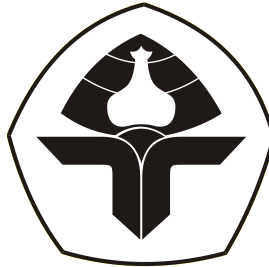


LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS REKONFIGURASI UNTUK MENEKAN
DROP TEGANGAN PENYULANG PUNCAK
MUNDI DI PT PLN (PERSERO) ULP KLUNGKUNG**



Oleh:

Ni Putu Mas Pramita Dewi

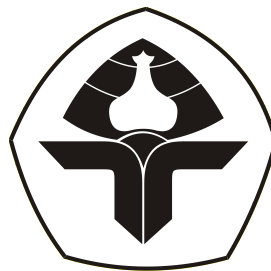
NIM. 1915333015

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

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

Diajukan Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

ANALISIS REKONFIGURASI UNTUK MENEKAN DROP TEGANGAN PENYULANG PUNCAK MUNDI DI PT PLN (PERSERO) ULP KLUNGKUNG



Oleh:

Ni Putu Mas Pramita Dewi

NIM. 1915333015

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS REKONFIGURASI UNTUK MENEKAN DROP
TEGANGAN PENYULANG PUNCAK MUNDI DI PT PLN
(PERSERO) ULP KLUNGKUNG**

Oleh:

Ni Putu Mas Pramita Dewi

NIM. 1915333015

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

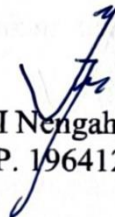
Disetujui Oleh:

Pembimbing I:



I Gusti Ketut Abasana, S.ST., M.T.
NIP. 196802101995121001

Pembimbing II:



Ir. I Nengah Sunaya, M.T.
NIP. 196412091991031001

Disahkan Oleh
Jurusan Teknik Elektro
Ketua



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

LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Putu Mas Pramita Dewi
NIM : 1915333015
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 Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul ANALISIS REKONFIGURASI UNTUK MENEKAN DROP TEGANGAN PENYULANG PUNCAK MUNDI DI PT PLN (PERSERO) ULP KLUNGKUNG.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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.

Jimbaran, 8 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Ni Putu Mas Pramita Dewi)

LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Putu Mas Pramita Dewi
NIM : 1915333015
Program Studi : Teknik Listrik
Jurusan : Teknik Elektro

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir berjudul ANALISIS REKONFIGURASI UNTUK MENEKAN DROP TEGANGAN PENYULANG PUNCAK MUNDI DI PT PLN (PERSERO) ULP KLUNGKUNG 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.

Jimbaran, 8 Agustus 2022

mbuat pernyataan



10000
TAL. 20
METERAN
TEMPEL
6595AJX873193821

Ni Putu Mas Pramita Dewi

NIM. 1915333015

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Rekonfigurasi Untuk Menekan Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi di PT PLN (Persero) ULP Klungkung” tepat pada waktunya.

Penyusunan Proyek akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom. selaku direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana selaku ketua jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Listrik
4. Bapak I Gusti Ketut Abasana S.ST., MT. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. I Nengah Sunaya, M.T. selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. 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.
7. Pimpinan dan seluruh staf PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Bali Timur 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 Layanan Pelanggan (ULP) Klungkung yang telah memberikan izin dan dukungan serta membantu dalam pencarian data dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Bapak / Ibu Dosen dan Instruktur Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan pengarahan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.

10. Seluruh keluarga yang penulis cintai yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.
11. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Negeri Bali dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya, dan pembaca pada umumnya.

Jimbaran, Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Ni Putu Mas Pramita Dewi
Perencanaan/Analisis Sistem
Analisis Rekonfigurasi Untuk Menekan Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi
di PT PLN (Persero) ULP Klungkung

Batas drop tegangan jaringan tegangan menengah *open loop* dan radial yang diizinkan berdasarkan SPLN 72:1987 adalah 5%. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki masalah drop tegangan adalah merekonfigurasi jaringan. Kondisi drop tegangan yang terukur di Penyulang Puncak Mundi mencapai 5,2%. Kondisi ini disebabkan oleh dilimpahkannya beban Penyulang Klungkung ke Penyulang Puncak Mundi. Pelimpahan beban ini menyebabkan Penyulang Puncak Mundi kini menyuplai sebanyak 79 gardu distribusi melalui jaringan sepanjang 64,56 km.

Upaya yang dilakukan untuk memperbaiki drop tegangan Penyulang Puncak Mundi adalah merekonfigurasi atau memindahkan beberapa beban ke penyulang lainnya. Penyulang yang menerima beban penyulang Puncak Mundi adalah Penyulang Wibrata, Penyulang Bukit Jati, dan Penyulang Goa Lawah. Dari ketiga pilihan penyulang tersebut menghasilkan tujuh skema rekonfigurasi dalam upaya memperbaiki drop tegangan Penyulang Puncak Mundi tanpa memberi pengaruh buruk terhadap drop tegangan penyulang penerima beban. Seluruh skema rekonfigurasi yang disimulasikan melalui *software* ETAP 12.6 telah memenuhi standar SPLN 72:1987 baik di Penyulang Puncak Mundi maupun penyulang penerima beban. Skema rekonfigurasi yang menghasilkan nilai drop tegangan terbaik adalah skema 7 dengan drop tegangan sebesar 2,74%. Namun penulis merekomendasikan skema rekonfigurasi 4 dengan drop tegangan sebesar 4,09% dimana eksekusi rekonfigurasi lebih mudah dan efisien dibanding skema 7.

Kata Kunci: Drop Tegangan, Rekonfigurasi, Penyulang

ABSTRACT

Ni Putu Mas Pramita Dewi

Planning/System Analysis

Reconfiguration Analysis to Reduce Voltage Drop of Puncak Mundi Feeder at PT PLN (Persero) ULP Klungkung

Open loop and radial configuration medium voltage drop limits is 5% based on SPLN 72:1987. One of the methods that can be done to fix the voltage drop problem is network reconfiguration. The measured voltage drop condition at the Puncak Mundi feeder reached 5,2%. This condition caused by the transfer of the load on the Klungkung feeder. This load transfer causes the Puncak Mundi feeder to now supply as many as 79 distribution substations through a network of 64,56 km.

Efforts made to improve the voltage drop of the Puncak Mundi feeder are reconfiguring or transferring some loads to other feeders. The feeders who receive the load of the Puncak Mundi feeder are the Wibrata feeder, the Bukit Jati feeder, and the Goa Lawah feeder. From the three choices of feeders, seven reconfiguration schemes are designed in an effort to fix the voltage drop of the Puncak Mundi Feeder without adversely affecting the voltage drop of the load-receiving feeder. All reconfiguration schemes that are simulated through ETAP 12.6 Software had reached out the SPLN 72:1987 standard both in the Puncak Mundi feeder and in the load-receiving feeder. The reconfiguration scheme that results the best voltage drop value is scheme 7 with a voltage drop of 2,74%. However, the author recommends reconfiguration scheme 4 with a voltage drop of 4,09% where the reconfiguration execution is more efficient than scheme 7.

Keywords: Drop voltage, Rekonfiguration, Feeder

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan	I-3
1.5 Manfaat Penulisan.....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 Penelitian Terdahulu	II-1
2.2 Teori Dasar	II-2
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	II-2
2.2.2 Sistem Distribusi Primer	II-3
2.2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi Primer	II-4
2.2.4 Konstruksi Jaringan Distribusi Primer.....	II-6
2.2.5 Peralatan Hubung (<i>Switching</i>)	II-8
2.2.6 Penghantar Jaringan Distribusi Primer	II-10
2.2.7 Daya Listrik	II-15
2.2.8 Beban Listrik.....	II-18
2.2.9 Faktor Daya dan Penjumlahannya	II-19
2.2.10 Hukum Kirchoff.....	II-20
2.2.11 Hukum Ohm	II-21
2.2.12 Rugi-rugi Tegangan Jaringan Distribusi Arus Bolak Balik.....	II-21
2.2.13 Rekonfigurasi Jaringan Distribusi	II-23

