



**ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE TRAFU SISIP DAN UPRATING KABEL BERBASIS SIMULASI  
ETAP 12.6.6 DI PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM  
ULP PERBAUNGAN**

**Disusun dan diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi**

**SKRIPSI**

**O L E H**

**NAMA : AHMAD ZULFADLI  
NPM : 1514210019  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**

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

**ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE TRAF0 SISIP DAN UPRATING KABEL BERBASIS SIMULASI  
ETAP 12.6.0 DI PT. PLN (PERSERO UP3 LUBUK PAKAM  
ULP PERBAUNGAN**

Disusun dan diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi

**SKRIPSI**

**OLEH**

**NAMA : AHMAD ZULFADLI**  
**NPM : 1514210019**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**

**Diketahui dan Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing I**



**Hi. Zuraidah Tharo, S.T., M.T.**

**Dosen Pembimbing II**



**Siti Anisah, S.T., M.T.**

**Diketahui dan Disahkan Oleh :**

**Dekan Fakultas & Teknologi**



**Hamdani, ST., MT**

**Ketua Program Studi**



**Siti Anisah, S.T., M.T.**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis yang diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, April 2021



(Ahmad Zulfadli)  
NPM: 1514210185

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Zulfadli  
NPM : 1514210019  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Sains & Teknologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty – Free Right) atas karya ilmiah yang berjudul : **“Analisis Perbaikan Drop Tegangan JTR Dengan Menggunakan Metode Trafo Sisip dan Uprating Kabel Berbasis Simulasi ETAP 12.6.0 Di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Pembagunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih media / alih formatkan, 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.

Medan, April 2021



(Ahmad Zulfadli)  
NPM: 1514210019

# 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  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ARSITEKTUR  
 PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER  
 PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER  
 PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
 PROGRAM STUDI PETERNAKAN

(TERAKREDITASI)  
 (TERAKREDITASI)  
 (TERAKREDITASI)  
 (TERAKREDITASI)  
 (TERAKREDITASI)  
 (TERAKREDITASI)

### PERMOHONAN PRA PENGAJUAN TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR

yang bertanda tangan di bawah ini :

Lengkap

at/Tgl. Lahir

r Pokok Mahasiswa

am Studi

entrasi

ah Kredit yang telah dicapai

an ini mengajukan judul skripsi sesuai dengan bidang ilmu, dengan judul:

: AHMAD ZULFADLI

: medan / 13 Februari 1994

: 1514210019

: Teknik Elektro

: Teknik Energi Listrik

: 139 SKS, IPK 3.32

Judul	Persetujuan
ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR PADA GARDU PR 072 MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0 DI PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM ULP PERBAUNGAN	<input checked="" type="checkbox"/>
ANALISA MEMPERBAIKAN TEGANGAN DROP DI GARDU PR 072 PADA PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM ULP PERBAUNGAN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0	<input type="checkbox"/>
ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN PADA GARDU PR 072 DI PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM ULP PERBAUNGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0	<input type="checkbox"/>

Medan, 05 Maret 2019

Pemohon,

(Ahmad Zulfadli)

Tanggal : 9 Maret 2019

Disetujui oleh :  
 Dosen Pembimbing I :

(Zulfadli Mansori)

Tanggal : 09 Maret 2019

Disetujui oleh:  
 Dosen Pembimbing II :

(Siti Anisa)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-01

Revisi: 0

Tgl. Eff: 22 Oktober 2018

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

Dicetak pada: Selasa, 05 Maret 2019 12:13:32



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 TEKNIK ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR\*

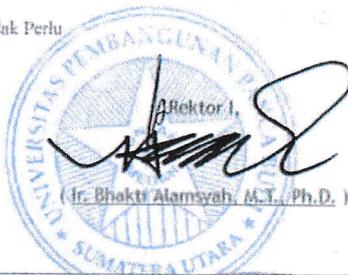
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : AHMAD ZULFADLI  
Tempat/Tgl. Lahir : medan / 13 Februari 1994  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1514210019  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Jumlah Kredit yang telah dicapai : 139 SKS, IPK 3.32  
Nomor Hp : 085261905199  
Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR PADA GARDU PR 072 MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0 DI PT. PLN ( PERSERO ) UP3 LUBUK PAKAM ULP PERBAUANGANO

Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

\*Coret Yang Tidak Perlu



Tanggal : 23-03-2019  
Disetujui oleh :  
Ka. Prodi Teknik Elektro  
H. Alamsyah

Medan, 23 Maret 2019

Pemohon,

( Ahmad Zulfadli )

Tanggal :  
Disetujui oleh :  
Dosen Pembimbing I :  
( Hj. Nurrahmah Tharo, ST., MT )

Tanggal : 23-03-19  
Disetujui oleh :  
Dosen Pembimbing II :  
( SITI AULIAH, ST., MT )

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02

Revisi: 0

Tgl. Eff: 22 Oktober 2018

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

Dicetak pada: Sabtu, 23 Maret 2019 12:03:59



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](http://www.pancabudi.ac.id) - Email : [admin@pancabudi.ac.id](mailto:admin@pancabudi.ac.id)

## LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

**Nama Mahasiswa** : AHMAD ZULFADLI  
**NPM** : 1514210019  
**Program Studi** : Teknik Elektro  
**Jenjang Pendidikan** : Strata Satu  
**Dosen Pembimbing** : Hj Zuraidah Tharo, ST., MT  
**Judul Skripsi** : Analisa Perbaikan Drop Tegangan JTR dengan Menggunakan Metode Trafo Sisip dan Uprating Kabel Berbasis Simulasi Etap 12.6.0 di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
23 Desember 2020	lanjutkan bab 2	Revisi	
28 Desember 2020	sempurnakan flowchart	Revisi	
28 Desember 2020	ACC seminar hasil	Disetujui	
17 Februari 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
06 April 2021	ACC Jilid	Disetujui	

Medan, 11 April 2021  
Dosen Pembimbing,



Hj Zuraidah Tharo, 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](http://www.pancabudi.ac.id) - Email : [admin@pancabudi.ac.id](mailto:admin@pancabudi.ac.id)

## LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : AHMAD ZULFADLI  
 NPM : 1514210019  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Jenjang : Strata Satu  
 Pendidikan :  
 Dosen Pembimbing : Siti Anisah, ST., MT  
 Judul Skripsi : Analisa Perbaikan Drop Tegangan JTR dengan Menggunakan Metode Trafo Sisip dan Uprating Kabel Berbasis Simulasi Etap 12.6.0 di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
30 Desember 2020	Acc seminar hasil	Disetujui	
06 Februari 2021	cek kembali yang sudah ditandai, perhatikan keseluruhan skripsi,	Revisi	
06 Februari 2021	baca panduan dan sesuaikan penulisannya dengan panduan	Revisi	
13 Februari 2021	penulisannya masih sangat perserak, tolong dirapikan dan diperhatikan tata tulis keseluruhan skripsinya	Revisi	
15 Februari 2021	perbaiki sistem penulisan sesuaikan dengan panduan	Revisi	
16 Februari 2021	ACC sidang meja hijau	Disetujui	
03 April 2021	daftar pustakanya masih kurang, minimal daftar pustaka 10 ya, diperbaiki dan diupload kembali	Revisi	
07 April 2021	Acc jilid	Disetujui	

Medan, 11 April 2021  
Dosen Pembimbing,



Siti Anisah, ST., MT

## 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.



No. Dokumen : PMI-UJMA-06-02

Revisi : 00

Tgl Eff

23 Jan 2019



**KARTU BEBAS PRAKTIKUM**  
**Nomor. 09/BL/LTPE/2021**

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

ma : AHMAD ZULFADLI  
P.M. : 1514210019  
gkat/Semester : Akhir  
kultas : SAINS & TEKNOLOGI  
usan/Prodi : Teknik Elektro

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

Medan, 19 Februari 2021  
Ka. Laboratorium

{ Approve By System }  
DTO  
Hamdani, S.T., M.T.



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: 3658/PERP/BP/2021**

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

Nama : AHMAD ZULFADLI  
M. : 1514210019  
Kelas/Semester : Akhir  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Sejak tanggal 17 Februari 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku yang tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 17 Februari 2021  
Diketahui oleh,  
Kepala Perpustakaan,

  
Sugiarjo, S.Sos., S.Pd.I

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 19 Februari 2021  
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan  
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI  
 UNPAB Medan  
 Di -  
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AHMAD ZULFADLI  
 Tempat/Tgl. Lahir : MEDAN / 13 Februari 1994  
 Nama Orang Tua : SIJPRAYITNO  
 N. P. M : 1514210019  
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 No. HP : 085261905199  
 Alamat : Jalan Tangguk Sentosa 2 No.46 Blok III Griya Martubung

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Analisa Perbaikan Drop Tegangan JTR dengan Menggunakan Metode Trafo Sisip dan Uprating Kabel Berbasis Simulasi Etap 12.6.0 di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam 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 indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Tertampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Tertampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Tertampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Tertampir 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 penjiilidan 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. Tertampir 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.	650,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
<b>Total Biaya</b>	<b>: Rp.</b>	<b>2,255,000</b>

Ukuran Toga :

**XL**

Hormat saya

Diketahui/Disetujui oleh :



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



AHMAD ZULFADLI  
 1514210019

Catatan :

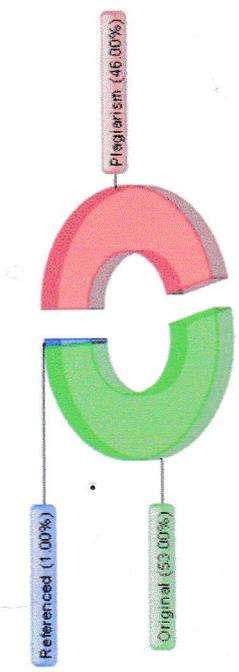
- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

### Plagiarism Detector v. 1460 - Originality Report 17-Feb-21 14:47:08

Analyzed document: AHMAD ZULFADLI\_1514210019\_TEKNIK ELEKTRO.docx Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi\_License03

Comparison Preset: Rewrite. Detected language: Indonesian

Relation chart



Distribution graph



Top sources of plagiarism:

	<b>% 25</b>		<b>wrds:</b>	<a href="http://eprints.polsri.ac.id/1697/3/6AB%20li.pdf">http://eprints.polsri.ac.id/1697/3/6AB%20li.pdf</a>
	<b>% 18</b>		<b>wrds:</b>	<a href="https://misor.uppad.ac.id/base/Kurikulum_2006/10_SMK/Teknik%20Distribusi%20Tenag...">https://misor.uppad.ac.id/base/Kurikulum_2006/10_SMK/Teknik%20Distribusi%20Tenag...</a>
	<b>% 16</b>		<b>wrds:</b>	<a href="http://eprints.polsri.ac.id/1744/3/6AB%20li.pdf">http://eprints.polsri.ac.id/1744/3/6AB%20li.pdf</a>

[Show other Sources.]

Processed resources details:

143 - Ok / 20 - Failed

[Show other Sources.]

Introduction notes

**ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE TRAFU SISIP DAN UPRATING KABEL BERBASISSIMULASI  
ETAP 12.6.0 DI PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM  
ULP PERBAUNGAN**

**Ahmad Zulfadli\***

**Zuraidah Tharo, S.T., M.T\*\***

**Siti Anisah, S.T., M.T\*\***

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

**ABSTRAK**

Sistem kelistrikan di Dusun Kenari disuplay dari trafo distribusi PR 072 melalui penyulang PU.08. Trafo PR 072 berlokasi di Jalan Melati Desa Melati II yaitu dengan kapasitas 160 kVA yang digunakan untuk menyuplay daya listrik ke daerah Dusun Nangka. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan didapatkan nilai tegangan rendah di daerah Dusun Nangka yaitu 170 Volt terhadap tegangan sumber satu fasa ke netral (226 V) dan terjadi di saat beban puncak atau dengan kata lain drop tegangan. Menurut SPLN 1:1995, toleransi tegangan Saluran Pelayanan(SP) adalah +5% dari tegangan standar tegangan rendah pada sisipangkal dan -10% pada sisi ujung. Pada jam 19.00 saat terjadi beban puncak, konsumen tidak bisa menyalakan alat elektronik seperti pompa air, kulkas, AC dan lainnya. Dengan kondisi seperti itu dilakukan perlu adanya simulai ETAP 12.6.0 untuk melakukan perbaikan yaitupembangunan trafo sisip dan uprating HUTR  $3 \times 35 \text{mm}^2 + 1 \times 25 \text{mm}^2$  menjadi  $3 \times 70 \text{mm}^2 + 1 \times 50 \text{mm}^2$  pada daerah tersebut. Untuk itu dibuat beberapa asumsi yaitu dengan perhitungan secara pengukuran langsung dan simulai sehingga nilai tegangan rendah di daerah tersebut yaitu 219 Volt. Kata Kunci :Drop Tegangan, Etap 12.6.0, Perbaikan Jaringan.

\* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro: fadli\_ahmad37@yahoo.com

\*\* Dosen Program Studi Teknik Elektro

**ANALYSIS OF JTR VOLTAGE DROP IMPROVEMENT USING INSERT TRAF0  
METHODS AND CABLE UPRATING BASED ON ETHAP SIMULATION  
12.6.0 AT PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM  
ULP PERBAUNGAN**

**Ahmad Zulfadli\***

**Zuraidah Tharo, S.T., M.T\*\***

**Siti Anisah, S.T., M.T\*\***

**Panca Budi Development University**

**ABSTRACT**

*The electrical system in Kenari Hamlet is supplied by the PR 072 distribution transformer through PU.08 feeders. The PR 072 transformer is located on Jalan Melati, Desa Melati II with a capacity of 160 kVA which is used to supply electricity to the Dusun Nangka area. Based on the results of the measurements that have been made, it is found that the low voltage value in the Dusun Nangka area is 170 volts against the one-phase source voltage to neutral (226 V) and occurs during peak loads or in other words the voltage drop. According to SPLN 1: 1995, the service line voltage tolerance (SP) is + 5% of the standard low voltage stress at the base side and -10% at the end side. At 19.00 when there is a peak load, consumers cannot make electronic devices such as water pumps, refrigerators, air conditioners and others. With such conditions, it is necessary to simulate ETAP 12.6.0 to make improvements, namely the construction of an in-line transformer and uprating the HUTR 3x35mm<sup>2</sup> + 1x25mm<sup>2</sup> to 3x70mm<sup>2</sup> + 1x50mm<sup>2</sup> in that area. For this reason, several assumptions are made, namely direct measurement calculations and simulations so that the low voltage value in the area is 219 Volts.*

**Keywords:** Voltage Drop, Etap 12.6.0, Network Repair

**\* Student of Electrical Engineering Study Program: fadli\_ahmad37@yahoo.com**

**\*\* Lecturer of Electrical Engineering Program**

## 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 Perbaikan Drop Tegangan JTR dengan Menggunakan Metode Trafo Sisip dan Uprating Kabel Berbasis Simulasi ETAP 12.6.0 di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam 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, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
4. Ibu Hj Zuraidah Tharo, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengalaman, arahan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Ilyang telah memberikan pengalaman, arahan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Nathan Saputra Sitohang, S.T selaku Manajer PT. PLN (Persero) ULP Perbaungan yang telah memberikan arahan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
7. Ayah dan Ibu yang selalu mendukung, mendoakan dan mendidik dengan penuh kasih sayang.
8. Istri dan Anak yang selalu mendukung, dan mendoakan dengan penuh kasih sayang.
9. Sahabat dan Rekan Mahasiswa/i jurusan Teknik Elektro.
10. Semua Pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satupersatu 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 agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, terutama bagi penulis sendiri.

Medan, April 2021

Penulis,

AHMAD ZULFADLI  
NPM : 1514210019

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Batasan Masalah .....	3
I.4 Tujuan dan Manfaat .....	3
I.5 Metode Penelitian .....	3
I.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.2. Pengelompokan Jaringan Distribusi .....	7
2.3. Jaringan Distribusi Sekunder .....	10
2.4. Gardu Distribusi .....	10
2.4.1. Gardu Distribusi Tipe Beton .....	12

2.4.2. Gardu Distribusi Tipe Kios .....	14
2.4.3. Gardu Distribusi Tipe Portal .....	15
2.4.4. Gardu Distribusi Tipe Cantol .....	16
2.5. Gardu Sisipan .....	17
2.5.1. Peralatan Gardu Sisipan.....	20
2.6. Transformator .....	21
2.6.1. Pembebanan Transformator.....	22
2.7. Daya Listrik.....	23
2.7.1. Daya Aktif (P) .....	23
2.7.2. Daya Reaktif (Q) .....	24
2.7.3. Daya Semu (S).....	25
2.8. Rugi Daya Listrik .....	25
2.9. Resistansi Penghantar .....	26
2.10. Pengukuran Arus dan Tegangan Gardu Distribusi .....	27
2.10.1. Alat Ukur.....	28
2.11. ETAP .....	29
2.11.1. Standar Etap .....	30
2.11.2. Langkah-langkah Menjalankan Program ETAP .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1. Lokasi dan Subjek Penelitian .....	35
3.2. Data Hasil Pengamatan.....	35
3.2.1. Rating Trafo Distribusi .....	35
3.2.2. Diagram satu garis jaringan Tegangan rendah.....	36
3.2.3. Spesifikasi Jaringan Tegangan Rendah.....	38
3.2.4. Data Pengukuran Trafo Distribusi PR 072 .....	38
3.2.5. Data Beban Jaringan Tegangan Rendah .....	39
3.2.6. Data Beban Tegangan Ujung Jaringan Tegangan Rendah.....	40

3.3. Perancangan Simulasi Jaringan Distribusi Menggunakan ETAP .....	41
3.4. Flow Chart Penelitian .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1. Metode Perhitungan Drop Tegangan.....	44
4.1.1 Hasil Pengukuran Drop Tegangan Sebelum Penambahan Trafo Sisip.....	44
4.2. Metode Perhitungan Persentase Drop Tegangan Ujung.....	48
4.3. Perhitungan Pembebanan Transformator .....	49
4.4. Perhitungan Kapasitas Trafo Sisip .....	50
4.5. Metode Perhitungan Persentase Drop Tegangan Ujung Setelah Trafo Sisip .....	55
4.6. Perhitungan Pembebanan Setelah Penambahan Trafo Sisip .....	56
4.7. Simulasi Single Line Gardu PR 072 Sebelum Penambahan TrafoSisip dan Uprating Kabel .....	58
4.8. Simulasi Single Line Gardu PR 072 Setelah Penambahan Trafo Sisip dan Uprating Kabel .....	59
4.6. Analisa.....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>63</b>
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kapasitas Trafo Ditribusi PR 072 dan Trafo Sisip .....	35
Tabel 3.2. Data Penghantar Jaringan Tegangan Rendah.....	38
Tabel 3.3. Data Pengukuran Gardu Trafo Distribusi PR 072 .....	39
Tabel 3.4. Data Pengukuran Beban Pada Sistem Distribusi Trafo PR 072 jurusan Utara.....	39
Tabel 3.5. Data Pengukuran Gardu Tegangan Ujung Jaringan Trafo PR 072 jurusan Utara.....	40
Tabel 4.1. Perbandingan Drop Voltage Hasil Simulasi ETAP dan Perhitungan .....	47
Tabel 4.2. Hasil Perbandingan drop tegangan pengukuran dan simulasi ETAP .....	49
Tabel 4.3. Perbandingan Drop Voltage Hasil Simulasi ETAP Sesudah Trafo Sisip .....	54
Tabel 4.4. Hasil Perbandingan pengukuran dan simulasi ETAP Setelah Trafo Sisip.....	56
Tabel 4.5. Perbandingan drop tegangan setelah penambahan trafo sisip.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pembagian/ Pengelompokan Tegangan Sistem Tenaga Listrik .....	8
Gambar 2.2. Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah.....	9
Gambar 2.3. Gardu Beton .....	12
Gambar 2.4. Bagan Satu Garis Gardu Beton .....	13
Gambar 2.5. Gardu Kios .....	14
Gambar 2.6. Gardu Distribusi Portal.....	15
Gambar 2.7. Bagan Satu Garis Gardu Tiang Tipe Portal.....	16
Gambar 2.8. Gardu Distribusi Cantol .....	17
Gambar 2.9. Bagan satu garis Gardu tiang tipe Cantol.....	17
Gambar 2.10. Tabel KHA Penghantar .....	27
Gambar 2.11. Membuat Proyek Baru .....	32
Gambar 2.12. User Information .....	33
.....	
Gambar 2.13. Tampilan Program ETAP.....	33
Gambar 3.1. Single line system distribusi PR 072.....	36
Gambar 3.2. Single line Diagram Rencana Penambahan Trafo Sisip.....	37
Gambar 3.3. Sistem Informasi Gardu Distribusi.....	41
Gambar 3.4. Simulasi ETAP PR 072 .....	42
Gambar 3.5. Flow Chart Perhitungan Drop Tegangan Manual dan Simulasi ETAP.....	43
Gambar 4.1. Diagram Perbandingan Drop Tegangan Sebelum Penambahan Trafo Sisip.....	48
Gambar 4.2 Diagram Perbandingan Drop Tegangan Sesudah Penambahan Trafo Sisip.....	54
Gambar 4.3. Simulasi ETAP PR 072 Sebelum Penambahan Trafo Sisip dan Uprating Kabel .....	58
Gambar 4.4. Simulasi ETAP PR 072 Setelah Penambahan Trafo Sisip dan Uprating Kabel .....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan energi listrik yang semakin hari semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Kebutuhan energi listrik yang telah menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting untuk memenuhi semua kebutuhan masyarakat yang ada di seluruh penjuru dunia baik kebutuhan rumah tangga, kebutuhan industri, maupun kebutuhan dari berbagai aspek lainnya. Di Indonesia, untuk menyediakan energi listrik sendiri diperlukan sebuah Badan Usaha yang bergerak dibidang penyediaan listrik. PT. PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara yang akan menyediakan dan menyalurkan energi listrik sehingga dapat dinikmati oleh masyarakat Indonesia.

Penyaluran energi listrik harus disalurkan dengan baik sampai ke masyarakat tanpa mengalami drop tegangan tetapi ada kalanya penyaluran energi listrik mengalami drop tegangan sampai melewati batas standarisasi PLN. Droptegangan merupakan salah satu permasalahan dipenyaluran distribusi listrik yang sering terjadi akibat panjangnya suatu saluran penghantar pada saluran distribusi tegangan rendah dari pensupplayan listrik. Jika drop tegangan melewati batas standar maka dapat menimbulkan kerugian baik pada masyarakat maupun ada pihak PLN sendiri.

Secara umum, konsumen mengharapkan sistem pelayanan tenaga listrik yang kontiniu dan dengan mutu yang baik. Salah satu persyaratan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil. Meskipun kontinuitas suplai energi listrik terjamin, namun belum tentu dapat mempertahankan tegangan agar tetap stabil. Gardu distribusi merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari PLN ke Pelanggan. Dengan tegangan primer 20 KV lalu diubah oleh trafo menjadi tegangan sekunder 400 V (antar phase) atau 231 V (phase –netral). Drop tegangan merupakan selisih tegangan pada sisi kirim dengan tegangan pada sisi terima. Masyarakat yang berada di daerah yang jauh dari gardu distribusi cenderung menerima tegangan yang nilainya lebih kecil dari pada di daerah yang dekat dengan gardu distribusi. Menurut SPLN 1:1995, toleransi tegangan Saluran Pelayanan (SP) adalah +5% dari tegangan standar tegangan rendah pada sisi pangkal dan -10% pada sisi ujung.

Hal-hal yang melatarbelakangi penulis mengambil judul tersebut, masih banyaknya informasi dan keluhan masyarakat terhadap system tenaga listrik. Sehingga perlunya ada perbaikan terhadap jaringan system tenaga listrik tersebut. Dalam hal ini peneliti mengambil analisa pada Trafo PR 072 di Wilayah kerja PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan dengan menggunakan aplikasi ETAP POWER STATION 12.6.0 untuk melakukan perencanaan perbaikan jaringan drop voltage di daerah tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang tertuang pada Tugas Akhir., maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimana cara merencanakan perbaikan drop tegangan ujung pada jaringan tegangan rendah di Trafo PR 072?
2. Bagaimana cara menganalisa drop tegangan ujung dengan perbandingan pengukuran langsung dan pengaplikasian ETAP 12.6.0 trafo PR 072?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ditulis, pada penulisan ini akan membataskan masalah yang terjadi sebagai berikut:

1. Menggunakan program simulasi software ETAP 12.6.0 selebihnya tidak dibahas.
2. Tidak menghitung drop tegangan yang terjadi pada tiap tiang sambungan pelayanan.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan Penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan trafo sisip dan uprating HUTR terhadap perbaikan kualitas tegangan ujung pada trafo PR 072.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan antara perhitungan pengukuran langsung dan perhitungan cara pengaplikasian ETAP 12.6.0.

Manfaat Penelitian adalah:

1. Menambah ilmu pengetahuan dan teknologi bagi penulis maupun pembaca.

2. Dapat menambah kualitas tegangan
3. Dapat memperpanjang usia trafo distribusi.

### **1.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **1. Metode Literature**

Mengumpulkan bahan-bahan yang berhubungan dengan judul laporan akhir dari Jurnal Penelitian, Buku SPLN, dan informasi dari internet yang terkait dengan judul laporan akhir.

#### **2. Pengumpulan Data**

Meliputi pengumpulan data di PT. PLN (Persero) ULP Perbaungan sebagai data pendukung dan bahan untuk perhitungan.

#### **3. Metode Observasi**

Melakukan pengamatan dilokasi PT. PLN (Persero) ULP Perbaungan, sehingga dapat mengetahui secara langsung situasi dan keadaan sebenarnya.

### **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 TINJAUAN PUSTAKA**

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 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas tentang hasil dari pembahasan pengaruh penambahan trafo sisipan untuk mengatasi susut teknis dan drop tegangan pada Trafo PR xxx.

➤ **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 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 (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen, jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan.

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 (*step up*) menjadi 150 kV, 250 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2.R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula (Suhadi, 2008).

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan (*step down*) 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 trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

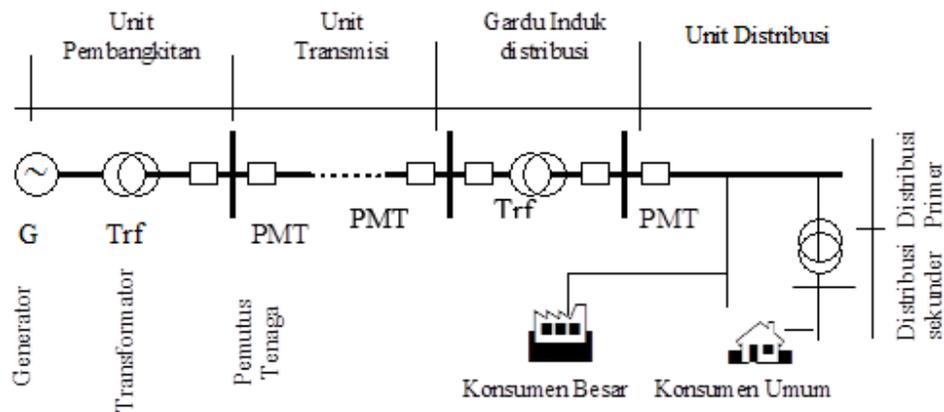
Pada sistem penyaluran daya jarak jauh selalu digunakan tegangan setinggi mungkin dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain berbahaya bagi lingkungan dan mahalnnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. (Bambang Winardi, dkk. 2015).

