

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS PERBAIKAN SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG DAN  
PENYULANG KEROBOKAN SETELAH PELIMPAHAN BEBAN KE  
PENYULANG BARU BATU CULUNG**



Oleh:

**Putu Rostiana Cahayani**

NIM. 1915313010

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2022**

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

Diajukan Untuk Menyelesaikan Pendidikan Diploma III

**ANALISIS PERBAIKAN SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG DAN  
PENYULANG KEROBOKAN SETELAH PELIMPAHAN BEBAN KE  
PENYULANG BARU BATU CULUNG**



Oleh:

**Putu Rostiana Cahayani**

NIM. 1915313010

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI BALI**

**2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBAIKAN SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG DAN  
PENYULANG KEROBOKAN SETELAH PELIMPAHAN BEBAN KE  
PENYULANG BARU BATU CULUNG**

*Oleh:*

**Putu Rostiana Cahayani**

NIM. 1915313010

Tugas Akhir ini Diajukan untuk

Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

di

Program Studi DIII Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I:

Ir. I Nengah Sunaya, M.T.

NIP. 196412091991031001

Dosen Pembimbing II:

Ir. I Made Sajayasa, M.T.

NIP. 196603201991031002

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 dibawah ini:

Nama : Putu Rostiana Cahayani  
NIM : 1915313010  
Program Studi : DIII Teknik Listrik  
Jurusan : Teknik Elektro  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak **Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **ANALISIS PERBAIKAN SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG DAN PENYULANG KEROBOKAN SETELAH PELIMPAHAN BEBAN KE PENYULANG BARU BATU CULUNG** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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, 5 Agustus 2022  
  
Putu Rostiana Cahayani  
1915313010



## FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Putu Rostiana Cahayani  
NIM : 1915313010  
Program Studi : DIII Teknik Listrik  
Jurusan : Teknik Elektro  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir berjudul ANALISIS PERBAIKAN SUSUT TEKNIS PENYULANG DALUNG DAN PENYULANG KEROBOKAN SETELAH PELIMPAHAN BEBAN KE PENYULANG BARU BATU CULUNG 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, 5 Agustus 2022



Putu Rostiana Cahayani

1915313010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perbaikan Susut Teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung” tepat pada waktunya.

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

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik.
4. Bapak Ir. I Nengah Sunaya, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. I Made Sajayasa, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak I Dewa Gede Gina Sanjaya, selaku Manajer PT PLN (Persero) ULP Mengwi.
7. Bapak I Putu Adi Gustama Putra, selaku Supervisor Teknik sekaligus Pembimbing Industri Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Ngurah Wintara, selaku Supervisor Proteksi Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Bali, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

9. Segenap Tim Teknik PT PLN (Persero) ULP Mengwi, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Segenap Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan masukan dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang banyak memberikan doa serta dukungan selama ini baik dari segi moril maupun materiil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Teman – teman seperjuangan Program Studi DIII Teknik Elektro Angkatan 2019 Politeknik Negeri Bali yang telah memberikan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritikan dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini sangat penulis harapkan.

Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 5 Agustus 2022

Penulis

## ABSTRAK

Putu Rostiana Cahayani

### **Analisis Perbaikan Susut Teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung**

Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan merupakan penyulang yang memiliki karakteristik kepadatan beban yang tergolong tinggi di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Mengwi, pembebanan Penyulang Dalung pada WBP telah mencapai angka 175 A dan pembebanan Penyulang Kerobokan pada WBP telah mencapai angka 156 A dari batas standar maksimal pembebanan dari setiap penyulang sebesar 150 A yang merupakan setengah dari standar maksimal pembebanan sebenarnya. Sehingga dilakukan pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung untuk mengantisipasi adanya pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik dan menekan persentase susut teknis. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sebelum pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung besar susut teknis Penyulang Dalung sebesar 2,4% dan Penyulang Kerobokan sebesar 2% dari total daya yang tersalurkan. Hal ini menunjukkan nilai susut teknis sudah mendekati standar susut teknis jaringan *open loop* dan radial yang ditetapkan dalam SPLN No 72 Tahun 1987. Dalam upaya menekan susut teknis tersebut didapatkan persentase penurunan susut teknis Penyulang Dalung sebesar 65,1% dan Penyulang Kerobokan sebesar 19,5%. Maka, pelimpahan beban Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan ke penyulang baru Batu Culung merupakan salah satu solusi yang tepat dan layak untuk direalisasikan oleh PT PLN (Persero) UP3 Bali Selatan dalam mengantisipasi kenaikan persentase susut teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan.

**Kata Kunci:** Susut Teknis, Pelimpahan Beban, dan Penyulang Baru

## ABSTRACT

Putu Rostiana Cahayani

### **Analysis of Technical Loss Repair for Dalung Feeder and Kerobokan Feeder After Delegating the Load to the New Feeder for Batu Culung**

The Dalung feeder and Kerobokan feeder are feeders that have a relatively high load density characteristic in the work area of PT PLN (Persero) ULP Mengwi, the loading of the Dalung feeder to the WBP has reached 175 A and the loading of the Kerobokan feeder to the WBP has reached 156 A from the standard limit the maximum loading of each feeder is 150 A which is half of the maximum standard actual loading. So that the load is transferred to the new Batu Culung feeder to anticipate the growth in electricity demand and reduce the percentage of technical losses. The calculation results show that before transferring the load to the new Batu Culung feeder, the technical loss for the Dalung Feeder is 2.4% and the Kerobokan Feeder is 2% of the total power distributed. This shows that the technical loss value is close to the technical loss standard for open loop and radial networks as stipulated in SPLN No. 72 of 1987. In an effort to suppress the technical loss, the percentage of technical losses for the Dalung feeder is 65,1% and the Kerobokan feeder is 19,5%. Thus, delegating the burden of the Dalung feeder and the Kerobokan feeder to the new Batu Culung feeder is one of the appropriate and feasible solutions to be realized by PT PLN (Persero) UP3 South Bali in anticipating the increase in the percentage of technical losses for the Dalung feeder and Kerobokan feeder.

**Keywords:** Technical Losses, Load Delegation, and New Feeders



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Batasan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan .....	I-5
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	II-1
2.2 Distribusi Primer.....	II-2
2.2.1 Jaringan Distribusi Radial.....	II-2
2.2.2 Jaringan Distribusi <i>Ring (Loop)</i> .....	II-3
2.2.3 Jaringan Distribusi Spindel.....	II-4
2.3 Distribusi Sekunder.....	II-4
2.4 Jaringan Distribusi Tegangan Menengah .....	II-4
2.4.1 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	II-5
2.4.2 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM).....	II-5
2.4.3 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) .....	II-6
2.5 Gardu Distribusi.....	II-7
2.5.1 Jenis – Jenis Gardu Distribusi.....	II-7
2.5.1.1 Gardu Pasang Luar.....	II-7
2.5.1.2 Gardu Pasang Dalam .....	II-9
2.5.1.3 Gardu Pelanggan Umum.....	II-10

2.5.1.4 Gardu Pelanggan Khusus.....	II-10
2.6 Transformator .....	II-11
2.6.1 Prinsip Kerja Transformator .....	II-12
2.6.2 Keadaan transformator tanpa beban .....	II-13
2.6.3 Transformator keadaan berbeban.....	II-14
2.6.4 Rugi-Rugi Transformator dan Efisiensi .....	II-15
2.6.4.1 Rugi-Rugi Transformator .....	II-15
2.6.4.2 Efisiensi Transformator .....	II-15
2.6.5 Bagian-Bagian Utama Transformator.....	II-15
2.6.5.1 Inti Besi.....	II-16
2.6.2.2 Kumparan Transformator .....	II-16
2.6.2.3 Minyak Transformator.....	II-16
2.6.2.4 Bushing .....	II-16
2.6.2.5 Tangki dan Konservator.....	II-16
2.6.3 Jenis-Jenis Transformator .....	II-17
2.6.3.1 Transformator Daya.....	II-17
2.6.3.2 Transformator Distribusi.....	II-17
2.6.3.3 Transformator Tegangan ( <i>Potensial</i> Transformator).....	II-17
2.6.3.4 Transformator Arus ( <i>Current</i> Transformator) .....	II-17
2.7 Transformator 3 Phasa .....	II-18
2.7.1 Rangkaian Transformator 3 Phasa Hubungan Delta.....	II-18
2.7.2 Rangkaian Transformator 3 Phasa Hubungan Bintang.....	II-19
2.7.3 Rangkaian Transformator 3 Phasa Hubungan Zig-Zag .....	II-19
2.8 Daya Listrik .....	II-20
2.8.1 Daya Aktif.....	II-20
2.8.2 Daya Reaktif .....	II-21
2.8.3 Daya Semu.....	II-21
2.9 Faktor Daya.....	II-22
2.9.1 Penjumlahan Faktor Daya.....	II-22
2.10 Hukum Kirchoff.....	II-23
2.10.1 Hukum Kirchoff I .....	II-23
2.10.2 Hukum Kirchoff II .....	II-24
2.11 Pecah Beban.....	II-24
2.12 Rugi Daya Listrik.....	II-24
2.12.1 Susut Teknis.....	II-25
2.12.1.1 Susut Konduktor .....	II-26
2.12.1.2 Susut Transformator .....	II-26

2.12.1.3 Total Susut Teknis .....	II-29
2.12.1.4 Persentase Susut Teknis.....	II-29
2.12.1.5 Persentase Penurunan Susut Teknis.....	II-30
2.12.2 Susut Non Teknis.....	II-30
2.13 Penghantar Jaringan Distribusi Primer .....	II-30
2.13.1 Jenis Penghantar .....	II-30
2.13.2 Resistansi Penghantar .....	II-30
2.13.3 Impedansi Saluran.....	II-31
2.13.4 Kuat Hantar Arus (KHA) Penghantar.....	II-31
2.14 Faktor Distribusi Beban.....	II-32
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Metodologi Penelitian.....	III-1
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	III-1
3.2.1 Survei .....	III-2
3.2.2 Observasi .....	III-2
3.2.3 Studi Literatur .....	III-3
3.3 Sumber Data .....	III-3
3.4 Jenis Data.....	III-3
3.5 Pengolahan Data .....	III-4
3.5.1 Impedansi Saluran.....	III-4
3.5.2 Susut Konduktor .....	III-4
3.5.3 Arus Nominal Transformator.....	III-4
3.5.4 Resistansi Tembaga .....	III-4
3.5.5 Susut Tembaga.....	III-5
3.5.6 Susut Transformator .....	III-5
3.5.7 Total Susut Teknis .....	III-5
3.5.8 Total Beban ( <i>Demand</i> ).....	III-5
3.5.9 Persentase Susut Teknis.....	III-5
3.5.10 Persentase Penurunan Susut Teknis.....	III-5
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	III-6
3.7 Analisis Data.....	III-7
3.8 Hasil yang Diharapkan.....	III-9
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Gambaran Umum Penyulang Dalung .....	IV-1
4.1.1 Data Teknis Penyulang Dalung .....	IV-2
4.1.1.1 Data <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dalung.....	IV-2
4.1.1.2 Data Transformator II Gardu Induk Kapal .....	IV-3

4.1.1.3 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Dalung .....	IV-3
4.1.1.4 Data Penghantar Penyulang Dalung .....	IV-6
4.1.1.5 Data Impedansi Penghantar Penyulang Dalung.....	IV-7
4.1.1.6 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Dalung.....	IV-8
4.2 Gambaran Umum Penyulang Kerobokan .....	IV-9
4.2.1 Data Teknis Penyulang Kerobokan .....	IV-9
4.2.1.1 Data <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Kerobokan.....	IV-10
4.2.1.2 Data Transformator I Gardu Induk Padang Sambian .....	IV-10
4.2.1.3 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Kerobokan.....	IV-11
4.2.1.4 Data Penghantar Penyulang Kerobokan .....	IV-13
4.2.1.5 Data Impedansi Penghantar Penyulang Kerobokan.....	IV-15
4.2.1.6 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Kerobokan.....	IV-16
4.3 Gambaran Umum Penyulang Baru Batu Culung.....	IV-17
4.3.1 Data Teknis Penyulang Batu Culung .....	IV-17
4.3.1.1 Data <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Batu Culung .....	IV-18
4.3.1.2 Data Transformator I Gardu Induk Padang Sambian .....	IV-18
4.3.1.3 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Batu Culung .....	IV-19
4.3.1.4 Data Penghantar Penyulang Batu Culung.....	IV-20
4.3.1.5 Data Impedansi Penghantar Penyulang Batu Culung .....	IV-22
4.3.1.5 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Batu Culung.....	IV-22
4.4 Pembahasan .....	IV-23
4.4.1 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Dalung .....	IV-23
4.4.2 Perhitungan Susut Teknis Penyulang Dalung Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-26
4.4.2.1 Perhitungan Susut Konduktor .....	IV-26
4.4.2.2 Perhitungan Susut Transformator .....	IV-28
4.4.2.3 Perhitungan Total Susut Teknis.....	IV-32
4.4.3 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Kerobokan .....	IV-32
4.4.4 Perhitungan Susut Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-36
4.4.4.1 Perhitungan Susut Konduktor .....	IV-36
4.4.4.2 Perhitungan Susut Transformator .....	IV-38
4.4.4.3 Perhitungan Total Susut Teknis.....	IV-42
4.4.5 Perhitungan Susut Teknis Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-42
4.4.5.1 Perhitungan Susut Konduktor.....	IV-43
4.4.5.2 Perhitungan Susut Transformator .....	IV-44
4.4.5.3 Perhitungan Total Susut Teknis.....	IV-46

4.4.6 Perhitungan Susut Teknis Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-47
4.4.6.1 Perhitungan Susut Konduktor .....	IV-47
4.4.6.2 Perhitungan Susut Transformator .....	IV-49
4.4.6.3 Perhitungan Total Susut Teknis .....	IV-52
4.4.7 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-52
4.4.8 Perhitungan Susut Teknis Penyulang Baru Batu Culung Culung Setelah Dilimpahkan Beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan .....	IV-55
4.4.8.1 Perhitungan Susut Konduktor .....	IV-55
4.4.8.2 Perhitungan Susut Transformator .....	IV-57
4.4.8.3 Perhitungan Total Susut Teknis .....	IV-60
4.4.9 Perhitungan Presentase Susut Teknis Penyulang Dalung Sebelum Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-60
4.4.10 Perhitungan Presentase Susut Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-61
4.4.11 Perhitungan Presentase Susut Teknis Penyulang Dalung Setelah Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-62
4.4.12 Perhitungan Presentase Susut Teknis Penyulang Kerobokan Setelah Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-63
4.4.13 Perhitungan Presentase Teknis Susut Penyulang Baru Batu Culung Culung Setelah Dilimpahkan Beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan .....	IV-63
4.4.14 Perhitungan Presentase Penurunan Susut Teknis Penyulang Dalung Setelah Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-64
4.4.15 Perhitungan Presentase Penurunan Susut Teknis Penyulang Kerobokan Setelah Dilakukan Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-65
4.5 Analisis .....	IV-66
4.5.1 Analisis Susut Teknis Penyulang Dalung Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-66
4.5.2 Analisis Susut Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-68
4.5.3 Analisis Susut Teknis Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-70
4.5.4 Analisis Susut Teknis Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-72
4.5.5 Analisis Persentase Penurunan Susut Teknis Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-73
4.5.6 Analisis Persentase Penurunan Susut Teknis Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-74
4.5.7 Analisis Susut Teknis Penyulang Baru Batu Culung Culung Setelah Dilimpahkan Beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan .....	IV-75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	V-1

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2
DAFTAR PUSTAKA .....	1
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rugi Inti Besi dan Rugi Tembaga Transformator Distribusi.....	II-27
Tabel 2. 2 Faktor Distribusi Beban.....	II-32
Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator II Gardu Induk Kapal .....	IV-3
Tabel 4. 2 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Dalung.....	IV-4
Tabel 4. 3 Data Penghantar Penyulang Dalung .....	IV-7
Tabel 4. 4 Data Impedansi Penghantar Penyulang Dalung .....	IV-8
Tabel 4. 5 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Dalung .....	IV-8
Tabel 4. 6 Spesifikasi Transformator I Gardu Padang Sambian.....	IV-10
Tabel 4. 7 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Kerobokan.....	IV-11
Tabel 4. 8 Data Penghantar Penyulang Kerobokan .....	IV-14
Tabel 4. 9 Data Impedansi Penghantar Penyulang Kerobokan .....	IV-16
Tabel 4. 10 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Kerobokan .....	IV-16
Tabel 4. 11 Spesifikasi Transformator I Gardu Padang Sambian.....	IV-18
Tabel 4. 12 Data Pembebanan Transformator Distribusi Penyulang Batu Culung ...	IV-19
Tabel 4. 13 Data Penghantar Penyulang Batu Culung.....	IV-21
Tabel 4. 14 Data Impedansi Penghantar Penyulang Dalung .....	IV-22
Tabel 4. 15 Data Cos $\phi$ Peralatan Hubung ( <i>Switching</i> ) Penyulang Batu Culung.....	IV-23
Tabel 4. 16 Arus Beban Tiap Section Penyulang Dalung .....	IV-24
Tabel 4. 17 Arus Beban yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Dalung .....	IV-25
Tabel 4. 18 Impedansi Penghantar Saluran Penyulang Dalung.....	IV-27
Tabel 4. 19 Susut Konduktor Penyulang Dalung .....	IV-28
Tabel 4. 20 Susut Transformator Penyulang Dalung.....	IV-30
Tabel 4. 21 Arus Beban Tiap Section Penyulang Kerobokan .....	IV-34
Tabel 4. 22 Arus Beban yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Kerobokan ...	IV-34
Tabel 4. 23 Impedansi Penghantar Saluran Penyulang Kerobokan.....	IV-37
Tabel 4. 24 Susut Konduktor Penyulang Kerobokan .....	IV-38
Tabel 4. 25 Susut Transformator Penyulang Kerobokan.....	IV-40
Tabel 4. 26 Impedansi Penghantar Saluran Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung.....	IV-43
Tabel 4. 27 Susut Konduktor Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-44
Tabel 4. 28 Susut Transformator Penyulang Dalung Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-45
Tabel 4. 29 Impedansi Saluran Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-48
Tabel 4. 30 Susut Konduktor Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-49
Tabel 4. 31 Susut Transformator Penyulang Kerobokan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-50
Tabel 4. 32 Arus Beban Tiap Section Penyulang Dalung .....	IV-53
Tabel 4. 33 Arus Beban yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Batu Culung..	IV-54
Tabel 4. 34 Impedansi Penghantar Saluran Penyulang Batu Culung .....	IV-56
Tabel 4. 35 Susut Konduktor Penyulang Batu Culung.....	IV-57
Tabel 4. 36 Susut Transformator Penyulang Batu Culung.....	IV-59

Tabel 4. 37 Data Hasil Perhitungan Susut Daya Teknis Penyulang Dalung Sebelum dan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung.....	IV-64
Tabel 4. 38 Data Hasil Perhitungan Susut Daya Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum dan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-65



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola Sistem Tenaga Listrik .....	II-1
Gambar 2. 2 Konfigurasi Jaringan Distribusi Radial.....	II-3
Gambar 2. 3 Konfigurasi Jaringan Distribusi Loop.....	II-3
Gambar 2. 4 Konfigurasi Jaringan Distribusi Spindel.....	II-4
Gambar 2. 5 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) .....	II-5
Gambar 2. 6 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKTM).....	II-6
Gambar 2. 7 Kabel Tanah .....	II-6
Gambar 2. 8 Gardu Portal dan Bagan Satu Garis .....	II-8
Gambar 2. 9 Gardu Cantol.....	II-8
Gambar 2. 10 Gardu Beton .....	II-9
Gambar 2. 11 Gardu Kios .....	II-10
Gambar 2. 12 Bagan Satu Garis Konfigurasi $\pi$ Section Gardu Pelanggan Umum.....	II-10
Gambar 2. 13 <i>Singel Line</i> Gardu Pelanggan Khusus.....	II-11
Gambar 2. 14 Kumparan Transformator.....	II-12
Gambar 2. 15 Keadaan Transformator Berbeban .....	II-13
Gambar 2. 16 Keadaan Transformator Berbeban .....	II-14
Gambar 2. 17 Rangkaian Transformator 3 Fasa Hubungan Delta.....	II-18
Gambar 2. 18 Rangkaian Transformator 3 Fasa Hubungan Bintang.....	II-19
Gambar 2. 19 Rangkaian Transformator 3 Fasa Hubungan Zig-Zag .....	II-19
Gambar 2. 20 Segitiga Daya .....	II-20
Gambar 2. 21 Ilustrasi Penjumlahan Faktor Daya Secara Vektoris.....	II-23
Gambar 2. 22 Penghantar AAAC .....	II-27
Gambar 2. 23 Penghantar AAAC-S.....	II-28
Gambar 2. 24 Penghantar MVTIC.....	II-29
Gambar 2. 25 Penghantar Kabel Tanam .....	II-30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	III-6
Gambar 4. 1 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dalung .....	IV-6
Gambar 4. 2 Data Penghantar Penyulang Dalung .....	IV-6
Gambar 4. 3 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Kerobokan .....	IV-10
Gambar 4. 4 Data Penghantar Penyulang Kerobokan .....	IV-14
Gambar 4. 5 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Batu Culung.....	IV-18
Gambar 4. 6 Data Penghantar Penyulang Batu Culung.....	IV-21
Gambar 4. 7 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Dalung .....	IV-24
Gambar 4. 8 Nilai Arus yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Dalung.....	IV-25
Gambar 4. 9 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Kerobokan .....	IV-33
Gambar 4. 10 Nilai Arus yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Kerobokan...IV-35	
Gambar 4. 11 Pembagian <i>Section</i> Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-53
Gambar 4. 12 Nilai Arus yang Mengalir di Setiap <i>Section</i> Penyulang Batu Culung IV-54	
Gambar 4. 13 Grafik Susut Daya Teknis Penyulang Dalung Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung.....	IV-67
Gambar 4. 14 Grafik Susut Daya Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-69
Gambar 4. 15 Susut Daya Teknis Penyulang Dalung Sebelum dan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-70
Gambar 4. 16 Susut Daya Teknis Penyulang Kerobokan Sebelum dan Setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung .....	IV-72

Gambar 4. 17 Grafik Susut Daya Penyulang Baru Batu Culung Culung Setelah Dilimpahkan Beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan .....IV-76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Single Line Diagram</i> Perencanaan Pelimpahan Beban Penyulang Dalung ke Penyulang Baru Batu Culung.....	L-1
Lampiran 2. Data Transformator Distribusi Penyulang Dalung yang Dilimpahkan ke Penyulang Baru Batu Culung .....	L-2
Lampiran 3. <i>Single Line Diagram</i> Perencanaan Pelimpahan Beban Penyulang Kerobokan ke Penyulang Baru Batu Culung.....	L-2
Lampiran 4. Data Transformator Distribusi Penyulang Kerobokan yang Dilimpahkan ke Penyulang Baru Batu Culung.....	L-3
Lampiran 5. Data Spesifikasi Penghantar AAAC Merk Sutrado .....	L-3
Lampiran 6. Data Spesifikasi Penghantar AAAC/S Merk Sutrado .....	L-4
Lampiran 7. Data Spesifikasi Kabel NFA2XSY-T Merk Sutrado .....	L-4
Lampiran 8. Data Spesifikasi Kabel N2XSEBY Merk Sutrado .....	L-5
Lampiran 9. <i>Name Plate</i> Transformator Distribusi Kapasitas 50 kVA.....	L-6
Lampiran 10. <i>Name Plate</i> Transformator Distribusi Kapasitas 100 kVA.....	L-6
Lampiran 11. <i>Name Plate</i> Transformator Distribusi Kapasitas 160 kVA.....	L-7
Lampiran 12. <i>Name Plate</i> Transformator Distribusi Kapasitas 200 kVA.....	L-7
Lampiran 13. <i>Name Plate</i> Transformator Distribusi Kapasitas 250 kVA.....	L-8

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pada zaman modern ini, energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat. Kebutuhan akan energi listrik selalu meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan terus meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Permintaan energi listrik tersebut perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit energi dan kemampuan infrastruktur yang ada, sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen berjalan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik memenuhi standar [1]. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula arus listrik yang mengalir pada penghantar sistem distribusi. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh sistem distribusi lebih besar dari kemampuan kuat hantar arus (KHA) penghantarnya dan standar pembebanan maksimalnya, maka sistem distribusi akan mengalami overload yang berakibat rugi-rugi yang besar terjadi pada jaringan sistem distribusi [2]. Adapun batas standar maksimal pembebanan masing-masing penyulang yaitu sebesar 240 A (80% dari 300 ampere) [3]. Akan tetapi PT PLN (Persero) menetapkan batas standar maksimal pembebanan dari setiap penyulang sebesar 150 A yang merupakan setengah dari maksimal pembebanan sebenarnya, alasannya yaitu untuk keandalan saat manuver beban penyulang.

Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan merupakan saluran *open loop* sistem distribusi 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Mengwi yang memiliki karakteristik kepadatan beban yang tergolong tinggi. Dimana Penyulang Dalung memikul beban sejumlah 80 gardu distribusi dengan pembebanan Penyulang Dalung berdasarkan data PT PLN (Persero) UP2D dari Januari 2020 sampai dengan Oktober 2021 pada Waktu Beban Puncak (WBP) telah mencapai angka 175 A (116,67%) dari standar maksimal pembebanan sistem penyulang (150 A). Dan Penyulang Kerobokan memikul beban sejumlah 72 gardu distribusi dengan pembebanan Penyulang Kerobokan berdasarkan data PT PLN (Persero) UP2D dari Januari 2020 sampai dengan Oktober 2021 pada Waktu

Beban Puncak (WBP) telah mencapai angka 156 A (104%) dari standar maksimal pembebanan sistem penyulang (150 A).

Seiring dengan pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik di wilayah Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan sehingga pembebanannya juga akan semakin tinggi dapat menyebabkan adanya susut daya teknis atau susut energi. Susut daya teknis merupakan hilangnya daya listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas [4]. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan karena merupakan kondisi bawaan atau susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) [4]. Besar Susut teknis dipengaruhi oleh resistansi dan beban. Hal ini dikarenakan susut berbanding lurus dengan resistansi dan kuadrat arus beban [5], sehingga semakin besar resistansi dan kuadrat arus beban akan menyebabkan kenaikan susut teknis yang signifikan. Selain itu, susut teknis pada jaringan juga dipengaruhi oleh panjang jaringan dan luas penampang konduktornya, dimana semakin panjang jaringan dengan luas penampang konduktor yang kecil, maka susut pada jaringan akan semakin besar [6].

Dalam SPLN No. 72 Tahun 1987 dijelaskan desain jaringan tegangan menengah harus memenuhi kriteria jatuh tegangan dari tegangan nominal saluran distribusi 20 kV untuk jaringan konfigurasi spindle maksimal 2% dan jatuh tegangan untuk susut teknis jaringan konfigurasi *open loop* dan radial maksimal 5% serta memenuhi kriteria susut daya teknis jaringan konfigurasi spindle maksimal 1% dan susut teknis jaringan konfigurasi *open loop* dan radial maksimal 2,3% [26]. Dari hasil perhitungan menunjukkan Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan memiliki persentase susut teknis yang sudah mendekati standar berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987.

Berdasarkan kasus diatas, maka dilakukan pelimpahan beban Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan ke Penyulang baru Batu Culung untuk mengantisipasi adanya pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik dan perbaikan susut daya teknis guna menekan kerugian yang dialami oleh PT PLN (Persero) sekecil mungkin. Penyulang baru Batu Culung mengambil beban pada *Section 4* (LBS Dalung Permai s/d LBS Padang Bali s/d GH Garba Med) Penyulang Dalung dan *Section 7* (LBS GOR Kerobokan s/d LBS Tiara Gatsu) Penyulang Kerobokan.

Dari hasil perhitungan setelah pelimpahan beban Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan ke Penyulang baru Batu Culung menunjukkan terjadi penurunan nilai susut

teknis yang sangat signifikan. Maka, pelimpahan beban Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan ke penyulang baru Batu Culung merupakan salah satu solusi yang tepat dan layak untuk direalisasikan oleh PT PLN (Persero) dalam mengantisipasi kenaikan persentase susut teknis dan upaya perbaikan susut teknis sehingga sesuai standar SPLN No. 72 Tahun 1987.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Berapakah besar susut teknis Penyulang Dalung sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung?
2. Berapakah besar susut teknis Penyulang Kerobokan sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung?
3. Berapakah besar susut teknis Penyulang Dalung setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung?
4. Berapakah besar susut teknis Penyulang Kerobokan setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung?
5. Berapakah presentase penurunan susut teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan setelah dilakukan pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung?
6. Berapakah besar susut teknis Penyulang Batu Culung setelah dilimpahkan beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan?

## **1.3 Batasan Masalah**

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

1. Data yang digunakan berdasarkan data PLN tahun 2020 dan 2021.
2. Penelitian yang dilakukan hanya pada Penyulang di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Mengwi, khususnya pada Penyulang Dalung, Penyulang Kerobokan dan Penyulang Batu Culung.
3. Tidak membahas perhitungan drop tegangan pada penyulang.
4. Tidak membahas perhitungan susut non teknis yang meliputi kesalahan pengukuran dan pencurian.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk:

1. Mengetahui besar susut teknis Penyulang Dalung sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
2. Mengetahui besar susut teknis Penyulang Kerobokan sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
3. Mengetahui besar susut teknis Penyulang Dalung setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
4. Mengetahui besar susut teknis Penyulang Kerobokan setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
5. Mengetahui besar presentase penurunan susut teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan setelah dilakukan pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
6. Mengetahui besar susut teknis Penyulang Batu Culung setelah dilimpahkan beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang ingin dicapai peneliti dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui besar susut teknis Penyulang Dalung sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
2. Dapat mengetahui besar susut teknis Penyulang Kerobokan sebelum pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
3. Dapat mengetahui besar susut teknis Penyulang Dalung setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
4. Dapat mengetahui besar susut teknis Penyulang Kerobokan setelah pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
5. Dapat mengetahui besar presentase penurunan susut teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan setelah dilakukan pelimpahan beban ke Penyulang baru Batu Culung.
7. Dapat mengetahui besar susut teknis Penyulang Batu Culung setelah dilimpahkan beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir dengan judul “Analisis Perbaikan Susut Teknis Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan setelah Pelimpahan Beban ke Penyulang Baru Batu Culung” dibagi menjadi beberapa susunan bab yaitu:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Menguraikan latar belakang permasalahan yang diangkat, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran umum yang dibahas dalam tugas akhir.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Menguraikan tentang bagian yang berisi yang mendukung tentang permasalahan yang penulis angkat dan penjelasan yang ada hubungan dengan judul tugas akhir yang digunakan sebagai penunjang dalam pembahasan tugas akhir.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Menguraikan tentang metodologi penelitian yang terdiri dari teknik pengumpulan data, sumber data, jenis data, pengolahan data, diagram alir penelitian, analisis data, dan hasil yang diharapkan dalam penyusunan tugas akhir.

### **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Menguraikan tentang pembahasan dari permasalahan yang diangkat yang memuat data teknik objek yang menunjang analisis dan menguraikan tentang bagian yang memuat pembahasan dari masalah yang ada. Pada bab ini, seluruh permasalahan yang ada akan dianalisis dan diselesaikan.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Menguraikan tentang bagian yang memuat kesimpulan yang dapat ditarik dari analisis dan pembahasan sebelumnya. Dan juga saran-saran yang perlu dipertimbangkan dalam penulisan tugas akhir.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar nilai susut teknis Penyulang Dalung sebelum pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung berdasarkan hasil perhitungan yaitu sebesar 120,98kW dengan pesentase susut teknis 2,4% sudah melebihi ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 susut maksimum jaringan *open loop* dan radial maksimum 2,3%.
2. Besar nilai susut teknis Penyulang Kerobokan sebelum pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung berdasarkan hasil perhitungan yaitu sebesar 83,01kW dengan pesentase susut teknis 2% sudah mendekati ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu susut maksimum jaringan *open loop* dan radial maksimum 2,3%.
3. Besar nilai susut teknis Penyulang Dalung setelah pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung berdasarkan hasil perhitungan yaitu sebesar 42,29kW dengan pesentase susut teknis 1,7% sudah memenuhi ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu susut teknis maksimum jaringan *open loop* dan radial maksimum 2,3%.
4. Besar nilai susut teknis Penyulang Kerobokan setelah pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung berdasarkan hasil perhitungan yaitu sebesar 66,83kW dengan pesentase susut teknis 1,8% sudah memenuhi ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu susut maksimum jaringan *open loop* dan radial maksimum 2,3%.
5. Setelah pelimpahan beban ke penyulang baru Batu Culung terjadi penurunan persentase susut teknis pada Penyulang Dalung sebesar 65,1% dan pada Penyulang Kerobokan sebesar 19,5%.

6. Besar nilai susut teknis Penyulang Batu Culung setelah dilimpahkan beban oleh Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan berdasarkan hasil perhitungan yaitu sebesar 52,79 kW dengan pesentase susut teknis 1,8% sudah memenuhi ketentuan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu susut teknis maksimum jaringan *open loop* dan radial maksimum 2,3%.

## **5.2 Saran**

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan kepada pihak PT PLN (Persero) ULP Mengwi, perlu diadakan pengawasan dan pemeliharaan secara rutin terhadap semua jenis peralatan termasuk penghantar dan gardu distribusi pada jaringan distribusi primer khususnya pada Penyulang Dalung dan Penyulang Kerobokan untuk menjaga keandalan, menjaga kualitas dan kontinuitas yang maksimal pada penyaluran energi listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibnu Hajar, Muhammad Hasbi Pratama, “Analisa Nilai Saidi Saifi sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) Area Ciputat”, Jurnal Energi & Kelistrikan, Vol.10, No.1, Januari-Juni 2018.
- [2] Hero Putra Perdana, “Evaluasi Kapasitas Jaringan Distribusi Primer untuk Perkembangan Beban Pada PT. PLN (Persero) Area Singkawang”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol.1, No.1, 2017.
- [3] K.H Priadi, R.S Hartati, I.W Sukerayasa, “Evaluasi untuk Mengatasi Beban Lebih Pada Penyulang Batu Belig”, E-Journal SPEKTRUM, Vol.2, No.1, Maret 2015.
- [4] Resty Fauzie Ariyanti, “Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA)”, Semarang: Universitas Diponegoro, 2019.
- [5] Bayu Pradana Putra Purba, Eddy Warman, “Analisa Perhitungan Susut Teknis dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Medan Kota”, SINGUDA ENSIKOM, VOL.6, NO.2, February2014.
- [6] Tri Wahyudi Listin, Sarma Thaha, Kurniawati Naim AR, “Anasisi Susut Energi (*Losses*) Jaringan Tegangan Menengah (20kv) Di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar”, Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2021.
- [7] Suhadu, dkk, Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [8] PT PLN (Persero), “Buku 1 Kriteria Disain *Enjinerig* Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik”, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [9] 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.
- [10] PT PLN (Persero), “Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik”, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [11] PT PLN (Persero) ULP Mengwi, “Jurnal Harian Gangguan *Recloser* dan Penyulang Tahun 2021”, Mengwi: PT PLN (Persero) ULP Mengwi, 2021.

- [12] Zuhail, “Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2000.
- [13] Yessi Marniati, Aini Hanifatulah, “Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV pada Gardu Induk Bungaran dengan ETAP 12.6”, Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol.7, No.1, Jan 2018.
- [14] Sarimun N. Wahyudi. Buku Saku Pelayanan Teknik. Garamond. Depok, 2011.
- [15] Mohammad Luthfan Mopangga, “Analisa Perbaikan Jatuh Tegangan dan Susut Daya Pada Jaringan Rendah Dengan Metode Pecah Beban di GD76 PT PLN UP3 Ciracas”, Jakarta: Universitas Trisakti, 2021.
- [16] Amir Handoyo, “Analisa Perhitungan Susut Teknik Pada PT. PLN (PERSERO) UPJ Semarang Tengah”, Semarang: Universitas Diponegoro Semarang, 2005
- [17] Primanda Arief Yuntiansyah, Ir. Unggul Wibawa, M.Sc., Ir. Teguh Utomo, MT., “Studi Perkiraan Susut Teknis dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Kayoman Gardu Induk Sukorejo”, Malang: Universitas Brawijaya, 2014
- [18] Feri Siswoyo Hadisantoso, “Analisa Penurunan Tegangan (*Voltage Drop*) dan Rugi-rugi (*Losses*) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan”, Bandung: Politeknik Enjinereng Indorama, 2016.
- [19] SPLN No. 50, Spesifikasi Trafo Distribusi, 1997.
- [20] Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Ria Rahmatul I., Roushandy Asri Fardani, Dhika Juliana Sukmana, Nur Hikmatul Auliya, Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif, Yogyakarta: CV Pustaka Ilmu Group, 2020.
- [21] Widiawati, Ana. 2021. Data Kualitatif dan Kuantitatif dalam Penelitian. <https://penerbitbukudeepublish.com/data-kualitatif-kuantitatif/>. [Diakses tanggal 30 Maret 2022]
- [22] Ascarya. 2021. Data Kualitatif-Definisi, Jenis, Analisis dan Contoh. <https://ascarya.or.id/data-kualitatif/>. [Diakses tanggal 30 Maret 2022]
- [23] Dita Kurniasari. 2021. Analisis Data Adalah: Mengenal Pengertian, Jenis, Dan Prosedur Analisis Data. <https://www.dqlab.id/analisis-data-adalah-mengenal-pengertian-jenis-dan-prosedur-analisis-data>. [Diakses tanggal 30 Maret 2022]
- [24] Zulfikar Hardiansyah. 2022. Mengenal Microsoft Excel Beserta Manfaat dan Rumusnya. <https://www.msn.com/id-id/berita/teknologidansains/mengenal-microsoft-excel-beserta-manfaat-dan-rumusny/ar-AATGm1G>. [Diakses tanggal 30 April 2022]

- [25] Waluyo, Soenarjo, dan Andi Ali Akbar, “Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara Dan Kabel”, Jurnal Sains dan Teknologi EMAS, Vol. 17, No. 3, Agustus 2007.
- [26] SPLN No. 72, Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR), 1987.
- [27] Afifah Rahmah. 2022. Bunyi Hukum Kirchhoff 1 dan 2 hingga Rumusnya. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6022876/bunyi-hukum-kirchhoff-1-dan-2-hingga-rumusny>. [Diakses tanggal 7 Agustus 2022]
- [28] A.T. Nugraha. 2019. Pengertian dan Bunyi Hukum Kirchoff [Online]. <https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/2019/09/24/pengertian-dan-bunyi-hukum-kirchhoff/>. [Diakses tanggal 7 Agustus 2022]
- [29] Dickson Kho. 2020. Pengertian dan Bunyi Hukum Kirchhoff. <https://teknikelektronika.com/pengertian-bunyi-hukum-kirchhoff-1-2/>. [Diakses tanggal 7 Agustus 2022]
- [30] K.B. Pranata dan C. Sundaygara, “Buku Ajar Mata Kuliah Elektronika Dasar 1”, Universitas Kanjuruhan Malang, 2018.
- [31] Ir. Markoni, S.H., M.T, “Teori Dasar Teknik Tenaga Listrik Edisi 2”, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2017.
- [32] Ali Supriyadi, “Hubungan Pada Transformator Tiga Fasa”, Jurnal Forum Teknologi, Vol. 07, No. 1, 2017.
- [33] 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
- [34] F. F. S. Lihawa, *et al*, “Perencanaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20KV di Universitas Sam Ratulangi”, 2021
- [35] F. F. S. Lihawa, *et al*, “Perencanaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20KV di Universitas Sam Ratulangi”, 2021
- [36] 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
- [37] 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

- [38] 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 7 Agustus 2022]
- [39] PT PLN (Persero), "SPLN 41-10:1991 Penghantar Aluminium Paduan Berselubung Polietilen Ikatan Silang (AAAC-S)", *Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)*, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1991.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] A. Ariyanto, *et al*, "Studi Pengaruh Tensile Stress Terhadap Nilai Hambatan Kawat Penghantar", *JURNAL PEMBELAJARAN FISIKA*, vol. 4, no 5, 2016, pp. 349-356.
- [43] 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.
- [44] Hardwijanto, Fadjar Kurniadi, Muchamad Nuh dan Stozn Romeo. (2010). *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- [45] Modal Holong. 2012. Gardu Distribusi. <https://modalholong.wordpress.com/2012/12/21/gardudistribusi/#:~:text=Gardu%20Distribusi%20pasangan%20luar%20merupakan,jaringan%20dengan%20kapasitas%20transformator%20terbatas.> [Diakses pada 28 Agustus 2022]
- [46] Sogen, Markus Dwiyanto Tobi, and MT ST. "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong." *Jurnal Electro Luceat* 4.1 (2018).
- [47] Sulasno. (1991). *Teknik Tenaga Listrik*. Bandung: ITB
- [48] Nisa. 2020. Transformator: Pengertian, Komponen, Daya, Jenis dan Contoh Soal. <https://tambahpinter.com/transformator/>. [Diakses pada 28 Agustus 2022]

- [49] Siburian, Jhonson, “Karakteristik Transformator,” *Jurnal Teknologi Energi UDA*, No. 1, vol. 8, pp. 21-28, Mar. 2019.
- [50] Permata, Endi; Lestari, Intan, “Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down Av05 Dengan Kapasitas 150kV Di PT. Krakatau Daya Listrik,” *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, No. 1, vol. 3, pp. 485-493, 2020.
- [51] 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.
- [52] L. Shintawaty, “Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan”, *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol 1, no. 2, 2013, pp. 109-128
- [53] 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
- [54] Suprianto. 2015. Pengertian Daya Semu, Daya Nyata, dan Daya Reaktif. <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/> [Diakses pada 28 Agustus 2022]
- [55] Lisiani, Abang Razikin, Syaifurrahman, “Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)”, Universitas Tanjungpura Pontianak, 2019.
- [56] 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
- [57] Dhida Aditya, Putra, “*Trainer Power Factor (PF) Menggunakan Regulator 6 Step*”, Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- [58] SOGEN, Markus Dwiyanto Tobi; ST, M. T. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong. *Jurnal Electro Luceat*, 2018, 4.1.
- [59] Dickson Kho. 2020. Pengertian Efisiensi Trafo (Transformator) dan Cara Menghitungnya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-efisiensi-trafo-transformator-cara-menghitung-efisiensi-trafo/>. [Diakses tanggal 28 Agustus 2022]
- [60] Suprianto. 2015. Hubungan Transformator Tiga Fasa dan Rumus. <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/hubungan-transformator-tiga-fasa-dan-rumus/>. [Diakses tanggal 28 Agustus 2022]