2.2.14 ETAP <i>Power Station</i> 12.6.....	II-23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-1
3.3 Teknik Pengambilan Data.....	III-1
3.4 Jenis Data.....	III-3
3.5 Sumber Data	III-3
3.6 Tahapan Penelitian.....	III-4
3.7 Pengolahan Data	III-5
3.8 Analisis Data.....	III-5
3.9 Hasil yang Diharapkan.....	III-6
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS	IV-1
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian	IV-1
4.2 Data Teknis Objek Penelitian	IV-3
4.2.1 Gardu Induk Gianyar	IV-3
4.2.2 Data Teknis Penyulang	IV-4
4.3 Pelaksanaan Penelitian.....	IV-18
4.3.1 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Puncak Mundi.....	IV-18
4.3.2 Perhitungan Impedansi Saluran Penyulang Puncak Mundi.....	IV-22
4.3.3 Perhitungan Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi.....	IV-24
4.3.4 Pembuatan <i>Single Line Diagram</i> dalam <i>Software</i> ETAP 12.6	IV-25
4.3.5 Penentuan Titik Pecah Penyulang dan Jumlah Beban yang akan dipindahkan.....	IV-36
4.3.6 Skema Rekonfigurasi dalam <i>Software</i> ETAP 12.6.....	IV-39
4.4 Analisis Hasil Pengolahan Data.....	IV-60
4.4.1 Pengaruh Pertambahan Panjang Jaringan dan Jumlah Beban terhadap Nilai Impedansi dan Drop Tegangan	IV-60
4.4.2 Nilai Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi dan Penyulang Penerima Beban	IV-61
4.4.3 Pemilihan Skema Rekonfigurasi yang paling Efektif untuk perbaikan Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi	IV-63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Teknis Transformator Tenaga Gardu Induk Gianyar	IV-3
Tabel 4.2 Data Tegangan Pangkal dan Ujung Penyulang	IV-4
Tabel 4.3 Data Transformator Distribusi Penyulang Puncak Mundi.....	IV-7
Tabel 4.4 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Puncak Mundi ...	IV-10
Tabel 4.5 Data Cos ϕ Gardu Distribusi Penyulang Puncak Mundi	IV-12
Tabel 4.6 Data Penghantar Penyulang Puncak Mundi	IV-13
Tabel 4.7 Data Impedansi Penghantar	IV-17
Tabel 4.8 Arus Beban tiap <i>Section</i>	IV-19
Tabel 4.9 Panjang Penghantar Total Penyulang Puncak Mundi.....	IV-21
Tabel 4.10 Panjang Penghantar Saluran Utama Penyulang Puncak Mundi	IV-21
Tabel 4.11 Impedansi Penghantar Saluran Utama Penyulang Puncak Mundi	IV-23
Tabel 4.12 Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi	IV-25
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Pengukuran, Perhitungan, dan Simulasi Aliran Daya ETAP 12.6	IV-29
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Aliran Daya ETAP 12.6 Penyulang Wibrata.....	IV-32
Tabel 4.15 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Aliran Daya ETAP 12.6 Penyulang Bukit Jati	IV-34
Tabel 4.16 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi Aliran Daya ETAP 12.6 Penyulang Goa Lawah	IV-36
Tabel 4.17 Pilihan Skema Rekonfigurasi	IV-40
Tabel 4.18 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 1 dari <i>Software</i> ETAP	IV-43
Tabel 4.19 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 2 dari <i>Software</i> ETAP	IV-47
Tabel 4.20 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 3 dari <i>Software</i> ETAP	IV-51
Tabel 4.21 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 4 dari <i>Software</i> ETAP	IV-53
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 5 dari <i>Software</i> ETAP	IV-55
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 6 dari <i>Software</i> ETAP	IV-57
Tabel 4.24 Hasil Simulasi Aliran Daya Rekonfigurasi Skema 7 dari <i>Software</i> ETAP	IV-59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	II-3
Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Distribusi tipe Radial.....	II-4
Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi tipe Tertutup/ <i>Loop</i>	II-5
Gambar 2.4 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)	II-6
Gambar 2.5 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM).....	II-7
Gambar 2.6 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)	II-8
Gambar 2.7 <i>Air Break Switch</i> (ABS _w).....	II-8
Gambar 2.8 <i>Load Break Switch</i> (LBS).....	II-9
Gambar 2.9 <i>Fuse Cut Out</i> (FCO).....	II-10
Gambar 2.10 Penghantar AAAC	II-11
Gambar 2.11 Penghantar AAAC-S.....	II-12
Gambar 2.12 Penghantar MVTIC.....	II-13
Gambar 2.13 Penghantar Kabel Tanam.....	II-14
Gambar 2.14 Segitiga Daya	II-16
Gambar 2.15 Beban Resistif, Beban Induktif, dan Beban Kapasitif	II-18
Gambar 2.16 Ilustrasi Penjumlahan Faktor Daya secara Vektoris	II-20
Gambar 2.17 Ilustrasi Hukum Kirchoff I.....	II-20
Gambar 2.18 Ilustrasi Model Sistem Tenaga Listrik Sederhana dan Diagram Vektor	II-22
Gambar 2.19 Tampilan <i>Software</i> ETAP 12.6.....	II-24
Gambar 3.1 <i>Flowchart Diagram</i>	III-4
Gambar 4.1 <i>Single line diagram keypoint</i> Penyulang Puncak Mundi	IV-4
Gambar 4.2 <i>Single line diagram</i> Penyulang Puncak Mundi.....	IV-5
Gambar 4.3 Pembagian <i>section</i> Penyulang Puncak Mundi	IV-19
Gambar 4.4 Nilai arus yang mengalir di setiap <i>section</i>	IV-20
Gambar 4.5 Input Data Transformator Tenaga di Gardu Induk	IV-26
Gambar 4.6 Input Data Pembebanan Gardu Distribusi	IV-27
Gambar 4.7 Input Data Penghantar yang digunakan	IV-27
Gambar 4.8 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi	IV-28
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Jaringan Penyulang Puncak Mundi	IV-29
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Wibrata.....	IV-31

