke tanah.
2. Koordinasi antar relai OCR di *outgoing* Penyulang Dalung dan *Recloser* Celuk dengan setelan *existing* belum menunjukkan koordinasi yang baik sehingga tidak sesuai untuk digunakan lagi setelah adanya rekonfigurasi penyulang. Sedangkan, koordinasi antar relai GFR di *outgoing* Penyulang Dalung dan *Recloser* Celuk dengan setelan *existing* masih menunjukkan koordinasi yang baik sehingga masih sesuai untuk digunakan lagi setelah adanya rekonfigurasi penyulang.
3. Nilai setelan OCR dan GFR di *Recloser* Celuk ditunjukkan dalam Tabel 4.32 dan Tabel 4.33. Nilai setelan OCR di *Recloser* Celuk adalah 250 A/TMS 0,08/SI dan 3.652 A/waktu 0 detik/DT. Sedangkan, GFR di *Recloser* Celuk adalah 40 A/TMS 0,1/ SI.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan, adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Setelan relai pengaman hubung singkat yang terpasang dalam masing-masing peralatan proteksi di Penyulang Dalung direkomendasikan untuk dilakukan penyetelan ulang (*resetting*) sehingga diperoleh koordinasi yang baik dalam mengamankan jaringan terhadap gangguan hubung singkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT PLN (Persero), “SPLN No 68-2:1986 Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua: Sistem Distribusi”, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 1986.
- [2] I GDE Banny Sanjaya, “Analisis Koordinasi Setelan Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Nakula Gardu Induk Pemecutan Kelod”, Jimbaran, Bali, 2013.
- [3] Thoriq Aziz Al Qoyyimi, “Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (*Geographic Information System*)”, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2017.
- [4] I D.G.A. B. Udiana, I G.D. Arjana, and Tjok. G.I. Partha, “Studi Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel”, *Jurnal Teknologi Elektro*, Vol. 16, No. 02, pp. 27-42, 2017.
- [5] PT PLN (Persero) UP2D Bali, “Rekap Beban Puncak Murni Penyulang Siang dan Malam Perbulan Tahun 2021”, Denpasar: PT PLN (Persero) UP2D Bali, 2021.
- [6] PT PLN (Persero) ULP Mengwi, “*One Line Diagram* Jaringan Distribusi Penyulang Update Bulan Desember Tahun 2021”, Mengwi: PT PLN (Persero) ULP Mengwi, 2021.
- [7] PT PLN (Persero), “Buku 1 Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik”, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [8] Imran, M, Et Al, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Wilayah Kota Lhokseumawe di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe”, *Jurnal Energi Listrik Universitas Malikussaleh*, Vol. 08, No. 01, pp. 42-47, 2019.
- [9] PT PLN (Persero), “Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik”, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [10] Sutrado Kabel, “Product Catalogue” *PT Sutrakabel Intimandiri* [Online]. Available at: <https://sutrakabel.com/wp-content/uploads/2016/05/FA-CATALOG-SUTRADO-KABEL-160129.pdf> [diakses 08 Agustus 2022].
- [11] Normalasari, Dewi, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi dengan Metode Reliability Index Assessment pada Sistem Distribusi 20 kV di PLN APJ Jember”, Jawa Timur: Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember, 2010.
- [12] Very Bagus Saputra, “Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik di KSO PERTAMINA EP – GEO CEPU Indonesia Distrik 1 Kawangan Menggunakan *Software* ETAP 12.6”, Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [13] Gaffar, Ahmad, Agussalim, and Arisandi, Dedi, “Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 KV di Gardu Induk Panakkukang”, *Jurnal Teknologi Elekerika Politeknik Negeri Ujung Pandang*, Vol. 14, No. 2, pp. 156-162, 2017.
- [14] Daman, Suswanto, “Sistem Distribusi Tenaga Listrik”, Padang: Universitas Negeri Padang, 2009.
- [15] Irfan Affandi, “Analisa Setelan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang,” Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [16] Alawiy, Muhammad Taqiyyuddin, “Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Relay Elektromagnetis”, Malang, 2006.

