

PENGESAHAN

ANALISIS JATUH TEGANGAN DAN RUGI RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI PLTA PAKKAT

TUGAS AKHIR

Oleh :

NOFRIN L. SITANGGANG

NPM : 19330024

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 3 April 2024

Periode Semester Ganjil T.A. 2023/2024


Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. Fiktor Sihombing, M.T.

NIDN : 0116046001


Ir. Jonter Manihuruk, ST., MT., IPM., ASEAN Eng

NIDN : 0122047302

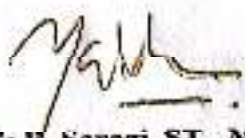
Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dekan Fakultas Teknik


Ir. Lestina Siagian, M.Si

NIDN : 0120125901


Ir. Yetty Riris E. Saragi, ST., MT., IPU., ACPE

NIDN : 0103017503

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum dalam sistem penyaluran tenaga listrik diawali dari unit pembangkit energi listrik (generation), kemudian dari pembangkit disalurkan melalui jaringan transmisi tegangan tinggi ke gardu distribusi dan kemudian disalurkan melalui jaringan distribusi ke pusat beban atau konsumen. Jaringan distribusi terdiri dari dua bagian, yang pertama adalah Jaringan tegangan menengah atau primer (JTM) yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi menuju trafo distribusi atau dengan pelanggan tegangan menengah. Dan yang ke dua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) yang menyalurkan daya listrik dari trafo distribusi ke konsumen. Pada jaringan tegangan menengah (JTM) sebagian besar dalam penyalurannya menggunakan kabel jaringan 3 fase 4 kawat yaitu 3 kawat fasa dan 1 kawat netral dengan besar tegangan antar fasa 20 KV, dan sebagian lainnya menggunakan jaringan 1 fase 2 kawat dengan tegangan 11,5 KV. Pada jaringan tegangan rendah (JTR) sebagian dalam penyalurannya menggunakan jaringan 3 fase 4 kawat yang mirip dengan JTM dimana tegangan antar fasenya 380 Volt sedangkan sebagiannya lagi menggunakan jaringan 1 fase 4 kawat dengan tegangan 220 Volt.

Dalam penyaluran tenaga listrik perlu diperhatikan kualitas tegangan yang baik dan stabil, meskipun penyaluran suplai energi listrik sudah baik dan stabil, tetap akan terjadi gangguan walaupun tidak terlalu besar. Salah satu gangguan yang paling sering terjadi pada penyaluran energi adalah jatuh tegangan atau sering disebut drop tegangan. Dimana jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar atau selisih antara tegangan yang dikirim dan diterima oleh konsumen. Dan Faktor lain yang mempengaruhi perubahan tegangan sistem adalah rugi daya yang disebabkan oleh adanya impedansi seri penghantar saluran, rugi daya ini menyebabkan jatuh tegangan pada saluran distribusi tegangan menengah. Karena itu konsumen yang jaraknya jauh dari titik penyaluran akan lebih cenderung menerima tegangan relatif lebih rendah dari yang dikirim, bila dibandingkan dengan tegangan yang diterima konsumen yang jaraknya lebih dekat dari penyaluran listrik. Adanya jatuh tegangan pada tiang ujung penerima dapat menyebabkan arus jaringan menjadi tinggi sehingga losses yang terjadi pada jaringan tersebut meningkat. Oleh sebab itu semakin panjang saluran distribusi listrik maka akan semakin besar jatuh tegangan dan rugi rugi dayanya atau losses. Oleh karena itu Sistem distribusi mempunyai fungsi yang penting sebagai komponen dari sistem tenaga listrik khususnya dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Maka perlu dilakukan evaluasi terhadap jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi. Adanya jatuh tegangan dan rugi rugi daya yang terjadi pada

jaringan distribusi cukup menarik untuk di analisis dan dipahami. Analisis drop tegangan dan rugi daya ini diperlukan untuk mengetahui besar kecilnya jatuh tegangan dan rugi daya sepanjang saluran distribusi tegangan menengah dalam penyaluran tenaga listrik.

Berdasarkan hal diatas yang membuat penulis ingin melakukan penelitian tentang analisis Jatuh tegangan dan rugi rugi daya pada jaringan distribus PLTA Pakkat. Dimana pada PLTA Pakkat memiliki 3 saluran energi listrik yaitu pada PK 1, PK 2 dan PK 3. Analisis jatuh tegangan dan rugi rugi daya pada PLTA Pakkat ini merupakan salah satu contoh kasus jaringan distribusi yang jarak penyaluran tenaga listriknya cukup jauh dari pembangkit. Besar jatuh tegangan dan rugi daya akan diketahui setelah melakukan penelitian dan analisis perhitungan. Dan setelah melakukan perhitungan dan analisis akan diketahui apakah besar jatuh tegangan dan rugi rugi daya pada PLTA Pakkat masih dalam batas batas yang di izinkan atau sudah melebihi batas standar yang sudah ada.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung jatuh tegangan dan rugi – rugi daya pada jaringan distribusi di PLTA Pakkat ?
2. Berapa besar jatuh tegangan dan rugi – rugi daya pada jaringan distribusi di PLTA Pakkat ?
3. Apakah besar jatuh tegangan dan rugi rugi daya pada PLTA Pakkat apakah masih dalam batas batas yang di izinkan atau sudah melampaui batas standar yang sudah di tentukan ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan latar belakang penelitian Adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghitung berapa besar jatuh tegangan pada jaringan distribusi PLTA Pakkat pada PK 1, PK 2 dan PK 3
2. Untuk menghitung berapa besar rugi – rugi daya pada jaringan distribusi PLTA Pakkat pada PK 1, PK 2 dan PK 3

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menambah sumber ilmu pengetahuan dan kepustakaan dalam penulisan karya ilmiah selanjutnya bagi mahasiswa Teknik Elektro tentang “ Jatuh tegangan dan Rugi – rugi daya” pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV (JTM) bagi mahasiswa Teknik

Elektro, Khususnya mahasiswa Teknik Elektro yang ada di Universitas HKBP Nommensen Medan.

2. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang “ jatuh tegangan dan rugi – rugi daya” pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV (JTM) bagi penulis dan pembaca.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penulisan yang telah dikemukakan di atas agar penulisan Tugas Akhir ini tidak melebar terlalu jauh, maka penulis membuat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang Jatuh Tegangan dan Rugi – rugi Daya (watt) pada jaringan distribusi PLTA Pakkat tegangan menengah 20 Kv.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang beban tidak seimbang pada penyaluran distribusi energi listrik pada PLTA Pakkat.
3. Penelitian ini hanya melakukan analisis pada ke dua parameter diatas yaitu jatuh tegangan dan rugi rugi daya pada Pk 1, Pk 2, dan Pk 3.
4. Penelitian ini dilakukan pada Gardu Hubung PLTA Pakkat.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan penulisan Tugas Akhir ini, penulis membuat sistematika penulisan dengan urutan sebagai berikut :

1. **BAB I PENDAHULUAN**
Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Pada bab ini menguraikan teori – teori yang berhubungan dengan penelitian Tugas Akhir ini.
3. **BAB III METODE PENELITIAN**
Pada bab ini menguraikan tentang waktu dan tempat penelitian dan metode yang dipakai untuk penelitian
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**
Pada bab ini menguraikan hasil analisis penelitian dan pembahasan yang berkaitan dengan judul penelitian

5. BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari seluruh pembahasan dan saran yang dapat melengkapi atau menyempurnakan penelitian Tugas Akhir ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka ini berisi kumpulan sumber dalam menentukan teori yang berkaitan dengan penelitian

7. LAMPIRAN

Lampiran ini berisikan hasil dokumentasi pada saat melakukan penelitian dan hasil penelitian Tugas Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Sistem tenaga listrik merupakan perkumpulan beberapa pusat pembangkit listrik dan pusat penyaluran arus beban yang menyalurkan listrik kepada konsumen atau beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Energi listrik dibangkitkan oleh beberapa pembangkit listrik seperti PLTA, PLTS, PLTU, PLTB dan pembangkit pembangkit lainnya.^[1] Sistem tenaga listrik sering disebut dengan sistem tenaga. Penamaan suatu sistem tenaga listrik biasanya menggunakan daerah cakupan yang disalurkan.

Untuk melakukan penyaluran sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan.

2.2 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi adalah bagian penting dari sistem tenaga listrik. Dimana sistem distribusi ini yang paling berguna dalam penyaluran tenaga listrik dari sumber daya listrik besar atau dari gardu distribusi sampai ke konsumen atau beban.^[1] Tenaga listrik yang dihasilkan oleh suatu pembangkit listrik pada umumnya terdiri dari tegangan 11 kv sampai 24 kv dan tegangan tersebut akan dinaikkan oleh gardu induk menggunakan transformator step-up atau trafo penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500 kV kemudian akan disalurkan melalui saluran transmisi ke salurarkan ke jaringan distribusi.

Kegunaan dari menaikkan tegangan tersebut adalah untuk memperkecil/mengurangi kerugian daya dan jatuh tegangan dalam saluran transmisi maupun dalam penyaluran distribusinya dimana

dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2 \cdot R$). Dengan daya yang sama jika nilai tegangannya di naikkan atau diperbesar maka arus bebannya yang mengalir semakin kecil dan begitupun sebaliknya. Oleh karena itu jika arus beban yang mengalir semakin kecil maka kerugian daya juga akan semakin kecil juga. Saluran distribusi tegangan menengah 20 kv akan disalurkan melalui penyulang distribusi ke gardu hubung atau dapat langsung di hubungkan ke konsumen. Dari gardu hubung, energi listrik disalurkan ke gardu-gardu distribusi. Dimana gardu distribusi merupakan gardu tempat mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder. Dari saluran transmisi tegangan akan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan menggunakan transformator step-down atau trafo penurun tegangan pada gardu induk/hubung distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik akan dilakukan oleh saluran distribusi primer atau jaringan tegangan menengah (JTM). Dari saluran distribusi primer gardu distribusi mengambil tegangan dan kemudian diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi step-down menjadi sistem tegangan rendah (JTR), yaitu 220/380Volt. Selanjutnya akan disalurkan oleh saluran distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah ke konsumen.^[2]

Oleh sebab itu sistem distribusi adalah bagian penting dalam sistem tenaga listrik. Pada sistem penyaluran daya yang jarak jauh, selalu menggunakan tegangan setinggi mungkin menggunakan trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi menimbulkan beberapa konsekuensi bagi sekitarnya antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal harganya perlengkapan perlengkapannya. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali menggunakan trafo step-down. Maka mulai dari sumber energi listrik hingga pada titik beban memiliki tegangan yang berbeda beda satu sama lainnya.^[2]

Dalam Penyaluran tenaga listrik dari gardu-gardu induk sampai kepada konsumen diperlukan suatu sistem jaringan distribusi tegangan menengah maupun tegangan rendah, dimana pada jaringan distribusi tersebut akan timbul beberapa gangguan seperti jatuh tegangan dan rugi daya, bahwa perubahan tegangan suplai di izinkan antara +5% dan -5%.

2.3 Jenis Jaringan Distribusi

Dalam pendistribusian energi listrik dari gardu induk sampai kepada konsumen diperlukan suatu sistem jaringan distribusi dimana sistem jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua yaitu .^[3]

2.3.1 Sistem Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer atau jaringan tegangan menengah 20 kv adalah salah satu bagian dari sistem kelistrikan yang berada diantara gardu induk dan gardu distribusi. Biasanya sistem ini juga disebut

sistem distribusi tegangan menengah 20 kV. Terdapat dua cara penyaluran energi listrik, yaitu dengan saluran udara tegangan menengah (SUTM) maupun saluran kabel tegangan menengah (SKTM).^[3]

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke trafo distribusi. Sistem ini dapat menggunakan beberapa saluran yaitu saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan kondisi lingkungan dan tingkat keandalan yang diinginkan. Sistem jaringan distribusi primer memiliki beberapa macam tipe jaringan distribusi primer, dimana masing masing sistem mempunyai karakteristik yang berbeda – beda serta mempunyai keuntungan dan kerugian tergantung akan kebutuhan. Dasar pemilihan suatu sistem tergantung dari tingkat kepentingan konsumen / pusat beban.

2.3.2 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah adalah jaringan tenaga listrik yang berhubungan langsung pada konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder adalah sebesar 220 volt untuk satu fasa dan 380 volt untuk 3 fasa. Sistem sering disebut sistem tegangan rendah yang dihubungkan langsung kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sbb:

- i. Papan pembagi pada trafo distribusi, ii. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- iii. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
- iv. Alat Pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

Demi kemudahan dan penyederhanaan dalam sistem tenaga listrik maka diadakan pembagian dan pembatasan-pembatasan sebagai berikut : ^[3]

1. Daerah I : Bagian pembangkit (generation)
2. Daerah II : Bagian penyaluran (transmission) bertegangan tinggi (70 kv–500 kv)
3. Daerah III : Bagian distribusi primer bertegangan menengah (6 kv atau 20 kv)
4. Daerah IV : Bagian bertegangan rendah didalam bangunan pada konsumen tegangan rendah

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah sebagai berikut :

- a. SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lainlain.