Gambar 4.11 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Jaringan Penyulang Wibrata....	IV-31
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Bukit Jati	IV-33
Gambar 4.13 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Jaringan Penyulang Bukit Jati .	IV-33
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Goa Lawah	IV-35
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Jaringan Penyulang Goa Lawah	IV-35
Gambar 4.16 Titik Pecah 1 Penyulang Puncak Mundi	IV-37
Gambar 4.17 Titik Pecah 2 Penyulang Puncak Mundi	IV-38
Gambar 4.18 Titik Pecah 3 Penyulang Puncak Mundi	IV-39
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 1	IV-40
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 1	IV-41
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Puncak Mundi Skema 1	IV-41
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Wibrata Skema 1 .	IV-42
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Wibrata Skema 1	IV-42
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Wibrata Skema 1	IV-43
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 2	IV-44
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 2	IV-45
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Puncak Mundi Skema 2	IV-45
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Bukit Jati Skema 2	IV-46
Gambar 4.29 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Bukit Jati Skema 2 .	IV-46
Gambar 4.30 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Bukit Jati Skema 2	IV-47
Gambar 4.31 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 3	IV-48
Gambar 4.32 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 3	IV-49
Gambar 4.33 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Puncak Mundi Skema 3	IV-49

Gambar 4.34 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Goa Lawah Skema 3	IV-50
Gambar 4.35 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Goa Lawah Skema 3	IV-50
Gambar 4.36 Hasil Simulasi Aliran Daya di Titik Pecah Penyulang Goa Lawah Skema 3	IV-51
Gambar 4.37 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 4	IV-52
Gambar 4.38 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 4	IV-53
Gambar 4.39 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 5	IV-54
Gambar 4.40 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 5	IV-55
Gambar 4.41 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 6	IV-56
Gambar 4.42 Hasil Simulasi Aliran Daya di Sumber Penyulang Puncak Mundi Skema 6	IV-57
Gambar 4.43 Hasil Simulasi Aliran Daya di Pangkal Penyulang Puncak Mundi Skema 7	IV-58
Gambar 4.44 Hasil Simulasi Aliran Daya di Ujung Penyulang Puncak Mundi Skema 7	IV-59
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan Persentase Drop Tegangan di setiap Skema Rekonfigurasi.....	IV-62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang	L-1
Lampiran 2. Data Spesifikasi Transformator Distribusi Penyulang	L-7
Lampiran 3. Data Pembebanan Gardu Distribusi Penyulang	L-12
Lampiran 4. Data Penghantar Penyulang	L-18
Lampiran 5. Data Spesifikasi Penghantar Merk Sutrado.....	L-26
Lampiran 6. Langkah-langkah menggambar SLD dalam ETAP 12.6.....	L-28
Lampiran 7. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang dalam ETAP 12.6.....	L-32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik merupakan sumber energi utama yang banyak dimanfaatkan dan dibutuhkan oleh manusia[1]. PT PLN (Persero) sebagai satu-satunya sektor penyedia tenaga listrik di Indonesia dituntut untuk dapat menjaga mutu pelayanan tenaga listrik dan diusahakan agar drop tegangan tidak melebihi standar yang ditetapkan. Drop tegangan dapat diartikan penurunan dari nilai tegangan yang dikirim dan nilai tegangan yang diterima di tiang ujung. Besarnya drop tegangan mengikuti jenis penghantar yang digunakan di jaringan tegangan menengah. Hal ini karena setiap jenis penghantar memiliki resistansi yang berbeda dan besarnya resistansi juga berbanding lurus dengan panjang penghantar. Selain itu, pembebanan juga mempengaruhi terjadinya drop tegangan, dimana semakin besar arus beban maka tegangan yang diterima pun semakin kecil[2]. Berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 kriteria drop tegangan jaringan tegangan menengah *open loop* dan radial maksimal sebesar 5% dari tegangan nominal[3]. Berdasarkan data tegangan pangkal dan ujung penyulang dari Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) tegangan ujung Penyulang Puncak Mundi awalnya sebesar 19,89 kV atau drop tegangan sebesar 0,55%, namun pada bulan Maret terjadi peningkatan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi menjadi 5,2 % dengan tegangan ujung terendahnya sebesar 18,96 kV[4]. Drop tegangan yang terukur pada bulan Maret disebabkan oleh dipindahkannya beban Penyulang Klungkung ke Penyulang Puncak Mundi terkait adanya penonaktifan Penyulang Klungkung pada bulan Maret 2022. Pelimpahan beban ini menyebabkan jumlah gardu yang dilayani bertambah sebanyak 39 gardu sehingga total gardu yang disuplai oleh Penyulang Puncak Mundi adalah 79 gardu[5]. Selain itu, panjang jaringan Penyulang Puncak Mundi juga bertambah sepanjang 28,36 km sehingga menjadi 64,56 km[5]. Hal inilah yang menjadi pemicu meningkatnya drop tegangan Penyulang Puncak Mundi.