- [17] Sarimun N, Wahyudi, “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik”, Jawa Barat: Garamond, 2016.
- [18] Sarimun N, Wahyudi, “Buku Saku Pelayanan Teknik (YANTEK)”, Jawa Barat: Garamond, 2014.
- [19] I Wayan Sukadana and Risma Fauziyah Ramadhani, “Koordinasi Proteksi Arus Lebih Penyulang Tembuku terhadap Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) ULP Bangli ”, *JETK*, vol. 2, no. 2, pp. 92–106, Nov. 2021.
- [20] Anggara, Bayu Govinda, “Analisis Penempatan, Penyetingan, dan Koordinasi *Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR), dan *Recloser* pada Penyulang Baru (Studi Kasus: PT PLN (Persero) ULP Pangkalan)”, Pekanbaru: Program Studi Teknik Elektro, 2022.
- [21] T. K. Wijaya, “Analisa Gangguan Peralatan Proteksi (Sole Fuse) 20 Kv pada Gardu Distribusi Tongkan Kabil PLN Batam”, *Sigma Teknika*, vol.2, no.1, pp. 32-48, Juli 2019.
- [22] Jondra, I Wayan, “Buku Ajar: Gardu Induk Sisi 20 Kv”, Jimbaran: Politeknik Negeri Bali, 2019.
- [23] N. Agus Darmanto, and S. Handoko, "Analisa Koordinasi OCR - Recloser Penyulang Kaliwungu 03," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 15-21, Feb. 2012. <https://doi.org/10.12777/transmisi.8.1.15-21>
- [24] PT PLN (Persero), SPLN D3.033-2 Peralatan Sakelar Pada Jaringan Tegangan Menengah, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2020.
- [25] PT PLN (Persero), SPLN S3.0004-2016 Spesifikasi Pole Mounted Automatic Circuit Recloser dan Sistem Kontrol, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2016.
- [26] Anonim, 2011, Manual Book Reclosers CooperPower Systems. <http://www.cooperpower.com>. [08 Agustus 2022]
- [27] Melisa Ayu Tryasmini, “Studi Analisis Peningkatan Keandalan Penyulang Jadi Pesona Dengan Melakukan Relokasi Recloser Singkep”, Jimbaran, Bali, 2021.
- [28] Bonar Pandjaitan, *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta: ANDI, 2012.
- [29] Muflizar, A. R., Rudito, H., & Idris, A. R., “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Arus Netral di Baloiya Kepulauan Selayar serta Dampaknya Terhadap Pelanggan Distribusi”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2021.
- [30] Rianti, M. Iqbal A., dan Danial, “Studi Analisa Kelayakan Transformator Arus untuk Proteksi Sistem Tenaga Listrik berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi, Rasio, dan Eksitasi”, Pontianak: Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2021.
- [31] IEC 60044-1, “Instrument Transformers – Part 1: Current Transformers “, IEC, 2003.
- [32] Hardani dkk, "Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif", Jilid 1, Yogyakarta: CV Pustaka Ilmu Group, 2020.
- [33] Y. Abdhul, (25 November 2021), “Studi Pustaka: Pengertian, Tujuan, dan Metode” [Online]. Available: <https://penerbitbukudeepublish.com/studipustaka/> [diakses pada 15 Juli 2022].
- [34] Yusniati, “Analisa Gangguan Arus Lebih Terhadap Kondisi Netral Grounding Resistance Aplikasi PT PLN (Persero) Gardu Induk Lamhotma”, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 16-20, 2018.
- [35] PT PLN (Persero), Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor : 0520-3/K/DIR/2014 tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Sekunder Gardu Induk”, Jakarta : PT PLN (Persero), 2014.

- [36] PT PLN (Persero) ULTG Bali Utara, "Hasil Pemeliharaan 2 Tahunan T/R BAY TRF#2 150/20 kV GI 150 kV Kapal Tahun 2014-2022", Badung : PT PLN (Persero) ULTG Bali Utara, 2022.