## **2.2 Pengelompokan Jaringan Distribusi**

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar 2.1:

1. Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*).
2. Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*), bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV).
3. Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20 kV).
4. Daerah IV : (Di dalam 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.



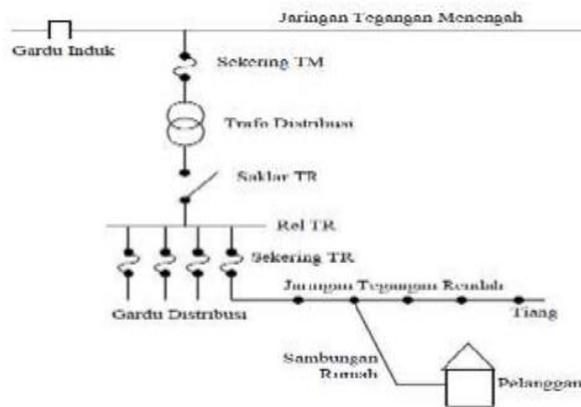
**Gambar 2.1 Pembagian/ Pengelompokan Tegangan Sistem Tenaga Listrik**  
*Sumber: Suhadi, 2008*

Mengungkapkan bahwa sistem distribusi sekunder merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen. Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (transformator distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Sistem penyaluran daya listrik pada jaringan tegangan rendah dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Ukuran kabel LVTC adalah : 2x10mm<sup>2</sup> , 2x16mm<sup>2</sup> , 4x25mm<sup>2</sup> , 3x35mm<sup>2</sup> , 3x50mm<sup>2</sup> , 3x70mm<sup>2</sup> .

Sambungan JTR adalah sambungan rumah (SR) penghantar di bawah tanah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan tiang JTR sampai alat pembatas dan pengukur (APP). Jaringan ini menggunakan tegangan rendah sebagaimana halnya dengan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan, distribusi sekunder yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen.



**Gambar 2.2 Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah**  
*Sumber: Suhadi, 2008*

### **2.3 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder**

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut:

1. Panel Bagi Hubung Tegangan Rendah (PHBTR).
2. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder)
3. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai).
4. Alat Pembatas dan pengukur daya (KWH meter) serta fuse atau pembatas pada pelanggan (Suhadi,2008).

### **2.4 Gardu Distribusi**

Menurut (SK DIR PT PLN (Persero) Nomor605.K/DIR/2010) gardu distribusi adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V). Peralatan-peralatan ini adalah untuk menunjang mencapai pendistribusian tenaga listrik secara baik yang mencakup

kontinuitas pelayanan yang terjamin, mutu yang tinggi dan menjamin keselamatan bagi manusia. Fungsi gardu distribusi adalah sebagai berikut:

1. Menyalurkan/meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke konsumen tegangan rendah.
2. Menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah selanjutnya disalurkan kekonsumen tegangan rendah.
3. Menyalurkan/meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke gardu distribusi lainnya dan ke gardu hubung.

Gardu listrik pada dasarnya adalah rangkaian dari suatu perlengkapan hubung bagi :

1. PHB (Panel Hubung Bagi)Tegangan Menengah.
2. PHB (Panel Hubung Bagi) Tegangan Rendah.

Masing-masing dilengkapi gawai-gawai kendali dengan komponen proteksinya.

Menurut SK DIR PT PLN (Persero) Nomor 605.K/DIR/2010 jenis-jenis gardu listrik atau gardu distribusi didesain berdasarkan maksud dan tujuan penggunaannya sesuai dengan peraturan pemda setempat, yaitu:

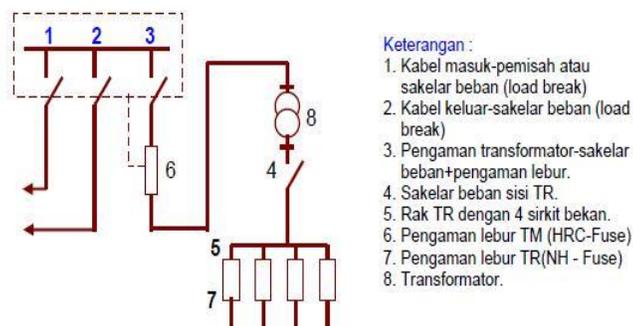
1. Gardu distribusi konstruksi beton (Gardu beton);
2. Gardu distribusi konstruksi metal clad (Gardu besi);
3. Gardu distribusi tipe tiang portal, dan distribusi tipe tiang cantol (Gardu tiang);
4. Gardu distribusi mobil tipe kios, dan gardu distribusi mobil tipe trailer (Gardu mobil).

### 2.4.1 Gardu Distribusi Tipe Beton

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya terbuat dari beton (campuran pasir, batu dan semen). Gardu beton termasuk gardu jenis pasangan dalam, karena pada umumnya semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi terletak di dalam bangunan beton. Dalam pembangunannya semua peralatan tersebut di disain dan diinstalasi di lokasi sesuai dengan ukuran bangunan gardu. Gambar memperlihatkan sebuah gardu distribusi konstruksi beton.



**Gambar 2.3 Gardu Distribusi Beton**  
*Sumber: Penulis, 2021*



**Gambar 2.4 Bagan Satu Garis Gardu Beton**  
*Sumber: Suhadi, 2008*

Ketentuan teknis komponen gardu beton, komponen tegangan menengah

(contoh rujukan PHB tegangan menengah), yaitu:

1. Tegangan perencanaan 25 kV;
2. *Power frekuensi withstand voltage* 50 kV untuk 1 menit;
3. *Impulse withstand voltage* 125 kV;
4. Arus nominal 400A;
5. Arus nominal transformator 50A;
6. Arus hubung singkat dalam 1 detik 12,5 kA;
7. *Short circuit making current* 31,5 kA.

Komponen tegangan rendah (contoh rujukan PHB tegangan rendah), yaitu :

1. Tegangan perencanaan 414 Volt (fasa-fasa);
2. *Power frekuensi withstand* 3 kV untuk 1 menit test fasa-fasa;
3. *Impulse withstand voltage* 20 kV;
4. Arus perencanaan rel/busbar 800 A, 1.200 A, 1.800 A;
5. Arus perencanaan sirkit keluar 400A;
6. Test ketahanan tegangan rendah.

#### **2.4.2 Gardu Distribusi Tipe Kios**

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapatdirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat. Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun gardu beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas

transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah. Khusus untuk Kios Kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnya di pabrik, sehinggadapat langsung di angkut kelokasi dan disambungkan padasistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuaitujuannya.



**Gambar 2.5 Gardu Distribusi Kios**  
*Sumber: Penulis, 2021*

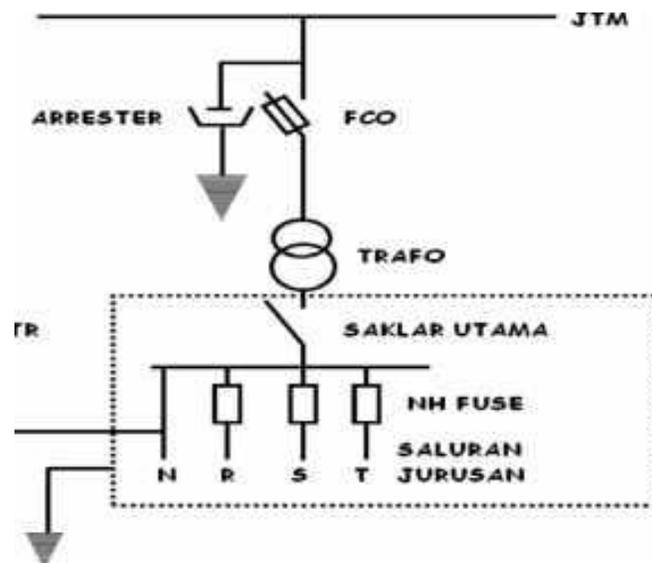
### **2.4.3 Gardu Distribusi Tiang Tipe Portal**

Gardu tiang portal, yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya atau penyangganya terbuat dari tiang. Dalam hal ini trafo distribusi terletak dibagian atas tiang. Karena trafo distribusi terletak pada bagian atas tiang, maka gardu tiang hanya dapat melayani daya listrik terbatas, mengingat berat trafo yang relatif tinggi, sehingga tidak mungkin menempatkan trafo berkapasitas besar di bagian atas tiang ( $\pm 5$  meter di atas tanah). Untuk gardu tiang dengan trafo satu fasa kapasitas yang ada maksimum 50 KVA, sedang gardu tiang dengan trafo tiga fasa kapasitas maksimum 400 KVA.

Trafo tiga fasa untuk gradu tiang ada dua macam, yaitu trafo satu fasa dan trafo 3 fasa. Gardu portal adalah gardu listrik tipe terbuka (*outdoor*) yang memakai konstruksi tiang/ menara kedudukan transformator minimal 3 meter diatas platform. Umumnya memakai tiang beton ukuran 2x500 daN.



**Gambar 2.6 Gardu Distribusi Portal**  
*Sumber: Penulis, 2021*



**Gambar 2.7 Bagan Satu Garis Gardu Tiang Tipe Portal**  
*Sumber: Suhadi, 2008*

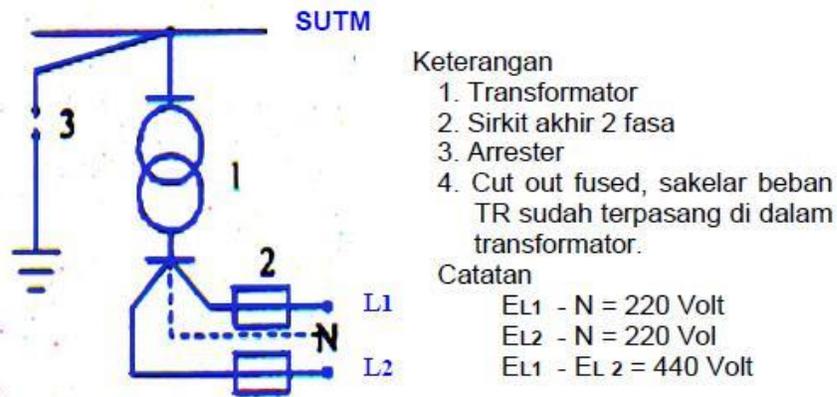
#### 2.4.4 Gardu Distribusi Tiang Tipe Cantol

Gardu Distribusi tipe cantol adalah transformator dengan daya  $\leq 100$  Kva Fase 3 atau Fase 1. Transformator terpasang adalah jenis CSP (*CompletelySelf Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator. Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (*Lightning Arrester*) dipasang terpisah dengan Penghantar pembumiannya yang dihubung langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) minimal 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.



**Gambar 2.8 Gardu Distribusi Cantol**

*Sumber: Penulis, 2021*



**Gambar 2.9** Bagan satu garis Gardu tiang tipe Cantol  
*Sumber: Suhadi, 2008*

## 2.5 Gardu Sisipan

Gardu sisipan merupakan gardu tambahan yang dipasang oleh PLN untuk menanggulangi berbagai kerugian yang ditimbulkan oleh transformator pada gardu sebelumnya. Beberapa faktor yang dipertimbangkan oleh PT.PLN (Persero) untuk menambah transformator atau gardu sisipan adalah:

1. Transformator sebelumnya sudah *overload*

*Overload* pada transformator terjadi karena beban yang terpasang pada transformator melebihi kapasitas maksimum ( $\geq 80\%$  dari kapasitas) yang dapat dipikul transformator dimana arus beban melebihi arus beban penuh (*full load*) dari transformator. Mengungkapkan bahwa persentase pembebanan trafo sebaiknya berada dalam batas 80% dari kapasitas rating trafo dengan tujuan untuk mencapai tingkat efisiensi yang maksimum. *Overload* akan menyebabkan transformator menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan

naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan transformator.

## 2. Besarnya *drop* tegangan pada JTR

Drop tegangan merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*receiving end*) tenaga listrik. Penyebab timbulnya *drop* tegangan adalah:

- a) Arus beban puncak (ampere);
- b) Tahanan saluran (ohm/km);
- c) Panjang saluran (km)

Yang dimaksud dengan *drop* tegangan disini yaitu *drop* tegangan yang ujung pada jaringan tegangan rendah (JTR) yaitu tegangan yang jatuh pada saluran JTR yang menyebabkan jatuhnya/turunnya tegangan pada ujung saluran konsumen. (Menurut SPLN No. 72 tahun 1987) tentang pengaturan tegangan dan turun tegangan, bahwa jatuh tegangan yang diperbolehkan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja dan turun tegangan pada SR diperbolehkan 1% dari tegangan nominal.