- c. Gardu trafo, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa - pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
- d. SUTR dan SKTR, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

1. Jaringan Tegangan Menengah

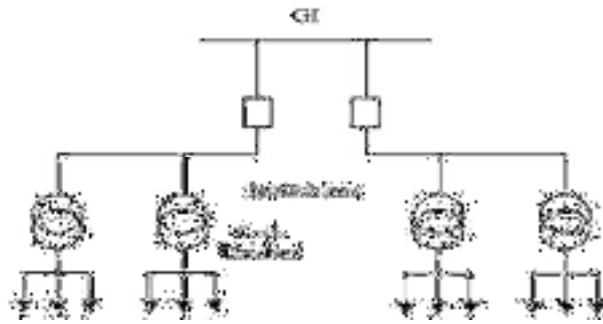
Pada pendistribusian tenaga listrik ke konsumen di suatu tempat, penggunaan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindari rugi-rugi penyaluran (losses) dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero) selaku pemegang kuasa usaha utama sebagai mana yang diatur dalam UU Ketenaga Listrikan No. 30 tahun 2009. Konstruksi JTM dengan tegangan 20 kv harus memenuhi kriteria keamanan ketenagalistrikan, yaitu jarak aman minimal antara Fase pada lingkungan dan anatar Fase pada tanah, bila jaringan tersebut menggunakan saluran udara atau kabel bawah tanah tegangan menengah serta kemudian dalam hal pengoperasian atau Pemeliharaan jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan utama. Hal ini adalah salah satu usaha menjaga keandalan kontinuitas pelayanan kepada konsumen.^[6]

Lingkup Jaringan Tegangan Menengah pada sistem distribusi dimulai dari terminal keluar (out-going) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada Pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (in-coming) transformator distribusi 20 kV – 230/400V.

Pada sistem jaringan tegangan menengah terdapat berbagai rangkaian konfigurasi yang digunakan. Adapun beberapa tipe konfigurasi jaringan distribusi primer atau jaringan tegangan menengah adalah sebagai berikut : **a) Jaringan Distribusi Radial**

Sistem radial merupakan sistem paling sederhana dan ekonomis apabila ditilik dari segi investasinya. Bila antara pusat sumber dan pusat bebannya hanya memiliki satu saluran (line), dan tidak memiliki alternatif saluran lain.^[7] Bentuk Jaringan ini merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari titik sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabang ke titik beban yang dilayani. Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi berbeda atau tidak sama besar. Oleh karena kerapatan arus (beban) pada tiap titik sepanjang saluran tidak sama besar, maka luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah sebuah penyulang utama dari GI kemudian bercabang

menuju penyulang cabang yang melayani semua gardu distribusi (GTT). Pada umumnya, sistem ini terdiri dari jaringan tiga fasa 3 kawat maupun 4 kawat.

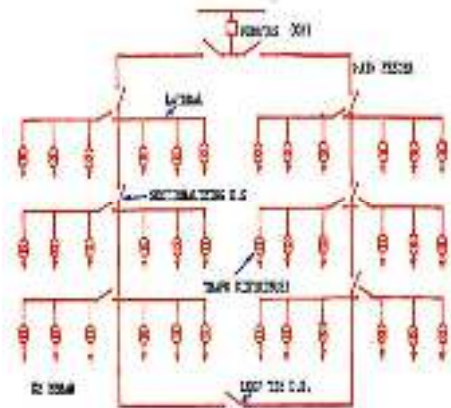


Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Radial^[10]

b) Jaringan Distribusi Loop

Jaringan distribusi primer tipe Loop yang mana sistem Loop tersebut membuat jaringan melalui beban dan kembali lagi menuju bus outgoing GI. Bila pada titik beban ada dua alternatif saluran berasal lebih dari satu sumber. Jaringan ini adalah bentuk tertutup atau bentuk jaringan "loop". Perangkat pemutus Loop tie switch digantikan dengan perangkat sectionalizer seperti SSO, AVS maupun LBS. Susunan rangkaian pada penyulang berbentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil. Bentuk distribusi loop ini ada 2 macam, yaitu:

- 1) Bentuk open loop: dilengkapi dengan normally-open switch, dalam keadaan normal rangkaiannya selalu terbuka.
- 2) Bentuk close loop: dilengkapi dengan normally-close switch, yang dalam keadaan normal rangkaiannya selalu tertutup.

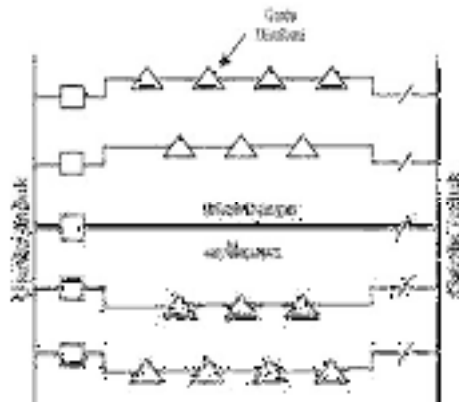


Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Loop^[10]

Apabila terjadi gangguan terjadi pada jaringan, maka yang terajadi adalah PMT pada GI akan terbuka. PMT tersebut kemudian tetep akan dalam kondisi open sebelum gangguan yang terjadi diisolasi dari kedua sisi jaringan yang berada dalam sisitem Loop. Sistem ini cocok untuk menyuplai beban dengan kerapatan beban cukup besar seperti didaerah perkotaan. **c) Jaringan Distribusi Spindle**

Sistem Spindle adalah salah satu struktur yang digunakan untuk meningkatkan keandalan dengan membuat semua penyulang yang keluar dari Gardu Induk menuju satu titik temu sehingga membentuk suatu lingkaran yang terbuka, pada titik temu tersebut yang disebut titik refleksi. Titik refleksi ini dalam praktek merupakan Gardu-Hubung (GH) atau switching substation.

Selain bentuk dasar dari jaringan distribusi yang telah ada, maka dikembangkan juga bentuk modifikasi, yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan kualitas sistem. Salah satu bentuk modifikasi yang paling dikenal adalah bentuk spindle, yang terdiri dari maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani, dan salah satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban. Saluran 6 penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan "working feeder" atau saluran kerja, dan salah satu saluran yang beroperasi tanpa beban dinamakan "express feeder".



Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan Spindle^[10]

Fungsi "express feeder" dalam hal ini selain sebagai cadangan pada saat terjadi gangguan pada salah satu "working feeder", juga berfungsi untuk memperkecil terjadinya drop tegangan pada sistem distribusi yang bersangkutan pada keadaan operasi normal. Dalam keadaan normal memang "express feeder" ini sengaja dioperasikan tanpa beban.

Jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah berdasarkan konstruksi yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi 3 macam konstruksi sebagai berikut :^[13] **a) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)**

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah dalam penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini sangat banyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah di Indonesia.

Ciri ciri utama dari Jaringan ini adalah kabel penghantar yang digunakan adalah penghantar telanjang dan ditopang dengan isolator pada tiang besi /beton. Penggunaan penghantar telanjang harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum untuk penghantar bertegangan 20kv antar phasa atau dengan bangunan atau jangkauan manusia. **b)**

Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk meningkatkan keamanan dan keandalan dalam penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan saluran udara tegangan menengah 20 kV, dapat digantikan dengan menggunakan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin. **c) Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)**

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang paling aman dan andal dalam pendistribusian tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi konstruksi ini relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Penggunaan SKTM sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama untuk meningkatkan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. **d) Jaringan Tegangan Rendah**

Jaringan Distribusi Tegangan Rendah adalah bagian ujung dari suatu sistem tenaga listrik. Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik kekonsumen harus memenuhi persyaratan kualitas teknis pelayanan juga harus memenuhi persyaratan aman terhadap pengguna dan akrab terhadap lingkungan. Konfigurasi

Saluran Udara Tegangan Rendah yang digunakan pada umumnya berbentuk radial.

2.4 Gardu Distribusi (GD)

Gardu Distribusi tenaga listrik adalah suatu bangunan gardu listrik yang 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 dengan

Tegangan Menengah (TM 20 kv) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380 v).

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :^[13] a) Jenis

Pemasangannya :

- 1) Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
- 2) Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios

b) Jenis Konstruksinya :

- 1) Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
- 2) Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
- 3) Gardu Kios

c) Jenis Penggunaannya :

- 1) Gardu Pelanggan Umum
- 2) Gardu Pelanggan Khusus

Untuk fasilitas ini lazimnya dilengkapi fasilitas DC Supply dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan. Berikut macam-macam gardu distribusi sesuai dengan konstruksinya :

1) Gardu Beton

Gardu beton adalah gardu distribusi tipe pasangan dalam, komponen utama instalasi yaitu transformator, peralatan switching, dan proteksi terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang dan dibangun serta difungsikan dengan konstruksi bangunan pelindung terbuat dari beton (masonry wall building). Peralatan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM) pada gardu beton berbentuk lemari yang disebut dengan kubikel dan berfungsi sebagai alat penghubung dan pemutus pada sisi tegangan menengah. Sedangkan peralatan hubung bagi tegangan rendah (PHBTR) berbentuk rangka terbuka tanpa panel pelindung yang disebut rak TR.

2) Gardu Tiang

Gardu tiang adalah salah satu komponen instalasi tenaga listrik yang terpasang di jaringan distribusi. Yang berfungsi sebagai trafo daya penurun tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah dan selanjutnya tegangan akan di salurkan ke konsumen. Gardu tiang terbagi dari beberapa jenis yaitu : a. Gardu Portal

Konfigurasi Gardu Tiang yang dicatu dari SUTM dengan peralatan pengaman. Pengaman Lebur Cut-Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur dan Lightning Arrester (LA) yang digunakan untuk mencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir. Menggunakan Tiang : beton, besi, kayu.

Untuk Gardu Tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (open-loop), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah π section dimana

transformator distribusi dapat di catu dari arah berbeda yaitu posisi Incoming-Outgoing dan sebaliknya.

b. Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang dipasang adalah trafo dengan daya 100 kVA 3 phase atau 1 phase. Transformator yang dipasang adalah jenis CSP (Completely Self Protected Transformer) yaitu peralatan swiching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator. Pada gardu tipe cantol dipasang pelindungan transformator tambahan LA (Lightning Arrester) yang dipasang terpisah dengan penghantar pembumiannya atau pentanahannya yang dihubungkan langsung dengan body transformator.

3) Gardu Kios

Gardu kios adalah suatu bangunan prefabricated yang terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai langsung di lokasi pembangunan gardu distribusi.

2.5 Transformator Distribusi

Fungsi utama dari trafo ini adalah mengubah tegangan tinggi menjadi tegangan normal seperti 240/380 volt yang digunakan dalam penyaluran tenaga listrik. Transformator distribusi dibedakan menjadi dua yaitu transformator 1 phasa dengan penggunaan 3 transformator 1 phasa identik dan transformator 3 phasa dengan penggunaan 1 transformator konstruksi 3 phasa. Sedangkan menurut karakteristiknya dibedakan menjadi tiga yaitu, transformator konvensional, CSP, dan CSPB.

2.5.1 Transformator 1 Phasa

Transformator distribusi dirangkai dan dioperasikan dengan 3 transformator 1 phasa yang bertipe sama (identik). Keuntungan dari transformator 3x1 phasa adalah kumparan primer dan sekunder dapat dibuat beberapa vektor grup sesuai dengan yang diinginkan, ketiga transformator dapat dioperasikan ke beban menjadi

1 phasa (dihubungkan dengan paralel karena ketiga transformator tersebut identik),



Gambar 2.4 Transformator 1 phasa^[9]

dan tegangan untuk ketiga phasanya, distribusi primer dan sekundernya benar benar seimbang. Adapun kerugiannya adalah dengan daya yang sama untuk ketiga phasa, maka phasa untuk 3 x 1 phasa dibanding dengan 1 x 3 phasa lebih berat dan lebih mahal.

2.5.2 Transformator 3 Phasa

Karakteristik transformator 3 phasa yaitu, konstruksinya sudah di rancang permanen dari pabrik pembuatnya, dan dapat digunakan untuk mensuplai beban 1 phasa, maka tiap phasa maksimal beban yang dapat ditanggungnya adalah sepertiga dari daya tiga phasa. Transformator ini lebih ringan, sehingga lebih murah karena bahan materialnya lebih kecil tetapi keseimbangan tegangan antara ketiga phasanya, primer dan sekunder tidak terlalu simetris.



Gambar 2.5 Tansformator 3 phasa^[9]

2.5.3 Transformator Konvensional

Transformator ini tidak memiliki peralatan pengaman terhadap surja petir atau sambaran petir ataupun perlindungan terhadap gangguan yang disebabkan beban lebih sebagai satu kesatuan dengan unit transformator. Peralatan pengaman seperti FCO dan LA tersebut dipasang secara terpisah. Untuk beban yang tidak terlalu besar, tipe ini adalah dalam bentuk pasangan tiang. Sedang untuk beban yang besar, ditempatkan pada gardu distribusi pasangan dalam.

2.6 Komponen Distribusi Daya Listrik

Pada sebuah perusahaan pembangkit sudah pasti memerlukan alat dan komponen yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik yang akan disalurkan pada konsumen. Komponen yang akan dipakai akan menjadi sarana untuk distribusi daya listrik. Komponen yang digunakan pada sistem distribusi daya adalah :^[9]

2.6.1 Busbar

Busbar adalah komponen listrik yang berfungsi untuk menghantar arus listrik. Busbar terdiri dari lilitan kabel yang berbahan tembaga atau aluminium. Panel bagian depan busbar terhubung dengan saklar ACB (Air Circuit Breaker) atau pemutus sirkuit udara. ACB dapat menjadi pelindung ketika terjadinya hubung singkat dan kondisi arus lebih. Rentang tegangan yang dipakai untuk penggunaan ACB adalah 450 volt.

Busbar atau sering disebut juga sebagai rel memiliki fungsi utama sebagai titik pertemuan antar trafo trafo yang bertenaga SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menyalurkan dan menerima daya listrik. Busbar juga berfungsi untuk lokasi dimana jalur transmisi, sumber tenaga, dan daya distribusi bertemu.

2.6.2 Circuit Breaker

Circuit Breaker adalah komponen listrik yang berfungsi sebagai pengaman dan mencegah kerusakan pada rangkaian apabila terjadi hubung singkat. CB juga digunakan sebagai pengganti komponen sekering yang berfungsi untuk melindungi jika terjadi kesulitan pengiriman arus dalam sirkuit seperti pada sirkuit pemanas (heater). Circuit Breaker dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

- Manual Reset Type Mechanical
- Automatic Resetting Type Mechanical
- Automatically Reset Solid State Type

2.6.3 Voltage Monitoring

Voltage Metering adalah komponen yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang terdapat pada rangkain listrik. voltage metering mempunyai susunan paralel sesuai dengan lokasi komponen yang diukur. Voltage metering terbagi menjadi 2 jenis yaitu analog dan digital.

Perbedaannya terletak pada voltage metering yang dipasang secara paralel pada suatu rangkaian dapat dijadikan pusat untuk mengetahui tegangan. Kutub yang searah dengan arus baik kutub positif maupun negatif.

2.6.4 Rectifier

Rectifier adalah bagian dari power suplay atau catu daya yang berfungsi sebagai pengubah arus AC (Alternating Current) menjadi arus DC (Direct Current). kata lain dari rectifier adalah penyearah gelombang. Arus DC atau arus searah merupakan arus yang dikeluarkan dari baterai. Sedangkan arus yang dari sumber daya seperti PLN maupun gardu induk merupakan arus bolak balik, sehingga jika suatu rangkaian listrik memerlukan tegangan DC agar bekerja, arus yang masuk kerangkaian harus diubah terlebih dahulu dari arus AC menjadi arus DC yang memiliki nilai tegangan lebih kecil.

Rectifier terdiri dari dua jenis yaitu penyearah setengah gelombang (Half Wave Rectifier) dan penyearah gelombang penuh (Full Wave Rectifier). Komponen dioda biasanya yang dipakai pada rectifier yang membedakannya adalah jumlah diode yang digunakan dan konfigurasi rangkaiannya. Rectifier yang paling sering digunakan adalah Penyearah gelombang penuh dengan menggunakan 4 dioda.

2.6.5 Transformator (Trafo)

Trafo atau trafo adalah alat statis yang digunakan untuk mengubah daya listrik dari satu sirkuit ke sirkuit lain tanpa ada bagian yang bergerak. Trafo ini dapat mengubah suatu tegangan AC ke taraf lain, artinya dapat menurunkan tegang AC dari 220 V menjadi 12 V ataupun menaikkan tegangan dari 110 V ke 220 V. Trafo bekerja sesuai dengan prinsip elektromagnetik dan hanya mampu bekerja pada arus AC Dalam bidang pembangkit energi listrik pemakaian trafo dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Transformator Daya (Power Transformator)

Merupakan trafo yang berfungsi untuk menyalurkan daya / tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Trafo daya dapat mencapai 33 KV dalam transfer dayanya. Trafo daya digunakan di stasiun pembangkit atau gardu transmisi. Dan trafo daya juga mempunyai nilai insulasi yang tinggi.

2. Transformator Distribusi (Distribution Power)

Merupakan trafo yang digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari pembangkit listrik ke daerah konsumen maupun ke lokasi industri. Trafo distribusi mendistribusikan energi listrik pada tegangan rendah yang kurang dari 33 KV hanya kisaran tegangannya adalah 220 V hingga 440 V.

3. Transformator Pengukuran (Measurement Power)

Berfungsi untuk mengukur kuantitas tegangan, arus listrik, dan daya listrik. Trafo ini terdiri dari 2 bagian yaitu Trafo tegangan (VT) dan Trafo Arus (CT).

Berdasarkan level tegangannya, trafo dapat digolongkan menjadi 2 yaitu :

- Trafo Step – Up

Merupakan jenis Trafo yang memiliki lilitan yang lebih banyak pada kumparan sekunder atau outputnya. trafo dengan jenis ini menghasilkan tegangan listrik dengan taraf yang lebih tinggi pada terminal outputnya dibandingkan taraf tegangan listrik yang masuk ke trafo. Fungsi dari trafo step- up adalah untuk mentransmisikan dan mendistribusikan energi listrik, biasanya dari generator ke pembangkit listrik.

- Trafo Step – Down

Merupakan perangkat elektronika yang mampu menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada rangkaian listrik dan elektronika. Untuk kinerja dari trafo step – down tentunya membutuhkan sebuah tegangan listrik bolak balik (arus AC) untuk dapat beroperasi.

2.6.6 Gardu Hubung

Gardu hubung adalah suatu bangunan gardu listrik yang terdiri dari instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (SUTM), trafo distribusi, perlengkapan hubung bagi (SUTR) untuk memasok kebutuhan daya listrik bagi konsumen, baik dengan tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Gardu hubung biasanya dibuat untuk memudahkan Maneuver pembebanan dari suatu feeder atau penyulang ke feeder lainnya yang dilengkapi dengan atau tidaknya dengan remote terminal unit (RTU), dengan fasilitas DC suplay dari trafo distribusi pemakaian sendiri atau trafo distribusi untuk umum yang di letakkan dalam suatu kesatuan. berdasarkan kebutuhan gardu hubung terbagi menjadi 3 kubikel yaitu 7 buah sel kubikel, 7 + 7 buah sel kubikel dan 7 + 7 + buah sel kubikel. Dan untuk PLTA Pakkat mempunyai 7 buah sel kubikel.

2.6.7 Kubikel

Kubikel tegangan menengah adalah suatu peralatan atau perlengkapan listrik yang dapat berfungsi sebagai pembagi, pengendali, penghubung dan pelindung tenaga listrik. Kubikel terdiri dari 3 bagian utama yaitu : Incoming, Metering, Outgoing yang masing masing memiliki fungsi tersendiri. Fungsi dari kubikel adalah :

- Mengendalikan sirkuit yang dilakukan oleh saklar utama
- Melindungi sirkuit yang dilakukan oleh fuse/ pelebur, saklar pemisah (PMS) dan pemutus tegangan (PMT).
- Membagi sirkuit dilakukan oleh pembagian jurusan atau kelompok (busbar).
- Mengukur besaran listrik (tegangan, arus, daya, frekuensi, dll) yang dilakukan alat metering.

Jenis jenis Kubikel

1. Kubikel Incoming

Berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo daya ke busbar 20 kv. Tegangan 20 kv dari sisi sekunder trafo masuk ke dalam busbar 20 kv yang berada di dalam kubikel 20 kv. Komponen kubikel incoming adalah Busbar, PMS (pemisah) atau disconnecting switch (DS)

2. Kubikel Metering

Berfungsi sebagai keperluan untuk pengukuran yang dilengkapi dengan alat pengukuran seperti ampermeter, voltmeter dan wattmeter. Kubikel ini juga dilengkapi dengan alat proteksi, seperti fuse.

Alat alat yang bekerja pada kubikel metering adalah fuse. Fuse ini terdapat suatu sekering tegangan menengah yang sering disebut dengan solefuse yang digunakan untuk melindungi trafo tegangan dari gangguan gangguan yang sering terjadi.

3. Kubikel Outgoing

Merupakan Kubikel penghubung antar busbar 20 kv yang ada di dalam kubikel dengan jaringan tegangan menengah. Pada kubikel outgoing terdapat Circuit Breaker (CB).

2.7 Susut Energi

Susut Energi adalah keadaan atau kondisi yang terjadi dalam penyaluran energi listrik dimana jumlah energi yang disalurkan oleh sumber energi tidak sama dengan jumlah energi yang diterima oleh konsumen atau sisi penerimanya. Yang disebabkan oleh berbagai hal yaitu jarak antara pembangkit dengan konsumen yang terlalu jauh sehingga pada peralatan listrik jaringan distribusi mengalami rugi – rugi. Rugi rugi pada jaringan sistem tenaga listrik disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga fasa sistem.^[13]

Persamaan susut energi jaring distribusi dapat dinyatakan sebagai berikut :^[13]

$$\text{Losses}_{(\text{Dist})} = \text{LS}_{(\text{JTM})} + \text{LS}_{(\text{TRF})} + \text{LS}_{(\text{JTR})} \dots\dots\dots 2.1$$

2.7.1 Menentukan Impedansi, Resistansi, dan Reaktansi

Rugi rugi energi yang sering terjadi pada jaringan tegangan menengah disebabkan oleh adanya impedansi pada suatu penghantar listrik dinyatakan dalam persamaan berikut :^[13]

$$Z = R + jX_L \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

Z = Impedansi

R= Resistansi / tahanan saluran (ohm)

jX_L = Reaktansi

Sementara itu untuk mencari nilai resistansinya digunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ ohm} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan ρ = Hambatan jenis (ohm/mm²) masing masing penghantar tembaga = 0,0178 ohm mm²/m dan aluminium 0.032 ohm mm²/m

A = Luas penampang penghantar (mm²)

L = Panjang Penghantar (m)

Untuk menentukan nilai reaktansinya digunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_L = 2\pi fL \dots\dots\dots 2.4$$

2.7.2 Rugi - rugi Daya

Rugi-rugi daya merupakan kebocoran daya yang hilang sepanjang penyaluran energi listrik yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan reaktif. Rugi daya disebabkan karena saluran distribusi mempunyai Tahanan, Induktansi dan Kapasitansi. Karena saluran distribusi primer atau sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan. Dalam Penyaluran daya melalui jaringan distribusi terjadi rugi daya (I^2R) yang disebabkan adanya tahanan (R) pada saluran. Semakin panjang saluran yang digunakan 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.^[13]

Menurut Keputusan Direksi PT.PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005

(2005:2) tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (Kwh), "Jenis susut (rugi daya) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Rugi Daya berdasarkan Tempat terjadinya

Berdasarkan tempat terjadinya rugi rugi daya dapat di bedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- 1) Rugi-rugi sistem transmisi yaitu rugi-rugi transformator *step up* (trafo tegangan tinggi), saluran transmisi, dan transformator di gardu induk
- 2) Rugi-rugi pada sistem distribusi yaitu rugi-rugi pada *feeder* utama (penyulang utama) serta jaringan, transformator distribusi, peralatan distribusi, dan pengukuran

b. Rugi Daya berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya rugi rugi daya dapat dibedakan menjadi 2 jenis sebagai berikut :

- 1) Rugi-Rugi Non Teknis.
Rugi-rugi non teknis terjadi akibat adanya masalah pada penyaluran sistem tenaga listrik.
- 2) Rugi-Rugi Teknis.
Rugi-rugi teknis (susut teknis) terjadi akibat sifat daya hantar material/peralatan listrik itu sendiri yang sangat bergantung dari kualitas bahan dari material/peralatan listrik tersebut, jika pada jaringan maka akan sangat bergantung pada konfigurasi jaringannya. a) Kerugian akibat panas

Semakin lama arus mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas. Semakin banyak energi yang menjadi panas maka semakin banyak daya yang hilang.

b) Kerugian akibat jarak

Jarak sangat berpengaruh pada keandalan jaringan karena semakin jauh atau panjang penghantar listrik tersebut maka akan banyak daya listrik yang menghilang karena penghantar itu sendiri memiliki tahanan. c) Luas penampang penghantar

Arus listrik yang mengalir dalam penghantar selalu mengalami tahanan dari penghantar itu sendiri, besarnya tahanan tergantung bahannya.

1. Perhitungan Rugi-Rugi (*Losses*)

Perhitungan rugi-rugi energi secara teoritis untuk mendapatkan nilai rugirugi energi jaringan distribusi sebagai pembandingan terhadap nilai rugi-rugi hasil pengukuran lapangan.

a. Faktor Daya Beban

Faktor daya memiliki kaitan yang erat terhadap adanya rugi-rugi. Faktor daya merupakan perbandingan daya aktif dan daya semu dan dirumuskan dengan persamaan:^[13]

$$\text{Power Factor}(\cos \phi) = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya Semu}} = \frac{P}{S} \tag{2.5}$$

dimana,

Pf = *Power Faktor (cos φ)* Faktor Daya

P = Daya aktif (Watt)

S = Daya Semu (VA)

b. Perhitungan Rugi rugi daya pada Saluran Distribusi

Untuk menghitung rugi daya pada saluran distribusi trafo 1 phasa digunakan rumus berikut :^[13]

$$P_{\text{Losses}} = I^2 \cdot R \tag{2.6}$$

Dan untuk menghitung rugi daya pada saluran distribusi trafo 3 phasa digunakan rumus berikut :

$$P_{\text{losses}} = 3 \cdot I^2 \cdot R \tag{2.7}$$

Keterangan :

P_{Losses} = Rugi rugi daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi Penghantar (Ohm)

$I^2.R$ = Rugi Rugi daya Efektif (Ohm)

Perhitungan rugi daya perhari atau perbulan dihitung secara manual dengan menggunakan rumus :^[8]

$$W = P \times t \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

W = Energi listrik (KWH)

P = Daya listrik t = Waktu

pemakaian Jika perhitungan rugi daya dalam perhari maka t = 24 jam sedangkan dalam perbulan t = 744 jam.

Dan untuk menghitung rugi rugi daya apabila di ubah dalam bentuk persen digunakan rumus berikut :

$$\% \text{ Rugi daya} = \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya Tersedia}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.9$$

2.7.3 Jatuh Tegangan (Drop Tegangan)

Tegangan jatuh atau penurunan tegangan listrik akibat adanya beban kelistrikan. Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan kirim dari sumber dan tegangan yang diterima konsumen. Terjadinya voltage drop atau penurunan tegangan diakibatkan berbagai hal mulai dari kabel, besarnya beban, kemampuan sumber kelistrikan, dan lainnya Berikut merupakan penyebab jatuh tegangan atau penurunan tegangan :^[12]

1. Panjang kabel
2. Diameter dan luas penampang pada kabel
3. Tahanan jenis kabel
4. Besarnya arus yang mengalir
5. Pemasangan sambungan dan kondisi sambungan yang jelek.

Untuk menghitung besarnya jatuh tegangan maka perlu menghitung terlebih dahulu tegangan akhir atau tegangan yang melewati beban.^[11]

Untuk menghitung Jatuh tegangan AC 1 phasa menggunakan rumus :

$$\Delta V = I . Z \dots\dots\dots 2.10$$

Untuk menghitung Jatuh tegangan AC 3 phasa menggunakan rumus :

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

ΔV = Jatuh Tegangan

I = Arus (Ampere) Z = Impedansi (ohm/km)

atau

$$\Delta V = V_s - V_r \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

ΔV = Jatuh tegangan

V_s = Tegangan terkirim

V_r = Tegangan terima

Dan untuk menghitung jastuh tegangan dalam persen digunakan rumus sebagai berikut :^[12]

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

$\Delta V (\%)$ = Drop tegangan %

ΔV = Drop tegangan

V = Tegangan yang sedang aktif

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada Gardu Hubung PLTA Pakkat yang berada di Desa Purba Bersatu, Kec. Pakkat, Kab. Humbang Hasundutan. PLTA Pakkat terletak di hilir sungai aek sirahar, wilayah Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara, kurang lebih 42 km sebelah barat Kota Dolok Sanggul. PLTA Pakkat adalah salah satu diantara PLTA yang ada di Kabupaten Humbang Hasundutan yang dibangun untuk menunjang kebutuhan listrik masyarakat di Kabupaten Humbang Hasundutan serta Sumatera Utara. Daya yang dihasilkan oleh pembangkit ini adalah $3 \times 6 \text{ MW} = 18 \text{ MW}$. Untuk penggerak turbinnya PLTA Pakkat menggunakan air. Di WEP tegangan yang dibangkitkan oleh PLTA sebesar 6600 V (6,6 KV) .



Gambar 3.1 PLTA Pakkat

Pada bulan Maret 2010 mulai peletakan batu pertama (ground breaking) hingga tanggal 14 Maret 2016 uji start kedua unit pembangkit dapat beroperasi dengan kapasitas sebesar $3 \times 6 \text{ MW}$ dan membangkitkan energi listrik rata-rata sebesar 94,8 GWh per tahun menurut perencanaan. Tenaga listrik yang dihasilkan tersebut disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV.

PLTA Pakkat merupakan salah satu PLTA berkapasitas besar yang ada di Sumatera Utara yaitu dengan kapasitas $3 \times 6 \text{ MW}$. Pada PLTA pakkat terdapat 3 generator dan turbin yang masing masing menghasilkan daya 6 MW dan pada PLTA pakkat mampu memproduksi daya listrik sebesar $\pm 125,00$ gigawatt jam / tahun dengan tingkat utilisasi 79,27 %.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan sejak tanggal 29 Januari 2024 sampai dengan tanggal 10 Februari 2024. Dimana penelitian ini dilakukan kurang lebih 2 minggu.

3.2 Jenis Penelitian

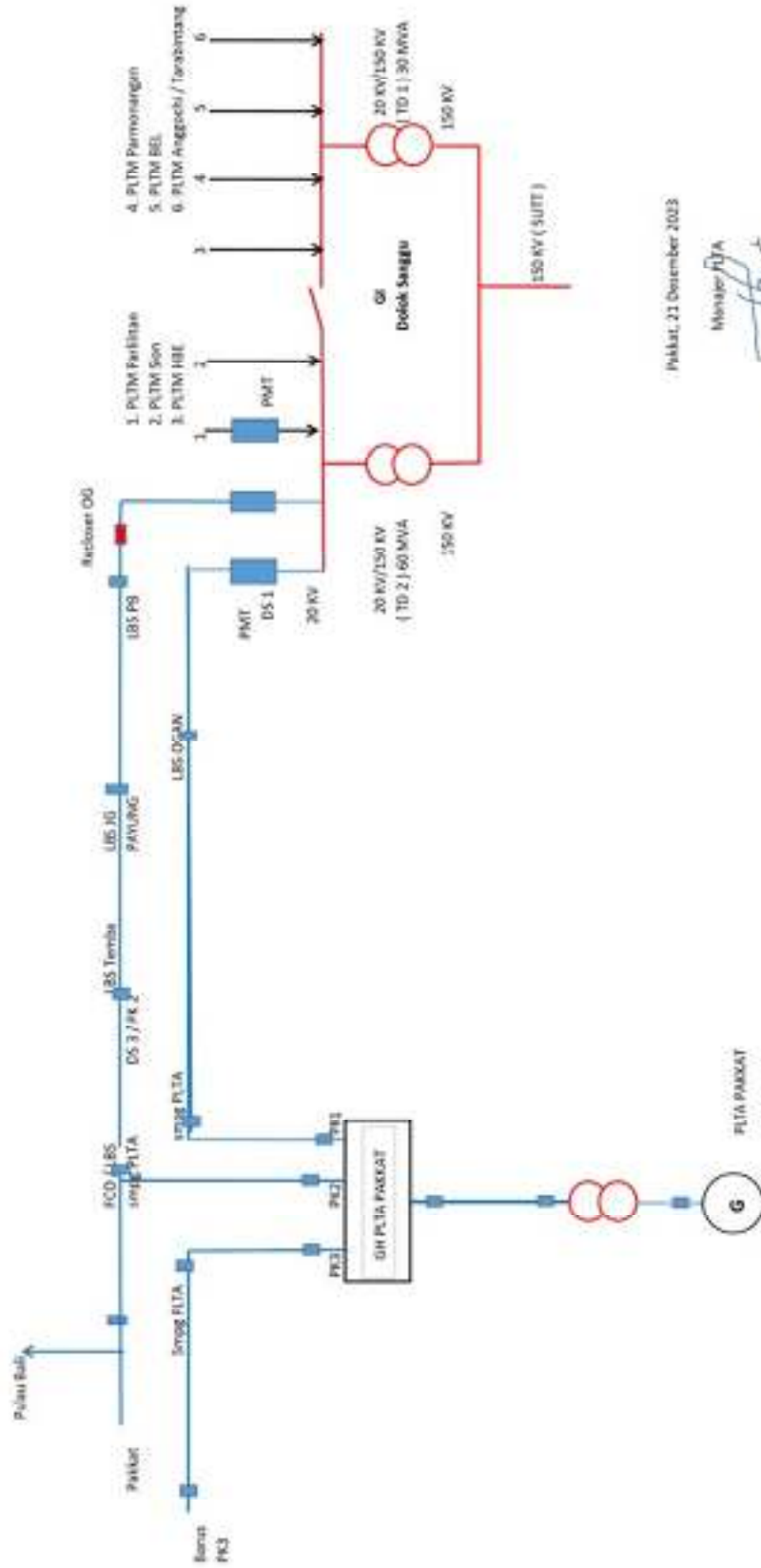
Dalam penelitian tentang “Analisis Jatuh Tegangan Dan Rugi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Pada PLTA Pakkat” saya menggunakan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Penelitian kuantitatif adalah sebuah penelitian yang didalamnya menggunakan angka dan statistik dalam pengumpulan serta analisis data yang dapat di ukur. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang menggunakan data deskriptif berupa bahasa tertulis atau lisan yang bertujuan untuk menjabarkan data analisis secara naratif.

3.3 Single Line PLTA Pakkat

Berikut ini adalah gambar single line pendistribusian PLTA Pakkat yang terbagi dalam 3 jalur distribusi yaitu :

- PK 1 adalah jaringan distribusi yang mendistribusikan arus atau beban ke Gardu induk Dolok Sanggul
- PK 2 adalah jaringan distribusi yang mendistribusikan arus atau beban ke kota pakkat
- PK 3 adalah jaringan distribusi yang mendistribusikan arus atau beban ke arah barus

SISTEM ABRINGAN 20 KV PK3, PK2 dan PK3
 PEMBANGKIT PLTA PAKKAT
 TAHUN 2023



Pakkat, 21 Desember 2023

Manajer UJA

 (Kardoyo)

Gambar 3.2 Single line PLTA Pakkat

3.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah dengan cara :

1. Metode riset lapangan dimana penulis secara langsung mengadakan pengamatan serta mencatat dan menghitung data data yang berkaitan dengan objek yang di teliti sebagai bahan untuk menyusun laporan.
2. Metode riset perpustakaan adalah penulis mempelajari dan mengambil data sekunder atau data yang sudah dicatat oleh pihak perusahaan yang bersifat dokumen dari perusahaan maupun pustaka lainnya seperti beberapa buku atau jurnal yang berhubungan dengan jatuh tegangan dan rugi daya.

3.5 Pengambilan Data

Pengambilan data untuk Tugas akhir ini adalah dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh PT. Energy Sakti Sentosa, Khususnya data yang berhubungan dengan data yang diperlukan untuk menghitung Rugi daya dan jatuh tegangan yang berupa :

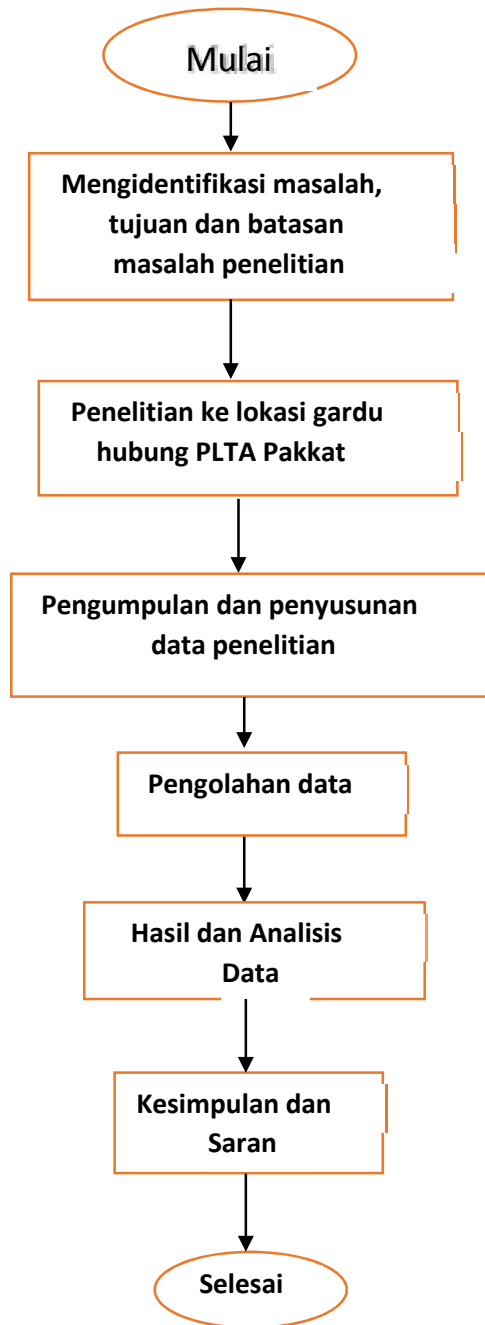
1. Data beban PLTA Pakkat pada bulan agustus 2023 – Januari 2024 pada PK 1 yang menyalurkan listrik ke Gardu Induk Dolok Sanggul, PK 2 yang menyalurkan listrik ke kota Pakkat, PK 3 yang menyalurkan listrik ke kota Barus.
2. Data KWH PLTA Pakkat pada bulan agustus 2023 – Januari 2024 pada PK 1, PK 2, PK 3.
3. Jenis, luas penampang dan panjang penampang yang digunakan oleh PLTA Pakkat.

3.6 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis pengukuran atau kuantitatif untuk mempelajari data data hasil penelitian. Data – data yang dikumpulkan, baik primer (teori) maupun data sekunder (data kasus), akan di analisis secara kuantitatif kemudian disajikan dalam bentuk deskriptif. Penulis menggunakan beberapa rumus yang berkaitan dengan objek yang diteliti sebagai bahan utama dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian dari awal hingga akhir yang di laksanakan dalam pengerjaan tugas akhir ini :



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian