



**ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING
KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH
PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH
DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO)
ULP PERBAUNGAN**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains & Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan**

SKRIPSI

OLEH

**NAMA : M. ALI IMRAN LUBIS
NPM : 1714210275
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : ARUS BESAR**

**FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

**ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN IPRATING
KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH
PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH
DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO)
ULP PERBAUNGAN**

**Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik dari Fakultas Sains & Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan**

SKRIPSI

OLEH

**NAMA : M. ALI IMRAN LUBIS
NPM : 1714210275
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : ARUS BESAR**

Diketahui Dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Hj Zuraidah Tharo, ST., MT)

(Siti Anisah, ST., MT)

Diketahui Dan Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Program Studi



(Siti Anisah, ST., MT)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. ALI IMRAN LUBIS

NPM : 1714210275

Prodi : TEKNIK ELEKTRO

Judul Skripsi : ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING KABEL
UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH PADA SISI JARINGAN
TEGANGAN RENDAH DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO) ULP
PERBAUNGAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir/Skripsi saya bukan hasil plagiat.
2. Saya tidak akan menuntut perbaikan nilai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) setelah ujian Sidang Meja Hijau.
3. Skripsi saya dapat dipublikasikan oleh pihak lembaga, dan saya tidak akan menuntut akibat publikasi tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, terima kasih.

Medan, SEPTEMBER 2021

Yang membuat pernyataan



M. ALI IMRAN LUBIS

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ali Imran Lubis
NPM : 1714210275
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi Hak bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty – Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Analisa Perhitungan dan Perencanaan Uprating Kabel Untuk Perbaikan Tegangan Jatuh Pada Sisi Jaringan Tegangan Rendah Di Gardu PR198 PT PLN (Persero) ULP Perbaungan”, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpa, mengalih-media / alih formatkan, mengelola dalam bentuk pengkalan 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.

Medan, September 2021



M. ALI IMRAN LUBIS

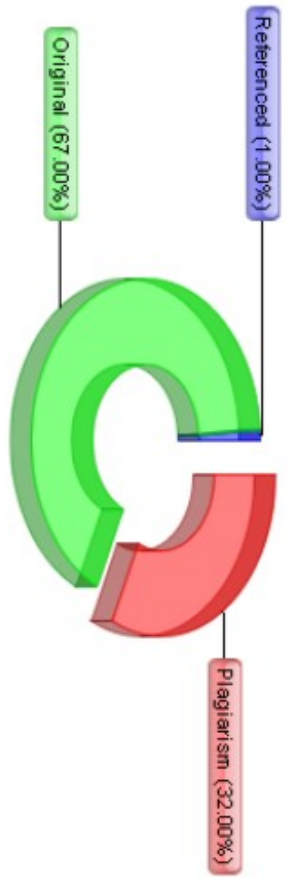
alyzed document: M. ALI IMRAN LUBIS_1714210275_TEKNIK ELEKTRO.doc Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi_License

- Comparison Preset: Rewrite
- Detected language:
- Check type: Internet Check

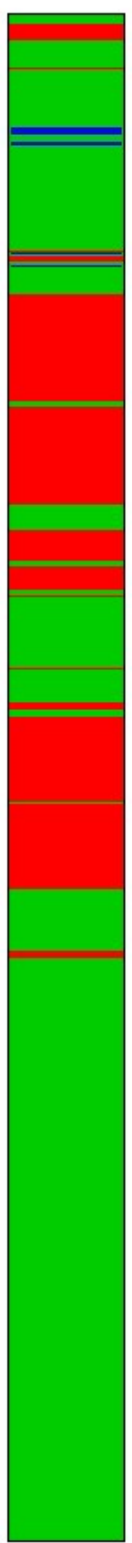


Detailed document body analysis:

Relation chart:



Distribution graph:



Top sources of plagiarism: 27

1032 1. https://de.slideshare.net/MakmurSaini/jaringan-distribusi-tegangan-rendah

SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka.LPMU

Yusni Muhandani Ritonga, BA., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 38/BL/LTPE/2021

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : M. ALI IMRAN LUBIS
N.P.M. : 1714210275
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 23 Juli 2021
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



No. Dokumen : FM-LEKTO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015
------------------------------	-------------	-----------------------------



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 86/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : M. ALI IMRAN LUBIS
N.P.M. : 1714210275
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 21 Juli 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 21 Juli 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen: FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

FM-BPAA-2012-041

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 24 Juli 2021
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. ALI IMRAN LUBIS
 Tempat/Tgl. Lahir : MEDAN / 09 Mei 1991
 Nama Orang Tua : ALM. BALKUT LUBIS
 N. P. M : 1714210275
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 081396750153
 Alamat : Jl. Pasar 7 Tengah Dsn XI Ds Tembung

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO) ULP PERBAUNGAN**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga : 

Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

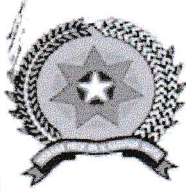
Hormat saya



M. ALI IMRAN LUBIS
 1714210275

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : M. ALI IMRAN LUBIS
NPM : 1714210275
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Siti Anisah, ST., MT
Judul Skripsi : ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO) ULP PERBAUNGAN

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
06 Mei 2021	Perhatikan tata cara penulisan nya, sesuaikan dengan panduan penulisan tugas akhir	Revisi	
11 Mei 2021	file yang diupload lengkap dengan cover nya ya biar gampang saya cek	Revisi	
24 Mei 2021	ali penulisannya masih sangat berantakan, mohon agar segera diperbaiki sesuai dengan panduan, cek keseluruhan skripsinya, jangan hanya yang saya tandai	Revisi	
16 Juni 2021	Acc seminar hasil	Disetujui	
19 Juli 2021	Acc Sidang Meja Hijau	Disetujui	
07 September 2021	Daftar pustakanya belum ada ya...	Revisi	
07 September 2021	silakan cek kembali skripsinya sesuaikan semua yg saya tandai, sesuai dengan panduan, cek keseluruhan skripsinya	Revisi	
13 September 2021	ACC jilid lux	Disetujui	

Medan, 22 September 2021
Dosen Pembimbing,



Siti Anisah, ST., MT



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : M. ALI IMRAN LUBIS
NPM : 1714210275
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Hj Zuraidah Tharo, ST., MT
Judul Skripsi : ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO) ULP PERBAUNGAN

Tanggal	Pembahasan Materi	Status Keterangan
06 April 2021	ACC seminar proposal	Disetujui
08 Mei 2021	manfaat penelitian tidak perlu dibuat bagi penulis, bagi perusahaan dll, cukup tuliskan manfaatnya 1, 2, 3 dst	Revisi
03 Juni 2021	perbaiki flowchart sesuaikan gambar/symbol dengan statement	Revisi
07 Juni 2021	ACC Seminar Hasil	Disetujui
21 Juli 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui
13 September 2021	ACC Jilid	Disetujui

Medan, 22 September 2021
Dosen Pembimbing,



Hj Zuraidah Tharo, ST., MT



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap

: M. ALI IMRAN LUBIS

Tempat/Tgl. Lahir

: MEDAN / 09 Mei 1991

Program Pokok Mahasiswa

: 1714210275

Program Studi

: Teknik Elektro

Konsentrasi

: Teknik Energi Listrik

Jumlah Kredit yang telah dicapai

: 141 SKS, IPK 3.52

Program Hp

: 081396750153

Yang ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut

:

Judul

ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN UPRATING KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO) ULP PERBAUNGAN

Isian : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Yang Tidak Perlu



(Cahyo Pramono, S.E., M.M.)

Medan, 18 Juni 2021

Pemohon,

(M. Ali Imran Lubis)

Tanggal :

Disahkan oleh :
Dekan

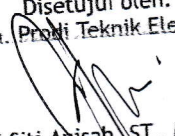
(Hamdani, ST., MT.)

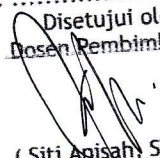
Tanggal :

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing I :

(Hj Zuraidah Thero, ST., MT)

Pengajuan Judul

Tanggal :
Disetujui oleh:
Ka. Prodi Teknik Elektro

(Siti Anisah, ST., MT)

Tanggal :
Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing II:

(Siti Anisah, ST., MT)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02	Revisi: 0	Tgl. Eff: 22 Oktober 2018
----------------------------	-----------	---------------------------

Sumber dokumen: <http://mahasiswa.pancabudi.ac.id>

Dicetak pada: Jumat, 18 Juni 2021 22:22:03

**ANALISA PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN *UPRATING*
KABEL UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN JATUH
PADA SISI JARINGAN TEGANGAN RENDAH
DI GARDU PR198 PT PLN (PERSERO)
ULP PERBAUNGAN**

M. Ali Imran Lubis*

Hj Zuraidah Tharo, ST., MT**

Siti Anisah, ST., MT**

m.aliimranlubis@yahoo.com

Teknik Elektro

ABSTRAK

Dengan merencanakan *uprating* kabel pada ujung jaringan tegangan rendah di trafo PR198 dapat memperbaiki jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan *existing*. Dengan metode merencanakan memakai simulasi aplikasi ETAP 12.6 dan rumus yang ada dapat dilihat perbandingan perhitungan perbaikan jatuh tegangan dan susut daya pada ujung jaringan tegangan rendah trafo PR198. Dalam merencanakan *uprating* kabel juga dapat dipertimbangkan analisa biaya investasi yang digunakan dan keuntungan (*Benefit*) yang didapat setiap tahunnya, sehingga dapat disimpulkan kelayakan pelaksanaan dari perencanaan tersebut.

Kata kunci: Jatuh Tegangan, Susut Daya, ETAP 12.6, Investasi dan Benefit

**ANALYSIS OF CALCULATIONS AND PLANNING OF CABLE
UPRATING FOR VOLTAGE FALL REPAIR ON THE LOW
VOLTAGE NETWORK SIDE AT GARDU PR198 PT PLN
(PERSERO) ULP PERBAUNGAN**

M. Ali Imran Lubis*

Hj Zuraidah Tharo, ST., MT**

Siti Anisah, ST., MT**

m.aliimranlubis@yahoo.com

Electrical Engineering

ABSTRACT

By planning the uprating of the cable at the end of the low voltage network in the PR198 transformer, it can improve the voltage drop that occurs in the existing network. With the planning method using the ETAP 12.6 application simulation and the existing formula, it can be seen a comparison of the calculation of the improvement in voltage drop and power loss at the end of the PR198 transformer low voltage network. In planning the cable uprating can also be considered an analysis of the investment costs used and the benefits (Benefits) obtained every year, so that it can be concluded the feasibility of implementing the plan.

Keywords: Voltage Drop, Power Loss, ETAP 12.6, Investment and Benefits

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan Karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisa Perhitungan dan Perencanaan *Uprating* Kabel Untuk Perbaikan Tegangan Jatuh Pada Sisi jaringan Tegangan Rendah di Gardu PR198 PT PLN (Persero) ULP Perbaungan”.

Penyusunan skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh kelulusan Sarjana Teknik pada Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak DR. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E., M.M selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi,
2. Bapak Hamdani, ST., MT selaku Dekan Fakultas Tehnik Universitas Pembangunan Panca Budi,
3. Ibu Siti Anisah, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan Dosen Pembimbing Akademik Universitas Pembangunan Panca Budi,
4. Ibu Hj Zuraidah Tharo, S.T., MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengalaman, arahan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini,
5. Ibu Siti Anisah, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengalaman, arahan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini,
6. Ibunda tersayang yang selalu mendukung, mendoakan dan mendidik dengan penuh kasih sayang sehingga penulis bisa seperti saat ini,
7. Istri dan Anak tersayang yang selalu mendukung, mendoakan dengan penuh kasih sayang,
8. Sahabat dan Rekan kerja di PT PLN (Persero) UP3 Lubuk pakam yang selalu mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini,
9. Sahabat dan Teman teman Mahasiswa jurusan Teknnik Elektro yang selalu mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini,
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu baik moril maupun materil.

Penulis juga menyadari bahwa dalam menyusun skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan, maka dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun supaya skripsi ini menjadi lebih baik lagi.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, September 2021

M. Ali Imran Lubis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR.....	
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penulisan	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. Penelitian Revelan	6
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.2.1. Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	8
2.3. Jaringan Tegangan Rendah	10
2.3.1. Jenis Tiang Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah	14
2.4. Tegangan Jatuh (<i>Drop Voltage</i>)	17
2.5. Hambatan	19

2.6. Hambatan Jenis	20
2.7. Kuat Hantar Arus (KHA)	20
2.8. Rugi Daya.....	21
2.9. ETAP (<i>Electric Transient and Analysis Progra</i>)	22
2.9.1. Pengertian ETAP	22
2.9.2. Standar Simbol ETAP	23
2.9.3. Langkag Penggunaan ETAP	23
2.10. Kelayakan Invetasi	29
2.10.1 Pengertian Investasi.....	30
2.10.2 Pertimbangan Kelayakan Investasi	30
2.10.3 Klasifikasi Laba.....	31
BAB III METODEDE PENELITIAN	33
3.1. Lokasi Penelitian	33
3.2. Data Penelitian	33
3.3. Diagram Penelitian.....	34
3.4. Flow Chart Penelitian.....	35
3.5. Jadwal Penelitian.....	36
BAB IV ANALISA HASIL PENELITIAN.....	37
4.1. Analisa Teknis.....	37
4.1.1. Kondisi Teknis	37
4.1.2. Fakta Gardu PR198	39
4.1.3. Pemodelan Gambar Trafo PR198 Menggunakan Simulasi ETAP	
12.6.....	41
4.2. Analisa Finansial	57
4.2.1. Perhitungan Asumsi Biaya Investasi	57
4.2.2. Perhitungan Lama Kembali Investasi (<i>Payback Periode</i>) dan	
Keuntungan (<i>Benefit</i>)	57

BAB V PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Proses Penelitian Tugas Akhir	5
Gambar 2.1 Pembagian / Pengelompokan Jaringan Distribusi	10
Gambar 2.2 Jarak Aman Tiang Yang Diperlukan Untuk Menentukan Panjang Tiang	16
Gambar 2.3 <i>Create New Project File</i>	25
Gambar 2.4 <i>User Information</i>	26
Gambar 2.5 Membuka <i>File Project</i>	29
Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian	34
Gambar 3.2 Bagan Proses Penelitian Tugas Akhir	35
Gambar 4.1 Gambar Topografi PR198	38
Gambar 4.2 Gambar Trafo PR198	38
Gambar 4.3 Beban Trafo PR198.....	39
Gambar 4.4 Single Line Diagram PR198	42
Gambar 4.5 Single Line Diagram Dengan ETAP 12.6.....	43
Gambar 4.6 Hasil Simulasi ETAP 12.6 Tegangan Ujung.....	44
Gambar 4.7 Hasil <i>Report</i> Simulasi <i>Power Loss</i> ETAP 12.6.....	45
Gambar 4.8 Perencanaan <i>Upgrading</i> Kabel TIC 2x10mm ² Menjadi TIC 3x70+1x50mm ²	46

Gambar 4.9 Hasil Simulasi ETAP 12.6 Setelah Dilakukan *Uprating* Kabel Tegangan Ujung..... 47

Gambar 4.10 Hasil *Report* Simulasi ETAP 12.6 Setelah Dilakukan *Uprating* Kabel 48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Kabel LVTC	14
Tabel 2.2 Panjang Tiang	15
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	36
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Perhitungan Tegangan Jatuh Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6.....	54
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Perbandingan Susut Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6.....	54
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Perbandingan Susut Terhadap Nilai Penjualan Per Tahun Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6.....	56
Tabel 4.4 Asumsi Biaya Investasi Uprating Kabel TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ Menjadi TIC $3 \times 10 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ Sepanjang 550 meter	57
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Perbandingan Benefit dan Payback Periode Per Tahun Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak dapat dilepaskan dari keperluan sehari-hari. Manusia hampir tidak dapat melakukan pekerjaan yang ada dengan baik ataupun memenuhi kebutuhannya. Dengan kata lain listrik juga merupakan salah satu pendorong kegiatan ekonomi. Semakin meningkat nilai ekonomi maka akan semakin meningkat permintaan tenaga listrik, begitu juga sebaliknya.

Untuk Mendukung kegiatan-kegiatan ekonomi dan bisnis, listrik juga harus mempunyai kualitas tegangan yang baik. Kualitas tegangan yang baik adalah tegangan yang stabil (tidak naik dan turun) yang tidak putus (selalu menyala) dan tegangan yang mempunyai nilai standar (tidak lebih maupun tidak kurang).

Salah satu masalah dari pendistribusian jaringan tenaga listrik adalah jatuh tegangan atau voltage drop. Voltage Drop adalah kondisi yang menggambarkan energi listrik yang disuplai akan berkurang jika melewati elemen-elemen pasif (elemen yang tidak menyuplai tenaga listrik) pada rangkaian listrik. Energi listrik yang melewati hambatan dalam pada sumber konduktor, kontak dan konektor beberapa nilai dari energi listrik yang telah dipasok tersebut akan hilang atau terdisipasi, sehingga akan terjadi penurunan nilai tegangan.

Namun PLN mempunyai standar seberapa besar nilai jatuh tegangan listrik dapat diizinkan. “SPLN Tegangan-Tegangan Standar (1995) pada Pasal 4 tentang Variasi Tegangan Pelayanan, menyatakan bahwa variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum +5% dan minimum -10% terhadap tegangan nominal”.

Perbaikan jatuh tegangan yang efektif adalah bergantung oleh kondisi di lapangan. Oleh karena itu analisa yang mendalam perlu dilakukan agar solusi yang tepat dapat diaplikasikan. Atas dasar tersebut membuat tugas akhir yang berjudul “Analisa Perhitungan dan Perencanaan Uprating Kabel Untuk Perbaikan Tegangan Jatuh Pada Sisi Jaringan Tegangan Rendah di Gardu PR198 PT PLN (Persero) ULP Perbaungan”.

1.2 Rumusan Masalah

Yang menjadi rumusan masalah pada tugas akhir ini ialah:

- a. Berapa besar kenaikan tegangan ujung setelah *uprating* kabel dengan simulasi ETAP 12.6 pada Gardu PR198.
- b. Bagaimana Menghitung susut pada jaringan tegangan rendah sebelum dan sesudah rencana perbaikan.
- c. Bagaimana menghitung rencana anggaran biaya investasi untuk perencanaan perbaikan jaringan pada gardu PR198.
- d. Berapa lama kembalinya investasi tersebut (*payback periode*) bila perbaikan tegangan jatuh terlaksana.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari permasalahan yang terlalu meluas, maka penulis akan membatasi bahasan tugas akhir ini. Adapun yang menjadi pembatasan masalah adalah sebagai berikut:

- a. Membahas tentang rencana perbaikan tegangan jatuh dengan *uprating* kabel menggunakan simulasi ETAP 12.6
- b. Menghitung perbandingan susut pada jaringan tegangan rendah sebelum dan sesudah rencana perbaikan.
- c. Menghitung besar asumsi rencana anggaran biaya investasi pada perencanaan *uprating* kabel pada gardu PR198
- d. Menghitung lama kembalinya investasi dan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahunnya pada rencana perbaikan tegangan jatuh gardu PR198

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui cara membuat perencanaan *uprating* Kabel dengan simulasi ETAP 12.6 dari data data yang telah ada dan mengevaluasi hasil simulasi dan data dengan teori yang ada.
- b. Untuk mengetahui cara menghitung susut pada jaringan tegangan rendah sebelum dan setelah rencana perbaikan.

- c. Untuk mengetahui besar biaya anggaran pada perencanaan *uprating* kabel untuk perbaikan tegangan jatuh.
- d. Untuk mengetahui berapa lama kembalinya investasi yang telah dikeluarkan dan keuntungan pada perencanaan *uprating* kabel untuk perbaikan tegangan jatuh pada PR198.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun yang menjadi manfaat penulisan ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui bagaimana cara menghitung perencanaan pada perbaikan tegangan jatuh dengan mempertimbangkan keuntungan teknis, dan sebagai wujud penerapan ilmu yang didapat selama masa perkuliahan.
- b. Untuk dijadikan referensi untuk mengetahui kajian mengenai tegangan jatuh.
- c. Untuk menjadi salah satu alternatif dalam menyelesaikan masalah tegangan jatuh agar kualitas tegangan pelayanan lebih baik.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberi gambaran secara garis besar, dalam hal ini dijelaskan isi dari tiap-tiap bab dari laporan ini, maka sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini membahas tentang pemahaman-pemahaman teori umum pembahasan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang objek penelitian, metode penelitian yang dalam proses pengambilan data.

BAB IV ANALISA HASIL PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang hasil dari pembahasan, analisa hasil data, perhitungan dan perbandingan hasil sebelum dan sesudah penelitian

BAB V PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran penulis mengenai penelitian ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penelitian Relevan

Untuk mendukung penelitian ini. berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini:

- a. Sampeallo, A., Galla, W., Sare, R. (2019) dalam jurnal media elektro yang berjudul “Analisa Rugi Daya Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Laboraturium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana” didapat rugi daya dan drop tegang yang terjadi pada JTR laboraturium riset terpadu lahan kering kepulauan Undana dipengaruhi oleh besarnya arus. panjang saluran. dan jenis serta luas penampang penghantar yang digunakan.
- b. Kurniawan. A. (2016) dalam skripsinya yang berjudul “Analisa Jatuh Tegangan dan Penanganan Pada Jaringan Distribusi 20KV Rayon Palur PT. PLN (Persero) Menggunakan ETAP 12.6” didapat pembuatan diagram garis jaringan penyulang 07 palur menggunakan ETAP 12.6 tentunya dengan proses analisa hasil sehingga dapat diketahui besar kecilnya drop tegangan. Hasil saat analisa terdapat gangguan jatuh tegangan dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6 dengan drop tegangan paling besar pada nilai tegangan 19.857 KV dengan jatuh tegangan total 1.581 KV dan presentase jatuh tegangan 0.00611 % ini masih dalam keadaan standar PLN karena belum melebihi standar yang telah ditentukan yaitu -10% dari tegangan nominalnya. Jatuh tegangan sangat dipengaruhi oleh panjang

penghantar serta nilai impedansi dimana nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai resistansi dan nilai reaktansi saluran. semakin besar nilai reaktansi dan nilai resistansi maka drop tegangan akan semakin besar.

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

- a. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan.
- b. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan.

Hal ini disebabkan karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150 kV, 275 kV dan 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$).

Dari saluran transmisi tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer.

Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt.

Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Hal ini membuktikan bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

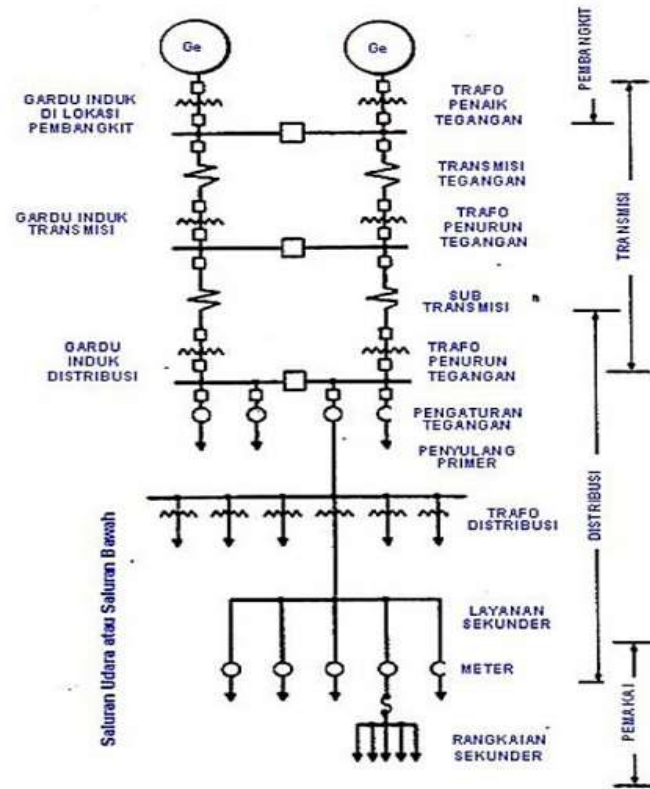
2.2.1 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan – pembatasan seperti:

- a. Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*)
- b. Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*) bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV)
- c. Daerah III : Bagian distribusi primier bertegangan (6 atau 20 kV)
- d. Daerah IV : (Didalam bangunan pada beban/konsumen) instalasi bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- a. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), terdiri dari tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), terdiri dari kabel tanah *indoor* dan *outdoor termination*, batu bata, pasir dan lain-lain.
- c. Gardu Trafo, terdiri dari *transformator*, tiang, pondasi tiang, rangka tempat *transformator*, *Low Voltage (LV)* panel, pipa-pipa pelindung, *Arrester*, kabel-kabel peralatan *grounding* dan lain-lain.
- d. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), terdiri dari perlengkapan/material yang sama yang terdapat pada SUTM dan SKTM yang membedakan hanya dimensinya.



Gambar 2.1 Pembagian /Pengelompokan Jaringan Distribusi

Sumber: Suhadi.dkk, 2008

2.3 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan distribusi tegangan rendah merupakan bagian hilir dari sistem tenaga listrik pada tegangan distribusi di bawah 1000 volt yang langsung memasok kebutuhan listrik tegangan rendah ke konsumen. Di Indonesia, tegangan operasi SUTR saat ini adalah 220/380 volt. Jaringan distribusi tegangan rendah dimulai dari sumber yang disebut gardu distribusi mulai dari panel hubung bagi tegangan rendah keluar didistribusikan. Umumnya radius pelayanan berkisar 350 meter. Susut

tegangan yang diijinkan oleh PLN (SPLN 1:1995 tegangan tegangan standar), yaitu sebesar +5% dan -10% dari tegangan kerja. Jaringan Tegangan Rendah ialah jaringan tenaga listrik dengan tegangan rendah yang mencakup seluruh bagian jaringan tersebut beserta perlengkapannya. Dari sumber penyaluran tegangan rendah tidak termasuk SLTR. Sedangkan Sambungun tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) ialah penghantar di bawah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan pada JTR sampai dengan alat pembatas dan pengukur (APP) (SPLN No.56 tahun 1984). Jaringan tegangan rendah merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada JTR sistem tegangan distribusi primer 20/11 kV diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220V.

Sistem penyaluran daya listrik pada JTR dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

- a. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
- b. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (Low Voltage Twisted Cable) ukuran kabel LVTC adalah : $2 \times 10\text{mm}^2$, $2 \times 16\text{mm}^2$, $4 \times 25\text{mm}^2$, $3 \times 35\text{mm}^2$, $3 \times 50\text{mm}^2$, $3 \times 70\text{mm}^2$.

Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dengan LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*) saat ini sudah dikembangkan, hal ini untuk mempertinggi keandalan, faktor keamanan dan lain-lain. Untuk kabel LVTC

ini pemasangannya) di bawah SUTM (*Underbuilt*) dan khusus LVTC (JTR murni). Spesifikasi kabel LVTC seperti tercantum pada tabel 2.1.

Accessories twisted cable terdiri dari:

- a. *Suspension assembly*
- b. *Large angle assembly*
- c. *Dead end assembly*
- d. *Insulated tap connector* berbagai ukuran
- e. *Insulated Nontension joint*
- f. *Insulated tension joint.*
- g. *Guy set / stay set SUTR*

Pemakaian guy set pada SUTR digunakan type ringan, pada stay set SUTR ini tidak mempergunakan guy insulator.

Spesifikasi material guy set sesuai dengan gambar standar sedang kawat baja galvanisnya sbb. :

- a. Ultimate load : 17 kN
- b. Penampang : 22 mm²
- c. Material : baja

Dalam pemasangan Saluran Udara, konduktor harus ditarik tidak terlalu kencang dan juga tidak boleh terlalu kendur, agar konduktor tidak menderita kerusakan mekanis maupun kelelahan akibat tarikan dan ayunan. dilain pihak dicapai penghematan pemakaian konduktor.

Dalam pemasangan kabel udara setelah tiang berdiri, sambil menggelar kabel dari haspel terlebih dahulu dipasang perlengkapan bantu (klem *service*), pengikat, pemegang dan sebagainya. Untuk kabel penghantar berisolasi, bagian yang diikat pada pemegang di tiang adalah penghantar Nol, baik untuk dua kabel (sistem satu fasa) maupun empat kabel (sistem tiga fasa). Penarikan kabel dimulai dari salah satu tiang ujung, kemudian ditarik dengan alat penegang (*hand tracker*). Setelah tarikan dianggap cukup kuat, maka pada setiap tiang kabel Nol diikat dengan pemegang yang telah disiapkan.

Sebagaimana diketahui bahwa harga konduktor berkisar 40% dari harga perkilometer jaringan. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

- a. Tarikan AAAC yang diijinkan maksimum 30% dari tegangan putus (*Ultimate tensile strength*).
- b. Tarikan *Twisted Cable* yang diijinkan maksimum 35% dari tegangan putus dari kawat penggantung.

- c. Andongan yang terjadi pada SUTR dengan jarak gawang 35-50 meter. tidak boleh lebih dari 1 meter.

Tabel 2.1 Spesifikasi Kabel LVTC

Spesifikasi	70 mm ²	50 mm ²	35 mm ²
Max Resistivity pada 20° C (mm ² /m)	0.0283	0.0283	0.0283
Minimum tensile Strangth (K/mm ²)	180	180	180
Density at 20° C (kg/dm ³)	2.7	2.7	2.7
Koefisien of resistansi exp./ °C	0.004	0.004	0.004
Cross Section (mm ²)	70	70	70
Diameter of bare conductor	10.1	8.4	7
Tolerance of conductor diameter (%)	5	5	5
Number of stranded	19	19	19
Type of insulation	XLPE	XLPE	XLPE
ketebalan dari isolasi (mm)	18	18	18
Dia. Of cond. Over installation (mm)	12.9	-	9.6
Max. service/s.c. Temperature/°C	80/130	80/130	80/130
Max. arus pada amb. Tempetarur	205	146	132
Voltage rating (Volt)	1000/600	1000/600	1000/600
Berat kg/km	1000	786	550
DC Resistance at 20°C (ohm/km)	0.443	0.613	0.876

Sumber: Suhadi.dkk, 2008

2.3.1 Jenis Tiang Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah

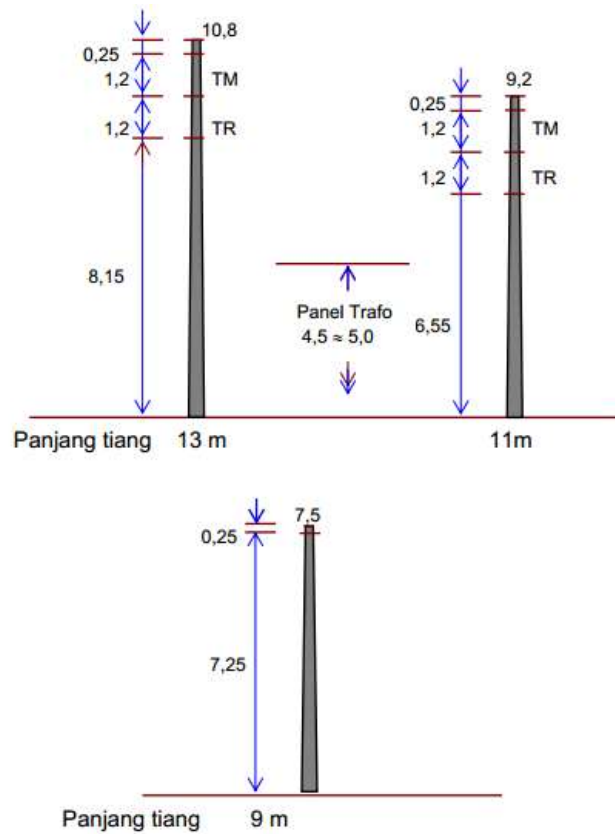
Pada umumnya tiang listrik yang sekarang digunakan pada SUTR terbuat dari beton bertulang dan tiang besi. Tiang kayu sudah jarang digunakan karena daya tahannya (umumnya) relatif pendek dan memerlukan pemeliharaan khusus. Sedang tiang besi jarang digunakan karena harganya relative mahal dibanding tiang beton. disamping itu juga memerlukan biaya pemeliharaan rutin.

Dilihat dari fungsinya, tiang listrik dibedakan menjadi dua yaitu tiang pemikul dan tiang tarik. Tiang pemikul berfungsi untuk memikul konduktor dan isolator, sedang tiang tarik fungsinya untuk menarik konduktor. Sedang fungsi lainnya disesuaikan dengan kebutuhan sesuai dengan posisi sudut tarikan konduktornya. Bahan baku pembuatan tiang beton untuk tiang tegangan menengah dan tegangan rendah adalah sama, hanya dimensinya yang berbeda. Tiang beton untuk saluran tegangan menengah dan tegangan rendah dipilih berdasarkan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.2 Panjang Tiang

No	Tegangan	Rangkaian	Panjang Tiang (mtr)	Type (daN)	Span Maksimum
1	Menengah	Tunggal	11	350	80
			13	350	120
2	Menengah	Ganda	11	350	50
			13	350	60
3	Rendah	Tunggal	9	100	40
			9	200	60

Sumber: Suhadi.dkk, 2008



Gambar 2.2 Jarak Aman Tiang yang Diperlukan Untuk Menentukan Panjang Tiang

Sumber: Suhadi.dkk, 2008

Pada jaringan tegangan rendah yang menggunakan tiang bersama dengan jaringan tegangan menengah maka jarak gawang (Span) harus di jaga agar tidak lebih dari 60 meter.

Di dalam menentukan panjang tiang beberapa faktor yang harus dipertimbangkan adalah:

- a. Jarak aman antara saluran tegangan menengah dan tegangan rendah.

- b. Posisi trafo tiang, dan
- c. Tinggi rendahnya trafo dengan penyangga dua tiang.

Gambar 2.2 menunjukkan jarak aman yang diperlukan untuk menentukan panjang tiang. Pada gambar tersebut diperlihatkan bahwa panjang tiang minimum untuk tegangan menengah 11 meter (9,2 meter diatas tanah) dan untuk tegangan rendah 9 meter (7,5 meter diatas tanah).

2.4 Tegangan Jatuh (*Drop Voltage*)

Jatuh tegangan Tegangan jatuh atau drop tegangan (*drop voltage*) atau juga rugi tegangan adalah perbedaan tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar.

Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai tegangan jatuh, adalah:

- a. Panjang dari kabel penghantar, semakin panjang kabel semakin besar nilai tegangan jatuhnya
- b. Luas penampang penghantar, luas penampang kabel yang besar (diameter) akan memiliki nilai tegangan jatuh yang lebih kecil dibandingkan dengan kabel yang mempunyai luas penampang yang lebih kecil pada panjang kabel yang sama
- c. Resistivitas atau tahanan jenis dari konduktor penghantar
- d. Besar nilai arus, semakin besar nilai arus, maka akan semakin turun nilai dari tegangan.

Adapun rumus tegangan jatuh adalah:

$$V_d = \frac{(\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \theta)}{A} \quad (2.1)$$

$$V_r = V_s - V_d$$

Dimana:

V_d = Jatuh Tegangan atau rugi tegangan (V)

ρ = Tahanan jenis penghantar (Ohm.m)

L = Panjang kabel penghantar (m)

I = Besar arus (A)

$\cos \theta$ = Faktor daya

A = Luas penampang penghantar (mm²)

V_r = Tegangan ujung (V)

V_s = Tegangan pangkal (V)

Persentase Rugi Tegangan pada Ujung Jaringan

$$V_{drop\ ujung} (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

V_d = Persentase *Voltage Drop* (%)

V_r = Tegangan ujung (V)

V_s = Tegangan pangkal (V)

2.5 Hambatan

Hambatan atau tahanan adalah suatu nilai pengukuran, seberapa sulit arus listrik yang melewati suatu konduktor. *International System of Units* (SI) dari

hambatan adalah Ohm (Ω). Resistansi (R) suatu benda didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan tegangan yang menyeberanginya (V), terhadap arus yang melewatinya (I).

Faktor faktor yang mempengaruhi nilai hambatan atau tahanan adalah:

- a. Panjang kabel penghantar, semakin panjang kabel semakin besar nilai tahanannya. Panjang kabel proporsional (berbanding lurus) dengan nilai hambatannya
- b. Luas penampang penghantar, luas penampang kabel yang besar (diameter), akan memiliki nilai tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan kabel yang mempunyai luas penampang yang lebih kecil, pada panjang kabel yang sama. Luas penampang penghantar berbanding terbalik dengan nilai hambatannya.
- c. Resistivitas atau tahanan jenis dari konduktor penghantar, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu konduktor, maka akan semakin kecil nilai tahanannya.
- d. Suhu pada penghantar, semakin tinggi suhu penghantar akan memperbesar nilai tahanan suatu penghantar.

Adapun rumus dari hambatan adalah:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.3)$$

Dimana:

R = tahanan penghantar (Ω)

ρ = tahanan jenis penghantar ($\Omega \cdot m$)

L = panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m^2)

2.6 Hambatan Jenis

Hambatan jenis atau tahanan jenis adalah nilai dari seberapa kuat suatu material menghambat aliran arus listrik. Hambatan jenis biasanya disimbolkan dengan huruf Yunani, yaitu ρ (rho). *International System of Units* (SI) dari hambatan jenis adalah Ohm-meter (Ωm).

2.7 Kuat Hantar Arus (KHA)

Kuat Hantar Arus (KHA) adalah jumlah maksimum dari arus listrik pada konduktor atau penghantar yang dapat dibawa sebelum mengalami pemerosotan. KHA adalah arus listrik *Root Mean Square* (RMS), yang dapat dibawa oleh konduktor atau penghantar, secara berkelanjutan (*continuous*), sambil tetap dalam suhu nominalnya atau *rating*-nya.

Faktor-faktor yang memengaruhi nilai Kuat Hantar Arus (KHA), adalah:

- a. Nilai hambatan listrik pada suatu material atau konduktor
- b. Resistivitas atau tahanan jenis dari konduktor penghantar
- c. Suhu dari lingkungan dan suhu dari isolasi penghantar
- d. Frekuensi dari arus

- e. Kemampuan dalam mendisipasi panas (menghilangkan panas). yang mana hal tersebut bergantung kepada ukuran konduktor dan lingkungan sekitar.

2.8 Rugi Daya

Rugi daya saluran timbul karena adanya komponen resistansi dan reaktansi saluran dalam bentuk rugi daya aktif dan reaktif. Rugi daya aktif yang timbul pada komponen resistansi saluran distribusi akan terdisipasi dalam bentuk energi. Sedangkan rugi daya reaktif akan dikembalikan ke sistem dalam bentuk medan magnet atau medan listrik.

Adapun rumus mencari susut daya adalah:

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \\
 P &= I^2 \cdot R
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

Dimana

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Besar arus (A)

R = Resistansi pada penghantar (Ohm)

2.9 ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)

2.9.1 Pengertian ETAP

Perangkat lunak ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara realtime. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain:

- a. Analisa aliran daya
- b. Analisa hubung singkat
- c. *Arc Flash Analysis*
- d. Analisa kestabilan transien. dll.

Dalam menganalisa tenaga listrik suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah di standardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari

peralatan listrik tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama atas-ke-bawah. sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

2.9.2 Standar Simbol ETAP

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC, Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda ANSI adalah Amerika yang berarti 60 Hz dan IEC adalah Eropa yang berarti 50 Hz yaitu sesuai dengan frekuensi yang dipakai oleh Indonesia.

2.9.3 Langkah Penggunaan ETAP

Ada beberapa prosedur yang dilakukan dalam menggunakan ETAP PowerStation 12.6 yaitu:

A. Mempersiapkan Plant

Persiapan yang perlu dilakukan dalam analisa/desain dengan bantuan ETAP

PowerStation adalah :

- a) *Single Line* Diagram
- b) Data peralatan baik elektris maupun mekanis

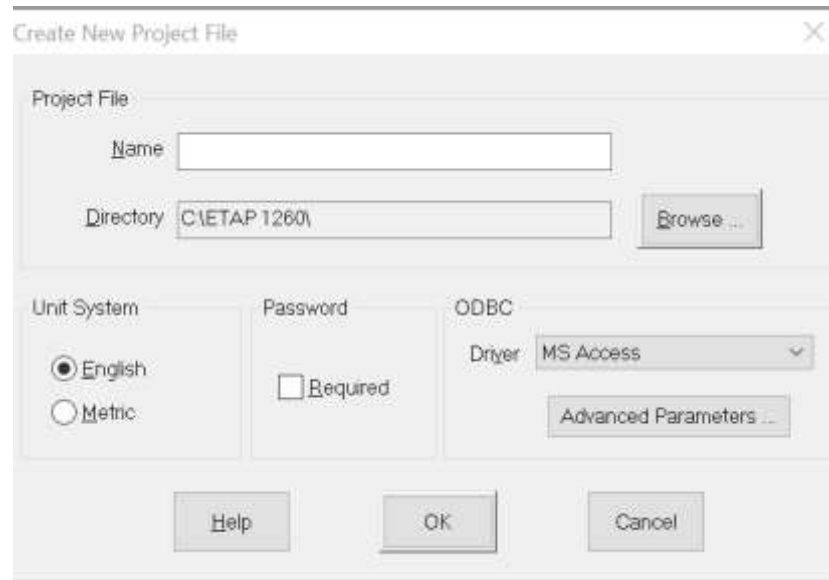
c) *Library* untuk mempermudah editing data

Single Line Diagram tersebut membutuhkan data peralatan sesuai dengan data peralatan baik elektrik maupun mekanis sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------|--|
| a. <i>Power Grid</i> | i. Motor Sinkron |
| b. Generator | j. Motor Induksi |
| c. <i>Mode Voltage Control</i> | k. <i>High Filter</i> |
| d. Bus | l. <i>Capacitor</i> |
| e. Transformator | m. <i>Over Current Relay</i> |
| f. <i>Circuit Breaker</i> | n. <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> |
| g. <i>Disconnect Switch</i> | o. Charger |
| h. <i>Lumped load</i> | |

B. Membuat Proyek Baru

- a. Klik tombol *New* atau klik menu File lalu akan muncul kotak dialog sebagai berikut :



Gambar 2.3 Create New Project File

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

- b. Lalu ketik nama *file project* , Misalnya : Pelatihan, Lalu klik Ok atau tekan Enter.
- c. Akan muncul kotak dialog *User Information* yang berisi data pengguna software. Isikan nama anda dan deskripsi proyek anda. Lalu klik Ok atau tekan Enter.

User Information [X]

User Name: [OK]

Full Name:

Description: [Cancel]

Password: [Delete]

Confirmed Password: [Help]

Access level permissions

<input checked="" type="checkbox"/> Administrator	<input checked="" type="checkbox"/> Revision Editor	<input checked="" type="checkbox"/> Librarian
<input checked="" type="checkbox"/> Project Editor	<input checked="" type="checkbox"/> Checker	<input checked="" type="checkbox"/> Controller
<input checked="" type="checkbox"/> Base Editor	<input checked="" type="checkbox"/> Browser	<input checked="" type="checkbox"/> Operator

Gambar 2.4 User Information

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

- d. Anda telah membuat file proyek baru dan siap untuk menggambar *one-line* diagram di layar. Lalu buat *One-line* diagram.

C. Menggambar Single Line Diagram

Menggambar *single line* diagram dilakukan dengan cara memilih simbol peralatan listrik pada menu bar disebelah kanan layar. Klik pada simbol, kemudian arahkan kursor pada media gambar. Untuk menempatkan peralatan pada media gambar, klik kursor pada media gambar.

Untuk mempercepat proses penyusunan *single line* diagram, semua komponen dapat secara langsung diletakkan pada media gambar. Untuk

mengetahui kontinuitas antar komponen dapat di-cek dengan *Continuity Check* pada menu bar utama.

Pemakaian *Continuity Check* dapat diketahui hasilnya dengan melihat warna komponen/*branch*. Warna hitam berarti telah terhubung, warna abu-abu berarti belum terhubung.

D. Editing Data Peralatan

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| a. Bus | e. <i>Induction machine</i> |
| b. Generator | f. <i>Static Load</i> |
| c. <i>Cable</i> | g. <i>Circuit Breaker</i> |
| d. <i>2-Winding Trafo</i> | h. <i>Fuse</i> |

Data Peralatan yang diperlukan oleh ETAP *PowerStation* untuk analisa sangat detail sehingga kadang membuat beberapa pengguna kesulitan dalam memperoleh data tersebut. Untuk mempermudah memasukkan data, maka harus diidentifikasi terlebih dahulu keperluan data. Sebagai contoh, analisa hubung singkat membutuhkan data yang lebih kompleks daripada analisa aliran daya. Jadi tidak perlu memasukkan semua parameter yang diminta pada menu editor komponen oleh ETAP *PowerStation*.

E. Melakukan Studi /Analisa

Dengan ETAP PowerStation dapat dilakukan beberapa analisa pada sistem kelistrikan yang telah digambarkan dalam *single line* diagram. Studi-studi tersebut adalah:

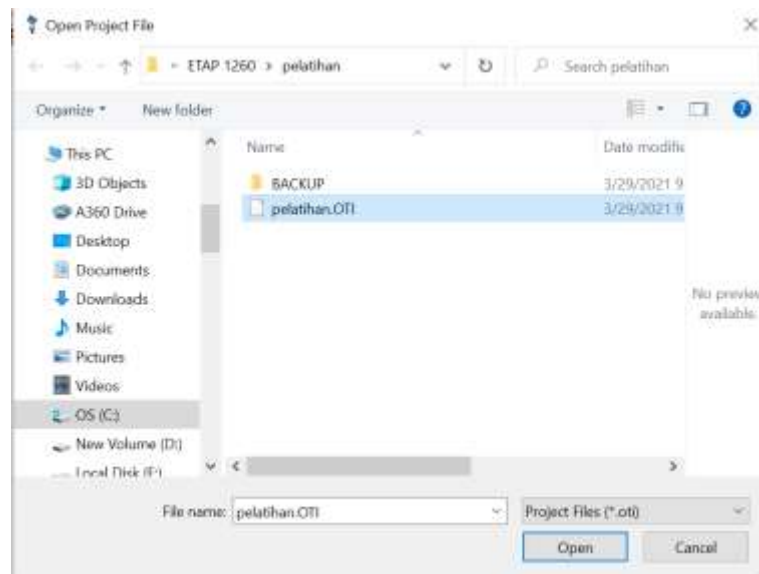
- a. *Load Flow Analysis* (LF)
- b. *Short Circuit Analysis* (SC)
- c. *Motor Starting Analysis* (MS)
- d. *Unbalanced Load Flow Analysis* (ULF)
- e. *Transient Stability Analysis* (TS)
- f. *Cable Ampacity Derating Analysis* (CD)
- g. *Power Plot Interface*

F. Menyimpan File Project (*Save Project*)

Masuk menu bar File. pilih Save atau click toolbar.

G. Membuka File Project (*Open Project*)

- a. Masuk menu bar File. pilih *Open File* lalu tentukan direktori tempat menyimpan filenya (*browse*) atau click toolbar.
- b. Pilih file yang dituju kemudian click open.



Gambar 2.5 Membuka *File Project*

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

H. Menutup *Project (Close Project)*

Klik menu File lalu klik *Close Project* atau klik toolbar *Close*.

I. Keluar Dari Program (*Exit Program*)

Klik menu File lalu klik Exit untuk keluar dari program ETAP.

2.10 Kelayakan Investasi

Analisa kelayakan investasi merupakan suatu alat bantu bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan investasinya, apakah investasi tersebut diteruskan atau tidak. Sehingga kelayakan investasi dapat membantu manajemen perusahaan untuk meningkatkan keuntungan pemilik perusahaan tersebut.

2.10.1 Pengertian Investasi

Investasi merupakan pengorbanan atau pengeluaran untuk suatu harapan di masa yang akan datang. Ada dua faktor yang terlibat dalam suatu investasi yaitu waktu dan resiko. Pada jenis investasi tertentu faktor waktu lebih berperan, sementara pada jenis investasi yang lain faktor resiko lebih dominan.

Secara umum investasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu investasi finansial dan investasi nyata. Apabila seseorang melakukan investasi dengan menyimpan uang atau sumber daya yang dimilikinya dalam bentuk-bentuk instrumen keuangan seperti saham, obligasi dan yang lainnya maka ia melakukan investasi finansial. Sedangkan investasi nyata diwujudkan dalam benda-benda (aset) nyata seperti pabrik, peralatan produksi, tanah dan sebagainya.

Adapun perhitungan investasi didasarkan atas perhitungan harga bayangan (shadow price) atau harga perkiraan baik harga material maupun jasa, mengingat yang dihitung adalah suatu kondisi yang baru akan terjadi di masa datang.

2.10.2 Pertimbangan Kelayakan Investasi

Adapun beberapa pertimbangan yang digunakan dalam kelayakan investasi:

a. Benefit

Benefit / laba merupakan Keuntungan/manfaat yang diperoleh yang diperoleh pada suatu usaha/proyek. Laba juga dapat didefinisikan sebagai selisih antara pendapatan dengan biaya yang dikeluarkan. Dalam teknis pengaplikasiannya, faktor yang mempengaruhi benefit adalah biaya-biaya penyusutan seperti biaya produksi, biaya operasi dan perawatan.

2.10.3 Klasifikasi Laba

Adapun pembagian laba terdiri atas :

- a. Laba kotor merupakan selisih dari penjualan bersih dan harga pokok penjualan. Laba ini dinamakan laba kotor hasil penjualan bersih belum dikurangi dengan beban operasi lainnya untuk periode tertentu.
- b. Laba bersih yaitu laba kotor dikurangi dengan sejumlah biaya penjualan, biaya administrasi dan umum.

Rumus perhitungan Laba Netto:

$$LN = LB - D \quad (2.5)$$

Dimana:

LN = Laba Netto

LB = Laba Bruto

D = Depresiasi / Biaya Biaya Penyusutan

c. Payback Periode

Pay Back Periode/pengembalian adalah jumlah periode (tahun) yang diperlukan untuk mengembalikan ongkos investasi awal dengan tingkat pengembalian tertentu. *Pay Back Periode* berfungsi untuk mengukur seberapa cepat suatu investasi bisa kembali karena dasar yang digunakan adalah laba bersih/benefit. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Pay Back Periode} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Laba Bersih}} \quad (2.6)$$

Dengan demikian, semakin cepat waktu modal kembali maka investasi tersebut dinyatakan layak untuk dilaksanakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

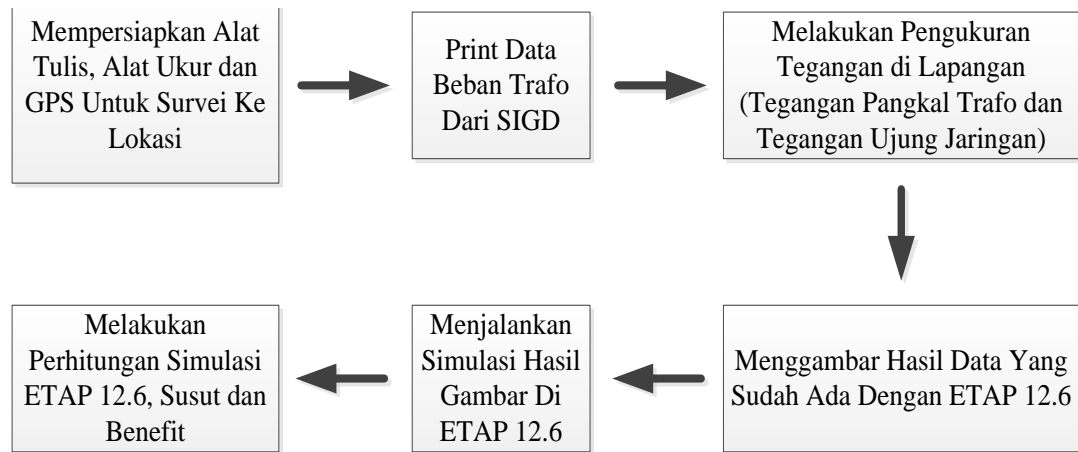
Penelitian ini dilaksanakan di PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan yang berlokasi di jalan kota pari rayon *card* PR198.

3.2 Data Penelitian

Adapun sumber data yang telah diperoleh dari hasil penelitian ini adalah berupa data pembebanan trafo dan tegangan ujung dari aplikasi Sistem Informasi Gardu Distribusi (SIGD) pada rayon *card* PR198 pada bulan Maret tahun 2021.

Secara teknis proses analisisnya menggunakan ETAP 12,6 melalui metode ini sistem penganalisaan akan mempertimbangkan faktor perbaikan tegangan jatuh pada ujung jaringan tegangan rendah dan perbaikan susut daya setelah perbaikan penggantian kabel dari TIC 2x10mm² menjadi TIC 3x70+1x50mm².

3.3 Diagram Penelitian



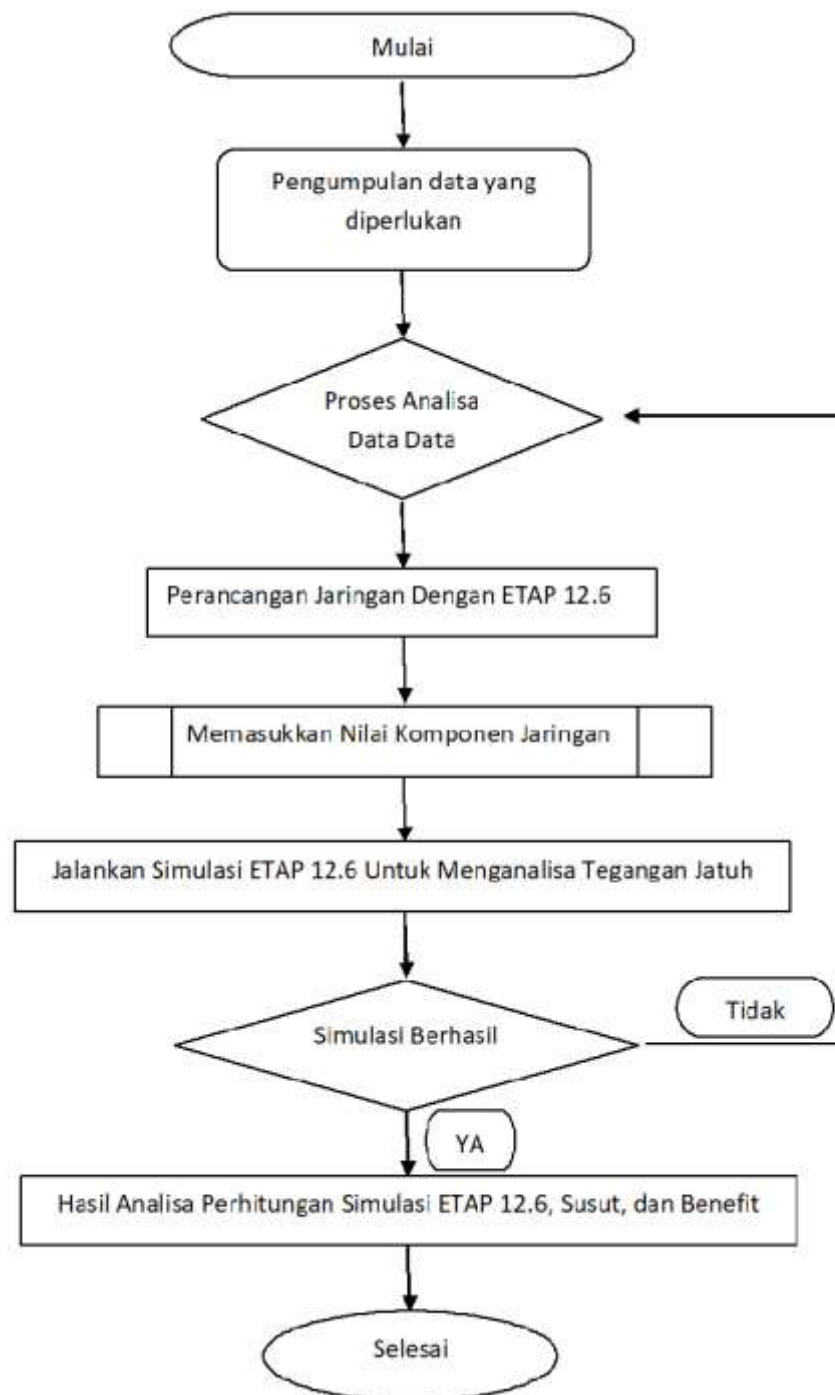
Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian

Sumber: Penulis, 2021

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa langkah – langkah yaitu:

- a. Membuat perencanaan / membuat jadwal kegiatan dan *study literature*.
- b. Proses pengumpulan data meliputi *study literature* lanjutan. pengumpulan dan pengolahan data teknis dan finansial untuk perencanaan perbaikan penggantian kabel TIC 2x10mm menjadi TIC 3x70+1x50mm di PT PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan.
- c. Proses analisa data meliputi pembuatan dan analisa secara teknis dengan simulasi ETAP 12,6 serta analisa kelayakan pembangunan secara finansial/ekonomis.
- d. Hasil analisa dan benefit meliputi proses hasil akhir dari penelitian yang dirangkum pada buku tugas akhir ini.

3.4 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Proses Penelitian Tugas Akhir

Sumber: Penulis, 2021

3.5 Jadwal Penelitian

Dalam penelitian ini susunan rencana kegiatan yang dilakukan telah di jadwalkan sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian Tugas Akhir

No	Kegiatan	Maret 2021				April 2021				Mei 2021			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■				
2	Pengumpulan dan Pengolahan Data				■	■	■	■	■	■	■		
3	Analisis data				■	■	■	■	■	■	■	■	
4	Penulisan Tugas Akhir Sampai Selesai				■	■	■	■	■	■	■	■	

Sumber: Penulis, 2021

BAB IV

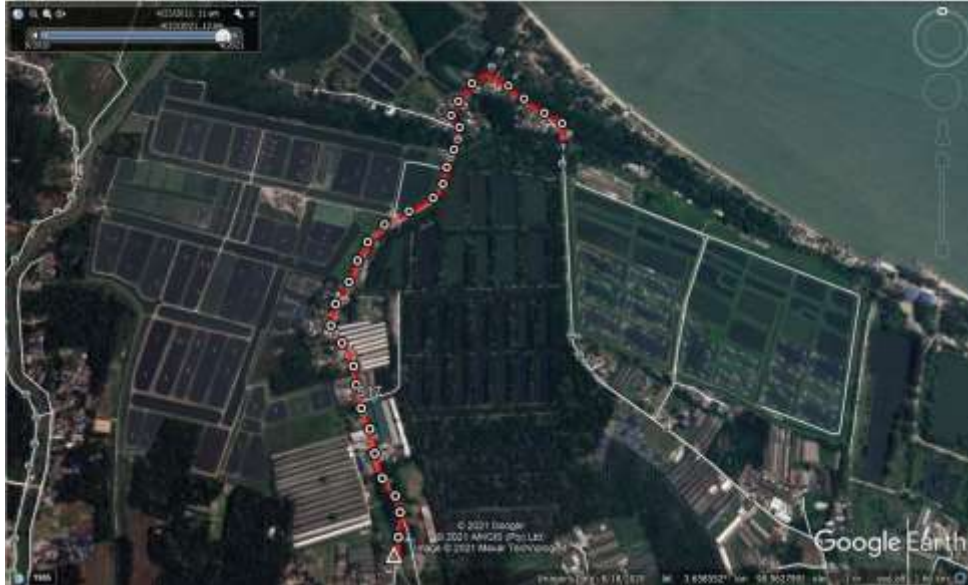
ANALISA HASIL PENELITIAN

4.1 Analisa Teknis

4.1.1 Kondisi Teknis

PT PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam memiliki 7 Unit Layanan Pelanggan (ULP) yang diantaranya adalah ULP Perbaungan. Dalam lingkup pelayanan distribusinya adalah wilayah serdang berdagai dan mempunyai jumlah trafo sebanyak 520 unit untuk mendistribusikan listrik ke masyarakat. Namun terdapat permasalahan dimana salah satu trafo dengan kode PR198 yang berlokasi di jl. Kota pari memiliki tegangan yang tidak sesuai standar yang berlaku pada ujung jaringan tegangan rendah trafo tersebut. Sehingga mengakibatkan tegangan jatuh sebab jaringan tegangan rendah yang ada dilokasi masih menggunakan kabel jenis TIC 2x10mm². Sehingga perlu dilakukan perbaikan tegangan dengan merencanakan pembangunan *uprating* kabel guna memperoleh tegangan yang memenuhi standar pelayanan yang telah ditetapkan.

Total panjang jaringan tegangan rendah pada kode trafo PR198 sepanjang ±1300 meter dengan rincian luas penampang jenis kabel TIC 3x70+1x50mm sepanjang ±750 meter dan luas penampang jenis kabel TIC 2x10mm sepanjang ±550 meter seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.1 Gambar Topografi PR198

Sumber: Google Earth, 2021



Gambar 4.2 Gambar Trafo PR198

Sumber: Penulis, 2021

dengan pembebanan trafo pada gambar di bawah ini:

PT PLN (PERSERO) WILAYAH SUMATERA UTARA
CABANG LUBUKPAKAM
RANTING PERBAUNGAN

DATA TRANSFORMATOR			
Kode Gardu-No Trafo	PR198-1	Tegangan Primer L-L (KV)	20
Lokasi	KOTA PARI	Tegangan Sekunder L-L (Volt)	400
Feeder	PUD6	Arus Primer (Amp)	2.89
Daya (kVA)	100	Arus Sekunder (Amp)	144.3
Posisi Tap	3/5	Jenis Minyak	Mineral
Fasa	3	Vektor Group	YZN5
No. Seri	B07180068	Impedansi (%)	4
Merk	MORAWA	Temperatur (C)	55

Pengaman Sekunder IN : NTFUSE 250 A
Jumlah Jurusan : 2

Opstik Kabel Incoming : NYY 70 mm²
Opstik Kabel Outgoing : TIC 50 mm²

Konstruksi :

PENGUKURAN										
L W B P	JURUSAN OUTGOING								INCOMING	
	UTARA	SELATAN	-	-	-	-	-	-	Amp	%
R (Amp)	49	0	0	0	0	0	0	0	49	34
S (Amp)	50	0	0	0	0	0	0	0	50	35
T (Amp)	56	0	0	0	0	0	0	0	56	39
N (Amp)	21	0	0	0	0	0	0	0	21	
BEBAN (%)	36	0	0	0	0	0	0	0		
W B P										
R (Amp)	51	0	0	0	0	0	0	0	51	35
S (Amp)	81	0	0	0	0	0	0	0	81	56
T (Amp)	82	0	0	0	0	0	0	0	82	57
N (Amp)	28	0	0	0	0	0	0	0	28	
BEBAN (%)	49	0	0	0	0	0	0	0		
TEG. UJUNG L-N (Volt)	208	198	0	0	0	0	0	0		
PENGHANTAR JTR	NTFUSE: 160 A TIC 50 mm 685 m	NTFUSE: 160 A TIC 50 mm 420 m								

**BEBAN
49 %
49 kVA**

Gambar 4.3 Beban Trafo PR198

Sumber: Aplikasi SIGD, 2021

4.1.2 Fakta Gardu PR198

Berikut merupakan kondisi existing yang berada di gardu distribusi PR198 yang beralamat di jalan kota pari, Perbaungan:

- Dari penghantar SUTM menuju trafo PR198 menggunakan AAAC 70mm².
- Dari trafo PR198 menuju *Low Volatge Cabinet (LVC) incoming*. menggunakan Kabel NYY 150mm².
- Dari LVC menuju JTR *outgoing* menggunakan TIC 50mm².

- d. Pada JTR dari pangkal trafo sampai dengan sepanjang 750m menggunakan TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ dan sepanjang 550m menggunakan TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$.
- e. Total panjang kabel JTR PR198 sekitar 1300 meter
- f. Besar arus pada jurusan JTR pada fasa R 51A fasa S 81A dan fasa T 82A secara total keseluruhan beban pada PR198 49kVA dengan arus 214 Ampere. dan beban pada jaringan TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ 17kVA dengan arus 73 Ampere.
- g. Besar nilai tegangan pada gardu distribusi (tegangan pangkal) pada fasa R 224V. fasa S 226V dan fasa T 228V (diukur berdasarkan dengan tang ampere petugas lapangan).
- h. Besar tegangan ujung pada TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ 210V dan pada kabel TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ sebesar 164V.

Dari fakta yang dipaparkan diatas, dapat dianalisa faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya jatuh tegangan pada sisi pelanggan bagian ujung:

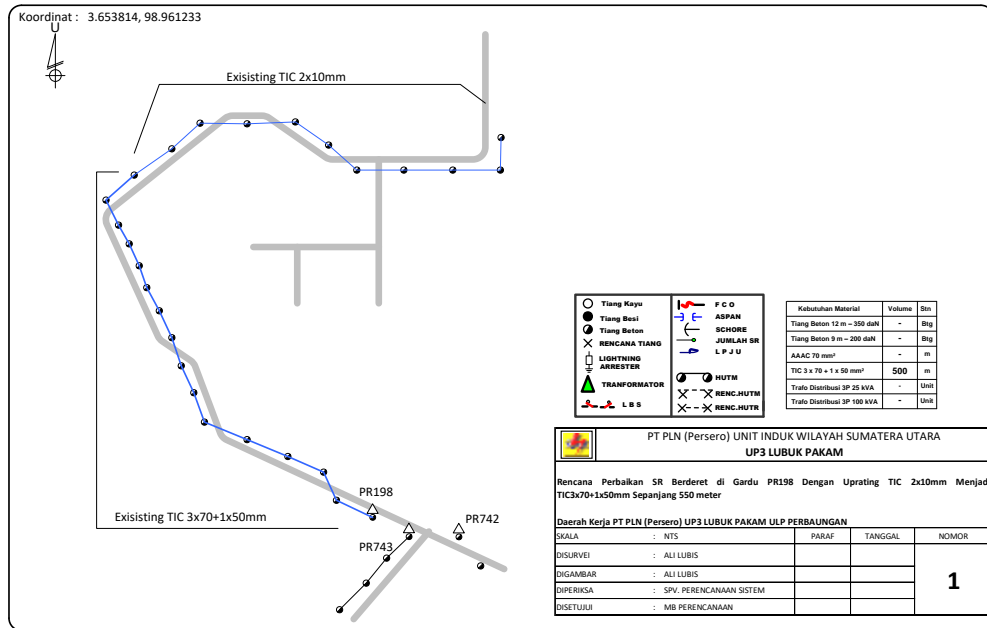
- a. Jenis bahan konduktor tidak menjadi masalah dikarenakan penggunaan aluminium di PLN merupakan hal yang normal.
- b. Besar arus jurusan terlihat ada ketidakseimbangan beban.
- c. Panjang kabel JTR sudah terlalu panjang dan pada hantaran TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ harus direncanakan untuk *uprating* luas penampang yang lebih besar.

- d. Pada kasus ini alternatif solusi perbaikan tegangan jatuh adalah dengan merencanakan uprating kabel dari TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ sepanjang 550 meter menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$, disamping biaya investasi yang lebih kecil dan dampak yang dihasilkan dari *uprating* kabel lebih baik dalam perbaikan tegangan jatuh.

4.1.3 Pemodelan Gambar Trafo PR198 Menggunakan Simulasi ETAP 12.6

ETAP merupakan suatu *software* analisis komprehensif untuk mendesain dan mensimulasi suatu sistem rangkaian tenaga listrik. Analisa yang digunakan dengan *software* ETAP 12.6 yang digunakan adalah power flow, drop tegangan dan *losses* jaringan. ETAP juga bisa memberikan *warning* terhadap bus-bus yang *undervoltage* dan *overvoltage* sehingga pengguna bisa mengetahui bus mana yang tidak beroperasi optimal. Untuk menganalisa suatu rangkaian diperlukan data rangkaian yang lengkap sehingga hasil perhitungan ETAP 12.6 lebih akurat.

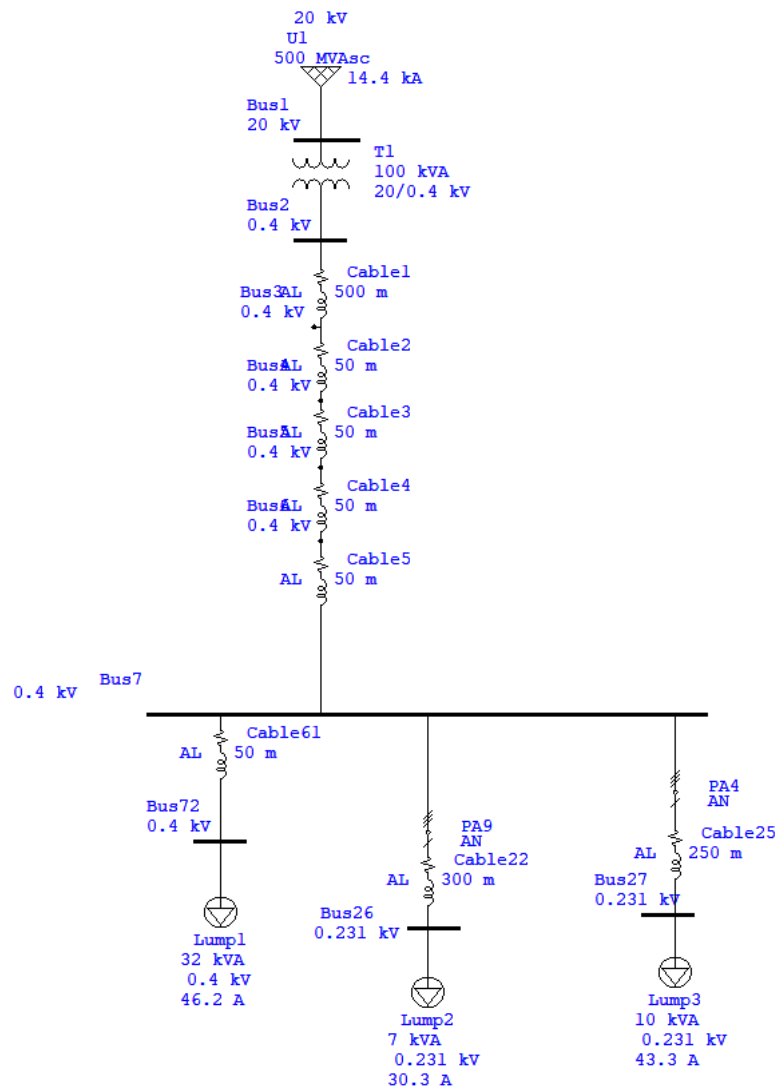
ETAP mengintegrasikan data-data rangkaian tenaga seperti kapasitas transformator distribusi, panjang jaringan, resistansi jaringan per km, supply dari gardu menjadi suatu kesatuan analisis teknis. Berikut gambar pemodelan *single line* diagram pada trafo PR198 yang berlokasi di jalan kota pari:



Gambar 4.4 Single Line Diagram PR198

Sumber: Gambar Visio, 2021

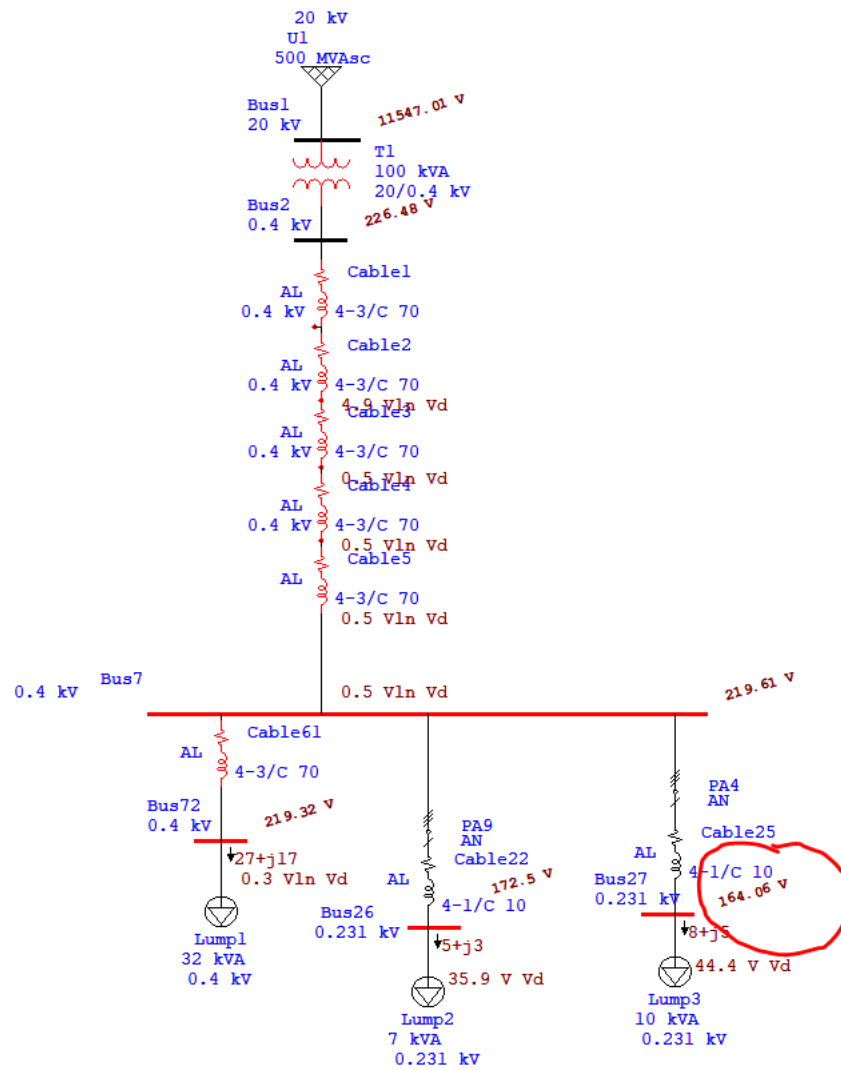
Pemodelan gambar PR198 dengan menggunakan ETAP 12.6 dapat di lihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.5 Single Line Diagram Dengan ETAP 12.6 PR198

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

Fakta di lapangan dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan petugas dengan menggunakan tang amperes hasil yang di dapati pada tegangan ujung jaringan tegangan rendah (JTR) adalah 164 volt namun dapat di lihat dari pemodelan hasil simulasi dengan menggunakan ETAP 12.6 bisa dilihat jatuh tegangan yang di dapati seperti gambar berikut:



Gambar 4.6 Hasil Simulasi ETAP 12.6 Tegangan Ujung

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

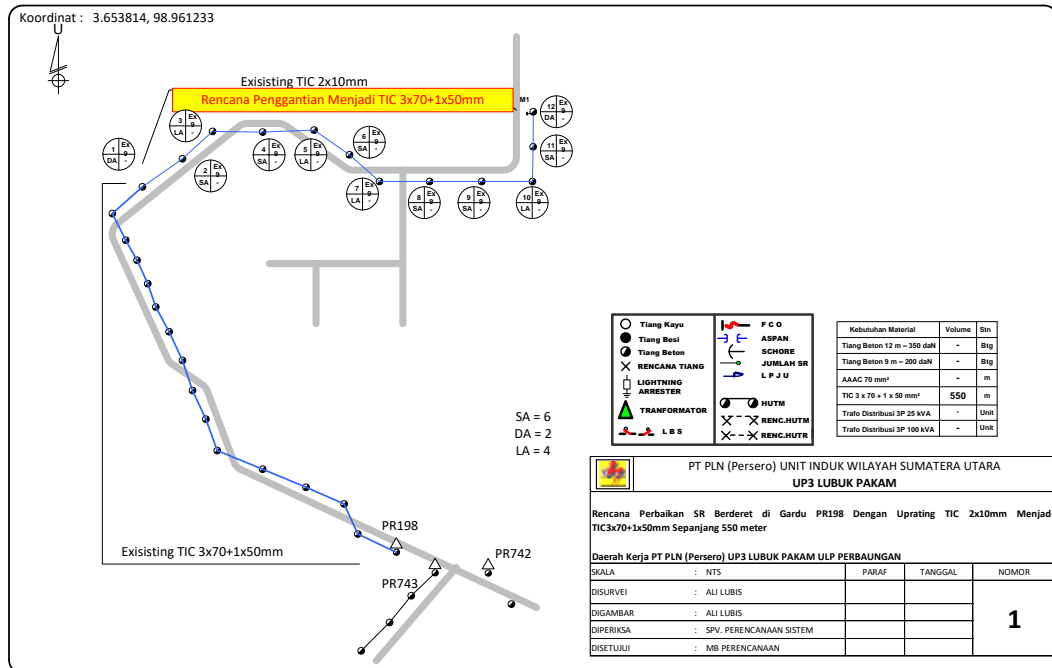
Branch Losses Summary Report

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Amps in Busbar Winding
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
Cable1	A	0.027	0.014	-0.026	-0.013	1.3	0.4	98.7	92.4	4.34	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.1	0.1	98.8	97.7	1.01	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.2	0.0	98.8	97.8	0.99	0.00
Cable2	A	0.026	0.013	-0.026	-0.013	0.2	0.0	92.4	91.8	0.56	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.8	0.09	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.8	97.8	0.01	0.00
Cable3	A	0.026	0.013	-0.026	-0.013	0.1	0.0	91.8	91.4	0.47	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.8	97.5	0.30	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.8	97.7	0.20	0.00
Cable4	A	0.026	0.013	-0.026	-0.013	0.2	0.0	91.4	90.8	0.56	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.5	97.4	0.09	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.7	0.01	0.00
Cable5	A	0.026	0.013	-0.025	-0.013	0.2	0.0	90.8	90.3	0.56	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.4	97.3	0.09	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.7	0.01	0.00
Cable22	A	0.007	0.003	-0.007	-0.003	1.5	0.1	90.3	78.7	15.56	0.00
Cable25	A	0.010	0.005	-0.008	-0.007	2.7	0.2	80.3	71.0	19.22	0.00
Cable61	A	0.008	0.003	-0.008	-0.007	0.0	0.0	90.3	90.1	0.12	0.00
	B	0.010	0.004	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.3	97.2	0.14	0.00
	C	0.009	0.004	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.8	0.12	0.00
T1	A	0.017	0.012	-0.027	-0.014	-10.8	1.8	100.0	96.7	3.30	0.00
	B	0.010	0.004	-0.010	-0.006	-0.2	0.8	100.0	98.8	1.23	0.00
	C	0.021	0.005	-0.009	-0.006	11.9	-1.3	100.0	98.8	1.24	0.00
						7.3	2.1				

Gambar 4.7 Hasil Report Simulasi Power Loss ETAP 12.6

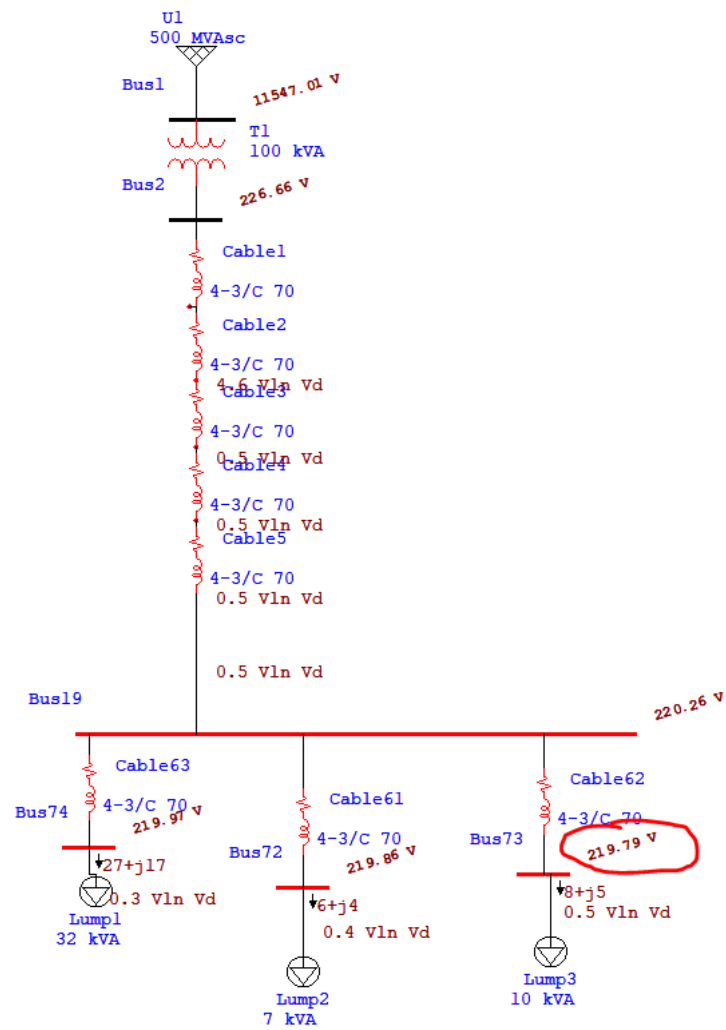
Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

Dari hasil simulasi dengan menggunakan program ETAP 12.6 yang ada didapatkan tegangan jatuh pada ujung jaringan tegangan rendah sebesar 164 volt dengan losses sebesar 7,3 kW. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan mutu tegangan pada ujung JTR guna mengoptimalkan layanan ke pelanggan yang berada di ujung jaringan trafo PR198. Adapun hasil pemodelan perbaikan tegangan ujung pada JTR trafo PR198 dilakukan dengan menguprating kabel existing TIC 2x10mm² menjadi TIC 3x70+1x50mm² sepanjang 550 meter yang ditunjukkan dengan pemodelan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.8 Perencanaan *Uprating* Kabel TIC 2x10mm² Menjadi TIC 3x70+1x50mm²

Sumber: Gambar Visio, 2021



Gambar 4.9 Hasil Simulasi ETAP 12.6 Setelah Dilakukan *Upgrading* Kabel Tegangan Ujung

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vomag	Amps in Busbar Winding
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	KW	kvar	From	To		
Cable1	A	0.024	0.014	-0.023	-0.014	1.1	0.3	96.9	93.1	3.83	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.1	0.1	98.8	97.7	1.11	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.1	0.0	98.8	97.8	0.99	0.00
Cable2	A	0.023	0.014	-0.023	-0.014	0.1	0.0	93.1	92.6	0.48	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.5	0.11	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.8	97.8	0.00	0.00
Cable3	A	0.023	0.014	-0.023	-0.014	0.1	0.0	92.6	92.2	0.38	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.5	97.4	0.11	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.8	97.7	0.10	0.00
Cable4	A	0.023	0.014	-0.022	-0.013	0.1	0.0	92.2	91.7	0.48	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.4	97.3	0.11	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.7	0.00	0.00
Cable5	A	0.022	0.013	-0.022	-0.013	0.1	0.0	91.7	91.2	0.48	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.3	97.2	0.11	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.7	0.00	0.00
Cable6	A	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	91.2	90.6	0.64	0.00
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.2	97.3	0.06	0.00
	C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.7	97.7	0.07	0.00
Cable62	A	0.000	0.005	-0.000	-0.005	0.1	0.0	91.2	90.5	0.76	0.00
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.2	97.3	0.07	0.00
	C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	97.7	97.8	0.08	0.00
Cable63	A	0.000	0.005	-0.000	-0.005	0.0	0.0	91.2	91.1	0.12	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.2	97.1	0.14	0.00
	C	0.009	0.006	-0.009	-0.006	0.0	0.0	97.7	97.6	0.17	0.00
T1	A	0.015	0.014	-0.024	-0.014	-8.3	0.6	100.0	96.9	2.00	0.00
	B	0.010	0.006	-0.010	-0.006	-0.2	0.7	100.0	98.8	1.24	0.00
	C	0.019	0.006	-0.009	-0.006	10.2	-0.1	100.0	98.8	1.23	0.00
						2.8	1.8				

Gambar 4.10 Hasil Report Simulasi Power Loss ETAP 12.6 Setelah Dilakukan Uprating Kabel

Sumber: Aplikasi ETAP 12.6, 2021

Dari hasil simulasi sesudah dilakukan perencanaan uprating kabel menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ pada ujung jaringan didapatkan bahwa pada tegangan ujung pada jaringan tegangan rendah pada trafo PR198 yang semula 164 volt dan susut 7,3 kW naik menjadi 219 volt dan susutnya turun menjadi 2,8 kW.

Adapun hasil perhitungan manual bisa kita cari dengan menggunakan rumus sebagai perbandingan antara perhitungan manual dengan hasil simulasi dari ETAP 12.6.

- a. Perhitungan jatuh tegangan dengan rumus pada jaringan existing bisa dilihat dibawah ini:

$$V_d = \frac{(\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \theta)}{A}$$

$$V_r = V_s - V_d$$

$$V_{drop\ ujung} (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$

Dimana diketahui

$$\rho \text{ (Aluminium)} = 2,65 \times 10^{-8} \text{ (Ohm.m)}$$

$$L = 550 \text{ (m)}$$

$$I = 73 \text{ (A)}$$

$$\cos \phi = 0,85$$

$$A = 10 \text{ (mm}^2\text{)} = 1 \times 10^{-5} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_s = 210 \text{ (V)}$$

Maka didapati jatuh tegangan pada kabel TIC 2x10mm² sepanjang 550m adalah:

$$V_d = \frac{(\sqrt{3} \times (2,65 \times 10^{-8}) \times 550 \times 73 \times 0,85)}{1 \times 10^{-5}}$$

$$V_d = \frac{156,6 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-5}}$$

$$V_d = 156,6V$$

$$V_r = 210 - 156,6$$

$$V_r = 53,4V$$

$$V_d (\%) = \frac{210 - 156,6}{210} \times 100\% = 25,42\%$$

Hasil perhitungan setelah dilakukan perencanaan uprating TIC 2x10mm² menjadi TIC 3x70+1x50mm².

$$V_d = \frac{(\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \theta)}{A}$$

$$V_r = V_s - V_d$$

$$V_{drop\ ujung} (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$

Dimana diketahui

$$\rho \text{ (Aluminium)} = 2,65 \times 10^{-8} \text{ (Ohm.m)}$$

$$L = 550 \text{ (m)}$$

$$I = 73 \text{ (A)}$$

$$\cos \phi = 0,85$$

$$A = 70 \text{ (mm}^2\text{)} = 7 \times 10^{-5} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_s = 210 \text{ (V)}$$

Maka didapati jatuh tegangan perencanaan setelah uprating menjadi

TIC 3x70+1x50mm² sepanjang 550m adalah:

$$V_d = \frac{(\sqrt{3} \times (2,65 \times 10^{-8}) \times 550 \times 73 \times 0,85)}{7 \times 10^{-5}}$$

$$V_d = \frac{156,6 \times 10^{-5}}{7 \times 10^{-5}}$$

$$V_d = 22,3V$$

$$V_r = 210 - 22,3$$

$$V_r = 187,7V$$

$$V_d (\%) = \frac{210 - 187,7}{210} \times 100\% = 10,61\%$$

Dan dapat pula kita mencari dengan rumus hambatan pada kabel untuk mengetahui susut daya sebagai perbandingan dengan hasil menggunakan simulasi ETAP 12.6 dapat dilihat dibawah ini:

- a. Resistansi pada TIC 3x70+1x50mm² panjang saluran 750 meter pada jaringan existing

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dimana diketahui:

$$\rho (\text{Aluminium}) = 2,65 \times 10^{-8} (\text{Ohm.m})$$

$$L = 750 (\text{m})$$

$$A = 70 (\text{mm}^2)$$

$$R = 2,65 \times 10^{-8} \times \left(\frac{750}{7 \times 10^{-5}} \right)$$

$$R = 0,283\Omega$$

- b. Resistansi pada TIC 2x10mm² panjang saluran 550 meter pada jaringan existing.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dimana diketahui:

$$\rho (\text{Aluminium}) = 2,65 \times 10^{-8} (\text{Ohm.m})$$

$$L = 550 \text{ (m)}$$

$$A = 10 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$R = 2,65 \times 10^{-8} \times \left(\frac{550}{1 \times 10^{-5}} \right)$$

$$R = 1,457\Omega$$

- c. Resistansi pada TIC 3x70+1x50mm² panjang saluran 550 meter setelah dilakukan perencanaan uprating kabel.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dimana diketahui:

$$\rho \text{ (Aluminium)} = 2,65 \times 10^{-8} \text{ (Ohm.m)}$$

$$L = 550 \text{ (m)}$$

$$A = 70 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$R = 2,65 \times 10^{-8} \times \left(\frac{550}{7 \times 10^{-5}} \right)$$

$$R = 0,208\Omega$$

- d. Power loss pada existing TIC 3x70+1x50mm² sepanjang 750 meter

$$P = V.I$$

$$P = I^2.R$$

Dimana diketahui:

$$P = (214)^2 \times 0,283$$

$$P = 12.960W$$

$$P = 12,9 kW$$

- e. Power loss pada existing TIC 2x10mm² sepanjang 550 meter

$$P = V.I$$

$$P = I^2.R$$

Dimana diketahui:

$$P = (73)^2 \times 1,457$$

$$P = 7.764,3W$$

$$P = 7,7 kW$$

- f. Power loss pada TIC 3x70+1x50mm² sepanjang 550 meter setelah dilakukan perencanaan uprating.

$$P = V.I$$

$$P = I^2.R$$

Dimana diketahui:

$$P = (73)^2 \times 0,208$$

$$P = 1.108,4W$$

$$P = 1,1 kW$$

Dapat kita lihat perbandingan tegangan jatuh dari hasil perhitungan dengan rumus dan perhitungan dari simulasi ETAP 12.6 pada table di bawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Perhitungan Tegangan Jatuh Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6

Jatuh Tegangan Pada Jaringan <i>Existing</i>		Jatuh Tegangan Sesudah Rencana <i>Uprating</i> Kabel	
Rumus	ETAP 12.6	Rumus	ETAP 12.6
53,4 Volt	164 Volt	187,7 Volt	219 Volt
25.42%		10.61%	

Sumber: Penulis, 2021

Dapat dilihat dari table perbandingan diatas bahwa pada jaringan existing terlihat tegangan ujung pada sisi pelanggan mengalami jatuh tegangan sebesar >10%. yang mana tegangan yang diizinkan oleh PLN menurut SPLN tahun 1995 tentang tegangan-tegangan standar , yaitu sekitar 10%.

Salah satu cara memperbaiki tegangan jatuh tersebut dengan menguprating kabel TIC 2x10mm² menjadi TIC 3x70+1x50mm², disamping dapat memperbaiki tegangan ujung. dengan uprating kabel juga dapat menekan susut teknik JTR.

Adapun perbandingan susut dari hasil perhitungan dengan rumus dan hasil simulasi dari ETAP 12.6 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Perbandingan Susut Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6

<i>Losses</i> Pada Jaringan <i>Existing</i>		<i>Losses</i> Sesudah Rencana <i>Uprating</i> Kabel	
Rumus	ETAP 12.6	Rumus	ETAP 12.6
7,7 kW	7,3 kW	1,1 kW	2,8 kW

Sumber: Penulis, 2021

Dapat dilihat perhitungan perbandingan susut pada jaringan *existing* perhitungan dengan rumus di dapati susut sebesar 7,7 kW dan pada simulasi ETAP 12.6 di dapati susut sebesar 7,3 kW. namun dapat juga di lihat pada

perencanaan setelah uprating kabel susut menurun menjadi pada perhitungan dengan rumus sebesar 1,1 kW dan pada simulasi ETAP 12.6 sebesar 2,8 kW.

Dari hasil analisa diatas dapat di hitung dengan rumus susut sebelum dan sesudah dengan asumsi penjualan rata – rata = Rp.1.467.28/kWh. seperti dibawah ini:

a. Susut Sebelum

Dengan menggunakan rumus:

Anggapan 1 tahun = 365 hari

$$\begin{aligned} \text{Maka.} &= 7,7 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp.} 99.970.970,56 \end{aligned}$$

Dengan hasil simulasi ETAP 12.6

$$\begin{aligned} \text{Maka.} &= 7,3 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp.} 93.829.621,44 \end{aligned}$$

b. Susut Sesudah

Dengan menggunakan rumus:

Anggapan 1 tahun = 365 hari

$$\begin{aligned} \text{Maka.} &= 1,1 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp.} 14.138.710,08 \end{aligned}$$

Dengan hasil simulasi ETAP 12.6

$$\begin{aligned} \text{Maka.} &= 2,8 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh} \\ &= \text{Rp.} 35.989.443,84 \end{aligned}$$

c. Susut setelah *uprating* bisa didapatkan *saving*:

Dengan menggunakan rumus

$$\Delta \text{ Susut} = \text{susut kondisi existing} - \text{susut setelah uprating}$$

$$= 7,7 - 1,1 \text{ kW}$$

$$= 6,6 \text{ kW}$$

Selama setahun (anggapan 1 tahun = 365 hari)

$$= 6,6 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp.} 84.832.260,48$$

Dengan hasil simulasi ETAP 12.6

Δ Susut = susut kondisi *existing* – susut setelah *uprating*

$$= 7,3 - 2,8 \text{ kW}$$

$$= 4,5 \text{ kW}$$

Selama setahun (anggapan 1 tahun = 365 hari)

$$= 4,5 \text{ kW} \times 8.760 \text{ jam/tahun} \times \text{Rp.}1.467,28/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp.} 57.840.177,6$$

Adapun perbandingan susut dari hasil perhitungan dengan rumus dan hasil simulasi dari ETAP 12.6 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Perbandingan Susut Terhadap Nilai Penjualan Per Tahun Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6

<i>Losses</i> Pada Jaringan <i>Existing</i> Terhadap Nilai Penjualan per Tahun		<i>Losses</i> Sesudah Rencana <i>Uprating</i> Kabel Terhadap Nilai Penjualan per Tahun		<i>Saving Losses</i> Sesudah Rencana <i>Uprating</i> Kabel Terhadap Nilai Penjualan per Tahun	
Rumus	ETAP 12.6	Rumus	ETAP 12.6	Rumus	ETAP 12.6
Rp. 99.970.970,56	Rp. 93.829.621,44	Rp. 14.138.710,08	Rp. 35.989.443,84	Rp. 84.832.260,48	Rp. 57.840.177,6

Sumber: Penulis, 2021

4.2 Analisa Finansial

4.2.1 Perhitungan Asumsi Biaya Investasi

Dalam perencanaan uprating kabel di jaringan tegangan rendah trafo PR198, selain memperhatikan secara teknis, diperlukan juga analisa perhitungan dari sisi pembiayaannya sehingga dari perencanaan diharapkan layak dari sisi ekonomisnya. Adapun asumsi investasi pada perencanaan uprating tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Asumsi Biaya Investasi Uprating Kabel TIC 2x10mm² Menjadi TIC 3x70+1x50mm² Sepanjang 550 meter

KETERANGAN	HARGA MAT. PLN (Rp)	BIAYA YANG DIPERLUKAN PIHAK REKANAN (Rp)			TOTAL (Rp)
		MATERIAL	JASA	JUMLAH	
		Jumlah Material	Rp 22.946.550	1.590.498	
Jumlah Jasa	Rp -	-	3.179.794	3.179.794	3.179.794
Jumlah	Rp 22.946.550	1.590.498	3.179.794	4.770.292	27.716.842
PPN 10%	Rp 2.294.655	159.050	317.979	477.029	2.771.684
Jumlah Total	Rp 25.241.205	1.749.548	3.497.773	5.247.321	30.488.526
Jumlah Pengadaan Material Pihak. III+Upah Pekerjaan/Jasa				Rp	5.247.321

Sumber: Penulis, 2021

4.2.2 Perhitungan Lama Kembali Investasi (*Payback Periode*) dan Keuntungan (*Benefit*)

Seperti yang telah diketahui hasil perhitungan sebelumnya bahwa biaya investasi perencanaan *uprating* kabel yaitu sebesar Rp.30.488.526. Asumsi biaya

O & M (operasi dan perawatan) pertahunnya sebesar 5% dari total biaya investasi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Asumsi biaya operasional dan perawatan} &= 5\% \times \text{total biaya investasi} \\ &= 5\% \times \text{Rp.30.488.526} \\ &= \text{Rp.1.524.426,3} \end{aligned}$$

Maka perhitungan Laba Netto / *Benefit* setiap tahunnya dengan menggunakan rumus adalah:

$$\begin{aligned} \text{Benefit / tahun} &= \text{Laba Bruto per tahun (LB)} - \text{Asumsi biaya O\&M per tahun (D)} \\ &= \text{Rp. 84.832.260,48} - \text{Rp.1.524.426,3} \\ &= \text{Rp.83.307.834,18} \end{aligned}$$

Sehingga lama kembalinya biaya investasinya (*Payback Periode*)

$$\begin{aligned} PB &= \frac{\text{Investasi}}{\text{Laba tahunan}} \\ PB &= \frac{\text{Rp. 30.488.526,00}}{\text{Rp. 83.307.834,18}} \\ &= 0,36 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Artinya, investasi yang ditanamkan sebesar Rp.30.488.526 akan kembali selama 0,36 tahun. Dan dapat pula sebagai pembandingan dari hasil simulasi ETAP 12.6 adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. 57.840.177,6} - \text{Rp.1.524.426,3} \\ &= \text{Rp.56.315.751,3} \end{aligned}$$

Sehingga lama kembalinya biaya investasinya (*Payback Periode*)

$$\begin{aligned} PB &= \frac{\text{Rp. 30.488.526,00}}{\text{Rp. 56.315.751,3}} \\ &= 0,54 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Artinya, investasi yang ditanamkan sebesar Rp.30.488.526 akan kembali selama 0,54 tahun. Dapat juga kita lihat perbandingan hasil perhitungan dengan rumus dan ETAP 12.6 pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Perbandingan *Benefit* dan *Payback Periode* Per Tahun Dengan Rumus dan Hasil Simulasi ETAP 12.6

<i>Benefit</i>		<i>Payback Periode</i>	
Rumus	ETAP 12.6	Rumus	ETAP 12.6
Rp.83.307.834,18	Rp.56.315.751,3	0,36 Tahun	0,54 Tahun

Sumber: Penulis, 2021

Dengan mempertimbangkan analisa ekonomis diatas maka *uprating* kabel layak untuk dilaksanakan guna memperbaiki jatuh tegangan dan perbaikan susut jaringan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa perencanaan uprating kabel TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Pada analisa teknis tegangan ujung trafo PR198 jalan kota pari dengan menggunakan ETAP 12.6 164 Volt dengan susut jaringan sebesar 7,3 kW. Dengan melakukan perencanaan penggantian / *uprating* pada jaringan tegangan rendah dari TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ sepanjang 550 meter, maka terdapat perbaikan tegangan pada tegangan ujung menjadi 219 Volt dengan susut jaringan sebesar 2,8 kW. Adapun bila dibandingkan dengan perhitungan rumus terdapat juga tegangan ujung 53,4 Volt dengan susut jaringan sebesar 7,7 kW, dan setelah melakukan perencanaan penggantian / *uprating* pada jaringan tegangan rendah didapati tegangan ujung 187,7 Volt dengan susut jaringan sebesar 1,1 kW.
- b. Pada perhitungan asumsi rencana biaya investasi didapatkan bahwa biaya total dari perencanaan uprating TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ sepanjang 550 meter membutuhkan biaya sebesar Rp.30.488.526
- c. Dari hasil diatas diperoleh perhitungan dengan rumus keuntungan setiap tahunnya adalah Rp. 83.307.834,18 dan dari hasil perhitungan

simulasi ETAP 12.6 diperoleh keuntungan Rp. 56.315.751,3 setiap tahunnya.

- d. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa lama kembalinya biaya investasi pada perencanaan uprating kabel TIC $2 \times 10 \text{mm}^2$ menjadi TIC $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ sepanjang 550 meter kembali selama 0,36 tahun dengan menggunakan rumus dan 0,54 tahun dari hasil perhitungan simulasi ETAP 12.6.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat disampaikan, sebagai berikut:

- a. Dari hasil kesimpulan yang didapat bahwa merealisasikan pekerjaan uprating kabel pada gardu PR198 jalan kota pari sangatlah diperlukan, pertama karena alasan standar PLN, kedua karena alasan kehandalan untuk menjaga kualitas tegangan ke pelanggan.
- b. Penggunaan program ETAP 12.6 pada perencanaan *uprating* kabel sangat membantu dalam proses mengkalkulasi susut daya dan susut tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(7), 867-873.
- SK Dekan Fakultas Teknik Universitas Panca Budi Nomor : 066/03/D/FT/17 Mei/2017. *Buku Panduan Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Panca Budi*.
- KEPDIR PT. PLN (Persero) Nomor : 457.K./DIR/11 Agustus/2010. *Buku I : Kriteria Disain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*.
- Suhadi (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Suhadi (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 2. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sampeallo, A., Galla, W., & Sare, R. (2019). Analisa Rugi Daya Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Laboraturium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana. *Jurnal Media Elektro* (Vol. VII No.2). Kupang – NTT : Journal of Electrical Power, Informatics, Telecommunications Electronics, Computer and Control System.
- Kurniawan, A. (2016). *Analisa Jatuh Tegangan dan Penanganan Pada Jaringan Distribusi 20KV Rayon Palur PT. PLN (Persero) Menggunakan ETAP 12.6*. Tugas Akhir. Program Studi Strata I. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).

SPLN (1:1995). *Tegangan Tegangan Standar*.

P, Lesnanto Multa. Restu Prima Aridani (2013). Modul Pelatihan ETAP. *Magatrika*. Yogyakarta : The Power Is In Our Hand Magatrika.