(Menurut Arismunandar. A, DR, M.A.Sc, Kuwahara. S, DR, 1993) Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ( $\text{Cos } \phi$ ) antara 0,6 s/d

0,85. Tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$(V_r) = (\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi) : A \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

$I$  = Arus beban (Ampere)

$\rho$  = Tahanan jenis (Ohm/m)

$A$  = Luas Penampang (m)

$\phi$  = Faktor Daya

$L$  = Panjang Kabel (m)

(Menurut Kushadiyono.MT ,Drs, 2003) yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) adalah selisih antara tegangan kirim ( $V_s$ ) dengan tegangan terima ( $V_r$ ), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = (V_s) - (V_r) \dots \dots \dots (2.2)$$

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen ( $V_r$ ) akan lebih kecil dari tegangan kirim ( $V_s$ ), sehingga tegangan jatuh ( $V_{drop}$ ) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*receiving end*) tenaga listrik. Tegangan jatuh

relatif dinamakan regulasi tegangan  $V_R$  (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus :

$$\Delta V \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$V_s$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

### 2.5.1 Peralatan Gardu Sisipan

Menurut SK DIR PT PLN (Persero) Nomor 605.K/DIR/2010 komponen utama gardu distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Transformer* berfungsi sebagai transformator daya merubah tegangan menengah (20 kV) menjadi tegangan rendah (380/200) Volt
2. *PHB-TR* berfungsi sebagai perlengkapan hubung bagi tegangan tendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya. Pada gardu sisipan, terdapat maksimum 2 buah jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur.
3. *Arrester* berfungsi sebagai pengaman transformator terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir dan *switching*.

4. *Fuse Cut Out* (FCO) berfungsi sebagai pengaman lebur pada gardu distribusi pasangan luar.

## **2.6 Transformator**

(Menurut Zuhail. 1995) Transformator adalah suatu peralatan listrik yang dipergunakan untuk memindahkan daya atau energi listrik dari suatu bagian rangkaian ke rangkaian yang lain secara induksi dengan tegangan dan arus berubah serta frekuensi tetap (melalui suatu gandengan magnet dan prinsip-prinsip elektromagnet). Didalam tenaga listrik transformator dikelompokkan menjadi secara konstruksinya transformator terdiri atas dua kumparan yaitu primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka fluks bolak-balik akan terjadi pada kumparan sisi primer, kemudian fluks tersebut akan mengalir pada inti transformator, dan selanjutnya fluks ini akan mengimbas pada kumparan yang ada pada sisi sekunder yang mengakibatkan timbulnya fluks magnet di sisi sekunder, sehingga pada sisi sekunder akan timbul tegangan.

### **2.6.1 Pembebanan Transformator**

Beban adalah suatu sirkuit akhir pemanfaatan dari suatu jaringan tenaga listrik, yang berarti tempat terjadinya suatu perubahan energi dari energi listrik menjadi energi lainnya, seperti cahaya, panas, gerakan, magnet, dan sebagainya. Beban merupakan sirkuit akhir pemanfaatan dari jaringan tenaga listrik yang harus dilayani oleh sumber tenaga listrik tersebut untuk diubah menjadi bentuk energi lain. Oleh karena itu, pelayanan terhadap beban haruslah terjamin kontinuitasnya untuk menjaga kehandalan dari sistem tenaga listrik. Untuk mencapai

keadaan yang handal tersebut, suatu sistem tenaga listrik haruslah dapat mengatasi semua gangguan yang terjadi tanpa melakukan pemadaman terhadap bebannya.

Transformator distribusi diusahakan agar tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40 %. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan *overload* atau *underload*. Diusahakan agar beban transformator berada pada *range* tersebut. Bila beban transformator terlalu besar maka dilakukan penggantian transformator atau penyisipan transformator atau mutasi transformator. Rumus berikut dapat digunakan untuk mengetahui besar kapasitas suatu taransformator distribusi :

$$\mathbf{kVA\ beban = (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \dots\dots\dots(2.4)}$$

$$\mathbf{\% \text{ Persentase beban transformator} = \frac{KVA\ beban}{KVA\ trafo} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.5)}$$

## 2.7 Daya Listrik

(Menurut Lukman, Budi. dkk. 2010) sistem tenaga listrik terdapat perbedaan antara daya atau kekuatan (*power*) dan energi. Energi adalah daya dikalikan waktu sedangkan daya listrik merupakan hasil perkalian tegangan dan arusnya, dengan satuan daya listrik yaitu watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu [Joule/s]. Daya listrik [P] yang dihasilkan oleh arus listrik [i] pada tegangan [v]

$$\mathbf{P = V \times I \dots\dots\dots(2.6)}$$

Dimana,

$P =$  Daya Nyata [Watt]

$I =$  Arus Saluran [Ampere]

$V =$  Tegangan fasa [Volt]

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, dikenal adanya 3 jenis daya untuk beban yang memiliki impedansi ( $Z$ ), yaitu :

### 2.7.1 Daya Aktif ( $P$ )

Daya aktif (*Active Power*) disebut juga daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah Watt dinyatakan dengan,

Untuk 1 fasa  $P = V \times I \times \cos\varphi$ .....(2.7)

Untuk 3 fasa  $P = \sqrt{3} \times VL \times IL \times \cos\varphi$ .....(2.8)

dimana,

$P =$  Daya Nyata [Watt]

$I =$  Arus Saluran [Ampere]

$V =$  Tegangan Fasa [Volt]

$VL =$  Tegangan antar Saluran [Volt]

$\cos\varphi =$  Faktor Daya

### 2.7.2 Daya Reaktif ( $Q$ )

Daya reaktif adalah daya yang timbul akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai induktif (fase arus

tertinggal/lagging atau kapasitif (fase arus mendahului/leading). Satuan daya reaktif adalah Var dinyatakan dengan,

Untuk 1 fasa  $Q = V \times I \times \sin \varphi$ .....(2.9)

Untuk 3 fasa  $Q = \sqrt{3} \times VL \times IL \times \sin \varphi$  .....(2.10)

dimana,

$Q$  = Daya Reaktif [Var]

$I$  = Arus Saluran [Ampere]

$V$  = Tegangan Fasa [Volt]

$VL$  = Tegangan antar Saluran [Volt]

$\sin \varphi$  = Faktor Daya

**2.7.3 Daya Semu (S)**

Pada beban impedansi ( $Z$ ), daya semu adalah daya yang terukur atau terbaca pada alat ukur. Daya semu adalah penjumlahan daya aktif dan daya reaktif secara vektoris. Satuan daya ini adalah VA dinyatakan dengan,

$S = V I$ .....(2.11)

Dimana,

$S$  = Daya Semu [VA]

$V$  = Tegangan Fasa [Volt]

$I$  = Arus Saluran [Ampere]

## 2.8 Rugi Daya Listrik

Menjelaskan bahwa rugi-rugi daya merupakan rugi-rugi yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan daya reaktif. Semakin panjang saluran yang ada maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar baik itu pada rugi-rugi daya aktif maupun rugi-rugi daya reaktif. Setiap peralatan listrik yang digunakan tidak selamanya bekerja dengan sempurna. Semakin lama waktu pemakaian maka akan berkurangnya efisiensi dari peralatan tersebut sehingga akan mengakibatkan rugi-rugi yang semakin besar pula.

Kerugian daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran tersebut. Rugi-rugi dapat dinyatakan sebagai berikut :

- a) Rugi daya nyata  $= I^2 \cdot R$  (watt)
- b) Rugi daya reaktif  $= I^2 \cdot X$  (watt)
- c) Rugi daya semu  $= \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X)^2}$

## 2.9 Resistansi Penghantar

(Menurut Willian D. Stevenson. 1994) Resistansi adalah tahanan pada suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang dapat menyebabkan kerugian daya. Nilai tahanan suatu penghantar dapat ditentukan dari persamaan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

R = Tahanan dari kawat ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis ( $\Omega\text{m}$ )

L = Panjang kawat penghantar (m)

A = Luas penampang kawat ( $\text{m}^2$ )

Jenis kabel	Penampang nominal	KHA terus menerus	Penggunaan
1	2	3	4
NFA2X	3 x 25 + 25	103	Saluran Tegangan Rendah
	3 x 35 + 25	125	
	3 x 50 + 35	154	
	3 x 70 + 50	196	
	3 x 95 + 70	242	
	2 x 10 re	54	
	2 x 10 rm	54	
	2 x 16 rm	72	
	4 x 10 re	54	
	4 x 10 rm	54	
	4 x 16 rm	72	
	4 x 25 rm	102	

**Gambar 2.10 Tabel KHA Penghantar**

*Sumber: SPLN70-4:1992*

## 2.10 Pengukuran Arus dan Tegangan Gardu Distribusi

Pengukuran adalah suatu perbandingan antara suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis secara eksperimen dan salah satu besaran dianggap sebagai standar. Dalam pengukuran listrik terjadi juga perbandingan dalam perbandingan ini digunakan suatu alat bantu (alat ukur) yang sudah dikalibrasi, sehingga dalam pengukuran listrik pun telah terjadi perbandingan. Sebagai contoh pengukuran tegangan pada jaringan tenaga listrik dalam hal ini tegangan yang akan diukur

diperbandingkan dengan penunjukkan dari voltmeter. Dalam melakukan pengukuran, pertama harus ditentukan cara pengukurannya.

Cara dan pelaksanaan pengukuran itu dipilih sedemikian rupa sehingga alat ukur yang ada dapat digunakan dan diperoleh hasil dengan ketelitian seperti yang dikehendaki. Juga cara itu harus semudah mungkin, sehingga diperoleh efisiensi setinggi-tingginya. Jika cara pengukuran dan alatnya sudah ditentukan, penggunaannya harus dengan baik pula. Setiap alat harus diketahui dan diyakini cara kerjanya dan harus diketahui pula apakah alat-alat yang akan digunakan dalam keadaan baik dan mempunyai kelas ketelitian sesuai dengan keperluannya. Jadi jelas pada pengukuran listrik ada tiga unsur penting yang perlu diperhatikan yaitu cara pengukuran, orang yang melakukan pengukuran, dan alat yang digunakan.

### **2.10.1 Langkah-langkah mengukur arus pada Gardu Distribusi**

Pengukuran arus dan tegangan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui besar arus dan tegangan pada setiap jurusan di gardu distribusi, serta pada rel busbar utamanya. Adapun langkah-langkah penggunaan alat ukur ampermeter, yaitu sebagai berikut:

1. Posisikan *switch* pada posisi amperemeter (A), karena selain untuk mengukur arus, tang ampere juga bisa di pakai untuk mengukur tahanan dan tegangan
2. *Adjust* tang ampere sehingga menunjukkan angka nol

3. Pilih skala yang paling besar dulu, bila hasil pengukuran lebih kecil maka pindahkan ke skala yang lebih kecil untuk hasil pengukuran yang lebihakurat;
4. Pilihlah jenis pengukuran yang akan kita lakukan, AC atau DC. Tapi, adajuga ampermeter yang hanya untuk mengukur AC saja, biasanya ampermeter jenis analog;
5. Kalungkan ampermeter ke salah satu kabel. Hasil pengukuran akan segera terlihat;
6. Geser html tahan untuk menahan hasil pengukuran ini;
7. Matikan posisi menahan, untuk melakukan pengukuran kembali.

## **2.11 ETAP**

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 *real-time*. 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:

1. Analisa aliran daya;
2. Analisa hubung singkat
3. *Arc Flash Analysis*;

#### 4. Analisa kestabilan transien

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, busbar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi 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-kekanan yang sama, atas kebawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

##### **2.11.1 Standar ETAP**

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, IEC dan ANSI. 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. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP adalah:

1. **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.

2. **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.
4. **Study Case**, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

### 2.11.2 Langkah Menjalankan Program ETAP

#### 1. Mempersiapkan *plant*

Persiapan yang perlu dilakukan dalam analisa / desain dengan bantuan ETAP

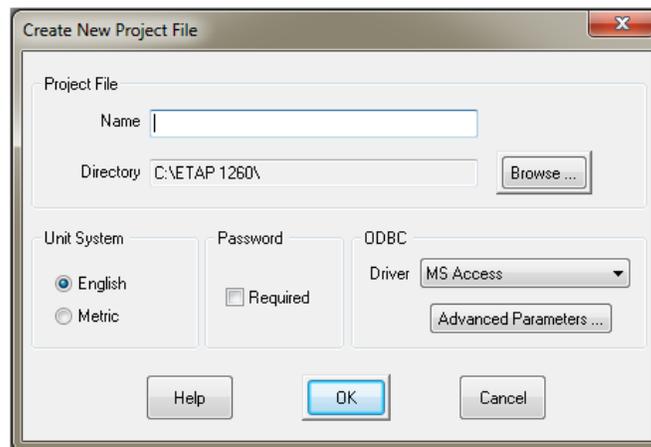
12.6.0 *Powerstation* adalah :

- a) *Single line* Diagram
- b) Data peralatan baik elektris maupun mekanis
- c) *Library* untuk mempermudah mengedit data *Single line* Diagram tersebut membutuhkan data peralatan sesuai dengan data peralatan baik elektris maupun mekanis sebagai berikut :
  - *Power Grid*
  - Generator
  - *Bus*
  - Transformator
  - *Circuit Breaker*
  - *Disconnect Switch*

- *Lumped Load*
- Motor Sinkron
- Motor Induksi
- *High Filter*
- *Capacitor*
- *Over Current Relay*
- *Variable Frequency Drive (VFD)*
- *Charger*

2. Membuat proyek baru

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



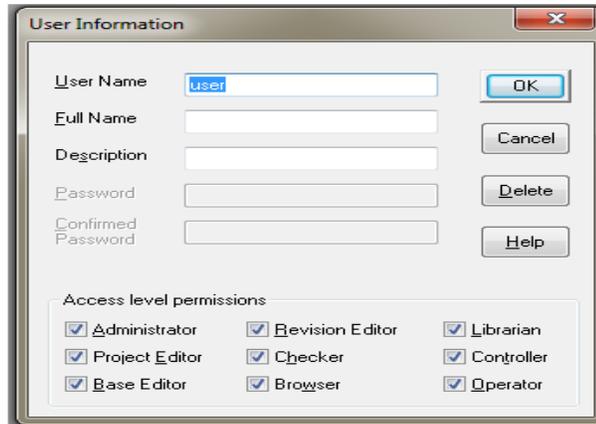
**Gambar 2.11 Membuat Proyek Baru**

*Sumber: Penulis, 2020*

- 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*

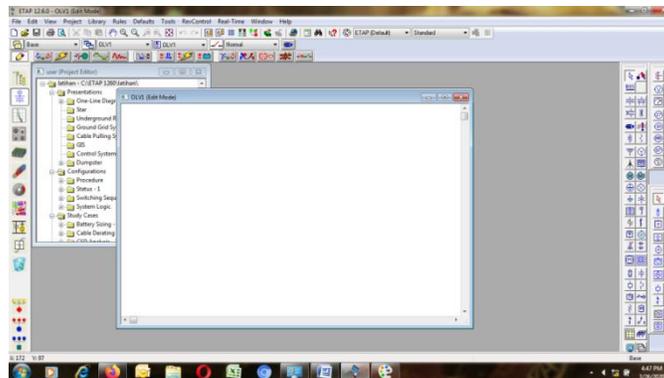


**Gambar 2.12 User Information**

*Sumber: Penulis, 2021*

- d. Anda telah membuat *file* proyek baru dan siap untuk menggambar *One-line* diagram di layar. Lalu buat *One-line* diagram seperti pada gambar dibawah dan isikan data peralatan.