Berdasarkan kasus diatas, maka perlu dilakukan upaya untuk memperbaiki drop tegangan dengan rekonfigurasi atau memindahkan beberapa beban Penyulang Puncak Mundi ke penyulang lain yang terkoneksi ataupun dengan penyulang terdekat. Rekonfigurasi dapat dilakukan dengan membuka atau menutup peralatan hubung (*switching*) yang menjadi

titik pertemuan antara kedua penyulang[6]. Adapun yang menjadi penyulang destinasi adalah Penyulang Wibrata, Penyulang Bukit Jati, dan Penyulang Goa Lawah. Nilai tegangan ujung dan drop tegangan untuk Penyulang Wibrata sebesar 19,94 kV dengan persentase drop tegangan 0,3%, Penyulang Bukit Jati sebesar 19,79 kV dengan persentase drop tegangan 1,02%, dan Penyulang Goa Lawah sebesar 19,34 kV dengan persentase drop tegangan 3,29%. Dari ketiga penyulang pilihan yang dapat menerima beban dari Penyulang Puncak Mundi didapatkan tujuh skema simulasi rekonfigurasi yang dapat disimulasikan untuk menekan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi.

Dari ke tujuh skema simulasi rekonfigurasi yang telah dilakukan melalui *software* ETAP 12.6, didapatkan seluruh hasil simulasi skema rekonfigurasi dapat mengurangi drop tegangan di Penyulang Puncak Mundi. Skema rekonfigurasi paling efisien yang penulis rekomendasikan untuk menekan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi adalah skema 4 dengan hasil drop tegangan di Penyulang Puncak Mundi sebesar 4,09%, Penyulang Wibrata sebesar 0,14%, dan Penyulang Bukit Jati sebesar 1,02%.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan diatas, maka didapatkan rumusan masalah seperti berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh penambahan panjang jaringan dan jumlah beban terhadap peningkatan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi?
- 2) Berapakah besar drop tegangan Penyulang Puncak Mundi dan penyulang lain sesudah dilakukannya beberapa alternatif rekonfigurasi yang disimulasikan dengan aplikasi ETAP 12.6?
- 3) Bagaimana pemilihan alternatif rekonfigurasi yang paling efektif untuk perbaikan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi hingga mencapai kriteria SPLN 72:1987?

1.3 Batasan Masalah

Dengan luasnya permasalahan yang ada, penulis membatasi analisis dan pembahasan yang akan dibuat, antara lain:

- 1) Menganalisis drop tegangan setelah bertambah panjangnya jaringan serta jumlah beban Penyulang Puncak Mundi.
- 2) Menganalisis drop tegangan Penyulang Puncak Mundi dan penyulang penerima beban sesudah dilakukannya simulasi rekonfigurasi.
- 3) Data gardu distribusi, pembebanan gardu, serta panjang jaringan yang digunakan berdasarkan data PT PLN (Persero) ULP Klungkung per bulan Maret 2022.

- 4) Nilai drop tegangan yang dibahas ditinjau dari hasil rekonfigurasi menggunakan ETAP 12.6 dengan simulasi aliran daya.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, Adapun tujuan yang akan dicapai, yaitu:

- 1) Menganalisis pengaruh penambahan panjang jaringan serta jumlah beban terhadap drop tegangan Penyulang Puncak Mundi.
- 2) Menganalisis nilai drop tegangan Penyulang Puncak Mundi dan penyulang lainnya sesudah dilakukannya beberapa alternatif rekonfigurasi yang disimulasikan dengan aplikasi ETAP 12.6.
- 3) Menganalisis pemilihan alternatif rekonfigurasi yang paling efektif yang dapat dilakukan untuk mencapai kriteria drop tegangan sesuai dengan SPLN 72:1987.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan penulis dengan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Kegunaan Teoritis

a. Mahasiswa

Penulisan Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat menyelesaikan jenjang Pendidikan Diploma III Program Studi Teknik Listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mengaplikasikan dan membandingkan teori-teori yang diperoleh saat proses perkuliahan seperti perhitungan impedansi saluran sebagai salah satu penyebab terjadinya drop tegangan. Selain itu untuk memperkaya pengetahuan penulis mengenai studi aliran daya menggunakan *software* ETAP 12.6 sekaligus untuk melakukan simulasi rekonfigurasi jaringan tegangan menengah untuk menekan drop tegangan.

b. Lingkungan Akademis

Hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat dijadikan arsip bagi Politeknik Negeri Bali dan referensi atau tambahan keustakaan bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini diharapkan dapat menambah perbendaharaan penelitian dalam rangka pengembangan Pendidikan dan penyempurnaan materi perkuliahan khususnya Program Studi D3 Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Bali dalam menciptakan lulusan yang terampil dan professional di bidangnya.

2) Kegunaan Praktisi

a. Perusahaan

Hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat dijadikan pertimbangan oleh PT PLN (Persero) khususnya Unit Layanan Pelanggan Klungkung dalam menangani drop tegangan yang terjadi di Penyulang Puncak Mundi demi meningkatkan efisiensi dan kualitas pelayanan terhadap pelanggan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sistematika penulisan diklarifikasi ke dalam 5 (lima) bab, diantaranya:

BAB I – PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan berdasarkan judul “Analisis Rekonfigurasi untuk Menekan Drop Tegangan Penyulang Puncak Mundi Menggunakan ETAP 12.6 di PT PLN (Persero) ULP Klungkung

BAB II – LANDASAN TEORI

Memuat mengenai penelitian terdahulu yang relevan serta teori-teori dasar yang digunakan dalam pembahasan dan analisis Tugas Akhir. Adapun teori dasar yang menjadi dasar pembahasan dan analisa dalam penelitian ini mengenai sistem distribusi tenaga listrik, sistem distribusi primer, konfigurasi jaringan distribusi primer, konstruksi jaringan distribusi primer, jenis-jenis penghantar, drop tegangan, rekonfigurasi dan *software* ETAP 12.6.

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Memuat mengenai metodologi penelitian yang digunakan, kemudian data-data yang diperlukan serta bagaimana mendapatkan data tersebut. Selanjutnya dijelaskan pula mengenai bagaimana data-data tersebut akan diolah dan dianalisa yang juga tertuang dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) hingga hasil yang diharapkan dari penelitian ini.

BAB IV – ANALISA DAN PEMBAHASAN

Memuat mengenai data-data teknis objek penelitian seperti data *single line diagram* penyulang, jenis dan panjang penghantar yang digunakan, jumlah serta pembebanan gardu distribusi, dan data teknis transformator gardu induk. Dalam bab ini juga memuat hasil simulasi aliran daya dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.

Selanjutnya data-data yang sudah terinput dan disimulasikan dengan *software* ETAP 12.6 akan dibahas sesuai dengan rumusan masalah dan dilakukan analisis.

BAB V – PENUTUP

Merupakan bagian yang memuat mengenai kesimpulan dari hasil analisa yang telah dibahas serta memuat saran yang dikembangkan dari permasalahan yang diperoleh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah penulis lakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan beban gardu sebanyak 39 gardu distribusi dan panjang jaringan sepanjang 28,36 km di Penyulang Puncak Mundi yang disebabkan pelimpahan beban dari Penyulang Klungkung menjadi faktor penyebab meningkatnya drop tegangan Penyulang Puncak Mundi menjadi 5,2%. Hal ini karena makin besar arus beban dan bertambahnya panjang jaringan maka drop tegangan yang terjadi juga semakin besar.
2. Dari hasil simulasi dari ketujuh skema rekonfigurasi, didapatkan seluruh skema memiliki drop tegangan yang memenuhi standar. Selain itu dari sisi penyulang penerima beban juga tidak terjadi peningkatan drop tegangan yang signifikan atau bahkan melewati batas toleransi. Hasil drop tegangan di Penyulang Puncak Mundi dalam skema 1 sebesar 4,79%, skema 2 sebesar 4,28%, skema 3 sebesar 3,63%, skema 4 sebesar 4,09%, skema 5 sebesar 3,44%, skema 6 sebesar 2,94%, dan skema 7 sebesar 2,74%. Untuk hasil drop tegangan di penyulang penerima beban bernilai sama di masing-masing skema rekonfigurasi karena titik pecah dan jumlah beban yang dipindahkan sama. Penyulang Wibrata mengalami drop sebesar 0,14%, Penyulang Bukit Jati mengalami drop sebesar 1,02%, dan Penyulang Goa Lawah mengalami drop sebesar 2,68%.
3. Dari ketujuh skema rekonfigurasi yang telah disimulasikan, didapatkan skema 7 memberikan hasil yang terbaik untuk perbaikan drop tegangan Penyulang Puncak Mundi dengan hasil drop tegangan sebesar 2,74%. Namun, penulis merekomendasikan untuk melakukan rekonfigurasi menggunakan skema 4 dengan drop tegangan sebesar 4,09% karena untuk eksekusinya yang lebih mudah dan efisien dimana hanya perlu membuka dan menutup peralatan hubung, selain itu lebih dapat menghemat waktu dan biaya untuk merealisasikan rekonfigurasi untuk menekan drop tegangan di Penyulang Puncak Mundi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa yang telah penulis lakukan, terdapat beberapa saran yang dapat penulis sampaikan seperti terurai di bawah ini.

1. PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Klungkung dapat mengeksekusi skema rekonfigurasi 7 apabila memang memerlukan kualitas tegangan pelayanan yang lebih baik untuk Penyulang Puncak Mundi walaupun dengan upaya yang lebih dibandingkan skema 4. Namun perlu diperhitungkan kembali untuk pembebanan Goa Lawah agar tidak melampaui batas ideal pembebanan di satu penyulang.
2. PT PLN (Persero) khususnya dibawah Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Bali Timur perlu melakukan pemeliharaan terhadap aset AMR (*Automatic Meter Reading*) yang dilengkapi dengan MTD (Monitor Trafo Distribusi) sehingga dapat mengefisienkan waktu untuk pengambilan data-data pengukuran trafo yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ulinuha dan W.A. Widodo, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Mikro Untuk Keperluan Penerangan Jalan”, *Proceeding of The URECOL*, pp. 128-135, 2018
- [2] U. Haryoso, “Analisis Mutu Tegangan Sebagai Bagian dari Tingkat Mutu Pelayanan di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) UPJ Balapulang” M.S Thesis. Magister Sistem Energi Elektrik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 2007
- [3] PT PLN (Persero), “SPLN 72:1987 Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah”, *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1987
- [4] PT PLN (Persero) UP2D Bali, “Tegangan Pangkal dan Ujung Penyulang”, Denpasar: PT PLN (Persero) UP2D Bali, 2022
- [5] PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur, “Laporan Data Aset Distribusi PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur”, Klungkung: PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur, 2022
- [6] I.P.A. Suardika, *et al*, “Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Abang”, *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, Desember 2018, pp. 231-238.
- [7] D.F. Satrio, “Kajian Arus Bocor dan Tegangan Discharge pada Isolator Tegangan Menengah Jenis Piring Bahan Porselen dan Gelas Terhadap Pemodelan Cuaca”, Other Thesis. Institut Teknologi PLN, 2021
- [8] R. Syahputra, *Buku Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*, Edisi 1, Yogyakarta: LP3M UMY Yogyakarta, 2017
- [9] G.R. Iriando dan A.I. Agung, “Studi Koordinasi Sistem Proteksi pada Transformator 20kV di Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Bandilan”, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 3, September 2019, pp. 611-618.
- [10] W. Purnomo, “Analisa Perhitungan Rugi-rugi Daya pada Penyulang Tarakan di Gardu Induk Talang Ratu”, Other Thesis. Politeknik Negeri Surabaya, 2007
- [11] R.D. Noriyati dan O. Penangsang, “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Industri Pupuk”, *Proc. SNIKO 2015*, pp. 190-194, 10-11 Desember 2015
- [12] Suhadi dan T. Wrahatnolo, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Jilid 1, Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, 2008
- [13] *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No: 4 Tahun 2009 Tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik*
- [14] M. Imran, *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. 8, no. 1, 2019, pp.42-47
- [15] T. Watiningsih, “Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah”, *Teodolita*, vol. 13, no. 2, Desember 2012, pp. 75-84.
- [16] PT PLN (Persero), *Buku I: Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, Edisi I, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010
- [17] A. Juliasandi dan I. Alfi, “Analisa kWh Terselamatkan Pada Pemeliharaan ABSW (Air Break Switch) Dengan Metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) di PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta Rayon Purwokerto”, PhD Thesis. Universitas Teknologi Yogyakarta, 2019

- [18] A. Rahimy, *et al*, “Penggantian PTS (PTS) menjadi LBS (LBS) Pada Gardu Portal di PT.PLN (Persero) UP3 Marunda”, PhD Thesis. Institut Teknologi PLN, 2020
- [19] PT PLN (Persero), *Buku V: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*, Edisi 1, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010
- [20] D.A. Maulana, *et al*, “Analisa Susut Daya dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20kV Pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang”, *Prosiding KIMU 2*, pp. 382-289, 18 Oktober 2019
- [21] F. F. S. Lihawa, *et al*, “Perencanaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20KV di Universitas Sam Ratulangi”, 2021
- [22] P. Mangera, “Analisa Penggunaan Kawat Konduktor pada PT. PLN (Persero) Wilayah P2B Area Pelayanan Kota Merauke”, *MUSTEK ANIM HA*, vol. 10, no. 2, 2021, pp. 83-87
- [23] PT PLN (Persero), “SPLN 41-8:1981 Hantaran Aluminium Campuran (AAAC)”, *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1981
- [24] Sutrado Kabel, “Product Catalogue” *PT Sutrakabel Intimandiri* [Online]. Available: <https://sutrakabel.com/wp-content/uploads/2016/05/FA-CATALOG-SUTRADO-KABEL-160129.pdf> [diakses pada 12 Juni 2022]
- [25] PT PLN (Persero), “SPLN 41-10:1991 Penghantar Aluminium Paduan Berselubung Politilen Ikat Silang (AAAC-S)”, *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1991
- [26] PT PLN (Persero), “SPLN 43-5-2:1995 Kabel Pilin Udara Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC Berpenggantung Kawat Baja dengan Tegangan Pengenal 12/20 (24) kV”, *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1995
- [27] PT PLN (Persero), “SPLN 43-5-4:1995 Kabel Tanah Inti Tiga Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC dengan atau Tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV s/d 12/20 (24) kV”, *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1995
- [28] A. Ariyanto, *et al*, “Studi Pengaruh Tensile Stress Terhadap Nilai Hambatan Kawat Penghantar”, *JURNAL PEMBELAJARAN FISIKA*, vol. 4, no 5, 2016, pp. 349-356
- [29] B. Santoso, “Perbaikan Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan”, *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, 2017, pp. 34-40
- [30] M. Putri dan F. I. Pasaribu, “Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (X_L) di Industri”, *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 3, no. 2, 2018, pp. 81-85.
- [31] L. Shintawaty, “Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan”, *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol 1, no. 2, 2013, pp. 109-128
- [32] W.N. Agustianingsih, *et al*, “Analisis Ketepatan Pengukur Daya dan Faktor Daya Listrik Berbasis Arduino Uno R3 328P”, *AVITEC*, vol. 3, no. 1, 2021, pp. 15-27
- [33] Suprianto, (15 Oktober 2015). *Pengertian Daya Semu, Daya Nyata, dan Daya Reaktif* [Online]. Available: <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/> [diakses pada 30 Juni 2022]

- [34] F.A. Noor *et al*, “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket”, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, 2017, pp. 66-73
- [35] Lisiani *et al*, “Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos phi)”, Universitas Tanjungpura Pontianak, 2019
- [36] A.T. Nugraha, (24 September 2019) *Pengertian dan Bunyi Hukum Kirchoff* [Online]. Available: <https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/2019/09/24/pengertian-dan-bunyi-hukum-kirchhoff/> [diakses 30 Juni 2022]
- [37] K.B. Pranata dan C. Sundaygara, “Buku Ajar Mata Kuliah Elektronika Dasar 1”, Universitas Kanjuruhan Malang, 2018
- [38] A. Kurniawan, “Analisa Jatuh Tegangan dan Penanganan pada Jaringan Distribusi 20 kV Rayon Palur PT. PLN (Persero) Menggunakan ETAP 12.6”, Other Thesis. Strata I Jurusan Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016
- [39] R. Samsinar dan W. Wiyono, “Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (ZDT) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (SCBD) Menggunakan Software ETAP 12.6”, *Jurnal RESISTOR*, vol. 2, no. 1, 2019, pp. 65-72
- [40] I.G.N.I. Wiguna, *et al*, “Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV pada Penyulang Berawa Untuk Menurunkan Losses dan Drop Tegangan Penyaluran Tenaga Listrik”, *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, Juni 2019, pp. 67-71.
- [41] R. Akbar, “Analisa Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20 kV pada Penyulang Indrapuri”, Other Thesis, Universitas Syiah Kuala Darussalam, 2016
- [42] R.A. Dewi, “Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Menurunkan Susut Energi Teknis Penyulang Durian 3 dan 4 ULP Rasau Jaya”, *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2019, pp. 1-5
- [43] A. Tanjung, “Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Teluk Lembu dan PLTMG Langgam Power untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan”, *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 11, no. 2, 2014, pp. 160-166
- [44] A.G. Nigara, “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0”, Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Semarang, 2015
- [45] L. Multa, dan R.P. Aridani, Modul Pelatihan ETAP, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 2013
- [46] Hardani dkk, *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, Jilid 1, Yogyakarta: CV Pustaka Ilmu Group, 2020
- [47] A. Lutfianto *et al*, “Analisa Rekonfigurasi Tegangan Menengah pada Penyulang 20 kV di Gardu Induk BSB Semarang”, 2019
- [48] Y. Abdhul, (25 November 2021). *Studi Pustaka: Pengertian, Tujuan, dan Metode* [Online]. Available: <https://penerbitbukudeepublish.com/studi-pustaka/> [diakses pada 13 April 2022].
- [49] PT PLN (Persero), UP2D Bali “Data Teknis Transformator Tenaga Gardu Induk Gianyar”, Denpasar: PT PLN (Persero) UP2D Bali, 2022
- [50] PT PLN (Persero), UP3 Bali Timur “Laporam Data *Meeting* Gardu UP3 Bali Timur 2022”, Klungkung: PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur, 2022
- [51] PT PLN (Persero), UP3 Bali Timur “Laporam Data *Load Profile* Transaksi Energi UP3 Bali Timur 2022”, Klungkung: PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur, 2022