

**STUDI JATUH TEGANGAN PADA SALURAN
DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH GARDU
DISTRIBUSI KWANDANG (GK) 66 UP3
GORONTALO ULP KWANDANG**

OLEH :

LENDRIK DAHIBA

T21 170 24



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO

T.A 2022

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI JATUH TEGANGAN PADA SALURAN DISTRIBUSI
TEGANGAN RENDAH GARDU DISTRIBUSI KWANDANG
(GK) 66 UP3 GORONTALO ULP KWANDANG**

**OLEH :
LENDRIK DAHIBA
T2117024**

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana program studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik, dan telah disetujui oleh tim pembimbing pada tanggal 23 April 2022

Gorontalo, 23 April 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

STEVEN HUMENA, ST., MT
NIDN. 0907118903

FRENGKI EKA PUTRA SURUSA, ST., MT
NIDN. 0906018504

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI JATUH TEGANGAN PADA SALURAN DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH GARDU DISTRIBUSI KWANDANG (GK) 66 UP3 GORONTALO ULP KWANDANG

OLEH :
LENDRIK DAHIBA
T21.17.024

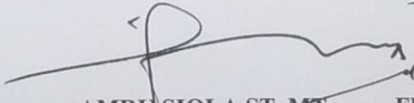
Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

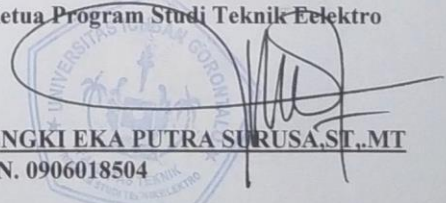
- | | | |
|------------------|-----------------------------------|---|
| 1. Pembimbing I | : Steven Humena,ST.,MT |  |
| 2. Pembimbing II | : Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT |  |
| 3. Penguji I | : Muammar Zainuddin,ST.,MT |  |
| 4. Penguji II | : Amelya Indah Pratiwi,ST.,MT |  |
| 5. Penguji III | : Muhammad Asri,ST.MT |  |

Gorontalo, 23 April 2022
Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Elektro


AMRU SIOLA,ST.,MT
NIDN. 0922027502


FRENGKI EKA PUTRA SURUSA,ST.,MT
NIDN. 0906018504

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lendrik Dahiba

NIM : T2117024

Kelas : Reguler Pagi

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya (Skripsi) dengan judul Studi Jatuh Tegangan Pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Kwandang (GK) 066 UP3 Gorontalo ULP Kwandang ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di Universitas lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain terkecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan oleh orang lain tetapi secara tertulis telah dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi ini.

Gorontalo 23 April 2022

Pernyataan


LENDRIK DAHIBA
NIM. T2117024

KATA PENGANTAR

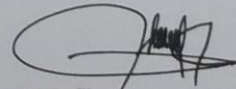
Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT. Sehingga berkat rahmat dan kuasanya penulis bisa menyelesaikan usulan Penelitian yang berjudul **Studi Jatuh Tegangan Pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Penyulang Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang.**

Dalam menyelesaikan usulan penelitian ini banyak ditemukan kesulitan dan hambatan, namun berkat Allah SWT. serta bantuan dari segala pihak maka kesulitan dan hambatan tersebut bisa diatasi. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Amru Siola ST,.MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Frengki Eka Putra Surusa ST,.MT. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo Sekaligus Pembimbing I.
3. Bapak Steven Humena ST,.MT. Selaku Pembimbing II.
4. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo
5. Kedua orang tua atas dukungan yang di berikan selama ini.
6. Serta kawan-kawan seperjuangan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun agar bisa digunakan saat perbaikan nantinya. Penulis juga berharap bahwa usulan penelitian ini bisa bermanfaat bagi para pembacanya.

Gorontalo, 15 Juni 2022



LENDRIK DAHIBA

ABSTRAK

Penyaluran energi listrik dari pembangkit-pembangkit yang disalurkan lewat jaringan transmisi dan distribusi yang berada di provinsi Gorontalo sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan pelanggan khususnya di ULP Kwandang. Namun, dalam penyaluran energi listrik tersebut masih banyak gangguan yang terjadi. Banyak unsur yang bisa memicu gangguan di sistem tenaga listrik, salah satunya yaitu Jatuh Tegangan. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, maka dilakukan studi jatuh tegangan pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah di Gardu Distribusi Kwandang dengan cara melihat dulu kondisi tegangannya. Dari hasil perhitungan yang dilakukan secara manual berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan maka di dapatkan nilai presentasi jatuh tegangan sebesar 11 %. Peneliti menyarankan perlu adanya pengecekan per trimester atau tahunan pada jaringan yang terpasang untuk mencegah terjadinya jatuh tegangan seperti yang diuraikan di atas.

Kata Kunci : Jatuh Tegangan

ABSTRACT

The distribution of electrical energy from power plants that are channeled through the transmission and distribution network in the province of Gorontalo is sufficient to meet customer needs, especially at ULP Kwandang. However, in the distribution of electrical energy, there are still many disturbances that occur. Many elements can trigger disturbances in the electric power system, one of which is voltage drop. To anticipate this problem, a voltage drop study was carried out on the Low Voltage Distribution Line at the Kwandang Distribution Substation by first looking at the voltage conditions. From the results of calculations carried out manually based on data obtained from the field, the presentation value of the voltage drop is 11%. Researchers suggest the need for load distribution and checking per trimester or annually on the installed network to prevent voltage drops as described above.

Keywords: Voltage Drop



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Konsep Dasar Sistem Tenaga Listrik	5
2.3 Transmisi Dan Distribusi.....	8
2.4 Sistem Jaringan Distribusi	8
2.4.1 Jaringan Sistem Distribusi Primer	8
2.4.2 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder.....	9
2.5 Gardu Distribusi.....	9
2.5.1 Gardu Portal.....	10
2.5.2 Gardu Cantol.....	12
2.5.3 Gardu Beton.....	12
2.5.4 Gardu Kios.....	13
2.5.5 Gardu Pelanggan Umum	13
2.5.6 Gardu Pelanggan Khusus	14
2.5.7 Gardu Hubung.....	15
2.6 Komponen Gardu Distribusi.....	16

2.6.1 Lightning Arrester	16
2.6.2 Fuse Cut Out	17
2.6.3 Pemisah (Disconnecting Switch)	20
2.6.4 Pengaman Lebur (Sekring)	21
2.7 Transformator Distribusi	23
2.7.1 Transformator Distribusi Phasa 3	24
2.7.2 Transformator <i>Complete Self Protected</i>	26
2.8 Perhitungan Terapan Beban Tersambung Transformator	26
2.8.1 Beban Tersambung Transformator Distribusi	26
2.8.2 Kapasitas Transformator	27
2.9 Penghantar	28
2.10 Kuat Hantar Arus	29
2.11 Jatuh Tegangan	30
2.12 Batas Toleransi Jatuh Tegangan	31
2.12.1 Turun tegangan pada JTM dibolehkan	32
2.13 Pengaturan Tegangan Pada Sistem Distribusi	32
2.14 Batas Presentase Jatuh Tegangan.....	32
2.15 Rendahnya Tegangan Ujung.....	36
2.16 Usaha Memperbaiki Tegangan	37
2.16.1 Pemerataan Beban.....	37
2.16.2 Memperbesar Tegangan Kirim	37
2.16.3 Memperbesar Penampang Penghantar	38
2.17 Faktor Daya	38
2.18 Perbaikan Faktor Daya	38
2.19 Rugi Daya (Power Losses)	39
2.20 Segitiga Daya.....	40
BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1 Kerangka Konsep Penelitian	41
3.2 Objek Penelitian.....	42
3.3 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	42
3.4 Metode Pengambilan Data	42

3.5 Tahapan Alur Penelitian.....	43
3.6 Flowchart Alur Penelitian.....	44
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Gardu Distribusi.....	46
4.2 Denah Lokasi	46
4.3 Data-Data.....	48
4.3.1 Data Dari PLN	48
4.3.2 Data Hasil Pengukuran	48
4.4 Hasil Perhitungan.....	49
4.4.1 Perhitungan Berdasarkan Tegangan Kirim Dan Terima	50
4.4.2 Perhitungan Tegangan Per Phasa	52
BAB V : PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi (FCO) dan Fuse Link	19
Tabel 2.2 Jenis pelebur pembatas arus transformator distribusi.....	21
Tabel 2.3 Spesifikasi pengaman lebur (NH-fuse) tegangan rendah	23
Tabel 2.4 Vektor grup dan daya transformator	25
Tabel 2.5 Faktor kebersamaan.....	27
Tabel 2.6 Persentasi (%) impedansi transformator fasa-3 dan fasa -1	29
Tabel. 4.1 Data penghantar JTR	30
Tabel 2.8 Variasi Tegangan Pelayanan.....	31
Tabel 2.9 Resistansi dan reaktansi penghantar twisted cable.....	31
Tabel 4.1 Data dari PLN	47
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran	48
Tabel. 4.3 Perhitungan Jatuh Tegangan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga listrik	7
Gambar 2.2 Gardu portal.....	10
Gambar 2.3 Bagan satu garis konfigurasi section dari gardu portal.....	11
Gambar 2.4 Gardu tipe cantol	11
Gambar 2.5 Gardu beton.....	12
Gambar 2.6 Gardu kios	13
Gambar 2.7 Bagan satu garis gardu pelanggan umum	14
Gambar 2.8 Bagan satu garis gardu pelanggan khusus.....	15
Gambar 2.9 Lightning Arrester	16
Gambar 2.10 Fuse cut out	18
Gambar 2.11 Disconnecting switch.....	20
Gambar 2.12 Transformator distribusi fasa 3 yang dibelah	25
Gambar 2.13 Transformator CSP (completely self protected).....	26
Gambar 2.14 Toleransi tegangan pelayanan yang diijinkan	33
Gambar 2.15 Diagram Saluran Distribusi Tenaga Listrik	34
Gambar 2.16 Diagram Vector	35
Gambar 2.17 Segitiga Daya.....	40
Gambar 3.1 Kerangka konsep penelitian	41
Gambar 3.2 Flowchart alur penelitian	44
Gambar 4.1 Denah Lokasi.....	46
Gambar 4.2. Grafik data pengukuran.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi tenaga listrik adalah komponen sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai pendistribusi atau penyalur tenaga listrik dari gardu induk menuju konsumen. Jaringan distribusi terdiri dari jaringan distribusi primer diberi tegangan kerja dengan klasifikasi tegangan 20 kV dan jaringan distribusi sekunder diberi tegangan kerja dengan klasifikasi tegangan 380/220 Volt. Kondisi jaringan distribusi bisa mempengaruhi kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Kondisi jaringan distribusi yang tidak maksimal bisa menyebabkan pelayanan yang kurang komprehensif, yaitu karena akibat adanya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya listrik.[1]

Jatuh tegangan merupakan selisih antara tegangan yang dikirim dengan tegangan yang diterima. Adapun beberapa penyebab jatuh tegangan yaitu daya transformator yang terpasang tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen dan tarikan saluran rumah (SR) sudah melebihi batas yang ditentukan. Salah satu syarat penyaluran tenaga listrik adalah nilai tegangan yang konstan. Sistem penyaluran daya listrik yang telah ditentukan oleh PT PLN, untuk kenaikan tegangan yang diijinkan adalah 5% dan penurunannya sebesar 10%. [2]. Untuk tegangan rendah satu fasa batas tegangan yang diijinkan minimal 198 volt dari 220 Volt. Sesuai ketentuan SPLN untuk jaringan tegangan rendah, jarak tarikan pada saluran rumah (SR) tidak lebih dari 30 meter dengan jumlah tarikan maksimal 5 rumah. Untuk menghindari jatuh tegangan maka harus memenuhi ketentuan tersebut.