Adapun tampilan Program ETAP Power Station sebagaimana tampak pada gambar berikut:



**Gambar 2.13 Tampilan Program ETAP**

*Sumber: Penulis, 2021*

### 3. Menggambar ETAP

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 dicek 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.

### 4. Editing data peralatan

- a. *Bus*
- b. *Generator*
- c. *Cable*
- d. *Two Winding Transformator*
- e. *Induction Machine*
- f. *Static Load*
- g. *Circuit Breaker*
- h. *Fuse*

5. Menyimpan *file project* (*Save Project*)

- a. Masuk menu bar *File*,
- b. Pilih *Save Project*
- c. Pilih *Save* atau *click Save*

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Subjek Penelitian

Pelaksanaan penelitian skripsi ini berlangsung satu bulan, yaitu dari 25 April 2018 sampai 25 Mei 2018. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam ULP Perbaungan dengan subjek yang diangkat adalah trafo distribusi PR 072.

#### 3.2 Data Hasil Pengamatan

Sebelum melakukan perhitungan dan analisa jatuh tegangan (*drop voltage*), terlebih dahulu kita perlu mengetahui data apa saja yang diperlukan. Data yang diperlukan diantaranya adalah data kapasitas (*rating*) trafo distribusi, diagram satu garis jaringan tegangan rendah, data penghantar ujung jaringan tegangan rendah, dan beban di ujung jaringan tegangan rendah. Berikut data-data yang diperlukan :

##### 3.2.1 Rating Trafo Distribusi

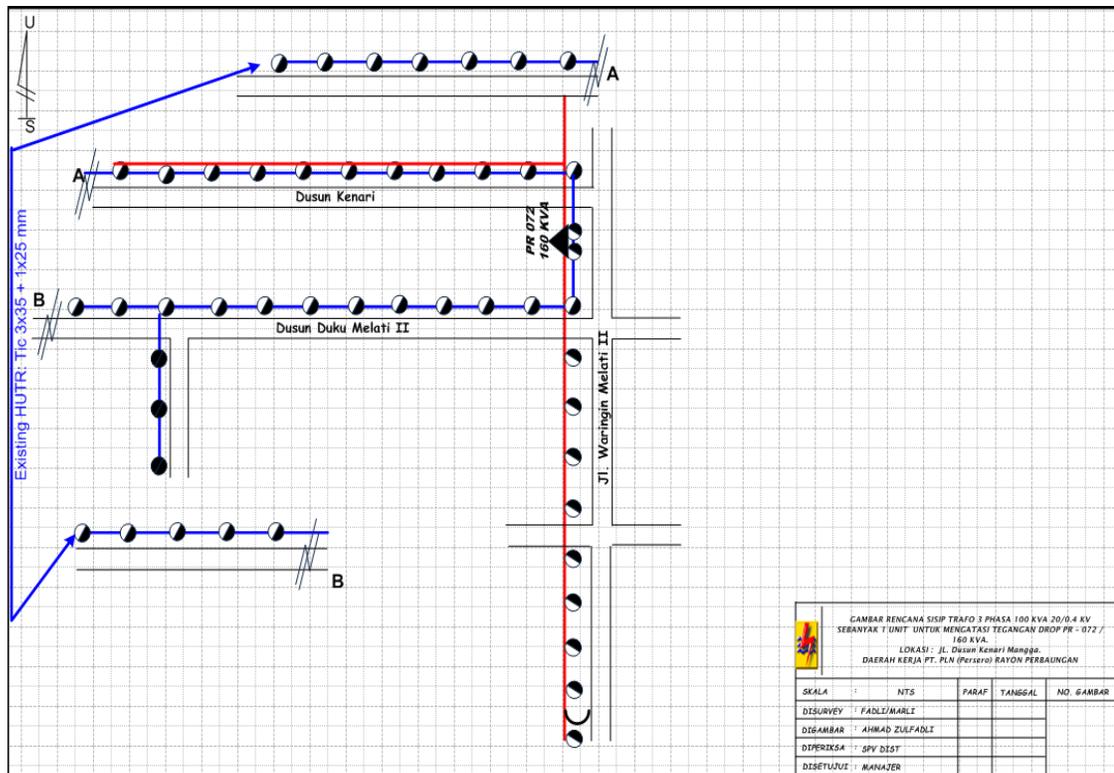
Berikut ini adalah table kapasitas trafo distribusi PR072 dan Trafo Sisip:

Tabel 3. 1: Kapasitas Trafo Ditribusi PR 072 dan Trafo Sisip

NO	Kode Trafo	Kapasitas (KVA)
1	PR 072	160
2	Trafo Sisip PRxxx	160

### 3.2.2 Diagram satu garis jaringan tegangan rendah

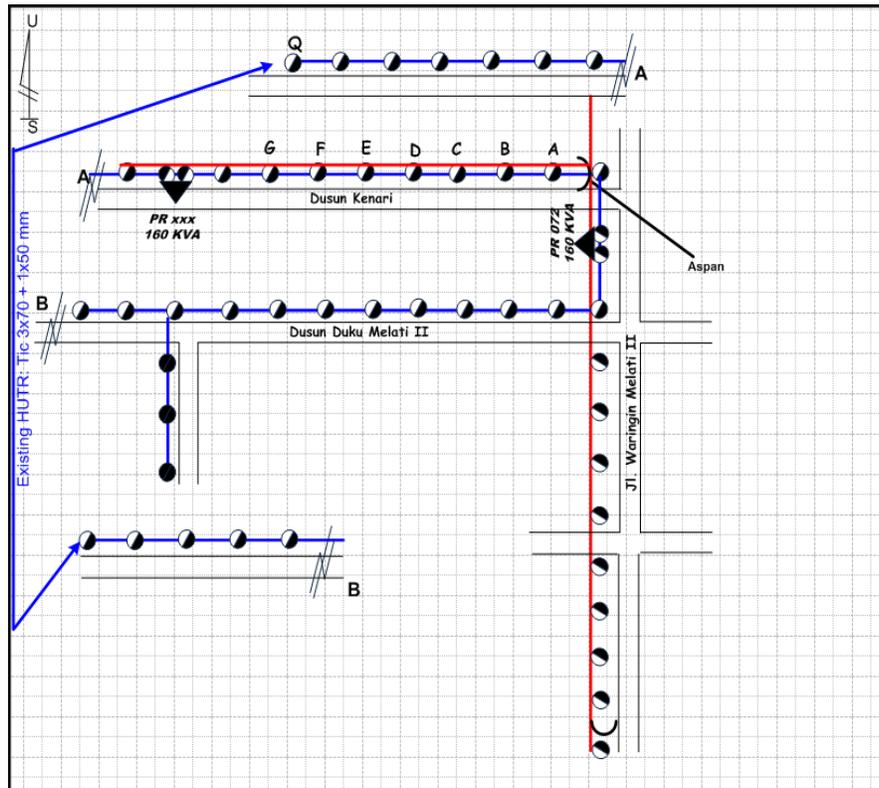
Berikut ini gambar *single line* diagram jaringan tegangan rendah trafo distribusi PR072 sebelum penambahan trafo sisip.



**Gambar 3.1** *Single line* system distribusi PR 072

*Sumber: Penulis, 2021*

Berikut ini gambar single line diagram jaringan tegangan rendah trafo distribusi PR-072 setelah penambahan trafo sisip.



Gambar 3.2 *Single line* Diagram Rencana Penambahan Trafo Sisip  
 Sumber: Penulis, 2021

### 3.2.3 Spesifikasi Jaringan Tegangan Rendah

Berikut ini tabel data jenis, panjang saluran dan ukuran kabel penghantar system distribusi jaringan tegangan rendah jaringan distribusi PR072 jurusan Utara:

Tabel 3.2 Data Penghantar Jaringan Tegangan Rendah

No	Titik	Panjang Saluran (m)	Konduktor	
			Jenis	Ukuran (mm <sup>2</sup> )
1	A-C	145	LVTC	3x35 + 1x25
2	C-E	91	LVTC	3x35 + 1x25
3	E-H	133	LVTC	3x35 + 1x25
4	H-J	92	LVTC	3x35 + 1x25
5	J-L	92	LVTC	3x35 + 1x25
6	L-O	139	LVTC	3x35 + 1x25
7	O-Q	96	LVTC	3x35 + 1x25

### 3.2.4 Data Pengukuran Trafo Distribusi PR072

Berikut tabel data pengukuran arus dan tegangan pada gardu distribusi trafo PR 072

Tabel 3.3 Data Pengukuran Gardu Trafo Distribusi PR 072

No	Tanggal	Jam	Arus (Ampere)			Tegangan ( Volt)		
			IR	IS	IT	R-N	S-N	T-N
1	5/10/2020	19.00	195	183	194	226	227	224
2	7/10/2020	19.00	197	190	195	225	227	222
3	9/10/2020	19.00	205	190	210	222	224	223
<b>Rata- Rata Pengukuran Arus dan Tegangan</b>			199	188	200	224	226	223

### 3.2.5 Data Beban Jaringan Tegangan Rendah

Tabel data rata-rata beban pada system distribusi jaringan tegangan rendah trafo PR 072 jurusan Utara hasil pengukuran selama 3 hari

Tabel 3.4 Data Pengukuran Beban Pada Sistem Distribusi Trafo PR 072 jurusan Utara

No	Titik Jaringan Tegangan Rendah	Arus (A)		
		R	S	T
1	A-C	20	16	18
2	C-E	18	18	18
3	E-H	20	20	19
4	H-J	18	18	16
5	J-L	21	20	19
6	L-O	25	20	20
7	O-Q	19	16	18

### 3.2.6 Data Beban Tegangan Ujung Jaringan Tegangan Rendah

Tabel data beban dan tegangan pada ujung jaringan tegangan rendah trafo distribusi PR 072 (Titik Q) sebelum dilakukan penyisipan trafo hasil pengukuran selama tiga hari.

Tabel 3.5 Data Pengukuran Gardu Tegangan Ujung Jaringan Trafo PR 072 jurusan Utara

No	Tanggal	Jam	Arus (A)			Tegangan (Volt)		
			R	S	T	R-N	S-N	T-N
1	5/10/2020	19.00	14	13	16	180	179	180
2	7/10/2020	19.00	15	15	12	180	179	180
3	9/10/2020	19.00	19	16	17	179	178	179
<b>Rata-rata Arus dan Tegangan</b>			15	16	15	180	179	180



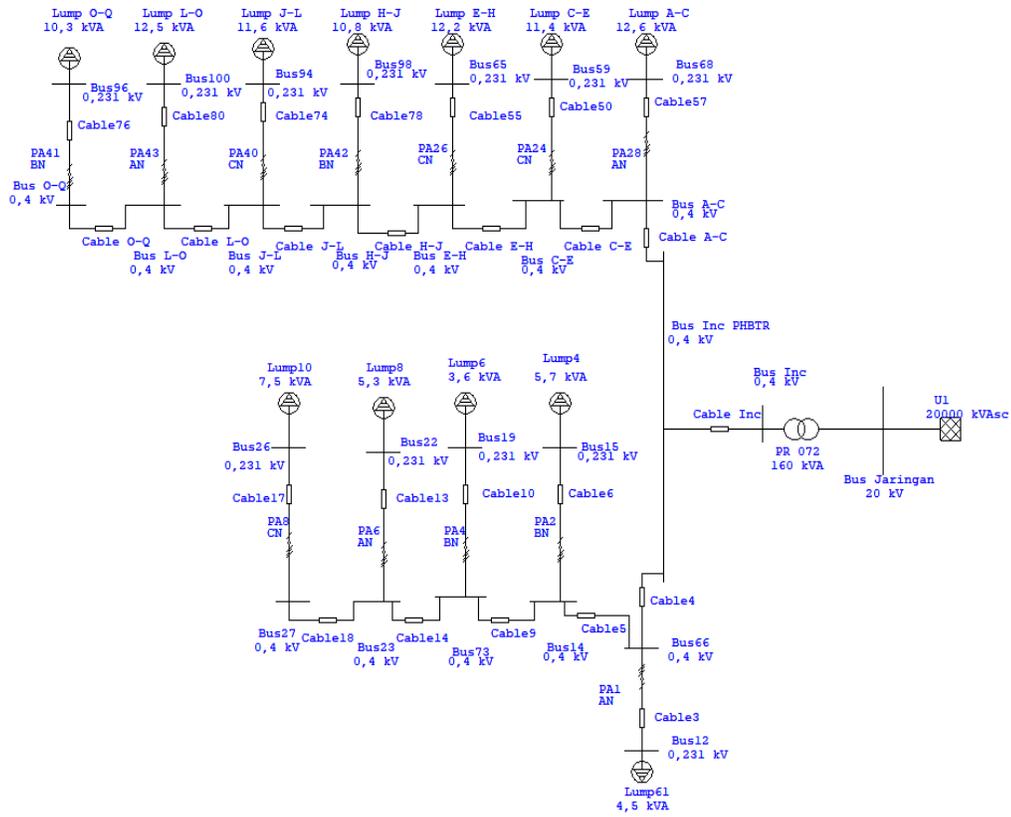
**PT PLN (PERSERO) WILAYAH SUMATERA UTARA**  
**CABANG LUBUKPAKAM**  
**RANTING PERBAUNGAN**

DATA TRANSFORMATOR										
Kode Gardu-No Trafo	PR72-1		Tegangan Primer L-L (KV)		20					
Lokasi	JL. DSN KENARI		Tegangan Sekunder L-L (Volt)		380					
Feeder	PU08		Arus Primer (Amp)		4.6					
Daya (kVA)	160		Arus Sekunder (Amp)		243.1					
Posisi Tap	3/5		Jenis Minyak							
Fasa	3		Vektor Group		YZN5					
No.Seri	33176320039		Impedansi (%)		4					
Merk	SECHNEDER - BARU		Temperatur (C)		65					
Pengaman Sekunder IN : NTFUSE 400 A			Opstik Kabel Incoming : NYFGBY 70 mm2			Konstruksi : DOUBLE POLE				
Jumlah Jurusan : 2			Opstik Kabel Outgoing : NYFGBY 70 mm2							
PENGUKURAN										
L W B P	JURUSAN OUTGOING								INCOMING	
	UTARA	SELATAN	-	-	-	-	-	-	Amp	%
R (Amp)	90	50	0	0	0	0	0	0	140	58
S (Amp)	83	42	0	0	0	0	0	0	125	51
T (Amp)	105	56	0	0	0	0	0	0	161	66
N (Amp)	29	20	0	0	0	0	0	0	49	
BEBAN (%)	40	21	0	0	0	0	0	0		
W B P										
	UTARA	SELATAN	-	-	-	-	-	-	Amp	%
R (Amp)	140	59	0	0	0	0	0	0	199	82
S (Amp)	136	52	0	0	0	0	0	0	188	77
T (Amp)	145	55	0	0	0	0	0	0	200	82
N (Amp)	70	32	0	0	0	0	0	0	102	
BEBAN (%)	61	24	0	0	0	0	0	0		
TEG.UJUNG L-N (Volt)	198	198	0	0	0	0	0	0	<b>BEBAN 85 % 136 kVA</b>	
PENGHANTAR JTR	NTFUSE 250 A TIC 35 mm 1050 m	NTFUSE 250 A TIC 35 mm 1050 m								
Tegangan L-N (Volt)	L W B P	W B P		KETERANGAN						
Pangkal	231	-		TRAFO KONTAK TGL 25 JULI 2017 DIGANTI DENGAN TRAFO MEREK SECHNEDER 200 KVA, NO SERI 33176320039						
Cospki	0.85	0.85								
Tanggal Ukur	9-10-2020	9-10-2020								
Petugas	MUSLIADI,SUWANDI	MUSLIADI,SUWANDI,								
Grounding (Ohm)	netral 7	body 7.5	arrester 7							

**Gambar 3.3 Sistem Informasi Gardu Distribusi**  
 Sumber: Penulis, 2021

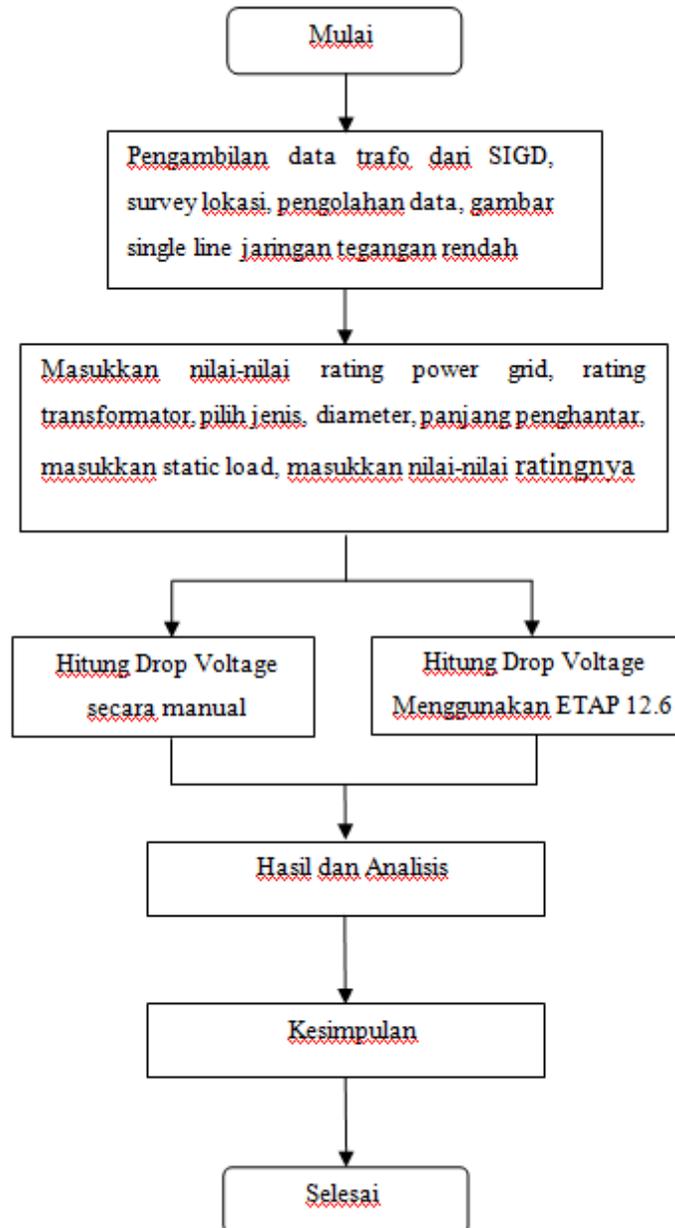
### 3.3 Perancangan Simulasi Jaringan Distribusi Menggunakan ETAP

Diagram satugaris ETAP *Power Station* terdiri dari sejumlah komponen yang membantu kita dalam merangkai rangkaian yang kompleks dan banyak. Gambar diagram satu garis tersebut mengizinkan kita untuk meletakkan berbagai peralatan pengaman antara cabang rangkaian dan sebuah bus. Berikut adalah tampilan *screenchart* dari ETAP *Power Station* versi 12.6.0.



**Gambar 3.4 Simulasi ETAP PR 072**  
*Sumber: Penulis, 2021*

### 3.4 Flow Chart Penelitian



**Gambar 3.5** *Flow Chart penelitian*  
*Sumber: Penulis, 2021*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Metode Perhitungan Drop Tegangan

Besarnya drop tegangan jaringan tegangan rendah dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta V = (V_s) - (V_r) \dots \dots \dots (4.1)$$

##### 4.1.1 Hasil Pengukuran Drop Tegangan Sebelum Penambahan Trafo Sisip

Berdasarkan data hasil pengukuran tegangan pada Trafo PR072 menggunakan Etap, dapat dihitung drop tegangan di setiap titik jaringan sebelum penambahan trafo sisip.

Jurusan Utara

$$\begin{aligned} \Delta V_{AC} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 389,7V - 358,9V \\ &= 30,8 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{CE} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 358,9V - 342,2V \\ &= 16,7 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{EH} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 342,2V - 321,8V \\ &= 20,4 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{HJ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 321,8V - 310,6V \\ &= 11,2V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{JL} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 310,6V - 302,1V \\ &= 8,5V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{LO} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 302,1V - 293,5V \\ &= 8,6V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{OQ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 293,5V - 290,9V \\ &= 2,6V\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total drop tegangan dari gardu trafo distribusi sampai dengan ujung jaringan titik Q adalah sebesar :

$$\begin{aligned}\text{Total } \Delta V &= \Delta V_{AC} + \Delta V_{CE} + \Delta V_{EH} + \Delta V_{HJ} + \Delta V_{JL} + \Delta V_{LO} + \Delta V_{OQ} \\ &= 30,8V + 16,7V + 20,4V + 11,2V + 8,5V + 8,6V + 2,6V \\ &= 98,8V\end{aligned}$$

Berdasarkan data hasil pengukuran tegangan pada Trafo PR 072 menggunakan pengukuran secara langsung, dapat dihitung drop tegangan dari pangkal sampai ujung jaringan.

Jurusan Utara

$$\begin{aligned}\Delta V_{AC} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 392,2\text{V} - 363,5\text{V} \\ &= 28,7\text{V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{CE} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 363,5\text{V} - 346,6\text{V} \\ &= 16,9\text{V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{EH} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 346,6\text{V} - 326,9\text{V} \\ &= 19,7\text{V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{HJ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 326,9\text{V} - 315,5\text{V} \\ &= 11,4\text{V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{JL} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 315,5\text{V} - 306,6\text{V} \\ &= 8,9\text{V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{LO} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 306,6\text{V} - 298\text{V} \\ &= 8,6\text{V}\end{aligned}$$

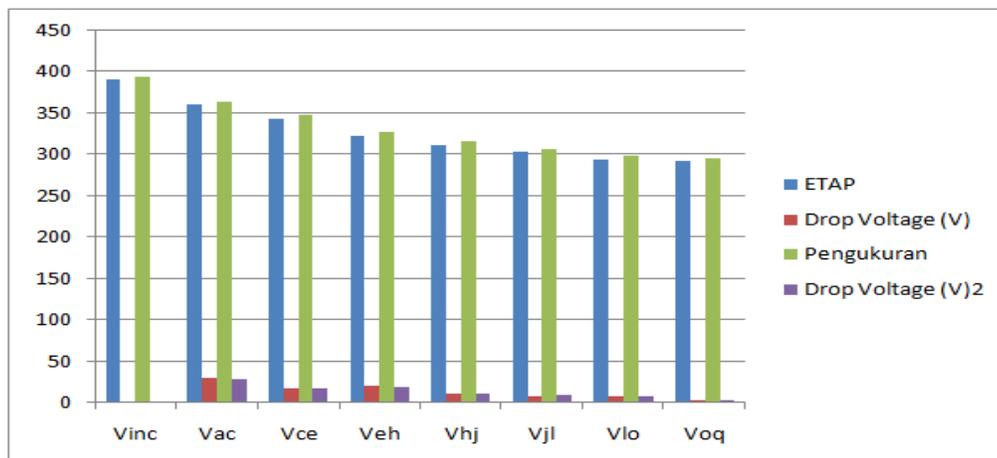
$$\begin{aligned}\Delta V_{OQ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 298\text{V} - 295,2\text{V} \\ &= 2,8\text{V}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total drop tegangan dari gardu trafo distribusi sampai dengan ujung jaringan titik Q adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta V &= \Delta V_{AC} + \Delta V_{CE} + \Delta V_{EH} + \Delta V_{HJ} + \Delta V_{JL} + \Delta V_{LO} + \Delta V_{OQ} \\ &= 28,7V + 16,9V + 19,7V + 11,4V + 8,9V + 8,6V + 2,8V \\ &= 97V \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Perbandingan Drop Voltage Hasil Simulasi ETAP Sebelum Trafo Sisip

NO	Dasar Data	ETAP	Drop Voltage (V)	Pengukuran	Drop Voltage (V)
1	V <sub>INC</sub>	389,7V	-	392,2V	-
2	V <sub>AC</sub>	358,9V	30,8V	363,5V	28,7V
3	V <sub>CE</sub>	342,2V	16,7V	346,6V	16,9V
4	V <sub>EH</sub>	321,8V	20,4V	326,9V	19,7V
5	V <sub>HJ</sub>	310,6V	11,2V	315,5V	11,4V
6	V <sub>JL</sub>	302,1V	8,5V	306,6V	8,9V
7	V <sub>LO</sub>	293,5V	8,6V	298V	8,6V
8	V <sub>OQ</sub>	290,9V	2,6V	295,2V	2,8V



Gambar 4.1 Diagram Perbandingan Drop Tegangan Sebelum Penambahan Trafo Sisip

Sumber: Penulis, 2021

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus melalui PHBTR sampai pada jaringan ujung pada titik Q sebelum penambahan trafo sisip dapat dihitung pula nilai drop tegangan ujung adalah sebesar:

$$\begin{aligned}(V_r) &= (\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi) : A \\ &= (1,732 \times 0,0000000275 \times 788 \times 196 \times 0,8) : 0,000035 \\ &= 168,14 \text{ V}\end{aligned}$$

#### 4.2 Metode Perhitungan Persentase Drop Tegangan Ujung Sebelum Trafo Sisip

Perhitungan persentase drop tegangan ujung menggunakan pengukuran langsung tabel 4.1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta V(\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \\ \Delta V(\%) &= \frac{392,7V - 295,2V}{295,2V} \times 100 \% \\ &= 32,8\%\end{aligned}$$

Perhitungan persentase drop tegangan ujung menggunakan simulasi ETAP tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta V(\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \\ \Delta V(\%) &= \frac{389,7V - 290,9V}{290,9V} \times 100 \% \\ &= 33,9\%\end{aligned}$$

Jadi, perhitungan persentase drop tegangan dengan cara pengukuran dan simulasi ETAP sudah menunjukkan bahwa tegangan pada jaringan ujung ini sudah

tidak sesuai dengan ketentuan regulasi standar tegangan PLN yang diatur dalam SPLN 1:1995 yang menyatakan bahwa batas maksimal dan minimal tegangan standar berada pada *range* +5% atau -10% . Berikut tabel perbandingan hasil perhitungan drop tegangan ujung antara hasil pengukuran dan simulasi ETAP.