Dalam permasalahan dilapangan desa motilango, tepatnya di gardu distribusi kwandang (GK) 66. Dimana pada salah satu tiang, SR ditarik sebanyak 7 pelanggan dan jarak dari tiang ke ujung sambungan rumah pelanggan pun sampai 300 meter. Maka dari itu penulis melakukan pengukuran tegangan pada salah satu rumah pelanggan disaat siang hari tegangannya hanya 174 Volt dan saat malam hari tegangannya hanya 157 Volt. Hal itu terjadi karena pada penarikan kabel sambungan

rumah tidak memperhatikan standar yang telah ditentukan. Oleh karena itu, sambungan rumah harus sesuai dengan ketentuan PLN karena itu salah satu penyebab terjadinya jatuh tegangan. Dari data tersebut terlihat bahwa jatuh tegangan pada penyulang gardu distribusi kwandang 66 sudah melebihi atau tidak sesuai dengan standar SPLN No. 72 Tahun 1972.[3]

Dalam permasalahan tersebut peneliti mengusulkan penelitian yang berjudul **“Studi Jatuh Tegangan Pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang** dengan menggunakan perhitungan secara manual.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi tegangan pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah :

1. Menghitung Jatuh Tegangan pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah di uraikan maka batasan masalah pada proposal usulan penelitian ini meliputi :

1. Saluran Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang bisa dipetik dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Menambah wawasan tentang cara mengatasi jatuh tegangan.
2. Mampu mengetahui langkah apa saja yang bisa dilakukan jika terjadi jatuh tegangan.
3. Bisa dijadikan sebagai acuan untuk mengatasi jatuh tegangan.
4. Sebagai bahan evaluasi untuk pengembangan sistem.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut jurnal **Julen Kartoni S, Edy Ervianto (2016)** jatuh tegangan dan rugi-rugi daya sangat berpengaruh terhadap kualitas tegangan dan efisiensi energi listrik. Jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi bisa dilihat juga dari panjang saluran penghantar, kapasitas trafo, faktor daya, dan beban yang dilayani. Banyaknya penggunaan beban yang memiliki sifat induktif juga bisa mengakibatkan peningkatan pada keperluan daya reaktif. Dengan melakukan penambahan pembangkit, penambahan kapasitor bank serta melakukan pengaturan ulang pada sistem dengan cara rekonfigurasi system adalah beberapa upaya yang bisa dilakukan untuk memperkecil rugi- rugi daya dan drop tegangan.[4]

Menurut jurnal **Osea Zebua, I Made Ginarsa (2016)**, Jaringan distribusi di bagi menjadi beberapa penyulang sesuai dengan pelanggan yang dilayani. Masing-masing penyulang dipasang saklar penghubung (tie-switch) dan saklar pemisah (sectionalizing switch) untuk memisahkan bagian-bagian tertentu saat terjadi gangguan ataupun untuk melakukan pemeliharaan. Jika hendak mengurangi rugi-rugi total, menyeimbangkan beban, dan menstabilkan tegangan pada kondisi operasi normal maka harus dilakukan rekonfigurasi dengan mengubah penempatan saklar atau struktur jaringan. Adapun untuk melakukan rekonfigurasi harus memperhatikan batasan-batasan operasi seperti batasan tegangan operasi dan arus maksimum yang dialirkan melalui saluran.[4]

Menurut jurnal **Frengki Eka Putra Surusa (2011)**, Secara umum rumah tangga, industri, perkantoran, ataupun perusahaan memakai peralatan listrik yang memiliki sifat induktif contohnya alat-alat elektronik, motor listrik, lampu TL, trafo serta peralatan tertentu yang memiliki sifat induktif. Adapun permasalahan yang timbul pada pemakaian yang telah dibahas yaitu pemakaian daya reaktif induktif untuk suatu

kebutuhan daya semu menjadi lebih kecil, sehingga terjadi rugi-rugi daya pada trafo yang ditimbulkan oleh ketidakseimbangan beban di suatu sistem distribusi tenaga listrik dan adanya arus netral pada trafo. Sebelum melakukan penulisan maka perlu diketahui kapasitas trafo distribusi yang paling banyak digunakan, sehingga tidak terjadi kekeliruan ketika melakukan perhitungan. Secara umum trafo distribusi yang digunakan yaitu 200 KVA 3 fasa, arus 6,8-359 A, dengan impedansi 4%. Dalam perhitungannya ada perbedaan presentase pembebanan pada trafo distribusi yang terjadi saat malam hari dan saat siang hari yang bisa diketahui dari bentuk pemakaian daya listrik. Sehingga bisa diketahui saat beban puncak yang terjadi pada jam 18.00 WITA. Kesimpulannya bahwa disore hari ketidakseimbangan beban pada trafo tiang semakin besar dikarenakan pemakaian beban listrik yang tidak merata.[5]

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh **Erhaneli dkk (2013)**, menghitung jatuh tegangan di SUTM 20 kV pada *Feeder* Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci saat sebelum dan sesudah dilakukannya penambahan jaringan baru dengan klasifikasi beban 0,8 MVA. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa jatuh tegangan jadi lebih besar setelah dilakukan penambahan jaringan. Adapun solusi untuk mengurangi jatuh tegangan yaitu dengan cara melakukan perbaikan mengganti penghantar atau menaikkan tegangan sisi kirim.[6]

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh **Hontong dkk (2015)** dengan melakukan perhitungan drop tegangan dan rugi daya pada Jaringan Distribusi di PT. PLN Palu. Hasil dari penelitian ini didapatkan faktor konduktor yang sudah mencapai kemampuan dan dilakukan penggantian pada kawat konduktor tersebut untuk memperbaiki jatuh tegangan dan rugi daya pada saluran.[6]

Penelitian ini akan melakukan analisis perbaikan jatuh tegangan pada saluran distribusi tegangan rendah penyulang gardu distribusi kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang dengan menggunakan perhitungan manual.

2.2 Konsep Dasar Sistem Tenaga Listrik

Secara sederhana sistem tenaga listrik dibagi menjadi beberapa macam, yakni :

1. Sistem pembangkit
2. Sistem transmisi dan gardu induk
3. Sistem distribusi
4. Sistem sambungan pelayanan

Sistem-sistem tersebut saling terkait dan dibentuk menjadi suatu sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sistem yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari sistem transmisi ke pelanggan. [7]

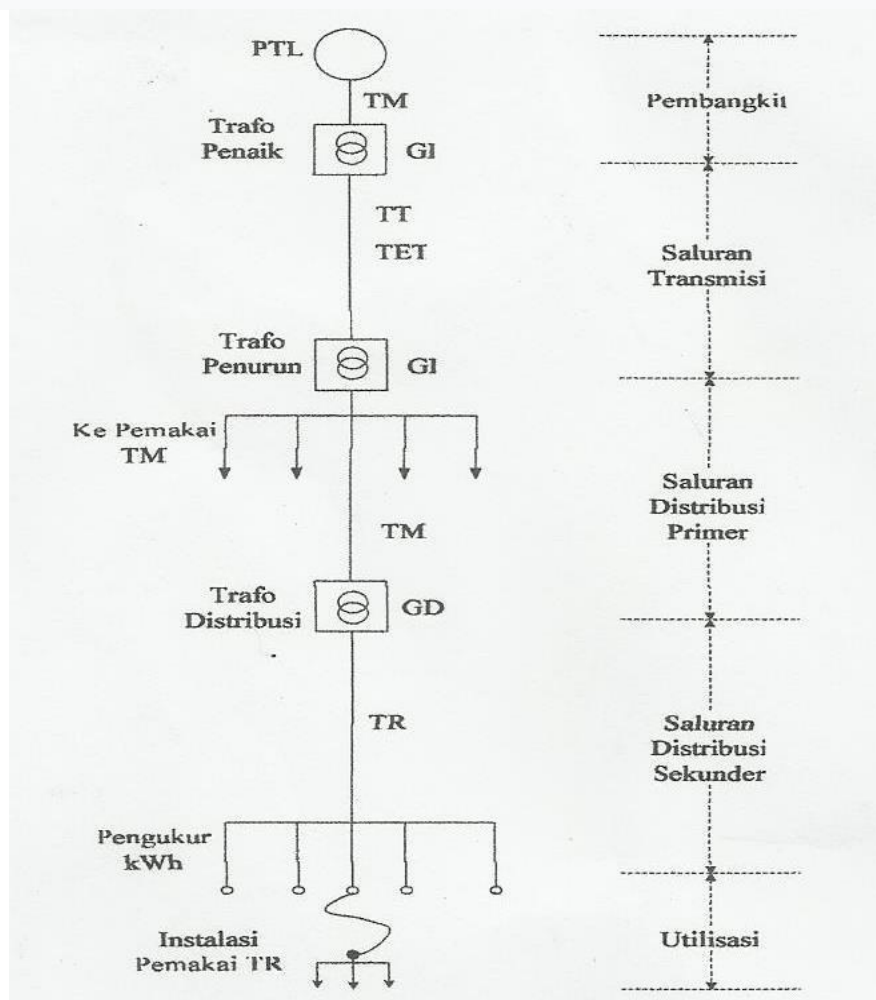
Energi listrik dihasilkan dari Pembangkit Listrik (PTL) yang dapat berupa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), atau Pembangkit Listrik tenaga nuklir (PLTN). Jenis pembangkit yang digunakan tergantung pada jenis bahan bakar atau energi yang digunakan. Energi pada tegangan menengah (TM) dengan klasifikasi tegangan 6 kV dan 20 kV dihasilkan oleh PTL.[7]

Untuk meminimalkan jarak dari PTL ke pelanggan, energi listrik harus dialirkan melalui saluran transmisi hilir. Tegangan harus ditingkatkan dari saluran tegangan ke tegangan tinggi (TT) atau tegangan ekstra tinggi (TET) untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Tegangan akan dinaikkan pada gardu induk (GI) dengan menggunakan trafo step up hilir. Klasifikasi tegangan tinggi di Indonesia adalah 70 kV, 150 kV, dan 275 kV, sedangkan tegangan ekstra tinggi adalah 500 kV.[8]

Tegangan tinggi akan diturunkan ke tegangan menengah di gardu induk saat mendekati pusat pengguna daya, dengan menggunakan trafo step-down elok. Di Indonesia penyaluran energi listrik dilakukan melalui saluran distribusi primer dengan klasifikasi tegangan organ elok 20 kV. Dari saluran distribusi primer ini, gardu distribusi mengambil tegangan untuk menurunkan tegangan melalui trafo distribusi elok ke elok tegangan rendah, yaitu 220/380 volt dan merupakan sistem distribusi sekunder elok. Kemudian energi listrik yang telah diubah menjadi tegangan rendah langsung didistribusikan ke pelanggan.

PT. PLN (Persero) mengatur standar penurunan tegangan dalam SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu penurunan tegangan ijin pada JTM sebesar 2% dari tegangan kerja sistem Spindle dan 5% tegangan kerja sistem Radial di atas tanah dan sistem Knot tergantung pada kepadatan beban. [4]

Dan energi listrik tersebut sampai ke pelanggan melalui sambungan rumah (SR) dan berakhir di meteran listrik yang merupakan titik akhir kepemilikan PLN



Gambar 2.1 Sistem Tenaga listrik

2.3 Transmisi Dan Distribusi

Saluran transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke beban dengan jumlah yang besar. Dan selanjutnya saluran distribusi yang akan menyalurkan tenaga listrik tersebut ke konsumen melalui saluran tegangan rendah.[8]

Sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Di pusat pembangkit biasanya digunakan generator sinkron yang menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6-20 kV. Kemudian dengan menggunakan transformator, tegangan tersebut dinaikan menjadi 150-500 kV. [8]. Saluran tegangan tinggi (STT) diturunkan menjadi tegangan sub transmisi 70 kV di induk (GI), kemudian diturunkan lagi dan disalurkan menuju transformator distribusi dengan klasifikasi tegangan menengah 20 kV. Tegangan yang disalurkan adalah tegangan distribusi primer, kemudian dari transformator distribusi tegangannya akan diturunkan lagi menjadi tegangan rendah 220/380 V sebelum diterima pihak konsumen.[8]

Dari yang telah diuraikan diatas, maka fungsi sistem distribusi adalah untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk distribusi ke konsumen.

2.4 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang terdiri dari gardu induk, gardu distribusi, jaringan distribusi primer, jaringan distribusi sekunder, dan sampai dengan layanan pelanggan.[9]. Proses distribusi merupakan salah satu proses terpenting dalam melayani kebutuhan energi listrik. Keandalan kualitas energi listrik yang diterima pelanggan bergantung pada sistem distribusinya. Selanjutnya sistem jaringan distribusi ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

2.4.1 Jaringan Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan energi listrik ke beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai kondisi dan situasi lingkungan.

Ada berbagai macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer, yaitu[10]:

1. Jaringan distribusi radial dengan model: radial tipe pohon, radial dengan tie dan switch pemisah, radial dengan pusat beban dan radial dengan pembagian phasearea.
2. Jaringan distribusi ring (loop), dengan model: bentuk open loop dan bentuk closeloop.
3. Jaringan distribusi jaring-jaring (NET)
4. Jaringan distribusi spindle
5. Saluran radial interkoneksi

2.4.2 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik melalui transfo distribusi ke pelanggan.[10]. Sistem distribusi sekunder ini sebagian besar menggunakan bentuk saluran sistem radial. Keunggulan sistem kendali dan sistemnya adalah lebih sederhana dan anda juga dapat menggunakan kabel atau konduktor berinsulasi tanpa insulasi. Biasanya sistem ini disebut sistem tegangan rendah yang langsung terhubung ke pelanggan melalui beberapa macam peralatan sebagai berikut:

1. Papan pembagi pada trafo distribusi
2. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder)
3. Saluran layanan pelanggan (SLP) ke pelanggan
4. Alat pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

2.5 Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan komponen sistem distribusi yang yang difungsikan menyalurkan energi listrik baik tegangan menengah maupun tegangan rendah.[9]

Untuk optimalisasi biaya, maka konstruksinya dirancang sesuai dengan kebutuhan lapangan.

Gardu distribusi dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu [9] :

1. Jenis Penggunaannya :

- a. Gardu pelanggan umum
- b. Gardu pelanggan khusus

2. Jenis konstruksinya :

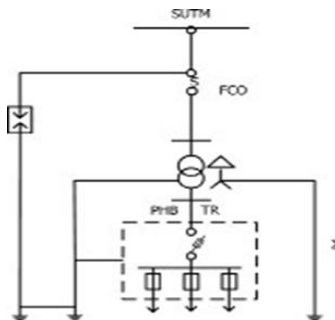
- a. Gardu beton (bangunan sipil : batu, beton)
- b. Gardu tiang : gardu portal dan gardu cantol
- c. Gardu kios

3. Jenis pemasangannya :

- a. Gardu pemasangan luar : gardu portal, gardu cantol
- b. Gardu pemasangan dalam : gardu beton, gardu kios

2.5.1 Gardu Portal

Gardu Portal adalah gardu distribusi yang dipasang terbuka menggunakan dua tiang. Untuk mencegah terjadinya kenaikan tegangan pada transformator akibat surja petir, maka tiang gardu yang suplay dari SUTM adalah T section dengan menggunakan pengaman sekering (fuse cut out).[9]



Gambar 2.2 Gardu portal

2.5.2 Gardu Cantol

Transformator yang dipasang di gardu cantol merupakan transformator yang diberikan daya sebesar ≤ 100 kVA Fase 3 atau Fase 1. Adapun jenis transformator CSP (completely self protected transformer) merupakan transformator yang sudah dipasang dengan peralatan switching.[11] Untuk perlindungan, telah dipasang sepenuhnya di tangki transformator.

Pada gardu cantol juga telah dipasang lightning arrester.[11] Pemasangannya dipisah dengan penghantar dan pembumiannya yang dihubungkan langsung pada badan transformator.[11] Pada pengaman jurusan juga dipasang peralatan hubung bagi tegangan rendah untuk mengamankan maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT). Adapun yang dihubungkan dengan pembumian sisi tegangan rendah adalah Bagian konduktif terbuka (BKT).[11]

2.5.3 Gardu Beton

Adapun bagian terpenting dari instalasi ini yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi yang telah dirakit dalam bangunan sipil. Dan juga dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan bata dan beton. Maka tujuan dari konstruksi ini adalah untuk memenuhi persyaratan keselamatan kelistrikan yang terbaik.[12]



Gambar 2.5 Gardu beton

2.5.4 Gardu Kios

Gardu kios adalah bangunan prefabrikasi yang terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya. Gardu kios ini juga bisa langsung dirakit di lokasi rencana pembangunan. Jenis konstruksinya antara lain kios kompak, kios modular, dan kios bertingkat.[9] Gardu ini dibangun di tempat dimana gardu beton tidak diperbolehkan. Kapasitas transformator distribusinya terbatas dikarenakan sifat mobilitasnya. Dibagi menjadi 4 jurusan tegangan rendah dengan kapasitas maksimum 400 kVA.

Untuk semua instalasi, komponen-komponen gardu induk kios ini telah dirakit lengkap di pabrik, sehingga dapat dibawa ke lokasi dan langsung disambungkan ke sistem distribusi agar berfungsi sesuai dengan tujuannya.

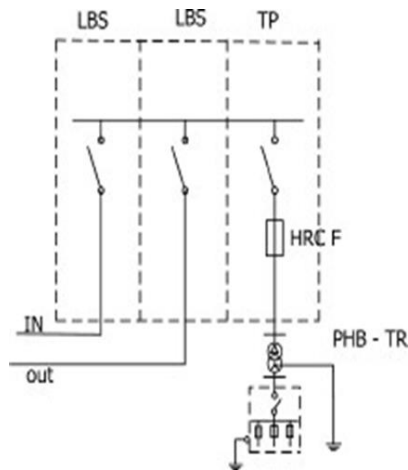


Gambar 2.6 Gardu kios

2.5.5 Gardu Pelanggan Umum

Konfigurasi peralatan di gardu ini sama seperti dengan gardu tiang yang dipasang dari SKTM yaitu dengan T section.[13]. Konfigurasi gardu ini juga bisa berupa T section dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut gardu antenna karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan kehandalan yang diperlukan.

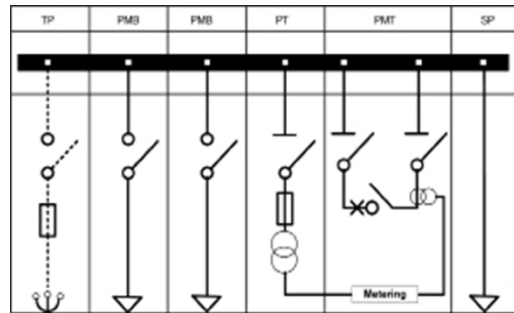
Gardu ini juga dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga tingkatan keandalannya lebih dari gardu pelanggan umum yang biasanya. Oleh karena itu saklar hubung harus lebih dari satu agar dapat digerakan secara otomatis.



Gambar 2.7 Bagan satu garis konfigurasi π section gardu pelanggan umum

2.5.6 Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk menyalurkan listrik ke konsumen yang menggunakan daya tinggi. Gardu ini juga dilengkapi dengan alat ukur yang berfungsi untuk menghubungkan dan melindungi peralatan. Komponen utama gardu ini adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran tegangan menengah digunakan untuk pelanggan dengan daya yang lebih dari 197 kVA. Untuk melayani pelanggan umum maka gardu pelanggan khusus ini dilengkapi dengan transformator.[13]



Gambar 2.8 Bagan satu garis gardu pelanggan khusus

Keterangan :

- TP : Pengaman Transformator
- PMB : Pemutus Beban – LBS
- PT : Trafo Tegangan
- PMT : Pembatas Beban Pelanggan
- SP : Sambungan Pelanggan

2.5.7 Gardu Hubung

Gardu Hubung merupakan gardu yang memiliki fungsi sebagai manuver untuk mengontrol beban listrik bila terjadi gangguan aliran listrik. Pemeliharaan juga dilakukan untuk mempertahankan kontinuitas pelayanan. Digardu hubung ini terdapat rangkaian saklar beban (LBS), dan atau pemutus tenaga yang dihubungkan secara paralel. Gardu ini juga dilengkapi dengan pemutus tenaga sebagai pembatas beban untuk pelanggan khusus tegangan menengah.[13]

Konstruksi gardu distribu dengan gardu tipe beton sama. Di dalam ruang gardu ini juga dapat dilengkapi dengan ruang untuk gardu distribusi. Dipasang secara terpisah dan juga ruang untuk pelayanan kontrol jarak jauh. Ruang gardu distribusi terpisah dengan ruang pelayanan kontrol jarak jauh dan gardu hubung.[13]

Gardu hubung ini dibagi sesuai dengan kebutuhannya, anatara lain:

1. Gardu hubung untuk 7 buah sel kubikel.

2. Gardu hubung untuk (7 + 7) buah sel kubikel.
3. Gardu hubung untuk (7 + 7 + 7 + 7) buah sel kubikel.

Untuk menggunakan sel-sel ini bergantung pada sistem yang digunakan di wilayah operasional. Kemampuan arus nominalnya berbeda, namun spesifikasinya sama dengan spesifikasi gardu distribusi.

2.6 Komponen Gardu Distribusi

2.6.1 Lightning Arrester

Lightning arrester adalah pengamanketikai terjadi tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir atau surja petir.[14] Lightning arrester dapat dilihat juga pada trafo distribusi, terutama pada pasangan luar.

Lightning arrester arus terukur 5 kA – 10 kA – 15 kA Untuk tingkat IKL diatas 110, sebaiknya tipe 15 kA. Sedangkan untuk melindungi trafo yang dipasang ditengah jaringan menggunakan lightning arrester 5 kA, dan di ujung jaringan dipasang lightning arrester 10 kA.[14] Lightning arrester dapat dipasang sebelum atau setelah fuse cut out.



Gambar 2.9 Lightning Arrester

Memasang lightning arrester sebelum atau sesudah fuse cut uot memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing.

Pemasangan lightning arrester sebelum fuse cut out

1. Keuntungan :

- a. Perlindungan terhadap lonjakan petir tidak terpengaruh oleh kemungkinan putusnya sekring.

2. Kerugian :

- a. Kegagalan lightning arrester mematikan sistem penyulang
- b. Lightning arrester penghantarnya terlalu panjang

Pemasangan lightning sesudah fuse cut out

1. Keuntungan :

1. Jika lightning arrester rusak atau gagal, fuse cut out putus tidak memadamkan sistem SUTM

2. Kerugian :

1. Sambungan sekring rentan terhadap lonjakan petir

2.6.2 Fuse Cut Out

Fuse cut out adalah salah satu komponen yang berfungsi mengamankan jaringan dari arus yang sudah melebihi ketentuan yang sudah ditetapkan, yang disebabkan oleh beban lebih atau hubung singkat.[15]

Untuk pengaman lebur pada gardu distribusi pasangan luar dipasang dalam bentuk fuse link pada fuse cut out. Adapun macam-macam fuse link antara lain, tipe-T (lambat), tipe-K (cepat), dan tipe-H yang tahan terhadap arus surja.



Gambar 2.10 Fuse cut out

Untuk penerapan petunjuk pengaman lebur dan kapasitas transformatornya bisa dilihat pada tabel. Jika instruksi lengkap tidak dicantumkan, nilai arus pengenal pada pelindung lebur sisi primer tidak bisa lebih dari 2,5 arus pengenal primer tranformator. Jika sadapan lighning arrester sesudah fuse cut out, dipilih fuse link tipe-H dan jika sebelum fuse cut out dipilih fuse link tipe-K.[16]

Berdasarkan publikasi IEC 282-2 (1970)/NEMA) di sisi primer berupa pelebur jenis pembatas arus. Untuk arus pengenal pelebur jenis letupan (expulsion) tipe-T (lambat) dan tipe-K (cepat) tipe-H (tahan surja kilat) sesuai dengan publikasi IEC No. 282-2 (1974) – NEMA untuk pengaman daya pengenal transformator yang tanpa mengkoordinasikan dengan pengamanan sisi sekunder.[16]

$$I_n \frac{S}{\sqrt{3} x V} \dots\dots\dots 2.1$$

$$I \text{ Fuse Link} = I_n \times 200\% \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

I_n : Arus nominal sisi primer transformator (A)

S : Daya transformator (VA)

V_p : Tegangan sisi primer transformator (V)

I fuse link : Rating arus pada fuse link (A)

Tabel 2.1 Spesifikasi Fuse Cut-Out (FCO) dan Fuse Link (expulsion type)
Tegangan Menengah (Publikasi IEC No. 282-2 – NEMA).[11]

Daya Trafo Distribusi (KVA)	Arus Nominal (A)	Aus Pengenal Fuse Link (A)	
		Minimal	Maksimal
Fase-Tunggal			
25	2,2	3,13 H	3,13 H
50	4,3	5 H	6,3 H
Fase-Tiga			
50	1,44	2 H	2 H
100	2,89	5 H	6,3 K,T
160	4,6	6,3 H	8 K,T
200	5,78	6,3 H	10 K,T
250	7,22	8 T	12,5 K,T
315	9,09	10 T	12,5 K,T
400	11,55	12,5 T	16 K,T
500	14,43	20 T	25 K,T
630	18,18	25 T	31,5 K,T

Keterangan :

K : Pelebur tipe cepat

T : Pelebur tipe lambat

H : Pelebur tahan surja pertir

2.6.3 Pemisah (Disconnecting Switch)

Pada saluran masuk PHB-TR dari saklar utama dipasang pemutus beban (LBS) atau NFB (no fuse breaker). No fused breaker merupakan breaker/pemutus dengan sensor arus. Ketika arus yang melewati peralatan tersebut telah melebihi kapasitas pemutus, sistem magnetik dan bimetalic akan bekerja mengatur pemutus untuk melepaskan beban. Pemisah dapat diopersikan saat tidak dibebani.[16]



Gambar 2.11 Disconnecting switch

Untuk menentukan arus pengenal pemisah dapat menggunakan persamaan :

$$I_n \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s} \dots\dots\dots 2.3$$

$$I \text{ Pemisah} = I_n \times 115\% \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

I_n : Arus nominal sisi sekunder transformator (A)

S : Daya transformator (VA)

V_s : Tegangan sekunder transformator (V)

$I \text{ Pemisah}$: Rating arus pada pemisah (A).

Tabel 2.2 Jenis pelebur pembatas arus transformator distribusi

Transformator Distribusi		Pelebur/tipe Arus Pengenal (A)				Pelebur Sekunder (230/400)	
Daya Pengenal (Kva)	Arus Pengenal (A)	Tipe T		Tipe k		Arus Pengenal (A)	
		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Phasa Tunggal 20 kV		-	-	-	-	-	-
16	13,856	-	-	6,3	6,3	80	100
25	21,651	6,3	6,3	6,3	6,3	125	125
50	43,301	10	10	10	16	250	250
Phasa Tiga 20 Kv		-	-	-	-	-	-
50	1,4434	-	-	6,3	6,3	80	100
100	2,8867	6,3	8	6,3	10	160	200
160	4,6188	10	12,5	10	12,5	250	250
200	5,7735	10	12,5	16	20	315	315
250	7,2169	16	16	16	25	400	400
315	9,0933	20	25	20	31,5	500	500
400	11,5457	25	25	25	40	630	630
500	14,4337	25	31,3	31,5	40	800	800
630	18,1765	40	40	40	63	1000	1000
800	23,0940	50	63	50	80	1250	1250
1000	28,8675	63	63	63	100	1600	1600

2.6.4 Pengaman Lebur (Sekring)

Pengaman lebur berfungsi untuk mengamankan sistem distribusi dari gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi ataupun trafo distribusi. Ketika arus sudah melebihi nilai tertentu pada rentang waktu yang lama maka sekering akan memutuskan arus dimana sekring tersebut dipasang.[13]

Jika telah melebihi batas nilai pengenalnya, maka pengaman lebur lah yang akan mengamankan rangkaian atau peralatan terhadap kerusakan (SPLN 64:1985:24).[17]

Sesuai struktur bangunannya pengaman lebur untuk tegangan rendah dibagi 2 yaitu :

2.6.4.1 Pelebur Tabung Semi Terbuka

Pelebur ini memiliki nilai minimal sampai 1000 Ampere. Kegunaan dari pelebur tabung semi terbuka yaitu untuk mengamankan saluran induk jaringan tegangan rendah dan saluran induk instalasi penerangan maupun instalasi tenaga.[17]

2.6.4.2 Pelebur Tabung Tertutup

Pelebur Tabung Tertutup inilah yang sering digunakan. Untuk pemilihan besar rating pengaman pelebur disesuaikan dengan kapasitas transformator.[17]

Untuk menentukan nilai arus pada pengaman lebur ini, maka harus memakai rumus sebagai berikut:

$$I_n \frac{s}{\sqrt{3} x V_s} \dots\dots\dots 2.4$$

$$Arus \text{ tiap jurusan} = \frac{I_n}{\Sigma jurusan x f_k} \dots\dots\dots 2.5$$

$$I \text{ NH Fuse} = I_n (125 \% - 175\%) \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

- I_n : arus nominal (A)
- V_s : tegangan sekunder transformator (V)
- S : daya transformator (VA)
- f_k : faktor kebersamaan
- $I \text{ NH Fuse}$: rating arus pada NH fuse (A)

Tabel 2.3 Spesifikasi pengaman lebur (NH-fuse) tegangan rendah. [11]

Jenis Penghantar	Ukuran Penampang Penghantar (mm^2)	KHA Penghantar	Arus Pengenal Maksimum
		(A)	NH-Fuse (A)
Kabel Pilin Udara	35 (Al)	125	125
	50 (Al)	154	150
	70 (Al)	196	200
Penghantar Telanjang	25 (Cu)	175	160
	35 (Cu)	200	200
	50 (Cu)	250	250
	70 (Cu)	310	315
	35 (Al)	180	160
	50 (Al)	225	200
	70 (Al)	270	250

2.7 Transformator Distribusi

Transformator distribusi adalah salah satu alat yang berperan untuk menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan. Penentuan penggunaan trafo ini dilihat dari berapa banyak konsumen yang membutuhkan tenaga listrik. Transformator akan disebut overload ketika kapasitasnya ataupun arus nominalnya lebih dari 80%. [18]

Transformator distribusi paling banyak digunakan yaitu trafo stepdown dengan klasifikasi tegangan sebesar 20/0,4 kV dan untuk sistem JTR yaitu 380 volt. Untuk menghindari terjadinya jatuh tegangan, cara yang harus dilakukan yaitu tegangan rak TR dibuat diatas 380 volt agar tegangan yang diterima bebannya tidak jatuh dari 380 volt.

Di kumparan primer, arus bakal mengalir ketika kumparan primer disabung dengan arus bolak-balik. Maka dari itu diinti trafo yang rakit dari bahan feromagnet akan membentuk berbagai garis-garis gaya magnet ($\text{flux} = \Phi$).

Karena arus yang disalurkan merupakan arus AC, flux yang dibentuk dapat memiliki jurusan dan kuantitas yang tidak konstan. Dan sebaliknya ketika arus yang disalurkan membentuk sinus maka flux bakal membentuk sinus juga. Karena

didalam flux itu terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder yang bisa menimbulkan gaya gerak listrik induksi. Kemudian jurusan gaya gerak listrik induksi bertolak belakang dengan jurusan gaya gerak listrik sekunder sedangkan frekuensinya tetap sama dengan frekuensi yang telah ditetapkan pada awalnya. Kaitan tranformasi tegangan antara lain:

$$\begin{aligned} E_1 / E_2 &= N_1 / N_2 = a \dots\dots\dots 2.7 \\ E_1 &= a \cdot E_2 \dots\dots\dots 2.8 \\ E_1 / E_2 &= I_2 / I_1 \dots\dots\dots 2.9 \\ N_1 / N_2 &= I_2 / I_1 \dots\dots\dots 2.10 \end{aligned}$$

Keterangan :

E_1 : tegangan induksi primer (V)

E_2 : tegangan induksi sekunder (V)

N_1 : jumlah lilitan belitan primer

N_2 : jumlah lilitan belitan sekunder

I_1 : arus primer (A)

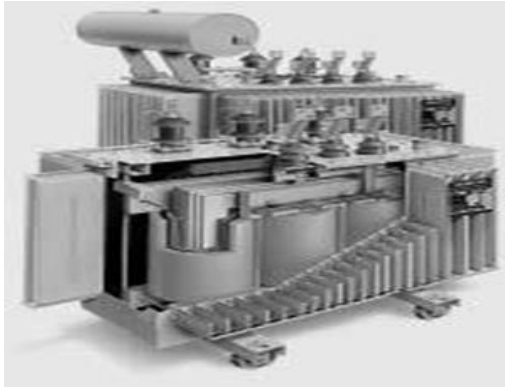
I_2 : arus sekunder (A)

α : perbandingan transformator

2.7.1 Transformator Distribusi Fase 3

Transformator fase tiga mengacu di SPLN. Adapun tipe vektor grup yang dipakai yakni, Yzn5, Dyn5 dan Ynyn0. Titik netral sambung dengan tanah. Dan juga untuk rancangan transformator distribusi tidak bisa lari jauh dari SPLN D3.002-1: 2007.[19]

Dan juga untuk trafo gardu pasangan dalam dirancang dengan bushing tegangan menengah isolator keramik atau menggunakan isolator plug-in premoulded.



Gambar 2.12 Transformator distribusi fasa 3 yang dibelah

Tabel 2.4 Vektor grup dan daya transformator.

No	Vektor Daya	Daya (Kva)	Keterangan
1	Yzn5	50	Untuk sistem 3 kawat
		100	
		160	
2	Dyn5	200	Untuk sistem 3 kawat
		250	
		315	
		400	
		500	
		630	
3	Ynyn0	50	Untuk sistem 4 kawat
		100	
		160	
		200	
		250	
		315	
		400	
		500	
		630	

Tabel 2.5 Faktor kebersamaan

Jumlah Sambungan Jenis Pelanggan Heterogen	Faktor Kebersamaan (<i>coincidence faktor</i>) Fk
2 – 4	0,85
6 – 10	0,8
11 – 20	0,7
21 – 40	0,6
>40	0,4

Metoda faktor kebersamaan ini harus efisien untuk variasi konsumen yang heterogen seperti pertokoan, perumahan, dan lain-lain. Adapun untuk pelanggan dengan karakteristik yang sama contohnya pelanggan pada perumahan BTN, Perumnas, ataupun Rusun haruslah dikutip angka kebersamaan yang lebih tinggi (sekitar 0,8– 0,9). Sesuai dengan perhitungannya kapabilitas trafo digolongkan jadi 2 tetapi bergantung pada yang dipakai oleh pelanggan diantaranya semacam homogen atau heterogen.[21]

1. Rumus kapasitas transformator pada pelanggan heterogen

$$S \text{ total tersambung} = S1 + S2 + S3 + \dots + Sn \dots\dots\dots 2.11$$

$$S \text{ trafo} = f_k \sum \text{pelanggan} \times S \text{ total} \times f_k \sum \text{jurusan/saluran JTR} \dots\dots\dots 2.12$$

2. Rumus kapasitas trafo pada pelanggan homogen

$$S \text{ trafo} = f_k \text{ pelanggan homogen} \times S \text{ total} \times f_k \sum \text{jurusan/saluran JTR} \dots\dots 2.13$$

Keterangan :

S trafo : daya semu trafo (KVA)

Fk : Faktor Kebersamaan

2.8.2 Kapasitas Transformator

Pada sistem jaringan distribusi dibagi jadi 2 tergantung kebutuhannya, yaitu :

1. Jenis pasangan luar pada gardu portal, cantol.
2. Jenis pasangan dalam pada gardu beton, gardu kios atau pasangan dalam

ruangan. Perlu diperhatikan juga faktor temperatur ruangan pada pemakaian pasangan dalam ruangan (ambient temperature) yang minimalnya yaitu sebesar 30 °C dengan pendinginan alami (ONAN). Data persentasi (%) impedansi transformator fasa-3 dan fasa-1, lihat Tabel 2.6

Tabel 2.6 Persentasi (%) impedansi transformator fasa-3 dan fasa -1

No	Kapasitas	Sistem	Impedansi (%)
1	25 kVA	Phasa -2	4%
		Phasa -1	4%
2	50 kVA	Phasa -3	4%
		Phasa – 1	4%
		Phasa – 1	4%
3	100 kVA	Phasa -3	4%
4	160 kVA	Phasa -3	4%
5	250 kVA	Phasa -3	4%
6	315 kVA	Phasa -3	4%
7	400 kVA	Phasa -3	4%
8	630 kVA	Phasa -3	4%
9	1000 kVA	Phasa -3	4,5 - 5 %

2.9 Penghantar

Penghantar merupakan alat yang berfungsi mengalirkan arus.[22] Adapun bahan konduktor yang paling umum digunakan, yaitu aluminium dan tembaga. Penghantar dibagi menjadi 2 yakni penghantar telanjang (kawat) dan penghantar berisolasi (kabel).[3]

1. Kawat penghantar tanpa isolasi dibuat dari Cu dan Al, contoh BC, BCC, A2C, A3C, ACSR.
2. Kabel penghantar yang terbungkus isolasi, macam-macam jenisnya yaitu kabel serabut, kabel udara atau di dalam tanah, kabel berinti tunggal atau lebih dan dipakai berdasarkan kebutuhan dilapangan.

Adapun untuk penghantar jenis kabel pilin (NFAAX-T) dengan luas penampang

yaitu 35 mm², 50 mm² dan 70 mm² serta penghantar yang tak berisolasi AAC, AAAC, BCC dengan penampang yaitu 25 mm², 35 mm² dan 50 mm² digunakan pada saluran udara tegangan rendah.

Untuk saluran bawah tanah menggunakan kabel tanah dengan pengaman metal, berinti tembaga atau aluminium NYFGbY atau NYAFGBY, berisolasi PVC, dengan penampang yang mempunyai ukuran luas 25 mm², 35 mm², 50 mm² , 70 mm² dan 95 mm².

2.10 Kuat Hantar Arus

Berdasarkan SNI 04-0225-2000 [23] dan SPLN 70-4 : 1992 [11] kemampuan/kuat hantar arus konduktor dibatasi berdasarkan batasan dari aspek lingkungan, teknis material serta batasan pada tata letak konduktor tersebut yaitu[24] :

1. Suhu lingkungan
2. Jenis konduktor suhu lingkungan awal
3. Suhu konduksi akhir
4. Batas kemampuan isolasi termal
5. Faktor hembusan angin
6. Faktor pembuangan panas media lingkungan

Jika ada ketimpangan pada apa yang telah diuraikan diatas maka kemampuan hantar arus/ kuat hantar arus (KHA) penghantar harus ditinjau kembali.

$$KHA = I_n \times 125\% \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan :

I_n : arus nominal beban (A)

KHA : kemampuan hantar arus (A)

Hasil perhitungan konduktivitas arus digunakan untuk mengetahui besar kecilnya penampang konduktor yang digunakan.

Tabel. 4.1 Data penghantar JTR

Penghantar		Kuat Hantar Arus (A)	Resistansi penghantar pada 20°C (Ω/km)	
Jenis	Ukuran		Phasa	Netral
<i>Twisted Cable</i>	3x25+1x25 mm ²	103	1,20	1,38
	3x35+1x25 mm ²	125	0,868	1,38
	3x50+1x35 mm ²	154	0,641	0,986
	3x70+1x50 mm ²	196	0,443	0,690
	3x95+1x70 mm ²	242	0,320	0,450

2.11 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan selisih antara tegangan yang diterima dengan tegangan yang diterima. Secara umum jatuh tegangan berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban, serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.[25]

Perhitungan jatuh tegangan menggunakan rumus konvensional yaitu [26]:

$$\Delta V = \frac{P}{\sqrt{3}V} (r + x \tan \phi) \text{ volt/km} \dots\dots\dots 2.15$$

$$\tan \phi = \frac{x}{r} \dots\dots\dots 2.16$$

$$\% \text{ drop voltage} = \frac{\Delta v}{V} \times 100\% \dots\dots\dots 2.17$$

Untuk mengetahui keterkaitan jatuh tegangan Δv , P dengan panjang penghantar L, dengan kondisi beban ada diujung penghantar bisa menggunakan rumus diatas.

Keterangan :

P : beban dalam (Watt)

V : tegangan antara dua saluran

ΔV : jatuh tegangan (Volt)

r : resistansi/km

x : reaktansi/km

Perbedaan tegangan pelayanan ditetapkan maksimum +5% dan minimum 10% dari tegangan nominal.

Tabel 2.8 Variasi Tegangan Pelayanan

Tegangan Nominal (V)	Variasi Tegangan Pelayanan (%)
230/400	+5% -10%
400/690	
1000	

Tabel 2.9 Resistansi dan reaktansi penghantar twisted cable

No	Penampang Penghantar mm ²	Resistansi AC- 35 ^o /km	Reaktansi Ω /km
1	35	0,986	0,0826
2	50	0,678	0,0816
3	70	0,449	0,0807
4	95	0,362	0,0773

2.12 Batas Toleransi Jatuh Tegangan

Sesuai standar PT. PLN (Persero) mengatur batas drop tegangan dalam SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu pada JTM diizinkan tegangannya turun sampai 2 % dari tegangan kerja untuk sistem Spindle/gugus dan 5 % dari tegangan kerja untuk sistem Radial diatas tanah dan sistem Simpul tergantung kepadatan beban[3].

2.12.1 Turun tegangan pada JTM dibolehkan :

1. 2 % dari tegangan kerja sebagaimana tercantum pada ayat 22 bagi sistem

yang tidak memanfaatkan STB yaitu sistem spindle dan gugus

2. 5 % dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB yaitu sistem radial diatas tanah dan sistem simpul.

2.12.1.1 Turun tegangan pada transformator distribusi dibolehkan 3 % dari tegangan kerja.

2.12.1.2 Turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4 % dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.

2.12.1.2 Turun tegangan pada SR dibolehkan 1 % dari tegangan nominal.

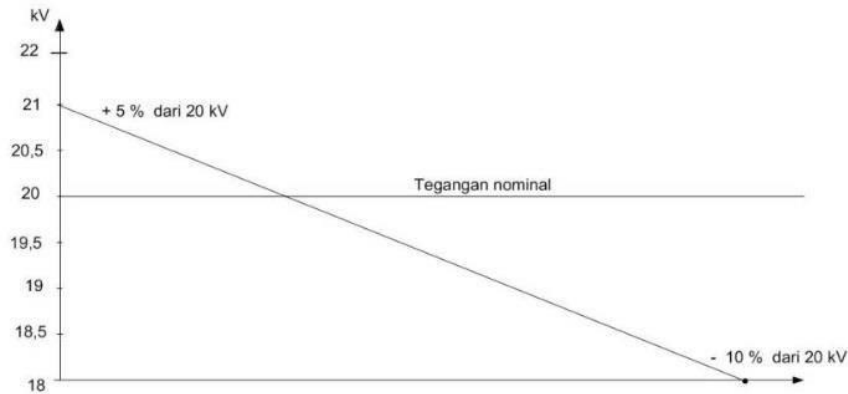
2.13 Pengaturan Tegangan Pada Sistem Distribusi

Jatuh tegangan merupakan selisih antara tegangan yang dikirim dengan tegangan yang diterima. Tegangan pengirim dinaikkan agar para pelanggan pada titik penerima tidak mengalami terlalu banyak penurunan tegangan. Akibatnya antara penerima tegangan yang dekat maupun yang jauh tegangannya tidak sama.

Dalam kenyataannya, tegangan pelayanan bagi setiap pelanggan paling sedikit harus sama karena hampir setiap pelanggan menggunakan jenis-jenis peralatan yang sejenis. Oleh karena itu, diperlukan toleransi tegangan untuk setiap peralatan yang dipakai terhadap tegangan nominalnya. Batas toleransi tegangan suatu peralatan sudah tercantum pada papan namanya.

2.14 Batas Persentase Jatuh Tegangan

Besarnya jatuh tegangan bisa dinyatakan dalam bentuk persen maupun dalam bentuk Volt bergantung pada kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Tahanan masih dapat dipertimbangkan ketika rekapitulasinya hanya dilakukan pada batasan tertentu, namun berbeda dengan sisitem tegangan menengah yang dimana persoalan induktansi dan kapasitansinya harus diperhatikan karena mutunya yang sangat berharga.



Gambar 2.14 Toleransi tegangan pelayanan yang diijinkan

Menurut ketentuan PLN (SPLN) perencanaan jaringan dibuat untuk menghindari jatuh tegangan yang diterima pada tegangan ujung -10%. Jatuh Tegangan pada jaringan diakibatkan terdapat rugi tegangan pengaruh hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan phasor V_d di penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) bisa diuraikan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d = I \cdot Z \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

d : Drop tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

Z: Impedansi (Ohm)

Jatuh tegangan (ΔV) merupakan selisih antara tegangan kirim (V_s) dengan tegangan terima (V_t), maka jatuh tegangan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\Delta V = |V_s| - |V_t| \dots\dots\dots 2.19$$

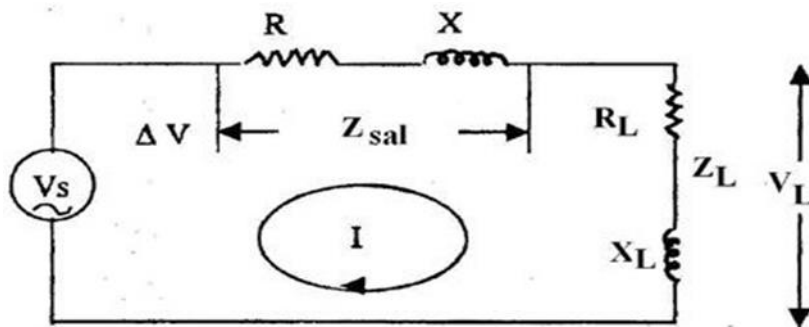
Dimana:

ΔV : Drop tegangan (Volt)

V_s : Nilai mutlak tegangan ujung kirim (Volt)

V_t : Nilai mutlak tegangan ujung terima (Volt)

1. Jatuh tegangan pada sistem distribusi terjadi di:
 - a. Penyulang Tegangan Menengah (TM)
 - b. Gardu Distribusi
 - c. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah
 - d. Sambungan Rumah
 - e. Instalasi Rumah
2. Adapun penyebab Jatuh Tegangan adalah :
 - a. Jaringan dan transformator jaraknya terlalu dengan Gardu Induk.
 - b. Sambungan atau penjamperan pada konduktor disaluran distribusi tidak tepat sehingga bisa menyebabkan masalah di sisi Tegangan Menengah dan Tegangan Rendah.
 - c. Jenis konduktor atau konektor yang digunakan
 - d. Arus yang dihasilkan terlalu besar.



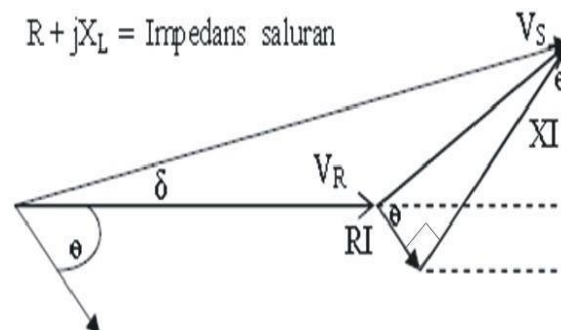
Gambar 2.15 Diagram Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Keterangan :

- V_s : Tegangan sumber (Volt)
- V_t : Tegangan pada sisi penerima
- (Volt) R : Resistans saluran (Ω)
- X : Reaktans saluran (Ω)
- Z_{sal} : Impedans saluran(Ω)
- R_L : Resistans beban (Ω)
- X_L : Reaktans beban (Ω)
- Z_L : Impedansi beban (Ω)
- I : Arus beban (A)
- ΔV : Susut tegangan (volt)

Impedansi masing-masing bagian :

$$Z = R + jx \frac{\square}{KN} \dots\dots\dots 2.20$$



Gambar 2.16 Diagram Vector

Untuk menghitung losses pada jaringan distribusi primer bisa dilakukan sebagai berikut :

1. Persamaan rugi-rugi daya aktif pada saluran :

$$\Delta P = 3^2 R \dots\dots\dots 2.21$$

Keterangan :

ΔP : Besar rugi-rugi daya aktif (Watt)

: Besar Arus per phasa (Ampere)

R : Besar Resistansi pada saluran (Ohm)

Maka dari itu, untuk saluran distribusi primer besar rugi-rugi daya aktif adalah :

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \dots\dots\dots 2.22$$

2. Persamaan rugi-rugi daya reaktif

$$\Delta Q = 3^2 X_L \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan :

ΔQ : Besar rugi-rugi daya reaktif (VAR)

: Besar arus per fase (Ampere)

X_L : Besar reaktans induktif pada saluran (Ohm)

$$\Delta Q_{\text{total}} : \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 \dots\dots\dots 2.24$$

2.15 Rendahnya Tegangan Ujung

Tegangan ujung rendah ini sering terjadi, dimana tegangan ujung lebih rendah dari tegangan dasar. Jaringan ini membuat konsumen tidak dapat melakukan beberapa aktifitas dengan menggunakan peralatan elektronik. Penyebab tegangan ujung rendah adalah sebagai berikut:

1. Diameter penghantar untuk mengalirkan energi listrik kepada pelanggan. Rugi-rugi yang besar diakibatkan oleh diameter penghantar yang terlalu kecil.
2. Beban yang terima pada masing masing jalur (R – S – T) berbeda.
3. Pengaturan tegangan yang buruk.
4. Faktor daya pada beban rendah.

5. Jaringan yang terlalu panjang akan memiliki tahanan yang cukup, sehingga energi yang disalurkan akan berkurang dan menimbulkan kerugian.
6. Penuaan usia peralatan
7. Kurangnya perawatan pada material akan mempengaruhi penyaluran energi listrik.

2.16 Usaha Memperbaiki Tegangan

Berbagai upaya telah dilakukan oleh perusahaan listrik untuk mengurangi nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi. Karena akan merugikan perusahaan dan konsumen.[27]

2.16.1 Pemerataan Beban

Ketidakseimbangan pada setiap fase sangat berpengaruh karena penghantar netral mengalir arus yang nilainya tidak terukur, sehingga sangat merugikan perusahaan. Pada fase dimana beban terlalu berat, maka nilai jatuh tegangan lebih besar dibanding fase yang bebannya ringan. Pengukuran beban secara dilakukan realtime dan saat beban puncak guna mengetahui pada phasa mana yang bebannya terlalu banyak, setelah itu akan dilaksanakan pemerataan beban. Dengan melakukan pemerataan beban maka akan didapatkan hasil [27]:

1. Disetiap fase arusnya bakal menghampiri harga yang sama.
2. Susut tegangan setiap fase akan sama.

2.16.2 Memperbesar Tegangan Kirim

Untuk nilai impedansi saluran tetap konstan, salah satu cara yang harus dilakukan adalah memperbesar tegangan pengirim. Dan itu akan memberikan dampak baik kepada pelanggan yang jauh dari sumber, sehingga pengaturan tegangan jadi mudah.[27]

2.16.3 Memperbesar Penampang Hantaran

Nilai jatuh tegangan dan rugi daya timbul bergantung pada ukuran penampang hantaran. Maka dari itu untuk perencanaan suatu sistem distribusi, ukuran penampang hantar perlu diperhitungkan terlebih dahulu. Memperbesar penampang penghantar saluran berguna untuk mengurangi besarnya nilai impedans saluran tersebut. Sehingga untuk beban yang sama pada masing-masing fase, nilai susut tegangannya akan menjadi semakin kecil.[27]

2.17 Faktor Daya

Faktor daya diartikan menjadi rasio antara daya aktif dan daya reaktif. Faktor daya adalah parameter dari kapasitas daya listrik dan simbolnya yaitu $\cos \varphi$, dimana [13]:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots 2.25$$

Daya aktif merupakan daya yang difungsikan sistem untuk beroperasi. Sedangkan daya reaktif merupakan daya yang difungsikan sistem untuk membangun medan. Disuatu tegangan V , daya aktif, daya reaktif dan daya total adalah sebanding dengan arus dan akan sesuai dengan persamaan 2, yaitu:

$$\begin{aligned} |S| &= \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots 2.26 \\ &= \sqrt{(V.I \cos \varphi)^2 + (V.I \sin \varphi)^2} \end{aligned}$$

2.18 Perbaikan Faktor Daya

Secara umum perbaikan faktor daya merupakan penambahan elemen sebagai pembangkit daya reaktif sehingga memungkinkan untuk menyuplai kebutuhan kVAR ke beban induktif. Ketika merancang suatu sistem untuk memperbaiki faktor daya, maka bisa menggunakan kompensator ideal, dimana sistem ini bisa dihubungkan langsung secara paralel dengan beban. Untuk melengkapi 3 fungsi utama, yaitu dengan memperbaiki faktor daya menghampiri nilai 1 (unity power factor), mengecilkan atau menghilangkan pengaturan tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk melengkapi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka harus mengadakan penentuan sumber daya reaktif untuk perbaikan

faktor daya.[13]

2.19 Rugi Daya (*Power Losses*)

Secara ekonomis saat memilih distribusi beban antar stasiun, perlu diperhatikan rugi daya pada saluran distribusi. Tahanan dan besarnya arus yang mengalir pada saluran akan berdampak pada rugi daya, sehingga muncul rugi energi berbentuk panas yang hilang pada saluran.[13]

Besar rugi daya pada satu fase dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta p = I^2 \times R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots 2.27$$

Keterangan :

ΔP : Rugi daya pada saluran

I : Arus beban pada saluran

R : Tahanan Murni

Untuk rugi-rugi daya pada saluran tiga fase dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta p = 3 \times I^2 \times R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots 2.28$$

Terlepas dari arus kapasitif disaluran, arus disepanjang kabel dapat diasumsikan sama dan sama juga dengan arus pada penerima diujung :

$$I = \frac{P}{\text{ampere}} \times 3 \times V \times I \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots 2.29$$

Besar daya pada saluran tiga fase yaitu :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots 2.30$$

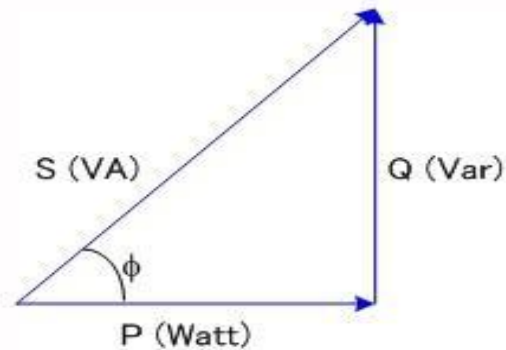
Keterangan :

P : Daya beban pada ujung penerima saluran (Watt)

V : Tegangan phasa (Volt)

$\cos \phi$: Faktor daya beban.

2.20 Segitiga Daya



Gambar 2.17 Segitiga Daya

Daya aktif (P) digambarkan dengan garis horizontal yang lurus. Sedangkan daya reaktif (Q) sudutnya sebesar 90° dari daya aktif. Dan daya semu (S) merupakan hasil perhitungan secara vektor antara daya aktif dengan daya reaktif. Apabila ingin mengetahui nilainya yaitu dengan menghitung salah satu daya yang nilainya belum diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut [28] :

$P^2 = S^2 - Q^2$	$Q^2 = S^2 - P^2$	$S^2 = P^2 + Q^2$
$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
1. Daya Aktif	2. Daya Reaktif	3. Daya Semu

Keterangan :

P : Daya aktif

Q : Daya reaktif

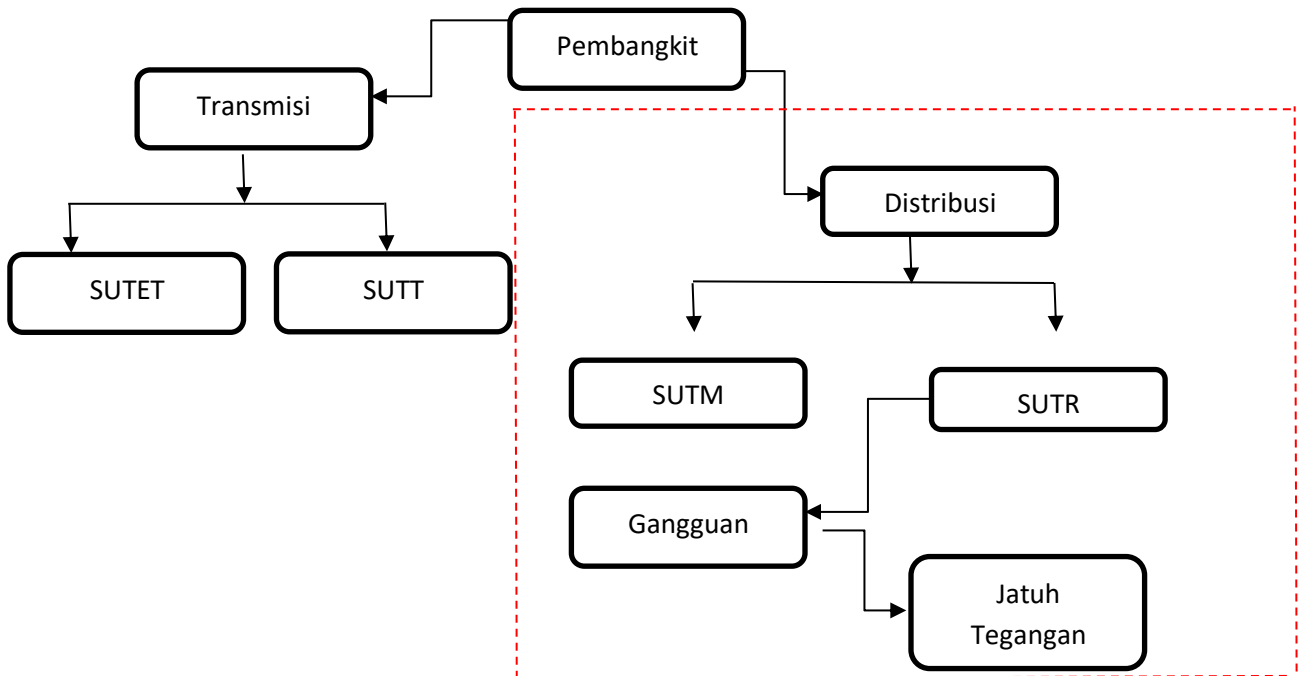
S : Daya semu

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Penyaluran energi listrik di mulai dari pembangkit yang di salurkan ke jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Untuk jaringan transmisi di salurkan lagi ke Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Untuk jaringan distribusi di salurkan lagi ke Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR). Dan adapun gangguan yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) yaitu jatuh tegangan. Maka dari itu penulis membuat kerangka konsep penelitian untuk mempermudah mencari hasil dan kesimpulan dari penelitian ini..



Gambar 3.1 Kerangka konsep penelitian

Penyaluran energi listrik dari pembangkit-pembangkit yang disalurkan lewat jaringan transmisi dan distribusi yang berada di provinsi Gorontalo sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan pelanggan khususnya di ULP Kwandang. Namun, dalam penyaluran energi listrik tersebut masih banyak gangguan yang terjadi. Banyak unsur yang bisa memicu gangguan di sistem tenaga listrik, salah satunya yaitu Jatuh Tegangan. Penyebab jatuh tegangan yaitu daya transformator yang terpasang tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen dan tarikan saluran rumah (SR) sudah melebihi batas yang ditentukan. Dan yang harus dilakukan ketika mengatasi jatuh tegangan salah satunya melakukan pemerataan beban.

3.2 Objek Penelitian

Penelitian ini akan melakukan analisis jatuh tegangan pada Saluran Distribusi Tegangan Rendah Penyulang Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang.

3.3 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Gardu Distribusi Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang dari Bulan Januari sampai Bulan Maret 2022.

3.4 Metode Pengambilan Data

3.4.1 Alur Pengambilan Data

1. Studi Pustaka

Studi literatur adalah jenis referensi yang penulis gunakan sebagai referensi dalam bentuk buku / e-book, jurnal penelitian yang ada, atau artikel yang keakuratannya dapat dijamin secara tertulis

2. Turun Lapangan

Untuk memperoleh data-data lapangan yang dibutuhkan, perlu dilakukan survei lapangan. Sehingga bisa mengetahui keadaan yang sebenarnya yang ada dilapangan, agar dapat memudahkan dalam penulisan laporan tugas akhir.

3. Wawancara

Demi mendapatkan data dan informasi yang dibutuhkan, maka harus melakukan wawancara.

4. Konsultasi Dengan Dosen Pembimbing

Demi memperoleh saran dan masukan untuk menyempurnakan penulisan usulan penelitian ini.

5. Data Yang Diperlukan

Data – data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data tegangan, data beban, panjang saluran serta denah lokasi yang ada pada saluran distribusi Gardu Distribusi Kwandang (GK) ULP Kwandang.

3.5 Tahapan Alur Penelitian

Tahapan alur penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tahap pertama yang kita mulai adalah mencari referensi dari buku maupun jurnal
2. Tahap kedua adalah pengumpulan data pengukuran maupun data dari lokasi penelitian
3. Tahap ketiga adalah menghitung hasil dari data pengukuran
4. Tahap keempat adalah menyimpulkan hasil dari perhitungan

Adapun rumus yang digunakan pada penelitian ini adalah rumus perhitungan jatuh tegangan yang dimana jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan kirim (V_s) dengan tegangan terima (V_t), maka jatuh tegangan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\Delta V = V_s - V_t$$

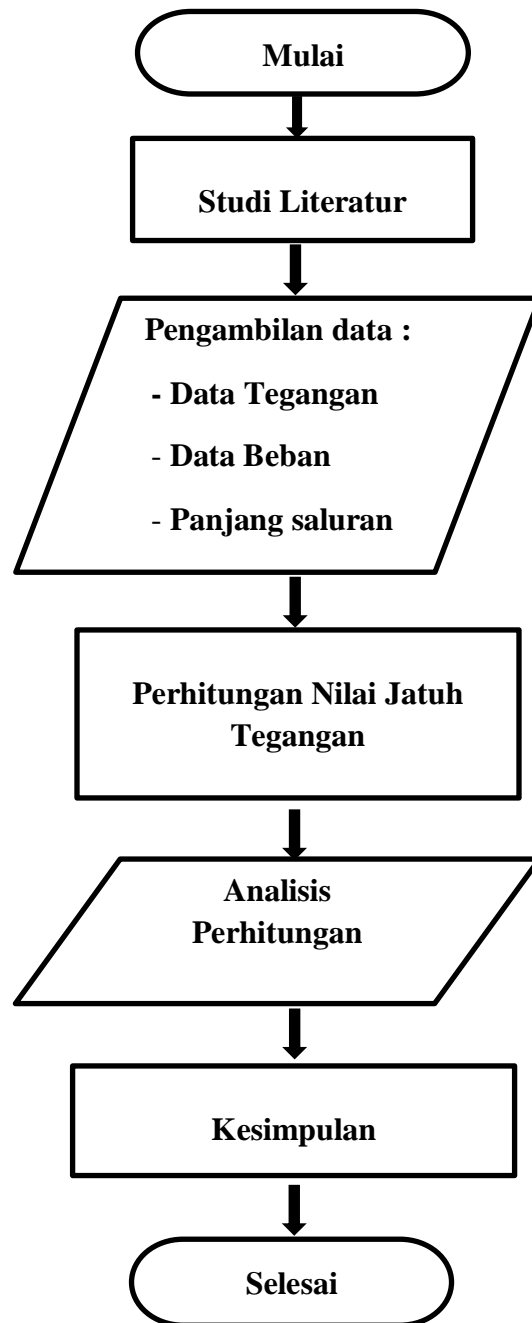
Keterangan :

ΔV : Drop Tegangan (Volt)

V_s : Nilai mutlak tegangan kirim (Volt)

V_t : Nilai mutlak tegangan terima (Volt)

3.6 Flowchart Alur Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gardu Distribusi

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 (20 kV) maupun tegangan rendah (220/380V).

Spesifikasi Gardu Distribusi

Nama Gardu : Gardu Distribusi Kwandang (GK) 066

Jenis Gardu : Cantol

Lokasi Gardu : Desa Motilango

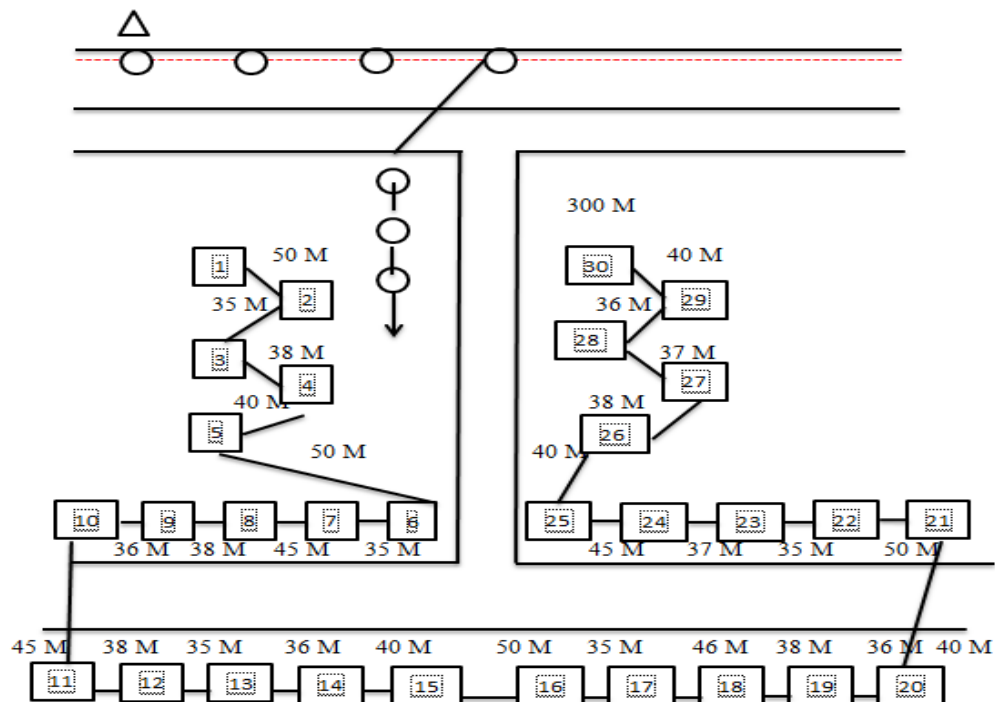
Kapasitas Transformator : 25 KVA

Merek Transformator : Sintra 2011

Sesuai ketentuan SPLN untuk jaringan tegangan rendah, jarak tarikan pada jaringan tegangan rendah tidak lebih dari 30 meter dengan jumlah tarikan maksimal 5 rumah. Untuk menghindari jatuh tegangan maka harus memenuhi ketentuan tersebut. Tetapi fakta yang ditemukan dilapangan yaitu sambungan pada jaringan tegangan rendah yaitu 7 rumah dengan jarak dari tiang ke rumah ujung yaitu 300 meter. Maka dari itu pada penelitian ini akan di bahas jatuh tegangan pada salah satu gardu yang berada di wilayah kerja ULP Kwandang. Dan untuk pengambilan data-data yang di perlukan maka penelitian ini di lakukan dengan survei lapangan.

4.2 Denah Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022. Di bawah ini bisa kita lihat denah lokasi penelitian pada Gardu Distribusi Kwandang (GK 66) yang berada di wilayah kerja ULP Kwandang.



Gambar 4.1 Denah Lokasi

4.3 Data-Data

4.3.1 Data Dari PLN

Adapun data beban yang diperoleh dari lokasi penelitian yaitu seperti yang ada pada tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Data dari PLN

Kode Gardu	Lokasi	Phasa	Tegangan Panel (V)	Tegangan Ujung Jaringan (V)	Beban (A)		
					R	S	T
GK 66	Desa Motilango	R	214	197	7	7	1
		S	211				
		T	211				

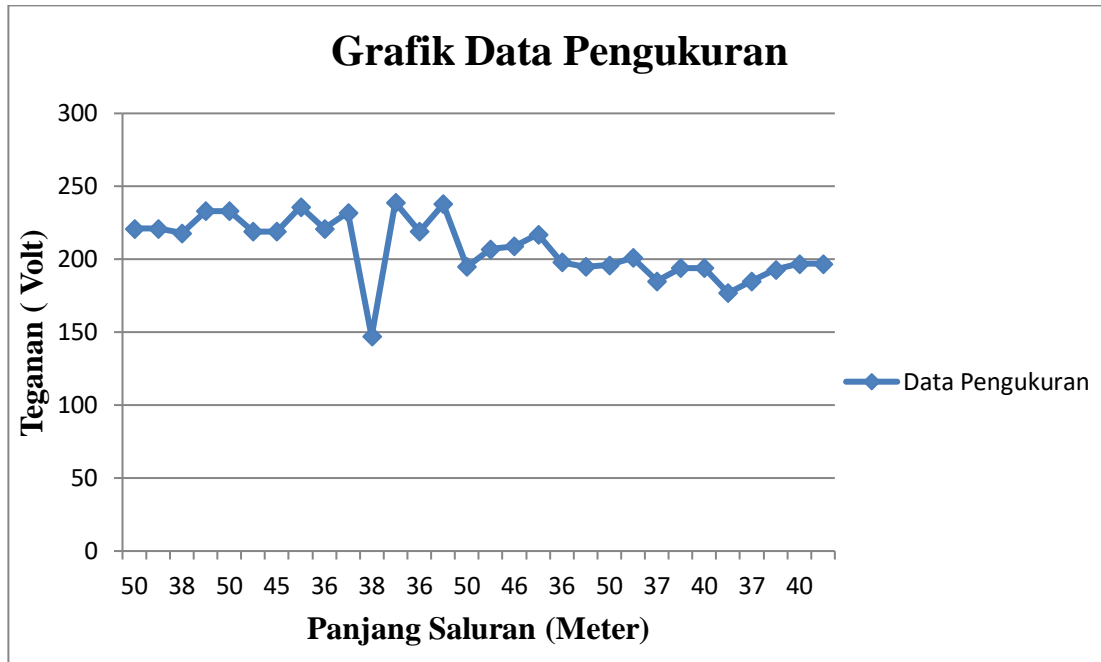
Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa perbandingan beban antara pahasa R dan T sangat jauh dimana phasa R mempunyai beban 7 ampere dan phasa T mempunyai beban 1 ampere dengan presentase perbedaan beban adalah 14,29 % begitupun perbandingan beban antara phasa S dan phasa T. Sedangkan batas toleransinya yaitu 10 % jadi dapat disimpulkan bahwa beban yang ada pada gardu ini tidak seimbang.

4.3.2 Data Pengukuran Dilapangan

Pengukuran tegangan dan beban yang di maksud adalah tegangan yang di terima oleh pelanngan setelah di distribusikan dari transformator distribusi melalui kabel SUTM maupun Jaringan Tegangan Rendah dan inilah tegangan yang di jual oleh PLN ke pelanggan. Setiap tegangan yang di terima oleh pelanggan pasti berbeda-beda di karenakan ada faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti jarak rumah ke trafo distribusi maupun sambungan rumah yang sudah melebihi batas yang di tentukan.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran

No	Jenis	Panjang Saluran	Arus	Volt
1	Kwh Meter Prabayar	50 Meter	0,14	221 Volt
2	Kwh Meter Prabayar	35 Meter	0,7	221 Volt
3	Kwh Meter Prabayar	38 Meter	0,8	218 Volt
4	Kwh Meter Prabayar	40 Meter	0,8	233 Volt
5	Kwh Meter Prabayar	50 Meter	2,8	233 Volt
6	Kwh Meter Prabayar	35 Meter	2,6	219 Volt
7	Kwh Meter Prabayar	45 Meter	2,6	219 Volt
8	Kwh Meter Prabayar	38 Meter	2,6	236 Volt
9	Kwh Meter Prabayar	36 Meter	2,6	221 Volt
10	Kwh Meter Prabayar	45 Meter	2,6	232 Volt
11	Kwh Meter Prabayar	38 Meter	2,1	147 Volt
12	Kwh Meter Prabayar	35 Meter	2,9	239 Volt
13	Kwh Meter Prabayar	36 Meter	2,1	219 Volt
14	Kwh Meter Prabayar	40 Meter	2,9	238 Volt
15	Kwh Meter Prabayar	50 Meter	2,1	195 Volt
16	Kwh Meter Prabayar	35 Meter	2,5	207 Volt
17	Kwh Meter Prabayar	46 Meter	2,4	209 Volt
18	Kwh Meter Prabayar	38 Meter	2,1	217 Volt
19	Kwh Meter Prabayar	36 Meter	2,1	198 Volt
20	Kwh Meter Prabayar	40 Meter	2,4	195 Volt
21	Kwh Meter Prabayar	50 Meter	2,4	196 Volt
22	Kwh Meter Prabayar	35 Meter	2,1	201 Volt
23	Kwh Meter Prabayar	37 Meter	2,3	185 Volt
24	Kwh Meter Prabayar	45 Meter	2,3	194 Volt
25	Kwh Meter Prabayar	40 Meter	2,3	194 Volt
26	Kwh Meter Prabayar	38 Meter	2,3	177 Volt
27	Kwh Meter Prabayar	37 Meter	2,3	185 Volt
28	Kwh Meter Prabayar	36 Meter	2,3	193 Volt
29	Kwh Meter Prabayar	40 Meter	2,1	197 Volt
30	Kwh Meter Prabayar	300 Meter	2,1	197 Volt



Gambar 4.2 Grafik data pengukuran

Grafik di atas merupakan grafik dari data pengukuran yang bisa dilihat pada tabel 4.2. Dari grafik bisa kita lihat tegangan yang ada pada pelanggan rumah ujung lebih kecil di bandingkan dengan tegangan yang ada pada rumah awal dan untuk tegangannya tidak sama rata disebabkan pemakaian di masing-masing rumah berbeda-beda. Hal ini di karenakan sambungan jaringan tegangan rendah pada rumah pelanggan ujung sudah melebihi batas yang di tentukan, dan itulah salah satu faktor yang bisa memicu terjadinya jatuh tegangan.

4.4 Hasil Perhitungan

Setelah di lakukan perhitungan nilai tegangan , maka tahapan selanjutnya adalah melakukan analisa hasil perhitungan berdasarkan data pengukuran yang ada pada tabel 4.2. Sehingga dapat di ketahui berapa presentase pengukuran dan perhitungan jatuh tegangan serta presentase tegangan pada perhitungan tiap phase. Adapun perhitungannya seperti yang ada di bawah ini :

4.4.1 Perhitungan Presentase Jatuh Tegangan Berdasarkan Tegangan Kirim dan Tegangan Tegangan Terima

Perhitungan jatuh tegangan berdasarkan data pengukuran dari titik sumber ke titik yang di hitung (titik beban) sesuai dengan panjang penghantarnya. Nilai pengukuran tegangan kirim pada tabel 4.2 adalah 221 Volt dan dan pengukuran tegangan terima adalah 197 Volt. Berdasarkan nilai pengukuran yang telah disebutkan maka perhitungan presentase jatuh tegangan bisa kita lihat dibawah ini :

a) Perhitungan Tegangan (Volt)

$$\Delta V = V_s - V_t$$

$$\Delta V = 221 - 197$$

$$\Delta V = 24 \text{ Volt}$$

b) Presentase Drop Tegangan ($\Delta V\%$)

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \%$$

$$\Delta V\% = \frac{24}{220} \times 100 \%$$

$$\Delta V\% = 10,90 \%$$

c) Perhitungan Tahanan (Ohm)

Adapun kabel yang digunakan oleh pelanggan adalah kabel TC 4 X 70 mm^2 dan nilai tahanan kawat penghantar kabel TC 4 X 70 mm^2 sebesar 0,443 Ω/km , maka untuk mengetahui berapa nilai tahanannya bisa kita lihat pada perhitungan dibawah ini :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R = 0,0000000265 \, \Omega/\text{m} \times 0,443 \, \text{km}$$

$$R = \frac{0,0000000117395}{1454}$$

$$R = 8,07 \, \Omega$$

- d) Untuk nilai arus yang digunakan pada perhitungan ini adalah nilai arus tertinggi pada pengukuran dilokasi penelitian, adapun nilainya yaitu sebesar 2,9 ampere.

$$V = I \times R$$

$$V = 2,9 \, \text{A} \times 8,07 \, \Omega$$

$$V = 23.40 \, \text{Volt}$$

- e) Perhitungan presentase drop tegangan berdasarkan nilai tegangan yang telah didapatkan pada perhitungan diatas yaitu 23.40 Volt dan adapun hasilnya sebagai berikut :

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \%$$

$$\Delta V\% = \frac{23,40}{220} \times 100 \%$$

$$\Delta V\% = 10,63 \%$$

Perhitungan diatas adalah perhitungan sekaligus perbandingan antara perhitungan presentase jatuh tegangan menggunakan nilai tahanan (Ohm) serta nilai hambatan jenis kawat dan tidak menggunakan tahanan (Ohm) baik itu nilai tahanan maupun nilai hambatan jenis kawat. Dari hasil perhitungan di atas maka di dapatkan hasil presentase pengukuran dan perhitungan jatuh tegangan berdasarkan tegangan kirim

yang di ambil pada pelanggan dekat gardu dan tegangan terima yang di ambil pada pelanggan ujung, bisa kita pada tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel. 4.3 Perhitungan Jatuh Tegangan

Nilai Perhitungan Tegangan (Volt)	Presentase Pengukuran Drop Tegangan ($\Delta V\%$)	Presentase Perhitungan Drop Tegangan ($\Delta V\%$)
24	11	11

4.4.2 Perhitungan Tegangan Per Fasa Berdasarkan Berdasarkan Data Dari Lokasi Penelitian

Perhitungan dibawah ini berdasarkan data dari lokasi penelitian yang bisa kita lihat pada tabel 4.1 dan adapun hasilnya sebagai berikut :

a) Fasa R

$$\Delta V_r = \frac{217-197}{220} \times 100 \% = 9 \%$$

b) Fasa S

$$\Delta V_s = \frac{217-197}{220} \times 100 \% = 9 \%$$

c) Fasa T

$$\Delta V_t = \frac{214-197}{220} \times 100 \% = 7,72 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas yang di lakukan secara manual maka di dapatkan hasil presentase tegangan setiap fasa pada GK 66 seperti yang di bawah ini, yaitu :

- Pada fasa R presentase drop tegangan dari hasil perhitungan adalah 9 %
- Pada fasa S presentase drop tegangan dari hasil perhitungan adalah 9 %
- Pada fasa T presentase drop tegangan dari hasil perhitungan adalah 7,72 %

Dari analisa hasil perhitungan presentase pengukuran dan perhitungan jatuh tegangan yang di hitung secara manual ternyata tidak sesuai standar SPLN No. 72 Tahun 1972 yang dimana untuk kenaikan tegangan yang di ijinan adalah +5 % dan penurunannya sebesar -10 %. Adapun penyebab jatuh tegangan terjadi di karenakan oleh adanya beban tidak seimbang pada setiap phasa dan juga ada sambungan pada jaringan tegangan rendah tiang ujung sudah melebihi batas yang ditentukan. Maka dari itu salah satu cara untuk menekan nilai jatuh tegangan, perlu di lakukan pemerataan beban pada setiap phasa dan juga jumlah sambungan pada jaringan tegangan rendah harus sesuai ketentuan SPLN. Sehingga tidak terjadi lagi jatuh tegangan yang tentunya sangat merugikan pelanggan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan nilai presentasi jatuh tegangan sebesar 11 %. Dan juga ada perbedaan beban antara phasa R dan T maupun phasa S dan T sehingga bisa dikatakan adanya ketidakseimbangan beban pada tiap phasa dan hal tersebut bisa menyebabkan terjadinya jatuh tegangan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dan data yang didapatkan dari hasil pengukuran dilapangan maka perlu dilakukan pemerataan beban untuk menekan nilai jatuh tegangan.

5.2 Saran

1. Perlu adanya pengecekan per trimester atau tahunan pada jaringan yang terpasang untuk mencegah terjadinya jatuh tegangan seperti yang diuraikan di atas.
2. Untuk PLN agar melakukan pemerataan beban guna mencegah terjadinya jatuh tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. W. Hasanah, A. Makkulau, Z. F. Fadhillah, T. Elektro, S. Tinggi Teknik-Pln, and A. Com, “Perencanaan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Di Pulau Jawa,” / *J. Sutet*, vol. 5, no. 1, pp. 8–13, 2015, [Online]. Available: <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/604>.
- [2] R. Indonesia, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya mineral Nomor 04 tahun 2009 Tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik,” p. 9, 2009.
- [3] SPLN 72, “Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR),” *Spln 72*, p. 15, 1987.
- [4] A. Effendi, A. Y. Dewi, and E. Crismas, “Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, pp. 199–203, 2017, doi: 10.21063/jte.2017.3133626.
- [5] A. Ketidakseimbangan and B. Di, “PERHITUNGAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFO DISTRIBUSI Frengki Eka Putra Surusa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo,” p. 359.
- [6] G. Induk *et al.*, “BAB I,” pp. 1–5, 2017.
- [7] A. Hermawan, “Analisis Terhadap Performance Sistem Tenaga Listrik Memakai Metode Aliran Daya,” pp. 17–28.
- [8] T. D. A. N. Distribusi and R. Syahputra, “How to address the gray market threat using price coordination,” *Long Range Plann.*, vol. 28, no. 4, p. 131, 1995, doi: 10.1016/0024-6301(95)94318-s.
- [9] N. Pasra and P. Putri Ruswandi, “Pelaksanaan Manajemen Pemeliharaan Gardu Distribusi,” *Jurnal sutet*, vol. 6, no. 2. pp. 1–21, 2016.
- [10] A. P. Kawihing, M. Tuegeh, L. S. Patras, and M. Pakiding, “Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder,” *e-journal Tek. Elektro dan Komput.*, pp. 1–9, 2013.
- [11] E. Ostrom, “Buku 1 Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi

- Tenaga Listrik,” *Jar. Distrib. Tenaga List.*, pp. 1–170, 2010.
- [12] N. Pasra, A. Makkulau, and M. O. Abriyanto, “Analisa Efek Korona Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Pada Gardu Beton,” *J. Ilm. SUTET*, vol. 8, no. 2, pp. 103–113, 2018, [Online]. Available: <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/235>.
- [14] R. T. Jurnal, “Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Hv Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 168–179, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.42.
- [15] I. Setiono and D. Prasetyo, “sistem pengamanan penyaluran energi listrik satu fasa tegangan rendah dengan menggunakan fuse cut out,” pp. 298–305, 2016.
- [17] SPLN64, “Spln 64 : 1985,” *Petunjuk pemilihan dan Pengguna. pelebur pada Sist. Distrib. tegangan menengah*, 1985.
- [18] S. Samsurizal and B. Hadinoto, “Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede,” *Kilat*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020, doi: 10.33322/kilat.v9i1.784.
- [19] Pt pln (persero), “Transformator Fase Tiga, 20 kV-400 V dan Transformator Fase Tunggal, 20 kV-231 V dan $20/\sqrt{3}$ kV-231 V,” no. 161, pp. 1–26, 2007.
- [20] D. P. Sendiri, E. Tunggal, and U. Jaringan, “sT-{rD--ln,” no. 135.
- [22] P. Suhu, T. Hambatan, B. Julianto, J. Fisika, and U. N. Semarang, “Pengaruh Suhu Terhadap Hambatan Rangkaian Listrik,” *J. Fis. Unnes*, vol. 3, no. 2, p. 79140, 2013, doi: 10.15294/jf.v3i2.3816.
- [23] “digital_156160-_Konten_-Permenaker-No-12-Tahun-20150001-1.pdf.” .
- [24] Bima, “Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi,” *Hilos Tensados*, vol. 1, no., pp. 1–476, 2005.
- [25] P. N. Ambon, “79-483-1-Pb,” vol. 8, no. 1, pp. 46–51, 2018.
- [26] A. Kurniawan, “Analisa jatuh tegangan dan penanganan pada jaringan distribusi 20 kv rayon palur pt. pln (persero) menggunakan etap 12.6 publikasi ilmiah,” p. 15, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/50011/>.
- [27] R. Akbar, “Analisa Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20kV pada

- Penyulang Indrapuri (Studi Kasus di PT. PLN (Persero) Rayon Lambaro,” no. September, p. 31, 2016.
- [28] A. N. Aini and B. Prasetya, “Rangkaian Segitiga Daya (E8),” *J. Elektron. DASAR II NRP 1114-094 Rangkaian*, no. 1, pp. 3–6, 2016.
- [29] C. Kumolo, “Analisis Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di KSO Pertamina EP – GEO Cepu Indonesia Distrik 1 Kawengan menggunakan Software ETAP 12.6,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 1–15, 2016, doi: 10.23917/emit.v16i1.2677.
- [30] U. P. J. B. Selatan and S. Y. Asikin, “Evaluasi kerugian daya pada jaringan distribusi tegangan rendah di gardu distribusi dba upj bandung selatan.”
- [31] D. Tegangan, “Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT . PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang,” vol. 3, no. September, pp. 129–135, 2021.
- [32] A. Hamid, B. Sukoco, and A. A. Nugroho, “Analisa Drop Tegangan Sambungan Rumah Pada Saluran Kabel Tegangan Rendah (Sktr) Transformator 1 Fasa Di Pt . Pln (Persero) Upj Juwana,” vol. 15, pp. 494–502, 2019.
- [33] B. Hartono, “analisis perbaikan drop tegangan akibat pemetaan berbasis gps garmin (study kasus pt . pln (persero) aek kota batu) improvement analysis of voltage drop due to house connection with replacement of cable based on garmin gps based mapping (study of case of pt . pln (persero) aek kota batu),” 1995.



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS TEKNIK**

SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Ahmad Nadjamuddin No. 17. Telp. (0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo.

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI
No. 062/FT-UIG/V/2022

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Amelya Indah Pratiwi. ST.,MT
NIDN : 0907028701
Jabatan : Wakil Dekan I/Tim Verifikasi Fakultas Teknik

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Lendrik Dahiba
NIM : T21.17.024
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan Pada Saluran
Distribusi Tegangan Rendah Gardu Distribusi
Kwandang (GK) 66 UP3 Gorontalo ULP Kwandang

Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi **Turnitin** untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil *Similarity* sebesar **23%**, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendeteksian Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ichsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan **BEBAS PLAGIASI** dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui

Amelya Indah Pratiwi. ST., MT
NIDN. 0922027502

Gorontalo, 25 Mei 2022
Tim Verifikasi,


Amelya Indah Pratiwi. ST., MT
NIDN. 0907028701

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin



PLN
UIW SULUTTENGGO
UP3 GORONTALO
ULP KWANDANG

Nomor : 0010/STH.00.02/C15010100/2022
Lampiran : -
Sifat : Segera
Hal : Persetujuan Penelitian

26 Januari 2022

Kepada

Yth. Ketua LPM Universitas Ichsan
Gorontalo
di -
Tempat

Sesuai dengan surat Permohonan yang kami terima dengan nomor : 3313/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/III/2021 tanggal 22 Maret 2021 Perihal Permohonan Izin Penelitian maka dengan ini kami sampaikan bahwa :

NAMA : LENDRIK DAHIBA

NIM : T2117024

PRODI : Teknik Elektro

Kami mengizinkan mahasiswa/i bersangkutan untuk melaksanakan kegiatan penelitian di PLN ULP Kwandang dengan ketentuan perusahaan dan mahasiswa/i yang bersangkutan harus menaati semua peraturan dan tata tertib yang berlaku di PLN ULP Kwandang

demikian surat ini kami sampaikan atas perhatiannya di ucapkan terima kasih

MANAGER UNIT LAYANAN
PELANGGAN KWANDANG,



NURHAMON S. RH

PAPER NAME

Skipsi.docx

AUTHOR

Lendrik

WORD COUNT

10503 Words

CHARACTER COUNT

59373 Characters

PAGE COUNT

70 Pages

FILE SIZE

1.1MB

SUBMISSION DATE

Apr 15, 2022 1:13 PM GMT+8

REPORT DATE

Apr 15, 2022 1:15 PM GMT+8**● 23% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 23% Internet database
- 1% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 0% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Small Matches (Less than 25 words)

Riwayat Hidup Penulis



LENDRIK DAHIBA

Lahir di Tilamuta, 11 April 1999

Anak Ketiga dari Pasangan

Iskandar Dahiba & Suriati Ahmad

Riwayat Pendidikan

Telah menyelesaikan pendidikan di :

- Sekolah Dasar Negeri 10 Dulupi (2006-2011)
- Sekolah Menengah Pertama Negeri 04 Dulupi (2011-2014)
- Sekolah Menengah Kejuruan 01 Boalemo (2014-2017)
- Menyelesaikan Studi di Perguruan Tinggi Universitas Ichsan Gorontalo, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Jenjang Studi Strata Satu (S1), Gorontalo 2022