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan pengukuran dan simulasi ETAP Sebelum Trafo Sisip

NO	Dasar Data	Presentase Drop Tegangan (%)
1	Pengukuran	32,8
2	Simulasi ETAP	33,9

#### 4.3 Perhitungan Pembebanan Sebelum Penambahan Trafo Sisip

Berdasarkan hasil pengukuran arus dan tegangan pada gardu trafo distribusi PR 072 dapat dihitung arus rata-rata total di masing-masing fasa dapat dilihat dari data hasil pengukuran pada tanggal 05 Oktober 2020 sampai 09 Oktober 2020 yang kemudian I rata-rata dapatdihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{rata - rata} &= \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \\
 &= \frac{199 A + 188 A + 200 A}{3} \\
 &= 196 A
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, hasil persentase pembebanan trafo PR 072 adalah sebesar

$$\% \text{Pembelanan} = \frac{V_x I_x \sqrt{3} : 1000}{\text{KapasitasTrafo}}$$

$$= \frac{400 \times 196 \times \sqrt{3} : 1000}{160} \times 100\%$$

$$= 84,8 \% (135,7 \text{ KVA})$$

Hasil ini menunjukkan bahwa pembebanan trafo gardu distribusi PR 072 sudah melewati batas standar maksimal pembebanan trafo sebesar 80%. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penyisipan trafo dan uprating HUTR dari TIC 3x35mm+1x25mm menjadi TIC 3x70mm+1x50mm untuk mengurangi sebagian beban trafo gardu distribusi PR 072 agar beban trafo distribusi berada pada persentase pembebanan yang sudah ditentukan.

#### **4.4 Kapasitas Trafo Sisip**

Dalam memilih rating trafo sisip terdapat beberapa faktor sebagai bahan pertimbangan dalam memilih kapasitas/rating trafo sisip. Lokasi sekitar gardu distribusi masih terdapat lahan yang cukup luas untuk perkembangan penduduk, sehingga kapasitas trafo sisip yang akan di pilih harus mampu menampung perkembangan beban dikemudian hari. Pemilihan kapasitas trafo sisip juga harus mempertimbangkan faktor beban yang akan dipikul oleh trafo sisip harus sesuai dengan standar PLN, dimana persentase maksimal beban ialah 80%. Dengan demikian, kapasitas trafo sisip yang akan dibebani harus berada di bawah 80%. Kapasitas trafo sisip yang dipilih pada studi kasus ini ialah 160 KVA.

#### 4.4.1 Hasil Pengukuran Drop Tegangan Setelah Penambahan Trafo Sisip

Berdasarkan data hasil perencanaan pengukuran tegangan pada Trafo sisip PR 072 menggunakan Etap dan pengukuran secara manual, dapat dihitung drop tegangan di setiap titik jaringan setelah penambahan trafo sisip.

Jurusan Timur

$$\begin{aligned}\Delta V_{AC} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 393,3\text{V} - 387,4\text{V} \\ &= 5,9 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{CE} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 387,4\text{V} - 385,1\text{V} \\ &= 2,3 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{EH} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 385,1\text{V} - 383,6\text{V} \\ &= 1,5 \text{ V}\end{aligned}$$

Jurusan Barat

$$\begin{aligned}\Delta V_{HJ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 393,3\text{V} - 388,8\text{V} \\ &= 4,5 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{JL} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 388,8\text{V} - 385,6\text{V} \\ &= 3,2 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{LO} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 385,6V - 381,7V \\ &= 3,9V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{OQ} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 381,71V - 380,5V \\ &= 1,2V\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total drop tegangan dari gardu trafo distribusi sampai dengan ujung jaringan titik Q adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total } \Delta V &= \Delta V_{AC} + \Delta V_{CE} + \Delta V_{EH} + \Delta V_{HJ} + \Delta V_{JL} + \Delta V_{LO} + \Delta V_{OQ} \\ &= 5,9V + 2,3V + 1,5V + 4,5V + 3,2V + 3,9V + 1,2V \\ &= 22,5V\end{aligned}$$

Berdasarkan data hasil pengukuran tegangan pada Trafo PR 072 menggunakan pengukuran secara langsung, dapat dihitung drop tegangan dari pangkal sampai ujung jaringan

Jurusan Timur

$$\begin{aligned}\Delta V_{AC} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 395,2V - 390,6V \\ &= 4,6V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{CE} &= (V_s) - (V_r) \\ &= 390,6V - 387,4V \\ &= 3,2V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{EH} &= (V_s) - (V_r) \\
&= 387,4V - 385,2V \\
&= 2,2V
\end{aligned}$$

Jurusan Barat

$$\begin{aligned}
\Delta V_{HJ} &= (V_s) - (V_r) \\
&= 395,2V - 391,5V \\
&= 3,7V
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{JL} &= (V_s) - (V_r) \\
&= 391,5V - 388,7V \\
&= 2,8V
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{LO} &= (V_s) - (V_r) \\
&= 388,7V - 385V \\
&= 3,7V
\end{aligned}$$

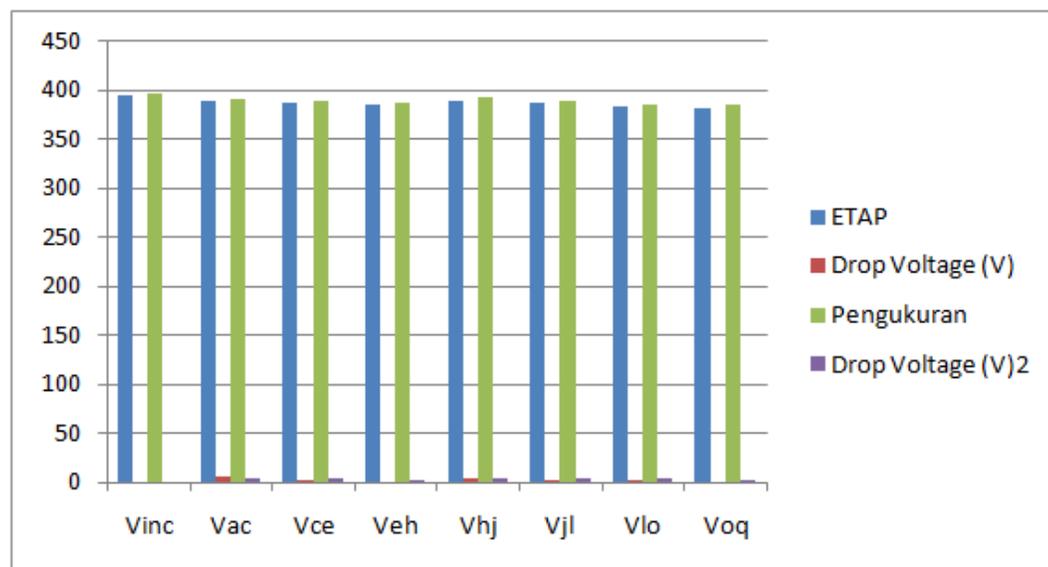
$$\begin{aligned}
\Delta V_{OQ} &= (V_s) - (V_r) \\
&= 385V - 383,2V \\
&= 1,8V
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total drop tegangan dari gardu trafo distribusi sampai dengan ujung jaringan titik Q adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
\text{Total } \Delta V &= \Delta V_{AC} + \Delta V_{CE} + \Delta V_{EH} + \Delta V_{HJ} + \Delta V_{JL} + \Delta V_{LO} + \Delta V_{OQ} \\
&= 4,7V + 3,2V + 2,2V + 3,7V + 2,8V + 3,7V + 1,8V \\
&= 42,1V
\end{aligned}$$

Tabel 4.3 Perbandingan Drop Voltage Hasil Simulasi ETAP Sesudah Trafo Sisip

NO	Dasar Data	ETAP	Drop Voltage (V)	Pengukuran	Drop Voltage (V)
1	$V_{INC}$	393,3V	-	395,2V	-
2	$V_{AC}$	387,4V	5,9V	390,6V	4,6V
3	$V_{CE}$	385,1V	2,3V	387,4V	3,2V
4	$V_{EH}$	383,6V	1,5V	385,2V	2,2V
5	$V_{HJ}$	388,8V	4,5V	391,5V	3,7V
6	$V_{JL}$	385,6V	3,2V	388,7V	2,8V
7	$V_{LO}$	381,7V	3,9V	385V	3,7V
8	$V_{OQ}$	380,5V	1,2V	383,2V	1,8V



Gambar 4.2 Diagram Perbandingan Drop Tegangan Sesudah Penambahan Trafo Sisip

Sumber: Penulis, 2021

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus melalui PHBTR sampai pada jaringan ujung pada titik Q setelah penambahan trafo sisip dapat dihitung pula nilai drop tegangan ujung adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 (V_r) &= (\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi) : A \\
 &= (1,732 \times 0,0000000275 \times 394 \times 55 \times 0,8) : 0,000070 \\
 &= 11,79 \text{ V}
 \end{aligned}$$

#### 4.5 Metode Perhitungan Persentase Drop Tegangan Ujung Setelah Trafo Sisip

Perhitungan persentase drop tegangan ujung menggunakan pengukuran tabel 4.3 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta V(\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \\
 \Delta V(\%) &= \frac{395,2V - 383,2V}{383,2V} \times 100 \% \\
 &= 3,1\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan persentase drop tegangan ujung menggunakan simulasi ETAP tabel 4.3 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta V(\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \\
 \Delta V(\%) &= \frac{393,3V - 380,5V}{380,5V} \times 100 \% \\
 &= 3,3\%
 \end{aligned}$$

Jadi, perhitungan persentase drop tegangan dengan cara pengukuran dan simulasi ETAP sudah menunjukkan bahwa tegangan pada jaringan ujung ini sudah tidak sesuai dengan ketentuan regulasi standar tegangan PLN yang diatur dalam SPLN 1:1995 yang menyatakan bahwa batas maksimal dan minimal tegangan standar

berada pada *range* +5% atau -10% . Berikut tabel perbandingan hasil perhitungan drop tegangan ujung antara hasil pengukuran dan simulasi ETAP.

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan pengukuran dan simulasi ETAP Setelah Trafo Sisip

NO	Dasar Data	Presentase Drop Tegangan (%)
1	Pengukuran	3,4
2	Simulasi ETAP	3,3

#### 4.6 Perhitungan Pembebanan Setelah Penambahan Trafo Sisip

Berdasarkan hasil pengukuran secara simulasi melalui hasil ukur arus dan tegangan bahwa beban pada trafo distribusi PR 072 setelah dilakukan penyisipan trafo dapat dihitung dari data hasil pengukuran pada tanggal 05 Oktober 2020 sampai 09 Oktober 2020 yang kemudian I rata-rata dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{rata - rata} &= \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \\
 &= \frac{59 A + 52 A + 55 A}{3} \\
 &= 55 A
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, persentase setelah pembebanan trafo adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Pembebanan} &= \frac{V \times I \times \sqrt{3} : 1000}{\text{Kapasitas Trafo}} \\
 &= \frac{400 \times 55 \times \sqrt{3} : 1000}{160} \times 100\% \\
 &= 23,8 \% (38,1 \text{ KVA})
 \end{aligned}$$

Dan untuk persentase dan pembebanan trafo sisip adalah sebesar

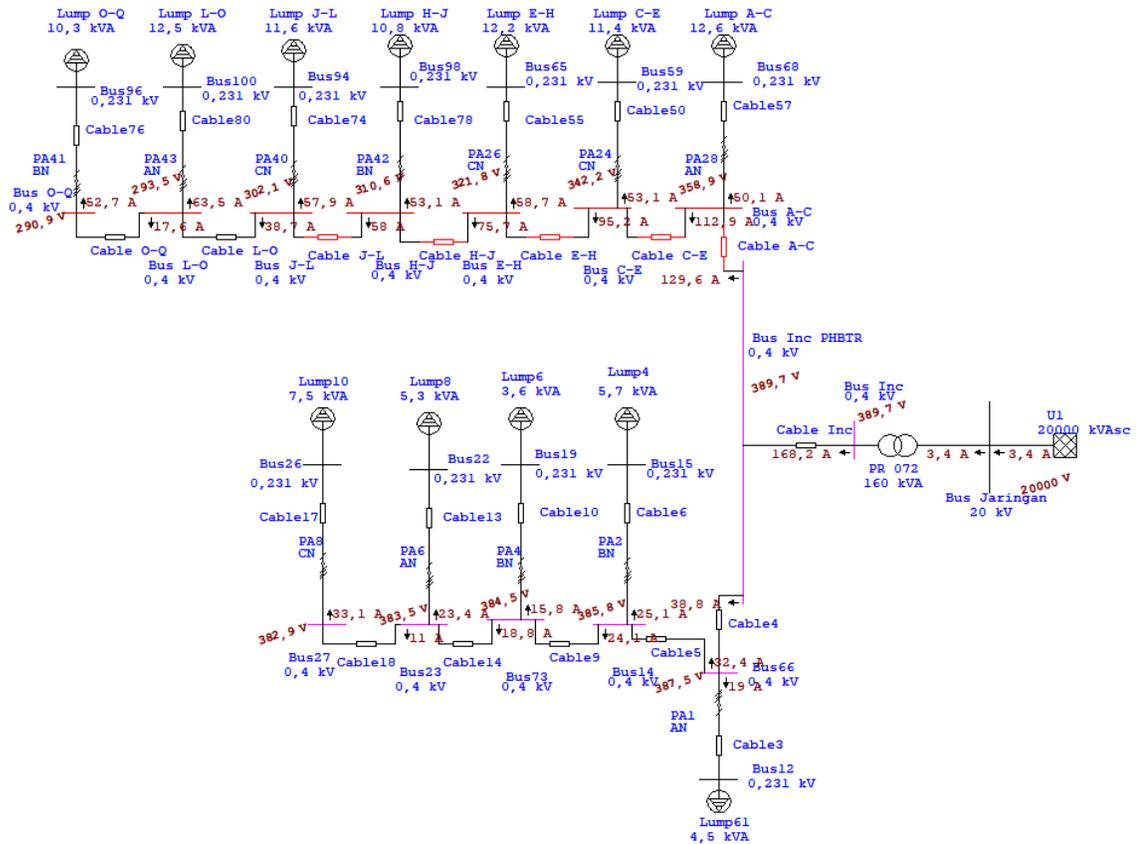
$$\begin{aligned}
 I_{rata - rata} &= \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \\
 &= \frac{140 A + 136 A + 145 A}{3} \\
 &= 140 A
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, hasil persentase pembebanan trafo sisip adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 \% \text{Pembelian} &= \frac{V \times I \times \sqrt{3} : 1000}{\text{Kapasitas Trafo}} \\
 &= \frac{400 \times 55 \times \sqrt{3} : 1000}{160} \times 100\% \\
 &= 60,6 \% (96,9 \text{ KVA})
 \end{aligned}$$

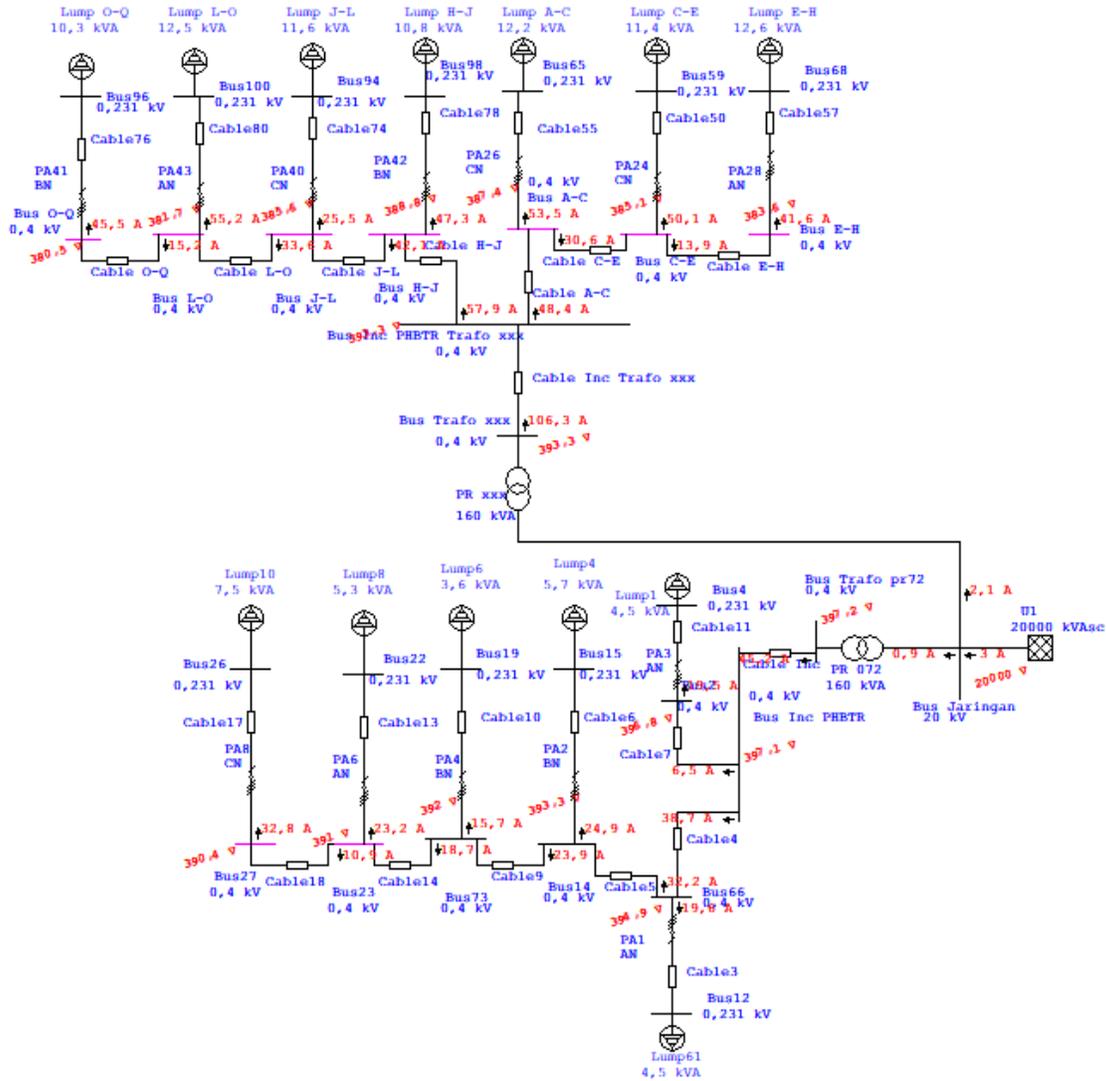
Hasil ini menunjukkan bahwa setelah penambahan pembebanan trafo gardu distribusi PR 072 beban trafo tersebut menjadi 23%. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penyisipan trafo dan uprating HUTR dari TIC 3x35mm+1x25mm menjadi TIC 3x70mm+1x50mm untuk mengurangi sebagian beban trafo gardu distribusi PR 072 agar beban dan tegangan pada trafo distribusi tersebut menjadi lebih bagus sesuai standart PLN.

## 4.7 Simulasi ETAP Gardu PR 072 Sebelum Penambahan Trafo Sisip



Gambar 4.3 Simulasi ETAP PR 072 Sebelum Penambahan Trafo Sisip  
 Sumber: Penulis, 2021

## 4.8 Simulasi ETAP Gardu PR 072 Setelah Penambahan Trafo Sisip dan Uprating Kabel



Gambar 4.4 Simulasi ETAP PR 072 Setelah Penambahan Trafo Sisip dan Uprating Kabel  
 Sumber: Penulis, 2021

#### 4.9 Analisa

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa tegangan ujung yang terendah tiang O-Q jurusan Utara, yakni sebesar 295,2V atau terjadi drop tegangan sebesar 32,8%. Di samping menggunakan acuan data hasil pengukuran, penulis juga melakukan analisis dari hasil simulasi program ETAP 12.6.0, yakni sebesar 290,9V atau terjadi drop tegangan sebesar 33,9%. Kedua hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa pada jaringan distribusi yang disuplai dari Gardu Distribusi PR 072 telah terjadi drop tegangan yang cukup besar, dan telah melampaui standar SPLN 1:1995.

Sesuai dengan regulasi tegangan yang ditentukan oleh PLN, perancangan jaringan pada sistem distribusi di desain agar jatuh tegangan di ujung tidak melebihi dari 10%. Salah satu cara untuk mengatasi masalah drop tegangan ujung adalah dengan memasang transformator sisipan dan uprating HUTR dari TIC  $3 \times 35 \text{mm}^2 + 1 \times 25 \text{mm}^2$  menjadi TIC  $3 \times 70 \text{mm}^2 + 1 \times 50 \text{mm}^2$ , dengan prinsip kerja membagi dua beban yang terdapat pada transformator sebelumnya (Gardu Distribusi PR 072). Pemasangan trafo sisip dan uprating HUTR ini akan berdampak baik pada kualitas tegangan penyaluran energi listrik.

Setelah hasil simulasi ETAP, setelah sebagian beban Gardu Distribusi PR 072 berkurang karena telah dipikul oleh transformator sisipan adalah seperti Gambar 4.2 pada gambar tersebut terlihat bahwa tegangan ujung pada jurusan Utara untuk tiang O-Q sebesar 380,5 volt terjadi kenaikan tegangan ujung yang relatif besar, yakni sebesar 89,6V ( $380,5 \text{ V} - 290,9 \text{ V}$ ) pada tiang O-Q. Bila dibandingkan dengan setelah trafo sisip dipasang tegangan ujung pada kondisi sebelum beban trafo PR 072 dipikul

transformator sisipan, terjadi kenaikan tegangan ujung yang relatif besar, yakni sebesar 87 V (382,2 V-295,2 V) pada tiang O-Q..Bila dibandingkan tegangan ujung pada kondisi sebelum beban trafo PR072 dipikul transformator sisipan, terjadi kenaikan tegangan ujung yang relatif besar, yakni sebesar 87,1V (380,5 V-293,4 V) pada tiang O-Q.

Tegangan Pangkal dan ujung sebelum penambahan trafo sisip melalui pengukuran langsung

$$Vr(\%) = \frac{Vs - Vr}{Vr} \times 100 \%$$

$$Vr(\%) = \frac{392,2V - 295,2V}{295,2V} \times 100 \%$$

$$= 32,8\%$$

Tegangan Pangkal dan ujung setelah penambahan trafo sisip melalui simulasi ETAP

$$Vr(\%) = \frac{Vs - Vr}{Vr} \times 100 \%$$

$$Vr(\%) = \frac{393,3V - 380,5V}{380,5V} \times 100 \%$$

$$= 3,3\%$$

Dengan demikian, persentase drop tegangan pada ujung jaringan Gardu Distribusi PRxxx setelah nantinya transformator sisipan terpasang akan menjadi seperti tabel berikut:

Tabel 4.5 Perbandingan drop tegangan setelah penambahan trafo sisip

No	Dasar Data	Luas Penampang	Presentase Drop Tegangan (%)
1	Sebelum Penambahan Trafo Sisip	$3 \times 35\text{mm}^2 + 1 \times 25\text{mm}^2$	32,8
2	Sesudah Penambahan Trafo Sisip	$3 \times 70\text{mm}^2 + 1 \times 50\text{mm}^2$	3,3

Untuk perbandingan persentase drop tegangan setelah penambahan trafo sisip dan uprating HUTR pada jaringan distribusi belum dapat ditampilkan karena sedang dalam proses pelaksanaan, sehingga perbandingan yang diambil ialah dari hasil simulasi ETAP.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan melalui perhitungan drop tegangan jaringan tegangan rendah 380/220 V dapat diambil kesimpulan, yaitu:

Kondisi pembebanan pada transformator

1. Trafo Distribusi PR 072 menunjukkan beban yang relatif besar sudah melewati beban maksimal 80%, yakni sebesar : 84,8 % (135,7 KVA)
2. Terjadi drop tegangan pada ujung jaringan sistem distribusi dengan tegangan ujung yang terendah ada pada tiang O-Q dengan cara pengukuran secara langsung, yakni sebesar 295,2 V atau terjadi drop tegangan sebesar 32,8 % dan untuk pengukuran hasil simulasi ETAP sebesar 33,5%.
3. Untuk dapat mengatasi permasalahan drop tegangan pada transformator PR 072 ini, PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam dalam hal ini ULP Perbaungan berupaya melakukan penambahan transformator sisipan dan uprating HUTR TIC  $3 \times 70 \text{mm}^2 + 1 \times 50 \text{mm}^2$  sepanjang 788m dengan kapasitas sebesar 160 kVA agar berdampak baik pada kualitas tegangan penyaluran energi listrik.
4. Presentase drop tegangan ujung setelah dilakukan penambahan trafo sisip hasil simulasi ETAP adalah 3,3%

## 5.2 Saran

Akibat adanya drop tegangan yang terjadi pada Trafo PR 072 dan mungkin sewaktu-waktu drop tegangan tersebut bisa saja menjadi meningkat maka untuk itu perlu disarankan antara lain:

1. Menambah Trafo Sisipan yang akan membantu beban pada Trafo sebelumnya yang menyebabkan jatuh tegangan pada ujung jaringan tegangan rendah agar sesuai standarisasi yang sudah ada di tetapkan oleh PLN.
2. Dengan memperkecil drop tegangan masa umur trafo semakin lama, maka untuk itu dapat memperbesar luas penampang kawat penghantar dan mengurangi titik sambungan agar tegangan dapat mengalir ke konsumen paling ujung tanpa berkurang nilai tegangannya.

## DAFTAR PUSTAKA

Operation Technology.2014,Inc. ETAP 12.6 User Guide, Southern California

Arismunandar. A, DR, M.A.Sc, Kuwahara. S, DR. 1993. Teknik Tenaga Listrik, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

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.

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

SK DIR 605 PT. PLN (Persero). 2010. **Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik**, PT. PLN (Persero), Jakarta.

Suhadi, dkk. 2008, Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

SPLN 1:1995 PT. PLN (Persero). 1995. **Tegangan-Tegangan Standar**, Departemen Pertambangan Energi dan PT. PLN (Persero), Jakarta.

SPLN 70-4 PT. PLN (Persero). 1992. **KHA Kabel Pilin Tegangan Rendah**, Departemen Pertambangan Energi dan PT. PLN (Persero), Jakarta.

SPLN 72 PT. PLN (Persero). 1987. **Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah**, Jakarta.

Kushadiyono.MT ,Drs. 2003. Dasar Teknik Elektro, STT Wiworotomo, Purwokerto.

Lukman, Budi. dkk.2010. Makalah Daya Aktif, Reaktif dan Nyata.

Willian D. Stevenson. 1994. Analisis Sistem Tenaga Listrik.

Zuhal. 1995. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya.