

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya suatu daerah kebutuhan akan tenaga listrik akan selalu meningkat, tenaga listrik dibutuhkan untuk menunjang proses pembangunan dan mendorong kemajuan suatu daerah dalam berbagai sektor antara lain sektor pembangunan, perekonomian, pendidikan, dan bidang teknologi. Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat. Dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah “Jatuh Tegangan”. Besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis dan panjang saluran penghantar, tipe jaringan distribusi, tipe beban, faktor daya dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan beban reaktif.

Jaringan distribusi merupakan jaringan tenaga listrik yang mendistribusikan daya listrik kepada pelanggan dengan sumber tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220-380 V. Sistem distribusi dimulai dari *feeder* yang keluar dari GH (Gardu Hubung) disalurkan melalui penghantar berupa kawat yang terbuat dari aluminium pada jaringan distribusi. Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki nilai tegangan yang tidak melebihi batas toleransi serta rugi-rugi daya yang kecil. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan  $\pm 5\%$  dari nilai nominalnya.

Dalam penyaluran energi listrik dibutuhkan suatu penampang kabel yang besar agar dapat menghantarkan arus listrik sesuai dengan mutu tegangan yang berlaku. Besarnya penampang kabel ini sangat berpengaruh dalam meningkatkan kinerja penyulang dalam menyalurkan energi listrik.

Dalam proses penyaluran energi listrik kemungkinan akan terjadinya gangguan-gangguan yang muncul, salah satunya yaitu jatuh tegangan (drop voltage) dan Rugi-rugi Daya (Losses).

Sistem sarana penyampaian tenaga listrik dari titik sumber/ Gardu Induk ke titik pusat beban/konsumen dapat diartikan secara sederhana sebagai Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Oleh karena *supply* tenaga untuk konsumen (beban) mempunyai kondisi-kondisi dan persyaratan-persyaratan tertentu. Jaringan distribusi secara umum terdiri dari tiga buah bagian, yaitu gardu induk distribusi, jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Gardu Induk Sungai Penuh, tepatnya daerah Kota Sungai penuh dan Kabupaten Kerinci merupakan daerah yang terdiri dari perumahan penduduk, industri, pertokoan, sekolah serta Perguruan Tinggi. Gardu induk Sungai Penuh umumnya melayani daerah Kota Sungai penuh dan Kabupaten Kerinci yang berkembang pesat dengan 6 (enam) penyulang dan beberapa Penyulang Memiliki penghantar yang cukup panjang dari Gardu Induk Sungai Penuh sampai Ke beban. Karena berada di Kota Sungai Penuh yang berkembang maka perlu dihitung penurunan tegangan (*drop voltage*) dan Rugi-rugi Daya (*losses*) masing-masing penyulang sehingga diperoleh efisiensi operasional yang optimal.

Perhitungan penurunan tegangan (*voltage drop*) dan Rugi-rugi Daya (*losses*) memakai media ETAP 12.6.0 di beberapa penyulang yang melayani kebutuhan listrik di daerah Kota Sungai penuh dan Kabupaten Kerinci. Untuk mempermudah operasi pelayanan, maka data-data manual perhitungan penurunan tegangan (*voltage drop*) dan Rugi-rugi Daya (*losses*) dihitung menggunakan ETAP 12.6.0. Batasan nilai *voltage drop* yang diperbolehkan adalah 5%.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka rumusan masalah yang ingin didapatkan adalah sebagai berikut :

- Bagaimana cara menghitung besarnya drop tegangan sistem distribusi 20 kV di Gardu Induk Sungai Penuh?
- Bagaimana cara mengetahui besarnya Rugi-rugi Daya pada sistem distribusi 20 kV di Gardu Induk Sungai Penuh?
- Bagaimana cara mengetahui drop tegangan dan Rugi-rugi Daya menggunakan ETAP 12.6.0 di Gardu Induk Sungai Penuh?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar tidak menyimpang dari pokok pembahasan yang telah ditentukan maka penulis akan membatasi masalah sebagai berikut:

- Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Sungai Penuh
- Sistem yang dianalisa yaitu Jaringan Tegangan menengah 20 kV Gardu Induk Sungai Penuh
- Drop tegangan yang dihitung pada sistem 20kV Gardu Induk Sungai Penuh
- Drop tegangan yang dihitung pada sistem 20kV Gardu Induk Sungai Penuh
- Simulasi aliran beban pada ETAP 12.6.0 menggunakan metode newton rapshon

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Drop tegangan dan Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20kV Gardu Induk sungai penuh menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0 berdasarkan studi aliran beban menggunakan metode newton rapshon

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi penulis adalah sebagai syarat menyelesaikan pendidikan Strata satu (S-1) serta dapat menambah wawasan, pengetahuan dan pengembangan ilmu. Khususnya dalam Analisa Perhitungan Drop tegangan dan Rugi-rugi daya. Dan Bagi perusahaan, dengan penulis membahas judul ini dapat mempermudah pihak institusi untuk mengevaluasi drop tegangan dan Rugi-rugi daya pada jaringan tegangan menengah 20kV Gardu Induk Sungai Penuh.

## **1.6 Sistematika penulisan**

Skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang penelitian-penelitian sebelumnya, teori-teori yang melandasi pokok permasalahan yang akan dibahas diantaranya sistem tenaga listrik, sistem jaringan distribusi, Drop Tegangan, Rugi-rugi Daya, dan aplikasi ETAP 12.6.0 Dan juga menjelaskan pernyataan sementara atau dugaan menjawab permasalahan yang dibuktikan pada penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk flowchart, gambaran sistem perancangan yang akan diteliti.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan data-data penelitian, analisa Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya dengan menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0.

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

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa data dan juga berisi saran-saran untuk penelitian selanjutnya

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Penelitian

Dalam penulisan proposal ini penulis merujuk pada penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai berikut:

(Maulana, 2019) "**Analisa Susut Daya Dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20 kv Pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang**" menjelaskan bahwa bagian yang berbeda dari sebuah tegangan dalam sistem daya disebut sebagai peristiwa terjadinya drop tegangan didalam sistem daya yang dimana dipengaruhi oleh suatu resistansi, reaktansi, dan impedansi pada suatu saluran, dimana jatuh tegangan pada saluran juga dapat dikatakan sebagai selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman juga dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik .SPLN,dalam penelitian penulis, garis besar yang di cakup dalam jurnal ini yaitu mengenai susut daya dan *drop voltage*, cara menganalisisnya dan point-point penting hal taersebut

(Feri Siswoyo Hadisantoso, 2016) "**Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan**. Peranan listrik sangat vital seiring dengan perkembangan suatu daerah. Kebutuhan akan listrik juga dapat dikatakan sebagai tolak ukur kemajuan suatu daerah. Daerah Bandung Selatan merupakan daerah yang terdiri dari perumahan, industri, pertokoan, sekolah serta universitas yang memerlukan efisiensi operasional yang optimal. Program ETAP (Electrical Transient Analysis Program) Power Station merupakan program untuk membantu perhitungan voltage drop dan losses dengan mudah. Dengan memasukkan data-data dan gambar single line diagram pada program dan disimulasikan maka sudah didapat hasil perhitungan voltage drop dan losses berupa data dan gambar. Sebagai media pembelajaran, perhitungan voltage drop dan losses dengan menggunakan ETAP diterapkan pada 19 penyulang di PLN GI Bandung Selatan. Rata-rata voltage drop untuk 19 penyulang GI Bandung Selatan adalah 0,59 kV (2,95 %) dengan tegangan operasi 20 kV. Dan losses total untuk 19 penyulang GI Bandung Selatan sebesar 965,93 kW dengan daya total sebesar 101290,3 kW, maka persentase losses adalah 0,95 %.

(Melan Ayunda Kencana,2021)” **Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi 20 kV Kota Padang Panjang Berbasis Simulasi ETAP (Electric Transient Analysis Program) 12.6**”. Saluran Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Padang Panjang menggunakan saluran AAAC 150 mm<sup>2</sup>. Pada saluran 20 kV terdapat jatuh tegangan yang disebabkan oleh panjang saluran, penampang saluran,  $\cos \varphi$  dan arus beban. Studi ini bertujuan untuk menganalisa drop tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan metoda newton raphson. Jatuh tegangan pada kondisi awal di ujung terima feeder guguk malintang adalah 103,297 Volt atau 0,51% yang artinya nilai tegangan terimanya memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 sebesar 5%. Sedangkan Losses (rugi – rugi) tertinggi terdapat pada feeder kebun sikolos dengan 1,54 kW dan 2,3 KVAr. Sedangkan rugi – rugi terendah terdapat pada feeder sei talang dengan 0,26 kW dan 0,4 KVAr. Untuk menganalisa Jatuh Tegangan jaringan distribusi 20 kV menggunakan software ETAP 12.6.0, ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6 adalah suatu *software* yang digunakan dalam sistem tenaga listrik untuk membuat simulasi aliran daya.

(Hermanto, 2017)”**Perbaikan Jatuh Tegangan pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan Manengah 20 kV Teluk Kuantan**” yang menjelaskan bahwa Pada umumnya beban yang terdapat pada system tenaga listrik bersifat resistif serta induktif, dimana beban resistif dan beban induktif akan diserap oleh daya aktif dan daya reaktif dari sumber listrik.sehingga menyebabkan adanya penyerapan daya reaktif yang menyebabkan beban induktif sehingga terjadi jatuh tegangan.sehingga nilai dari tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan pada sisi pengirim.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Gardu Induk

Gardu induk (GI) adalah suatu instalasi listrik mulai dari TET (Tegangan Ekstra Tinggi), TT (Tegangan Tinggi) dan TM (Tegangan Menengah) yang terdiri dari bangunan dan peralatan listrik. Gardu induk memiliki beberapa fungsi, antara lain yaitu :

1. Menyalurkan tenaga listrik (kVA, MVA) sesuai dengan kebutuhan pada tegangan tertentu. Daya listrik dapat berasal dari Pembangkit atau dari gardu induk lain.
2. Sebagai transformasi tenaga listrik tegangan tinggi ke tegangan menengah atau sebaliknya.
3. Pengukuran, pengawasan operasi, serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga.

Gardu induk dapat dibagi atas beberapa klasifikasi antara lain yaitu menurut pelayanan dan fungsinya, menurut penempatan peralatannya, dan menurut isolasi yang digunakan. Menurut jenis pelayanan dan fungsinya, gardu listrik dapat dibagi atas dua jenis, yaitu :

#### 1. Gardu Induk Transmisi

Yaitu gardu listrik yang melayani tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban seperti industri, kota, dan sebagainya melalui saluran distribusi primer.



Gambar 2.1 Gardu Induk Transmisi

#### 2. Gardu Hubung

Yaitu gardu listrik yang melayani tegangan menengah yang mendapat daya dari saluran distribusi primer dan menyalurkan tenaga listrik ke konsumen melalui jaringan tegangan rendah.



Gambar 2.1 Gardu Hubung

### 2.2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang dimana berperan penting untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber listrik (pembangkit) sampai ke konsumen.

Adapun fungsi Sistem Distribusi Tenaga Listrik yaitu ;

1. Sebagai Penyaluran dan pembagian tenaga listrik ke beberapa tempat atau pelanggan.
2. Sebagai Sistem distribusi tenaga listrik bisa disebut juga dengan sub suatu sistem tenaga listrik ke pelanggan ,Dan catu daya atau sumber tegangan dari pusat-pusat beban / pelanggan dilayani langsung oleh sistem distribusi.

Dapat kita ketahui dalam daerah pematasan saluran tenaga listrik untuk bagian distribusi yang termasuk adalah daerah III, dan IV, dimana kita dapat mengklasifikasikan dengan beberapa cara, sehingga cakupan dari jaringan distribusi diantaranya:

- a. Saluran Udara Tegangan Manengah (SUTM) , dimana terdiri dari tiang dan peralatan kelengkapan lainnya, konduktor dan peralatan per-lengkapan serta pengaman dan pemutus
- b. Saluran Kabel Tegangan Manengah (SKTM), dimana terdiri dari kabel tanah, indoor, outdoor termination, batu bata, serta pasir, dan lain-lain
- c. Gardu Suatu Trafo ,dimana terdiri dari Transformator , tiang, pondasi tiang, rangka,LV Panel ,tempat trafo ,arrester, kabel-kabel, pipa-pipa pelindung ,Transformer Band, grounding, dan lain-lain

- d. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dan Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR), dimana terdiri dari perlengkapan material, dimana dimensinya yang berbeda.

Saluran distribusi untuk klasifikasinya tegangannya dibagi menjadi 2 bagian, diantaranya:

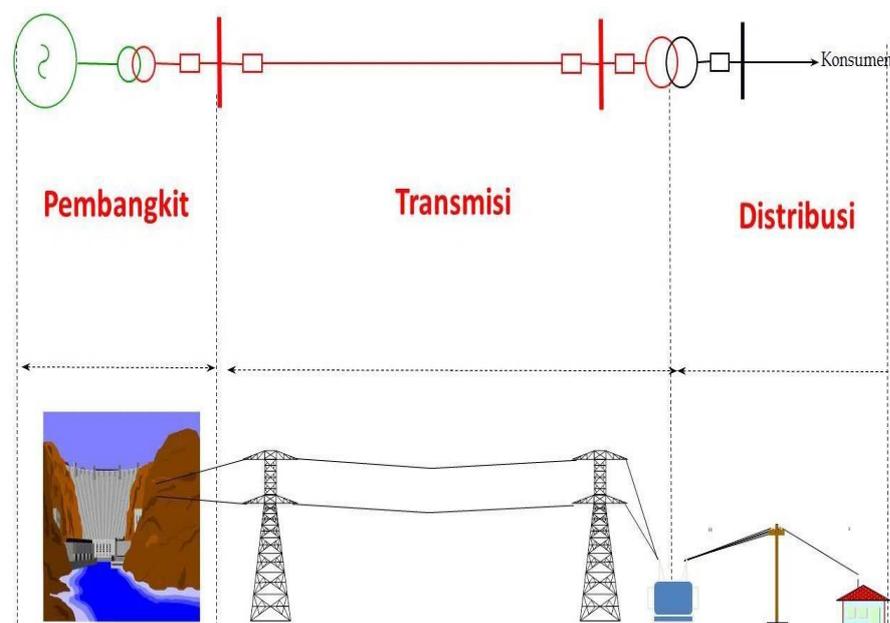
#### 1. Saluran Distribusi Primer

Dimana letaknya adalah di sisi primer suatu trafo distribusi, diantara titik dari sekunder trafo substation (GI) dengan titik primer dari trafo distribusi.

#### 2. Saluran Distribusi Sekunder

Dimana saluran ini letaknya di bagian sisi trafo distribusi, yaitu titik sekunder dan titik dari cabang yang terhubung ke beban.

Berikut terlampir bagan penyampaian Tenaga Listrik kepada pelanggan:



Gambar 2.3 Bagan penyampaian Tenaga Listrik

#### 1. Jaringan distribusi Radial

Bentuk jaringan ini adalah suatu bentuk dasar atau bentuk paling sederhana dan paling banyak digunakan ,kemudian hanya terdapat satu

saluran/ line pada suatu titik sumber juga titik bebannya,dan tidak ada sakuran lainnya. Adapun spesifikasi dari bentuk jaringan radial ini yaitu:

- Bentuknya sederhana
- Biaya investasinya murah
- Rugi tegangan dan daya pada saluran yang relatif nedar menyebabkan Kualitas pelayanan dayanya jelek.
- Titik sumber, titik beban yang hanya tersedia satu menyebabkan Kontinyuitas pelayanan dayanya tidak terjamin, dan hanya itu cara ketika saluran terjadi gangguan ,sehingga rangkaian sesudah titik gangguan tersebut mengalami “ *black out* ” secara total.

Beberapa bentuk modifikasi dari jaringan distribusi radial yaitu;

1. Modifikasi Radial tipe pohon
2. Modifikasi Radial dengan tie,switch pemisah
3. Modifikasi Radial pusat beban
4. Modifikasi Radial pembagian phase area

## 2. Jaringan distribusi ring (loop)

Jaringan memiliki bentuk yang tertutup, dimana jaringan ini disebut jaringan loop, bentuk bentuk jaringan loop dibagi menjadi dua macam, diantaranya:

- a. *Open loop*,dimana dilengkapi dengan *normally-close switch* , dimana dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka
- b. *Close loop*, dimana juga dilengkapi dengan *normally-close switch* yang dalam keadaan normal rangkaiannya tertutup.

### A. Konstruksi Sistem Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik terdiri dari beberapa bagian,yaitu :

#### 1. Gardu Induk

Bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah gardu induk. Biasanya gardu induk terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat-pusat beban (konsumen) dilakukan dengan

jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder yang berfungsi menurunkan tegangan dari jaringan transmisi dan menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi primer.

## 2. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan tinggi (JDTT) memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV.

## 3. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Biasanya tegangan untuk jaringan distribusi 230/400 V. tegangan 230 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa.

## 4. Gardu Pembagi atau Gardu Distribusi

Gardu distribusi ini berfungsi untuk merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen yang disebut jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada gardu pembagi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Bisa berupa transformator satu fasa dan bisa juga berupa transformator tiga fasa.

### 2.2.2 Studi Aliran Beban

Studi aliran beban merupakan penentuan dan perhitungan arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif dan faktor daya yang berada pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal. Studi aliran beban dilakukan untuk memastikan transfer listrik stabil dan mampu menyuplai beban. Studi aliran beban membahas tentang semua jalur pada sistem kelistrikan

yang sangat luas. Pembatasan pembahasan masalah perlu dilakukan agar lebih fokus dan mendetail terhadap sistem tenaga listrik yang sangat luas. Pemilihan sumber listrik yaitu dari PLN adalah cara agar lebih fokus dan mendetail dalam pembahasan.

Studi analisis aliran beban dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai aliran daya atau tegangan pada suatu jaringan sistem tenaga listrik. Informasi ini sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi untuk kerja sistem tenaga. Permasalahan aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada terminal atau bus tertentu. Manfaat studi aliran daya ini yaitu, untuk mengetahui tegangan pada setiap simpul yang ada pada sistem, untuk mengetahui semua peralatan apakah memenuhi batas-batas yang ditentukan untuk meyalurkan daya yang diinginkan, dan untuk memperoleh kondisi mula pada perencanaan sistem yang baru.

Studi aliran beban perlu dilakukan karena bertambahnya beban akibat banyaknya penambahan komponen-komponen penunjang untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal. Peralatan sistem tenaga listrik dirancang agar dapat bertahan dalam kondisi terburuk. Kestabilan beban menjadi perhatian utama pada jaringan transmisi dan distribusi untuk memastikan daya tahan dapat diandalkan dari generasi ke generasi. Kapasitas komponen dari sistem yang sebelumnya sudah mampu mengatasi beban yang ada memerlukan perbaikan karena adanya penambahan beban pada sistem agar profil tegangan tetap bagus. Metode komputasi Newton Raphson adalah metode yang dipilih untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban, metode ini sangat cocok jika dilihat dari sistem yang digunakan termasuk sistem yang besar. Selain hal tersebut pemilihan metode ini juga dipertimbangkan dari segi praktis, ketelitian dan kecepatan penyelesaian.

Untuk menetapkan daya pada bus  $i$  ke bus ke  $j$  pada sistem tenaga yang terdiri  $n$  bus diperlihatkan sebagai berikut :

$$S_i = P_i + jQ_i = (PG_i - PL_i - PT_i) + j(QG_i - QL_i - QT_i) \quad (2.1)$$

Dimana :

$S_i$  = daya semu tiga fasa pada bus ke  $i$

$P_i$  = daya aktif tiga fasa pada bus ke  $i$

$Q_i$  = daya reaktif tiga phasa pada bus ke  $i$

$P_{Gi}$  = daya aktif generator tiga phasa yang dibangkitkan ke dalam bus  $i$

$P_{Li}$  = daya aktif beban tiga phasa keluar dari bus  $i$

$P_{Ti}$  = daya aktif ditransfer meninggalkan bus  $i$  ke bus lain

$Q_{Gi}$  = daya reaktif generator tiga phasa yang dibangkitkan ke dalam bus  $i$

$Q_{Li}$  = daya reaktif beban tiga phasa keluar dari beban pada bus  $i$

$Q_{Ti}$  = daya reaktif ditransfer meninggalkan bus  $i$  ke bus lain.

Daya kompleks aktif dan reaktif pada bus ke  $i$  dapat dinyatakan sbb :

$$V_i I_i = P_i + jQ_i \quad (2.2)$$

$$I_i = \frac{P_i + jQ_i}{V_i^*} \quad (2.3)$$

Dasar persamaan Aliran Beban dengan metode Newton Raphson :

$$V_i = e_i + jf_i \quad (2.4)$$

$$Y_{ij} = G_{ij} - jB_{ij} \quad (2.5)$$

$$S_i = P_i - jQ_i = V_i^* I_i \quad (2.6)$$

$$V_j^* = e_j - jf_j \quad (2.7)$$

Teori aliran beban merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, dan factor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Studi aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik dari sistem tersebut banyak tergantung pada efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi baru, sebelum semuanya terpasang.

Teori aliran beban berguna untuk :

1. Perencanaan dan pengembangan jaringan listrik, studi aliran daya memberikan informasi tentang akibat terjadinya pembebanan beban baru, penambahan pembangkitan baru, penambahan saluran transmisi baru, interkoneksi dengan sistem lain, dan sebagainya.
2. Penentuan pembebanan terhadap peralatan sistem listrik seperti saluran transmisi dan transformator pada kondisi sekarang atau masa depan.
3. Penentuan kondisi operasi terbaik sistem tenaga listrik.
4. Memberikan data masukan bagi perhitungan gangguan dan studi stabilitas.

Dalam studi aliran beban terdapat beberapa tipe-tipe bus yang sering digunakan, yaitu :

1. *Slack bus* (Bus berayun atau *Swing bus*)

*Slack bus* sering juga disebut dengan *Swing bus* atau rel berayun. Adapun besaran yang diketahui dari bus ini adalah besarnya tegangan ( $V$ ) dan sudut fasa ( $\delta$ ) suatu sistem tenaga biasanya didesain memiliki bus ini yang dijadikan referensi yaitu besaran  $\delta = 0^\circ$ . Besaran yang dapat dihitung dari bus ini adalah daya aktif dan reaktif.

2. *Voltage controlled bus* (PV bus)

*Voltage controlled bus* dapat disebut dengan *generator bus* karena tegangan pada bus dibuat selalu konstan. Setiap bus generator dimana memiliki daya Megawatt yang dapat diatur melalui *prime mover* (penggerak mula) dan besaran tegangan yang dapat diatur arus eksitasi generator sehingga bus ini sering juga disebut dengan PV bus.

3. *Load bus* (PQ bus)

Setiap bus yang tidak memiliki generator disebut dengan *load bus*. Pada bus ini daya aktif ( $P$ ) dan daya reaktif ( $Q$ ) diketahui sehingga sering juga disebut PQ bus. Daya aktif dan reaktif yang disuplai ke dalam sistem tenaga adalah mempunyai nilai positif, sementara daya aktif dan reaktif yang dikonsumsi bernilai negative.

Data yang diperlukan dalam perhitungan aliran beban adalah admitansi dan impedansi bus rating dan impedansi transformator, rating kapasitor shunt, dan transformator. Kondisi kerja harus selalu ditetapkan untuk setiap studi, kecuali pada salah satu bus, daya bersih yang memasuki jaringan pada setiap bus harus ditentukan.

Daya yang diserap oleh suatu beban adalah masukan daya negatif yang masuk melalui interkoneksi. Disamping itu pada bus ini baik aliran bersih beban reaktif yang masuk ke jaringan maupun besarnya tegangan atau aliran beban reaktifnya yang akan dipertahankan. biasanya yang dilakukan adalah menentukan daya reaktif pada bus beban dan besarnya tegangan pada bus generator. Dalam program computer digital disediakan kemungkinan pada perhitungan untuk menganggap bahwa tegangan pada bus dipertahankan konstan hanya selama pembangkitan daya reaktif berada pada batas-batas yang telah ditentukan.

Salah satu yang harus diingat dalam analisa aliran daya adalah tanda daya nyata (P) dan daya reaktif (Q). daya reaktif lagging adalah daya reaktif positif menunjukkan arusnya bersifat induktif dan daya reaktif leading adalah daya negative menunjukkan arusnya bersifat kapasitif dan arus bus positif adalah arus yang arahnya menuju bus. Dikarenakan aliran arus generator menuju bus dan aliran arus beban meninggalkan bus. Sehingga tanda daya adalah positif untuk bus generator dan negative untuk bus beban.

Rel sering disebut juga dengan bus atau busbar. Rel atau busbar terjadi karena adanya beberapa komponen sistem tenaga listrik yang saling berhubungan seperti generator dengan transformator dan sebagainya. Secara singkat klasifikasi bus dalam sistem tenaga terdapat pada table 2.1 yaitu besaran yang dapat diketahui dan tidak dapat diketahui pada bus tersebut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Bus pada Sistem Tenaga

Tipe Bus	Diketahui	Tidak Diketahui
Slack	$ V $	PG
	$\Delta$	QG
Tegangan (PV)	$ V $	$\delta$
	PG	QG
Beban (PQ)	PL	$ V $
	QL	$\delta$

Oleh karena itu, dapat mengikuti ketentuan yang telah dibuat, yaitu :

1. P dan Q dengan bus beban bersifat induktif (bus beban dengan factor daya lagging) bernilai negative ( $S = -P - jQ$ ).
2. P dan Q dengan bus beban bersifat kapasitif (bus beban dengan factor daya leading) adalah negative dan positif berturut-turut ( $S = -P + jQ$ ).
3. P dan Q bus generator bersifat induktif (bus dengan generator sedang beroperasi pada factor daya lagging) adalah kedua bernilai positif ( $S = P + jQ$ ).
4. P dan Q bus generator bersifat kapasitif (bus dengan generator sedang beroperasi factor daya leading).
5. Daya reaktif dari peralatan kompensasi kapasitif shunt dilokasi bus adalah positif.

#### 2.2.2.1 Metoda Newton Raphson

Metode Newton Raphson adalah metode yang dipilih untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban, Pemilihan penggunaan metode Newton-Raphson ini dikarenakan metode iterasi tersebut lebih efektif dan menguntungkan untuk sistem jaringan yang besar serta mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi dengan waktu hitung konvergensi yang relatif cepat.

Dasar dari metode Newton Raphson dalam penyelesaian aliran daya adalah deret Taylor untuk suatu fungsi dengan dua variable lebih. Metode Newton Rhapsion

menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus. Deret Taylor dari sebuah fungsi riil atau fungsi kompleks  $f(x)$  yang terdiferensialkan tak hingga dalam sebuah persekitaran sebuah bilangan riil.

Metode Newton-Raphson merupakan metode Gauss-Seidel yang diperluas dan disempurnakan. Metode ini dibentuk berdasarkan matriks admitansi simpul (YBUS) yang dibuat dengan suatu prosedur langsung dan sederhana. Pada admitansi simpul elemen diagonalnya ( $Y_{pp}$ ) merupakan jumlah admitansi dari semua elemen-elemen jaringan yang terhubung dengan simpul  $p$  tersebut. Untuk elemen bukan diagonalnya ( $Y_{pq}$ ) adalah sama dengan negatif admitansi dari elemen jaringan yang menghubungkan bus  $p$  ke bus  $q$ .

Pada jaringan sistem tenaga listrik, tidak semua bus saling terhubung satu dengan lainnya, maka  $Y_{BUS}$  akan berbentuk matriks yang terdiri dari elemen-elemen yang mempunyai nilai tidak sama dengan nol (diantara simpul-simpul tersebut mempunyai hubungan saluran transmisi) dan elemen-elemen yang bernilai sama dengan nol (diantara simpul-simpul tersebut tidak mempunyai hubungan saluran transmisi). Kondisi matriks  $Y_{BUS}$  seperti ini sering disebut sebagai matriks jarang (*sparse*). Dengan teknik yang dinamakan dengan sparsiti, pengoperasian dan penyimpanan elemen-elemen yang sama dengan nol dapat dihilangkan.

Persamaan aliran daya metode Newton-Raphson dapat menggunakan koordinat kartesian, koordinat kutub atau bentuk hybrid (gabungan antara bentuk kompleks dan bentuk kutub). Dalam tulisan ini menggunakan metode koordinat kartesian. pada tahap awal, dilakukan penomoran bus terhadap sistem yang akan dianalisis, bus-bus yang terhubung dengan generator diberi nomor terlebih dahulu setelah itu penomoran bus dilanjutkan pada bus-bus beban, bus yang memiliki kapasitas pembangkit terbesar dipilih sebagai slack bus dan diberi nomor 1 (satu), untuk bus yang lain terhubung ke generator diberi nomor 3(tiga) sebagai bus pembangkit.

Menyusun data tentang sistem yang akan dianalisis yang meliputi data resistansi, reaktansi dan kapasitansi antara saluran, data tapping transformator, data

beban terjadwal, data pembangkitan, asumsi awal magnitude tegangan dan sudut phasa tegangan bus. Perhitungan dimulai dengan membentuk impedansi jaringan ( $Z_{ij}$ ) dengan rumus.

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \quad (2.8)$$

Dimana:

$Z_{ij}$  = Impedansi jaringan antara bus ke i dan bus ke j

$R_{ij}$  = Resistansi jaringan antara bus ke I dan bus ke j

$X_{ij}$  = Resistansi jaringan antara bus kei dan bus ke j

Kemudian impedansi jaringan dikonversi ke admitansi jaringan

$$Y_{ij} = Y_{r_{ij}} + jY_{x_{ij}} \quad (2.9)$$

Dimana:

$$Y_{r_{ij}} = \frac{R_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad (2.10)$$

$$Y_{x_{ij}} = \frac{X_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad (2.11)$$

Selanjutnya matrik admitansi bus Y dibentuk dengan komponen-komponen yang terdiri atas admitansi jaringan, kapasitansi saluran dan perubahan tapping transformator. Kemudian matrik admitansi bus Y yang terbentuk dalam bentuk rectangular kemudian dirubah ke dalam bentuk polar. Dimana sebelumnya matrik admitansi bus Y tersebut dipisahkan menjadi komponen matrik G dan matrik B. daya terjadwal yang ada pada setiap bus dihitung dengan rumus:

$$P_i^{jd} = P_{Gi} - P_{Li} \quad (2.12)$$

$$Q_i^{jd} = Q_{Gi} - Q_{Li} \quad (2.13)$$

Dimana

$P_i^{jd}$  = Daya aktif terjadwal

$Q_i^{jd}$  = Daya reaktif terjadwal

$P_{Gi}$  = Daya aktif pembangkitan

$Q_{Gi}$  = Daya reaktif pembangkitan

$P_{Li}$  = Daya aktif beban

$Q_{Li}$  = Daya reaktif beban

Dalam proses iterasi dicari daya terhitung dengan rumus.

$$P_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \cos (\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.14)$$

$$Q_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \sin (\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.15)$$

Hitung perbedaan daya berdasarkan antara nilai daya dijadwalkan dengan nilai daya yang hitung. Persamaan adalah

$$\Delta P_p^k = P_{p(jadwal)} - P_p^k \quad (2.16)$$

$$\Delta Q_p^k = Q_{p(jadwal)} - Q_p^k \quad (2.17)$$

Untuk menentukan daya maksimum dan uji konvergensi digunakan persamaan:

$$\max \Delta P^k \quad (2.18)$$

$$\max \Delta Q^k \quad (2.19)$$

$$| \max \Delta P^k | \leq \varepsilon \quad (2.20)$$

$$| \max \Delta Q^k | \leq \varepsilon \quad (2.21)$$

Untuk menghitung arus bus digunakan persamaan:

$$I_p^k = \frac{P_i^k - KQ_i^k}{(V_p^k)} \quad (2.22)$$

Kemudian hitung elemen jacobian dengan persamaan:

$$J_{1+} J_{2+} J_{3+} J_4 \quad (2.23)$$

Hitung Perbaikan Tegangan dengan persamaan:

$$\begin{bmatrix} [\Delta P] \\ [\Delta Q] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [J_1] [J_2] \\ [J_3] [J_4] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [\Delta \delta^k] \\ [\Delta V^k] \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

Hitung Tegangan Bus Baru dengan persamaan:

$$| V_p^{k+1} | = | V_p^k | + | V_q^k | \quad (2.25)$$

$$\delta_p^k = \delta_p^k + \Delta \delta_p^k \quad (2.26)$$

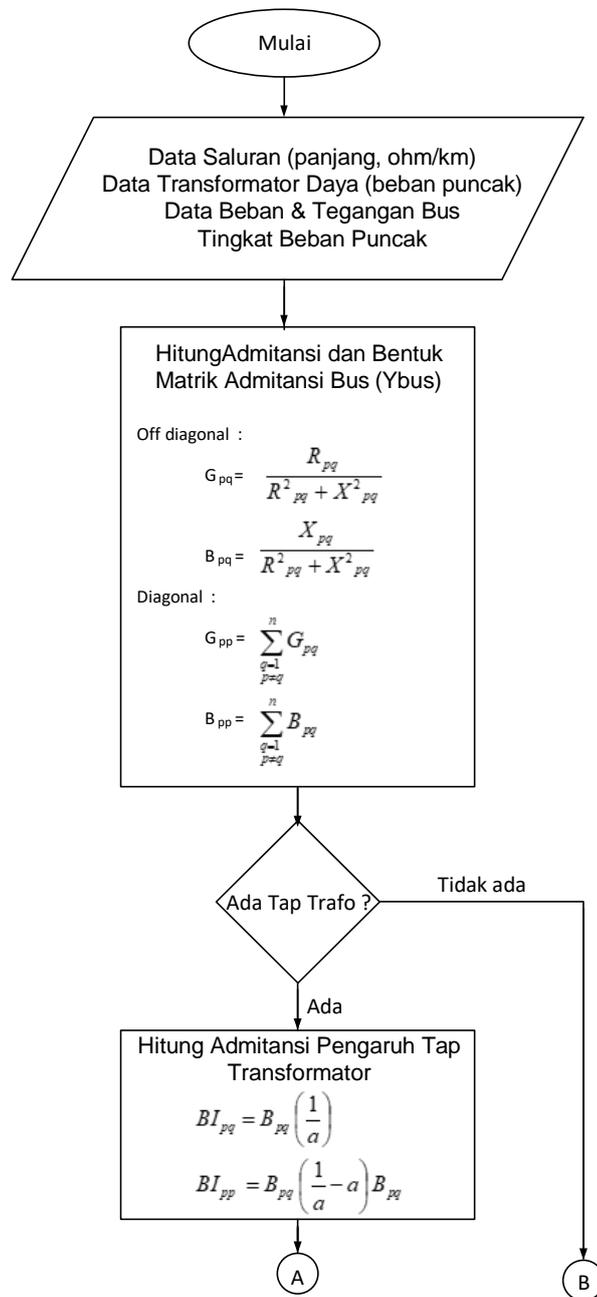
Hasil Perhitungan Tegangan Bus dengan persamaan:

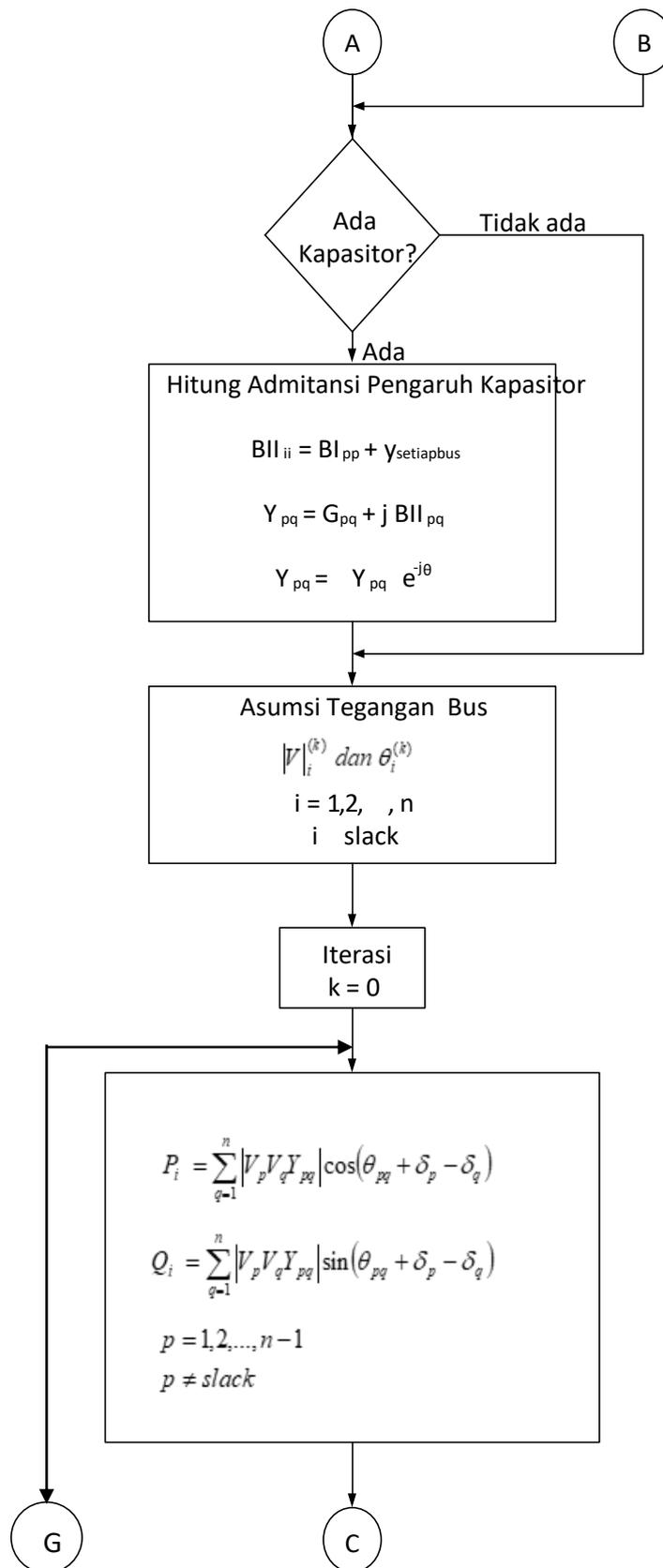
$$(e+jf) \quad (2.27)$$

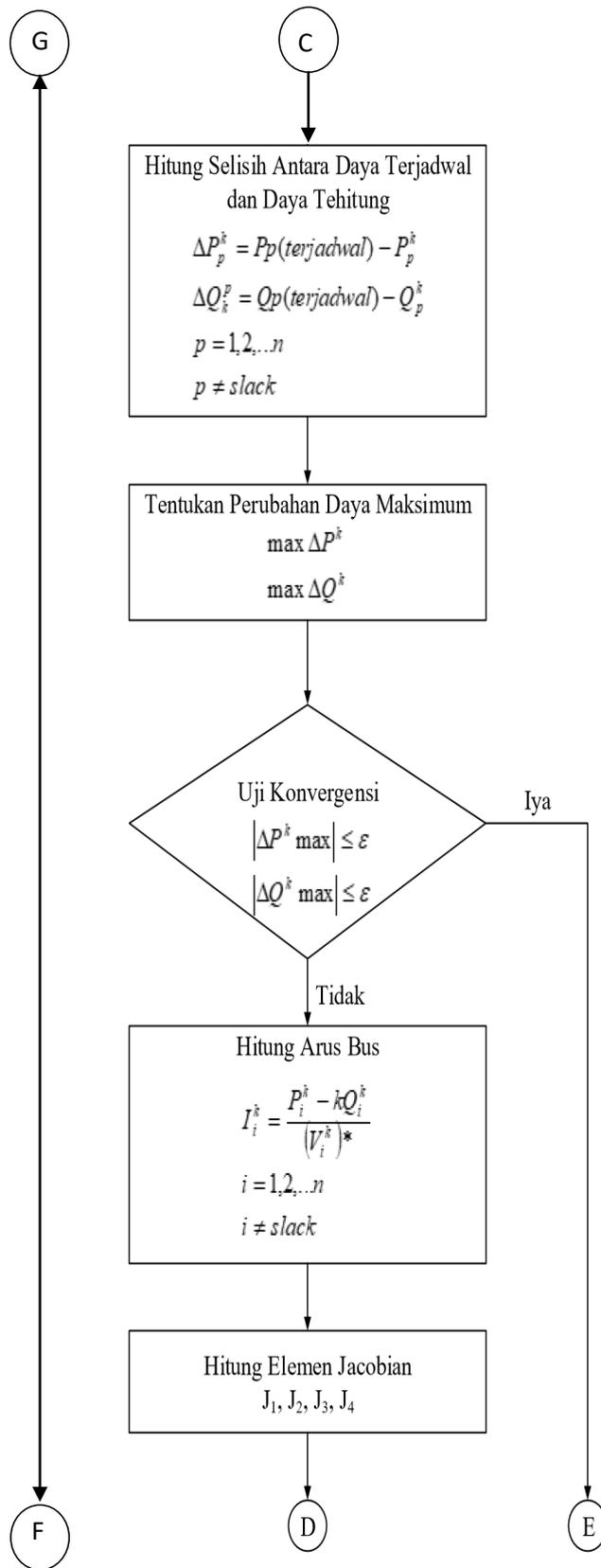
Hitung Daya yang mengalir pada saluran, Total Rugi-Rugi Daya Saluran dengan persamaan:

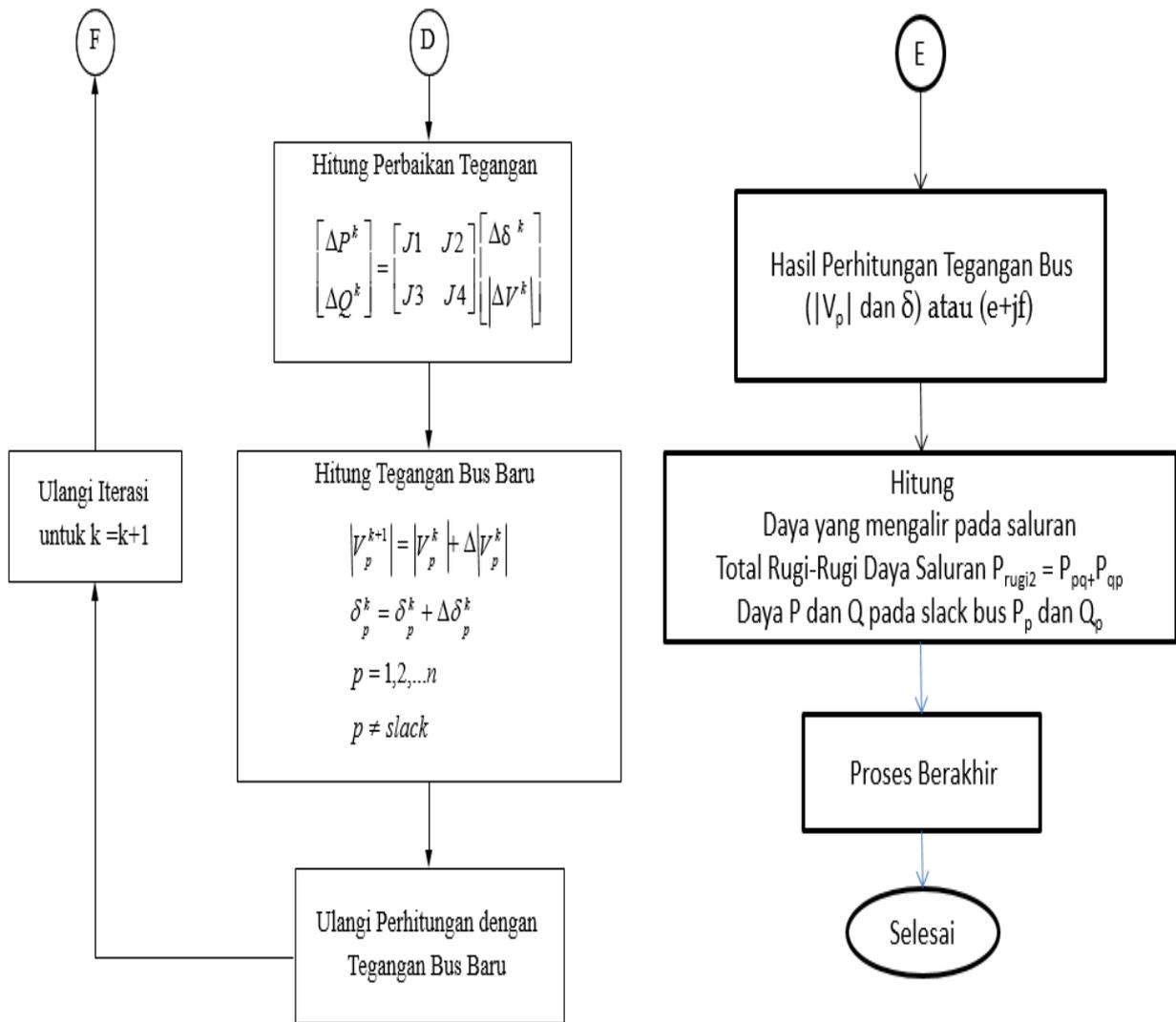
$$P_{\text{rugi2}} = P_{pq} + P_{qp} \quad (2.28)$$

Berikut flowchart studi aliran beban.









Gambar 2.4 Flowchart aliran beban

### 2.2.3 Drop Tegangan

Jatuh Tegangan adalah perbedaan tegangan tegangan kirim dan tegangan terima karena disebabkan oleh beberapa faktor yaitu arus, impedansi saluran dan jarak. jika tegangan pada alat tersebut lebih rendah dari tegangan minimum , maka alat tidak dapat beroperasi dengan benar. *Drop voltage* juga bisa dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Vd = \sqrt{3}x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \tag{2.29}$$

$$R = \frac{\ell x \rho}{A} \tag{2.30}$$

Dimana :

$R$  = Tahanan (Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis ( $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ )  
 = 0,0175 mm<sup>2</sup>/m (0,0175 x 10<sup>-6</sup>  $\Omega\text{m}$ )

$\ell$  = Panjang saluran (m)

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

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

$V_d$  = Drop tegangan (Volt)

$\cos\phi$  = Faktor daya

$X$  = Reaktansi (Ohm)

$Z = R + jX$  = impedansi saluran

Dimana dapat kita ketahui bahwa besarnya *drop voltage* yang terjadi pada suatu saluran dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2.31)$$

Dimana;

$\Delta V$  = *Drop voltage* (Volt)

$V_s$  = Tegangan Awal (Volt)

$V_r$  = Tegangan Akhir (Volt)

Untuk presentase(%) besar rugi tegangan / *Drop voltage* yaitu:

$$V_d (\%) = \frac{V_d}{V} \times 100\% \quad (2.32)$$

Dimana;

$\Delta V$  (%) = Drop Tegangan dalam % (Volt)

V = Tegangan kerja (Volt)

$V_r$  = Drop Tegangan (Volt)

*Drop voltage* juga dapat diartikan sebagai besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. *Drop voltage* juga secara umum dapat dikatakan bahwa berbanding lurus dengan Panjang saluran, beban dan berbanding terbalik dengan luas penampang dari suatu penghantar. Dalam SPLN No.72.1987, menyatakan bahwa *drop voltage* atau jatuh tegangan yang diperbolehkan untuk system distribusi tegangan menengah adalah sebesar 5 %. Suatu *system* distribusi dapat kita katakan bahwa semakin kecil suatu *drop voltage* agar tidak merugikan konsumen dan pihak PLN.

#### 2.2.4 Rugi-Rugi Daya (Losses)

Rugi daya (Power losses) dalam sistem kelistrikan merupakan sesuatu yang sudah pasti terjadi. Pada dasarnya rugi daya adalah selisih jumlah energi listrik yang dibangkitkan dibandingkan dengan jumlah energi listrik yang sampai ke konsumen. Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/ trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas.

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dikurangi besarnya daya yang diterima. Rugi-rugi daya dapat menyebabkan kerugian perusahaan pemasok listrik. Kerugian tersebut diakibatkan karena energi yang disalurkan tidak sama dengan besarnya energi yang diterima.

Rugi daya yang terjadi pada sistem distribusi listrik disebabkan karena penghantar dialiri beberapa hal. Rugi daya disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi dan kapasitansi.

Rugi rugi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L \quad (2.33)$$

Dimana :

$P_{losses}$  = Rugi rugi daya (Watt)

$I$  = Arus yang mengalir (Ampere)

$R$  = Tahanan saluran (Ohm/meter)

$L$  = Panjang Saluran (Km)

Rugi – rugi daya menurut Alumona, et al., (2014: 24) dibedakan menjadi dua yaitu kerugian teknis dan kerugian non teknis. Kerugian teknis terdiri dari kerugian korona, joule effect, kerugian magnetic dan skin effect. Menurut Curt (dalam Alumona, et al, 2014: 26) Kerugian korona dapat terjadi jika tegangan saluran ke saluran melebihi ambang korona. Efek joule pada kabel transmisi mengalami kerugian sekitar 2,5% Alumona, et al., (2014: 25). Menurut Alumona, et al., (2014: 25) menyatakan meskipun konduktor dalam saluran transmisi memiliki resistivitas yang sangat rendah, itu juga tidak sempurna. Rendahnya resistivitas ini merupakan bagian sebagai upaya mengukur kerugian melalui perhitungan kedalaman kulit dan faktor peredaman daya.

Sedangkan kerugian non-teknik merupakan kerugian yang dapat dapat dihindari untuk utilitas (Alumona, et al.2014: 29) menurut Eseosa, et al.,(2015: 89) kerugian non teknis ini disebabkan oleh tindakan eksternal yang tidak berhubungan fisik dan fungsi dari sistem daya, terutama ileh kesalahan manusia dan dapat disebabkan oleh kondisi dan beban yang tidak dipertimbangkan selama evaluasi kerugian teknis. Rugi non teknis yaitu terdiri dari baut klem kendor, perhitungan dan pencatatan buruk serta kondisi aman jaringan transmisi.

Menurut O.M. Bamigbola et al. (2014: 220) Nilai rugi – rugi daya pada saluran transmisi akan turun apabila:

1. Daya yang ditransmisikan pada arus yang sangat rendah di sepanjang saluran transmisi. Hal ini dapat mengurangi rugi daya pada konduktor, sesuai deangan prinsip transmisi tenaga listrik.
2. Tegangan operasi sama dengan tegangan kritis yang mengganggu. Hal ini terjadi karena tidak ada ionisasi udara di sekitar konduktor sehingga tidak terbentuk korona.
3. Jarak antar saluran transmisi harus lebih besar, karena jarak antar konduktor dapat mengurangi tekanan elektro statis dan berdampak pada korona.

### 2.2.5 Software ETAP 12.6.0

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real time. Fitur yang terdapat didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pebangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen daya secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk analisis, antara lain : aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay protection dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

ETAP power station memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram atau diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan 3 konsep utama.

#### 1. Virtual Reality Operation

Sistem operasional yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika anda membuka atau menutup circuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

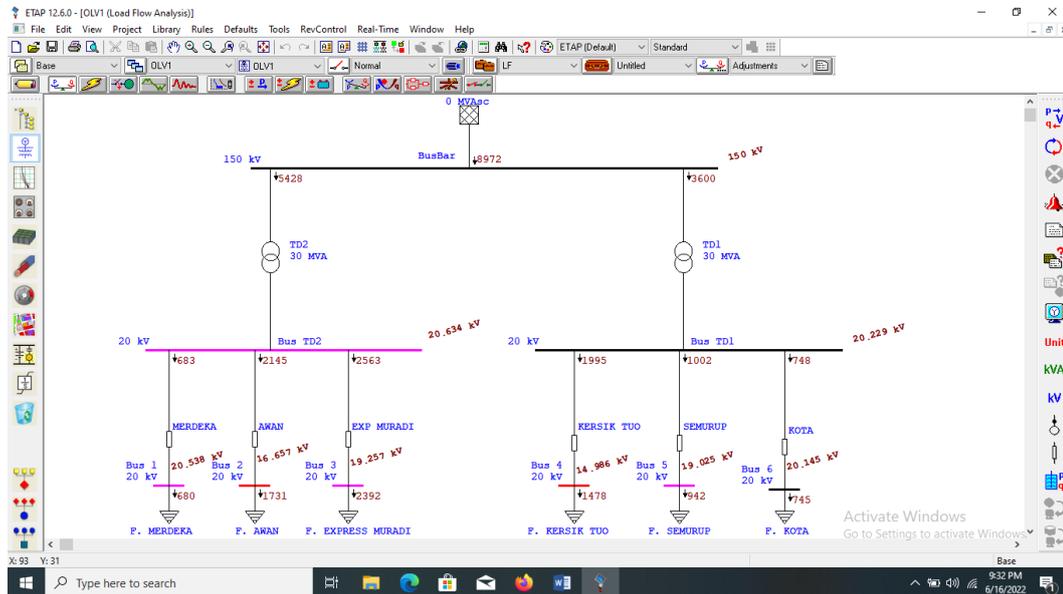
#### 2. Total Integration Data

ETAP power station menggabungkan informasi sistem electrical, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang dilewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk menganalisa aliran beban (load flow analysis)

dan analisa hubung singkat (short circuit analysis) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan ampacity derating suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

### 3. Simplicity in data Entry

Etap power station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada dilapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.



Gambar 2.5 Tampilan aplikasi ETAP

ETAP Power Station dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa atau studi yakni Load Flow (aliran daya), Short Circuit (hubung singkat), starting motor, harmonic, transient stability, protective device coordination, dan cable derating. ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP Power Station adalah :

- One Line Diagram, menunjukkan hubungan antar komponen atau peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- Library, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail atau lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi atau analisa.
- Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.
- Study Case, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
- Setting, berisikan parameter-parameter pengaturan yaitu loading categories, generations categories, loading priority.
- Tools, berisikan pengatur peralatan yaitu bus size, symbol, orientation, rotate, colors, dan classification.

### 1. Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada software power station ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Daftar seluruh elemen AC pada software power station ETAP ada pada AC toolbar seperti gambar berikut.



Gambar 2.6 Elemen-elemen AC pada ETAP

## 2. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam editor power station software transformator 2 kawat pada power station software ETAP ditunjukkan pada gambar symbol transformator 2 kawat seperti gambar.



Gambar 2.7 Simbol transformator 2 kawat pada ETAP

## 3. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada power station software ETAP seperti pada gambar.



Gambar 2.8 Simbol generator pada ETAP

## 4. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rated KV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Pada ETAP terdapat dua macam beban yaitu beban statis dan beban dinamis. Symbol generator sinkron pada power station software ETAP terlihat seperti pada gambar.



Gambar 2.9 Simbol beban statis dan dinamis pada ETAP

## 5. Pemutus Rangkaian

Pemutus rangkaian merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan

oleh kelebihan beban atau hubungan pendek. Symbol pemutus rangkaian pada ETAP terlihat pada gambar.



Gambar 2.10 Simbol pemutus rangkaian pada ETAP

#### 6. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station software ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik, generator, motor, dan beban statis adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada power station software ETAP terlihat seperti gambar.



Gambar 2.11 Simbol bus pada ETAP

#### 7. Power Grid

Power grid merupakan sumber tegangan yang ideal, artinya sumber tegangan yang mampu mensuplai daya dengan tegangan tetap sekalipun daya yang diserap cukup besar. Power grid dapat berupa gardu induk yang merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, berikut symbol power grid pada ETAP terlihat seperti pada gambar.



Gambar 2.12 Simbol power grid pada ETAP

#### 8. Transmission Line

Transmission line merupakan kawat penghantar pada saluran distribusi dan transmisi, berikut gambar symbol pada ETAP terlihat seperti pada gambar.



Gambar 2.13 Simbol transmission line pada ETAP

#### 9. Elemen-elemen pada ETAP

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain,

- Data Generator

Berisi data-data rating generator yaitu MW (Mega Watt), kV (Kilo Volt), PF (Power Factor).

- Data Transformator

Berisi data rating trafo yaitu voltage rating, power rating, dan impedance trafo.

- Data Kawat Penghantar

Berisi data rating parameter penghantar saluran, dan impedansi saluran.

- Data Beban

Berisi data rating beban yaitu MVA (Mega Volt Ampere), Mvar

(Mega Volt Ampere Reaktif), dan Arus (Ampere)

- Data Bus

Berisi data rating tegangan kirim pada bus.

#### 10. Elemen Aliran Daya

Program analisis aliran daya pada software ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada software ETAP ada tiga, yaitu : Newton Raphson, Fast Decouple dan Gauss Seidel seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut adalah toolbar load flow seperti pada gambar.



Gambar 2.14 Toolbar load flow pada ETAP

Keterangan.

- a. Run Load Flow adalah icon toolbar aliran daya yang menghasilkan atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam diagram satu garis.
- b. Update Cable Load Current adalah icon toolbar untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum load flow dirunning
- c. Display Option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.
- d. Alert adalah icon untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
- e. Report Manager adalah icon untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk report yang dapat dicetak.

## 11. Elemen Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan simulasi untuk menghitung analisa gangguan yang terjadi pada saluran bisa berupa analisa gangguan tiga phasa, dua

phasa dan satu phasa ketanah. Berikut toolbar hubung singkat seperti pada gambar.



Gambar 2.15 Toolbar hubung singkat pada ETAP

Keterangan.

- a. Gangguan tiga phasa yaitu toolbar untuk melihat nilai gangguan tiga phasa.
- b. Gangguan satu phasa yaitu icon toolbar untuk melihat nilai gangguan satu phasa.
- c. Display option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil gangguan hubung singkat.

## 12. Elemen Optimal Capacitor Placement

Optimal capacitor placement merupakan simulasi yang dapat memperbaiki level tegangan, factor daya sistem dengan menambah kapasitor pada bus yang mengalami drop tegangan secara otomatis. Artinya ETAP akan menghitung berapa kapasitas kapasitornya dan berapa jumlah bank kapasitor minimal yang mampu memperbaiki sistem sehingga kita tidak usah menghitung secara manual seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.17 Toolbar Optimal Capacitor Placement

Keterangan.

- Optimal capacitor placement yaitu icon toolbar untuk memperbaiki drop tegangan.
- Display option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil optimal capasitor placement.
- Report manager adalah icon untuk menampilkan hasil dalam bentuk report yang dapat dicetak.

### 2.3 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan maka hipotesis masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai drop tegangan dan rugi-rugi daya pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV
2. Drop tegangan dan Rugi-rugi Daya di akibatkan oleh panjang saluran.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

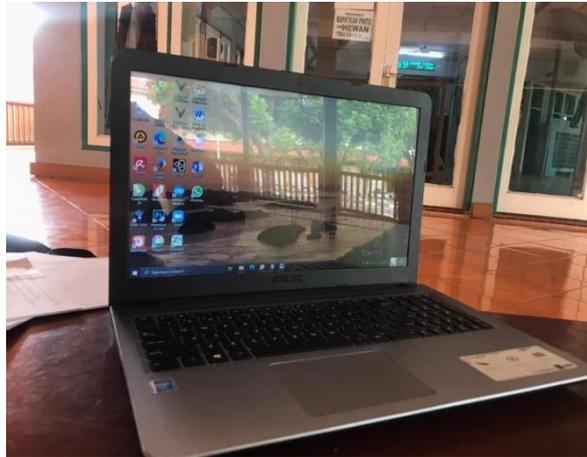
#### 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.1.1 Alat Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan tercapai sesuai dengan tujuan, dibutuhkan peralatan pendukung untuk melakukan penelitian, yaitu:

##### 1. Laptop

Laptop adalah sebuah komputer portable yang bisa dibawa kemana saja. Pada penelitian ini laptop yang digunakan berfungsi sebagai media utama dalam pembuatan laporan. Tipe laptop yang digunakan pada penelitian ini adalah ACER Aspire E14.



Gambar 3.1 Komputer ACER Aspire E14

##### 2. Software ETAP 12.6.0

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP Power Station adalah :

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen atau peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail atau lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi atau analisa.

- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
- **Setting**, berisikan parameter-parameter pengaturan yaitu loading categories, generations categories, loading priority.
- **Tools**, berisikan pengatur peralatan yaitu bus size, symbol, orientation, rotate, colors, dan classification.

### 1. Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada software power station ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Daftar seluruh elemen AC pada software power station ETAP ada pada AC toolbar seperti gambar berikut 3.2.



Gambar 3.2 Elemen-elemen AC pada ETAP

### 2. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam editor power station software transformator 2 kawat pada power station software ETAP ditunjukkan pada gambar symbol transformator 2 kawat seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Simbol transformator 2 kawat pada ETAP

### 3. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada power station software ETAP seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Simbol generator pada ETAP

### 4. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rated KV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Pada ETAP terdapat dua macam beban yaitu beban statis dan beban dinamis. Symbol generator sinkron pada power station software ETAP terlihat seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Simbol beban statis dan dinamis pada ETAP

### 5. Pemutus Rangkaian

Pemutus rangkaian merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek. Symbol pemutus rangkaian pada ETAP terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Simbol pemutus rangkaian pada ETAP

### 6. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station software ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik, generator, motor,

dan beban statis adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada power station software ETAP terlihat seperti gambar 3.7.



Gambar 3.7 Simbol bus pada ETAP

#### 7. Power Grid

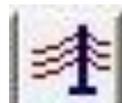
Power grid merupakan sumber tegangan yang ideal, artinya sumber tegangan yang mampu mensuplai daya dengan tegangan tetap sekalipun daya yang diserap cukup besar. Power grid dapat berupa gardu induk yang merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, berikut symbol power grid pada ETAP terlihat seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Simbol power grid pada ETAP

#### 8. Transmission Line

Transmission line merupakan kawat penghantar pada saluran distribusi dan transmisi, berikut gambar symbol pada ETAP terlihat seperti pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Simbol transmission line pada ETAP

#### 9. Elemen-elemen pada ETAP

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain,

- Data Generator

Berisi data-data rating generator yaitu MW (Mega Watt), kV (Kilo Volt), PF (Power Factor).

➤ Data Transformator

Berisi data rating trafo yaitu voltage rating, power rating, dan impedance trafo.

➤ Data Kawat Penghantar

Berisi data rating parameter penghantar saluran, dan impedansi saluran. □ Data Beban

Berisi data rating beban yaitu MVA (Mega Volt Ampere), Mvar (Mega Volt Ampere Reaktif), dan Arus (Ampere)

➤ Data Bus

Berisi data rating tegangan kirim pada bus.

## 10. Elemen Aliran Daya

Program analisis aliran daya pada software ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada software ETAP ada tiga, yaitu : Newton Raphson, Fast Decouple dan Gauss Seidel seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut adalah toolbar load flow seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Toolbar load flow pada ETAP

### Keterangan.

- Run Load Flow adalah icon toolbar aliran daya yang menghasilkan atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam diagram satu garis.

- Update Cable Load Current adalah icon toolbar untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum load flow dirunning
- Display Option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.
- Alert adalah icon untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
- Report Manager adalah icon untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk report yang dapat dicetak.

#### 11. Elemen Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan simulasi untuk menghitung analisa gangguan yang terjadi pada saluran bisa berupa analisa gangguan tiga phasa, dua phasa dan satu phasa ketanah. Berikut toolbar hubung singkat seperti pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Toolbar hubung singkat pada ETAP

Keterangan.

- Gangguan tiga phasa yaitu toolbar untuk melihat nilai gangguan tiga phasa.
- Gangguan satu phasa yaitu icon toolbar untuk melihat nilai gangguan satu phasa.
- Display option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil gangguan hubung singkat.

#### 12. Elemen Optimal Capacitor Placement

Optimal capacitor placement merupakan simulasi yang dapat memperbaiki level tegangan, factor daya sistem dengan menambah kapasitor pada bus yang mengalami drop tegangan secara otomatis. Artinya ETAP akan menghitung berapa kapasitas kapasitornya dan berapa jumlah bank

kapasitor minimal yang mampu memperbaiki sistem sehingga kita tidak usah menghitung secara manual seperti terlihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Toolbar Optimal Capacitor Placement

Keterangan.

- Optimal capacitor placement yaitu icon toolbar untuk memperbaiki drop tegangan.
- Display option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil optimal capacitor placement.
- Report manager adalah icon untuk menampilkan hasil dalam bentuk report yang dapat dicetak.

### 3. Printer EPSON L120

Printer adalah alat yang menampilkan data dalam bentuk cetakan, baik berupa teks maupun gambar atau grafik, di atas kertas.



Gambar 3.13 Printer EPSON L120

### 4. Internet

Internet pada penelitian ini digunakan sebagai kuota untuk mencari referensi jurnal tentang Analisis Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya jaringan Tegangan Menengah 20 kV Berbasis Simulasi ETAP 12.6.0.

### 3.1.2 Bahan Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan tercapai sesuai dengan tujuan, dibutuhkan peralatan pendukung untuk melakukan penelitian, yaitu :

#### 1. Single line diagram

Single line diagram merupakan gambar listrik satu garis, yang menjelaskan sistem kelistrikan pada gardu induk secara sederhana sehingga memudahkan mengetahui kondisi dan fungsi dari setiap bagian peralatan yang terpasang, untuk operasi maupun pemeliharaan.

#### 2. Data

Dalam Analisis Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya jaringan Tegangan Menengah 20 kV Berbasis Simulasi ETAP 12.6.0, penulis membutuhkan data-data yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan penelitian :

- a) Data panjang saluran.
- b) Data beban transformator.
- c) Data luas penampang.
- d) Data impedansi transformator.

Dari data yang di pakai dibutuhkan rekap data yang di dapat dari sumber yang sudah ada. Dalam penelitian studi analisa drop tegangan dan Rugi-rugi Daya jaringan Tegangan Menengah 20 kV berbasis ETAP 12.6.0 penulis membutuhkan data data. Data-data yang di butuhkan untuk menganalisa nilai Drop tegangan dan Rugi-rugi Daya jaringan Tegangan Menengah 20 kV.

Dalam penelitian ini pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Hal ini berkaitan dengan cara mengumpulkan data kualitatif maupun data kuantitatif, oleh karena itu di butuhkan sumber langsung (data primer).

### 3.2 Alur Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian skripsi ini antara lain adalah:

#### 1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang penulis lakukan adalah melihat dari banyaknya permasalahan yang terjadi saat proses pendistribusian energi listrik. Maka diperlukan perbaikan drop tegangan menggunakan kapasitor bank, kapasitor ini dapat memperbaiki faktor daya feeder tersebut, menjadi bernilai satu (*unity*) sehingga drop tegangan dari saluran dapat berkurang.

#### 2. Studi Literatur

Penulis melakukan studi pustaka untuk mendapatkan referensi yang relevan dengan tujuan penelitian yaitu mempelajari system Analisa Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya Jaringan tegangan menengah 20 kV Berbasis Simulasi ETAP 12.6.0.

#### 3. Diskusi dan Bimbingan

Penulis melakukan diskusi dan bimbingan dengan dosen pembimbing.

#### 4. Pengumpulan Data

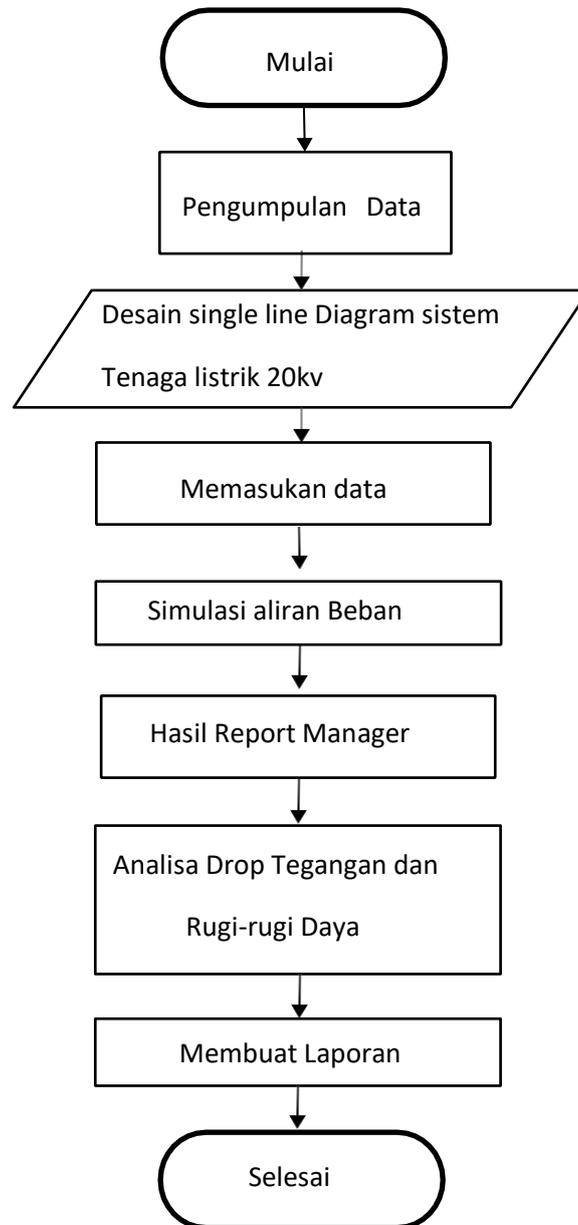
Setelah dilakukan diskusi dengan pembimbing, maka dilakukanlah pengumpulan data tentang drop tegangan .

#### 5. Analisa, Diskusi dan Bimbingan melakukan perhitungan nilai drop tegangan yang terdapat pada data ULP Sungai Penuh Dan ULP Kersik Tuo.

#### 6. Penulisan Laporan, Diskusi dan Bimbingan.

Penulisan laporan berdasarkan kepada hasil data yang telah diperhitungkan dan berdiskusi dengan pembimbing.

Berikut flowchart studi aliran beban.



Gambar 3.14 Flowchart Metode Penelitian

### 3.3 Deskripsi Sistem dan Analisis

#### 3.3.1 Deskripsi Sistem

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang telah ada dan data yang diperlukan adalah data beban, data luas penampang, data trafo dan data impedansi kawat. Data ini nantinya akan dianalisa

dengan persamaan yang telah ditentukan dan dievaluasi dengan software ETAP 12.6.0. software ini memerlukan data beban yang nantinya sesuai dengan dievaluasi. Pada software ETAP 12.6.0 banyak data yang dapat kita lihat, mulai dari mengetahui berapa drop tegangan dan losses yang terjadi pada sistem distribusi tersebut.

### **3.3.2 Analisis Sistem**

Setelah mendapatkan report data pada software ETAP 12.6.0, maka dilakukan analisa secara manual. Perhitungan manual mulai dari persamaan untuk menghitung drop tegangan sampai dengan menghitung losses, dimana yang mempengaruhi drop tegangan ialah panjang penghantar, semakin panjang penghantar dan beban maka semakin besar pula drop tegangan yang terjadi pada feeder tersebut. Sedangkan untuk rugi-rugi daya terjadi karena adanya daya yang hilang, semakin panjang saluran yang ada, maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Penelitian

Kebutuhan masyarakat akan daya listrik yang terus meningkat di Kota Sungai Penuh dan kabupaten Kerinci seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan peralatan yang dipakai. Kondisi ini memaksimalkan ketersediaan daya listrik yang efisien dan berkualitas. Efisien yang dimaksud daya yang diproduksi dapat digunakan secara maksimal oleh pelanggan atau tidak mengalami kehilangan daya pada jaringan.

Dalam penyaluran daya listrik terdapat beberapa masalah yang sering dihadapi diantaranya adalah “Jatuh Tegangan atau Drop Tegangan”. Besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis dan panjang saluran penghantar,

Jatuh tegangan merupakan selisih tegangan pada sisi kirim dengan tegangan pada sisi terima. Pelanggan yang berada di daerah yang jauh dari gardu distribusi cenderung menerima tegangan yang nilainya lebih kecil dari pada di daerah yang dekat dengan Gardu Induk.

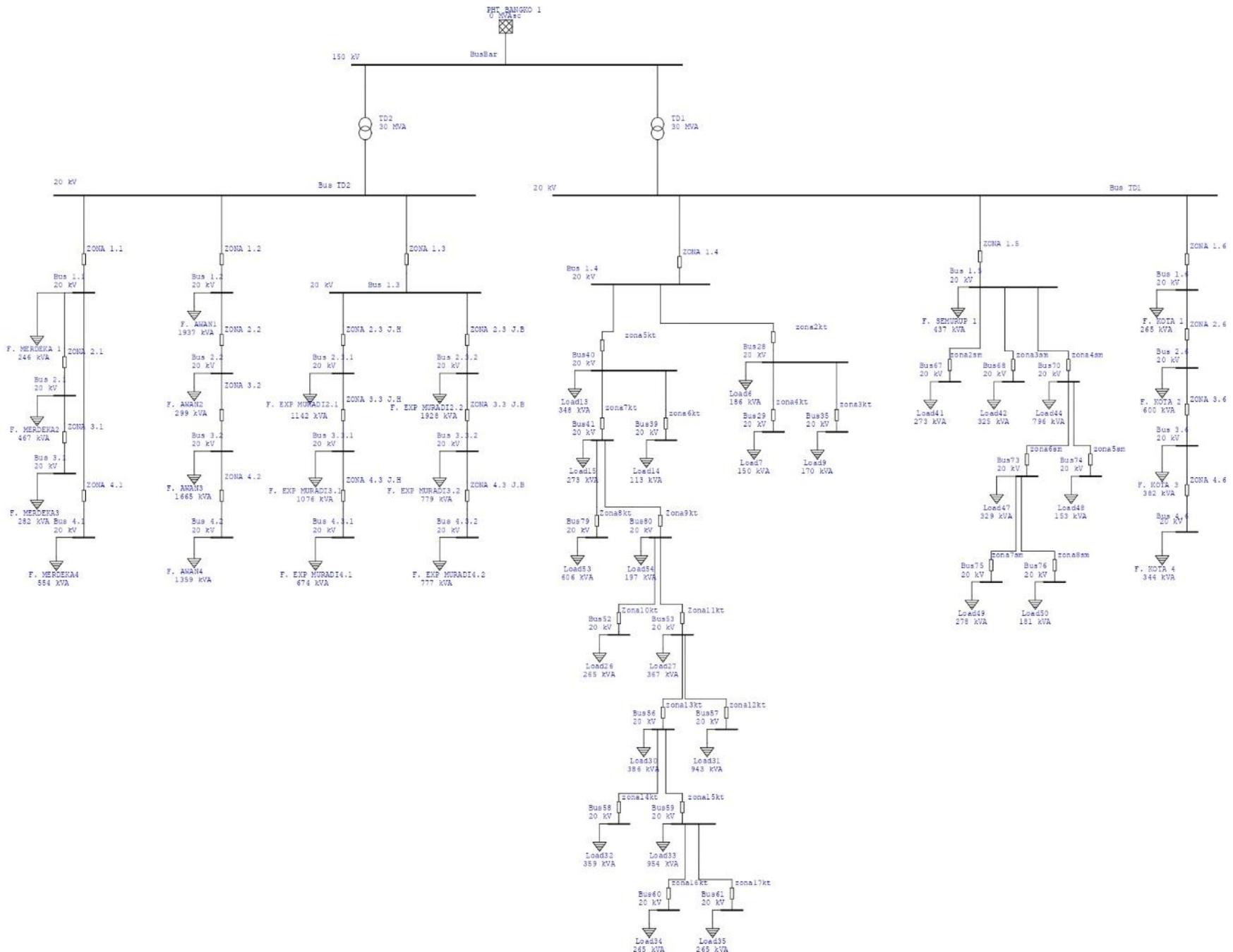
Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dikurangi besarnya daya yang diterima. Rugi-rugi daya dapat menyebabkan kerugian perusahaan pemasok listrik. Kerugian tersebut diakibatkan karena energi yang disalurkan tidak sama dengan besarnya energi yang diterima.

#### 4.2 Data Sistem Tenaga listrik 20kV Gardu Induk Sungai Penuh

##### 4.2.1 Single line diagram

PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sungai Penuh terdapat 6 Penyulang yaitu ,Penyulang Merdeka, Penyulang Awan, Penyulang Express Muradi, Penyulang Kersik Tuo, Penyulang semurup Dan Penyulang Kota. Yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.

# One-Line Diagram - SKRIPSI DANIL (Load Flow Analysis)



## 4.2.2 Data

Data yang Dibutuhkan untuk studi aliran beban untuk mengetahui Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya Pada Tabel Sebagai Berikut:

Tabel 4.1 Data panjang Saluran Gardu Induk Sungai Penuh

Penyulang	Panjang Saluran (km)					Jenis Penghantar
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Total	
<b>Merdeka</b>	2,795	1,967	3,364	1,414	9,54	A3C 150mm <sup>2</sup>
<b>Awan</b>	18,351	39,679	31,103	44,432	129,9	A3C 150mm <sup>2</sup>
<b>Express muradi</b>	4,100				99,8	A3C
- Jurusan Hiang	-	10,705	9,002	12,492		150mm <sup>2</sup>
- Jurusan Bupati	-	21,091	21,316	23,778		
<b>Kersik Tuo</b>	37,503	39,375	37,333	29,250	141,29	A3C 150mm <sup>2</sup>
<b>Semurup</b>	13,008	11,019	10,239	9,714	41,89	A3C 70mm <sup>2</sup>
<b>Kota</b>	1,611	1,782	1,180	1,736	6,309	A3C 150mm <sup>2</sup>

Tabel 4.2 Data Beban Penyulang 20kV Gardu Induk Sungai Penuh

JAM	KERSIK TUO	SEMURU P	KOTA	MERDEKA	AWAN	EKSPRES MURADI
	A	A	A	A	A	A
<b>01,00</b>	92	70	28	26	65	98
<b>02,00</b>	88	38	28	23	64	97
<b>03,00</b>	96	40	26	26	72	96

<b>04.00</b>	74	56	32	30	87	120
<b>05.00</b>	98	54	33	31	94	125
<b>06.00</b>	103	72	32	32	131	150
<b>07.00</b>	125	62	30	30	127	134
<b>08.00</b>	111	54	33	29	104	124
<b>09.00</b>	124	52	39	31	120	124
<b>10.00</b>	129	51	36	31	120	124
<b>11.00</b>	129	-	38	30	160	125
<b>12.00</b>	133	-	37	30	152	125
<b>13.00</b>	55	-	37	29	147	124
<b>14.00</b>	144	54	37	25	64	125
<b>15.00</b>	146	54	36	30	95	125
<b>16.00</b>	125	57	36	30	106	130
<b>17.00</b>	119	59	38	31	112	135
<b>18.00</b>	173	74	44	40	137	166
<b>19.00</b>	185	79	45	43	146	177
<b>20.00</b>	80	73	42	40	133	165
<b>21.00</b>	78	58	35	35	113	138
<b>23.00</b>	58	55	35	33	106	129
<b>23.00</b>	88	48	32	31	100	116
<b>24.00</b>	107	43	29	29	93	107

Tabel 4.3 Data Daya Terpasang pada Penyulang 20kV Gardu Induk Sungai Penuh

Penyulang	Daya Terpasang (kVA)				
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Total
<b>Merdeka</b>	410	780	470	925	2.585
<b>Awan</b>	2.595	400	2.231	1.820	7.046

<b>Express muradi</b>	-				9.656
<b>c. Jurusan Hiang</b>	-	1.730	1.630	1.020	
<b>d. Jurusan Bupati</b>	-	2.920	1.180	1.176	
<b>Kersik Tuo</b>	850	3.935	1.245	2.595	8.625
<b>Semurup</b>	2.680	1.810	1.750	1.230	7.470
<b>Kota</b>	485	1.100	700	630	2.915

Tabel 4.4 Data Transformator Daya Gardu Induk Sungai Penuh

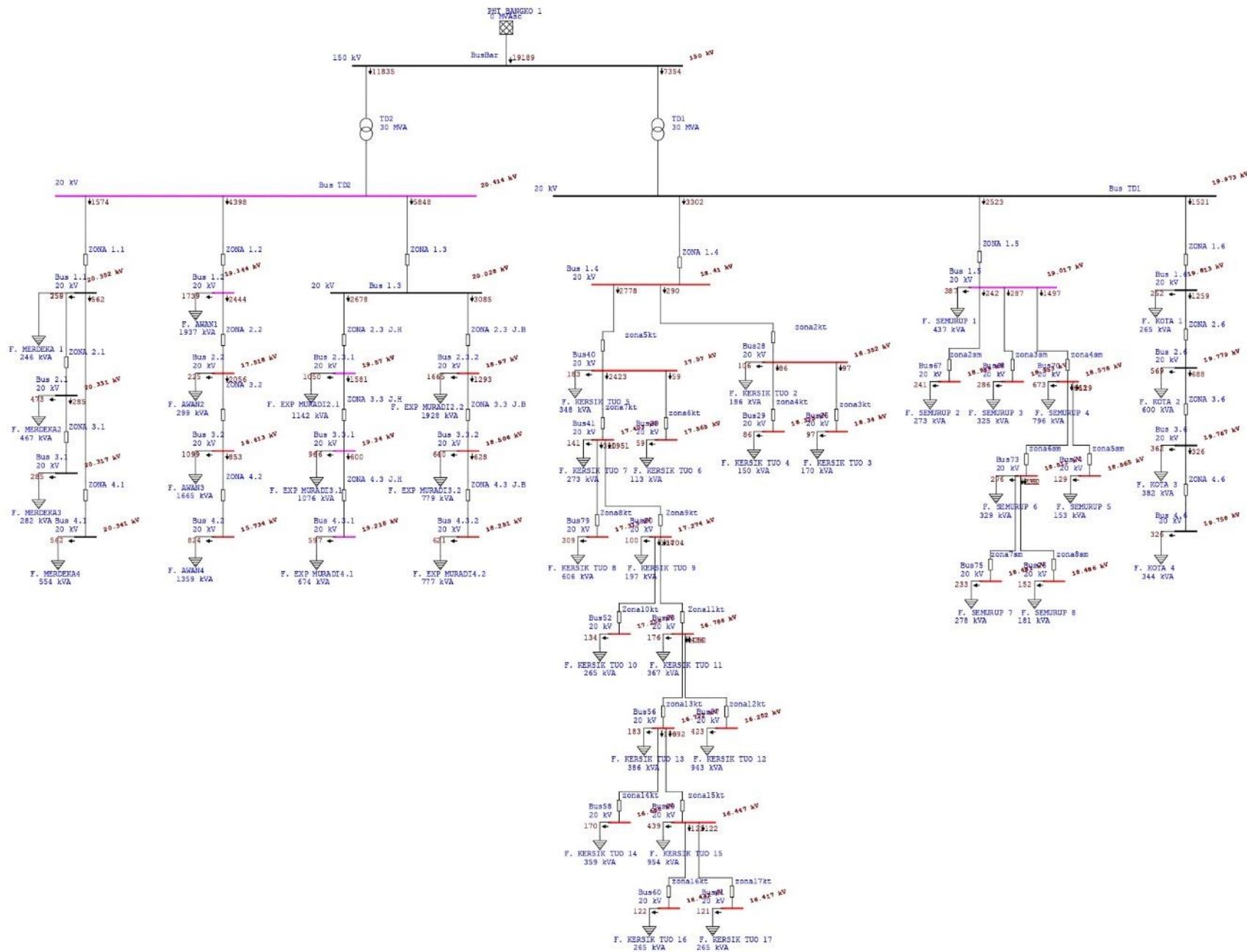
<b>Transformator Daya</b>	<b>Primer</b>	<b>Sekunder</b>	<b>Kapasitas</b>
Transformator Daya 1	150 kV	20,8 kV	30 MVA
Transformator Daya 2	150 kV	20,4 kV	30 MVA

### **4.3 Simulasi Aliran Beban Sistem 20kV Gardu Induk Sungai Penuh Menggunakan Aplikasi Etap 12.6.0**

Untuk simulasi aliran beban sistem distribusi 20kV berdasarkan Gambar 4.1 Single line diagram Gardu Induk Sungai Penuh dilakukan simulasi dengan menggunakan Software ETAP 12.6.0.

Berikut hasil analisa aliran beban Jaringan tegangan menengah 20kV Gardu Induk Sungai dengan menggunakan software ETAP 12.6.0 dapat dilihat pada gambar 4.2 Berikut. Dan *report manager* dapat dilihat pada lampiran.

# One-Line Diagram - SKRIPSI DANIL (Load Flow Analysis)



## 4.4 Pengolahan Data

### 4.4.1 Perhitungan Beban

Sebelum melakukan perhitungan dan Simulasi Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya dilakukan perhitungan beban di setiap Zona Pada Penyulang Gardu Induk Sungai Penuh, dengan Perhitungan Sebagai Berikut:

#### 1. Penyulang Merdeka

Daya Terpasang : 2.585 kVA

- Zona 1= 410 kVA

$$S(\%) = \frac{410}{2.585} \times 100\% = 15,860\%$$

- Zona 2= 780 kVA

$$S(\%) = \frac{780}{2.585} \times 100\% = 30,174\%$$

- Zona 3= 470 kVA

$$S(\%) = \frac{470}{2.585} \times 100\% = 18,181\%$$

- Zona 4= 925 kVA

$$S(\%) = \frac{925}{2.585} \times 100\% = 35,785\%$$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.800 \times 43 \times \sqrt{3} = 1.549.146,24 \text{ VA}$$

- Zona 1

$$S = 1.549.146,24 \times 15,860\% = 245.694,59 \text{ VA}$$

- Zona 2

$$S = 1.549.146,24 \times 30,174\% = 467.439,38 \text{ VA}$$

- Zona 3

$$S = 1.549.146,24 \times 18,181\% = 281.650,27 \text{ VA}$$

- Zona 4

$$S = 1.549.146,24 \times 35,783\% = 554.330,99 \text{ VA}$$

## 2. Penyulang Awan

Daya Terpasang : 7.046 kVA

- Zona 1= 2.595 kVA

$$S(\%) = \frac{2.595}{7.046} \times 100\% = 36,829\%$$

- Zona 2= 400 kVA

$$S(\%) = \frac{400}{7.046} \times 100\% = 5,677\%$$

- Zona 3= 2.231 kVA

$$S(\%) = \frac{2.231}{7,046} \times 100\% = 31,663\%$$

- Zona 4= 1.820 kVA

$$S(\%) = \frac{1.820}{7,046} \times 100\% = 25,830\%$$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.800 \times 146 \times \sqrt{3} = 5.259.891,89 \text{ VA}$$

- Zona 1

$$S = 5.259.891,89 \times 36,829\% = 1.937.165,58 \text{ VA}$$

- Zona 2

$$S = 5.259.891,89 \times 5,677\% = 298.604,06 \text{ VA}$$

- Zona 3

$$S = 5.259.891,89 \times 18,181\% = 1.665.439,56 \text{ VA}$$

- Zona 4

$$S = 5.259.891,89 \times 25,830\% = 1.358.630,07 \text{ VA}$$

## 3. Penyulang Express Muradi

Daya Terpasang : 9.656 kVA

- a. Jurusan Hiang

- Zona 2= 1.730 kVA

$$S(\%) = \frac{1.730}{9.656} \times 100\% = 17,916\%$$

- Zona 3= 1.630 kVA

$$S(\%) = \frac{1.630}{9,656} \times 100\% = 16,880\%$$

- Zona 4= 1.020 kVA

$$S(\%) = \frac{1.020}{9,656} \times 100\% = 10,563\%$$

b. Jurusan Bupati

- Zona 2= 2.920 kVA

$$S(\%) = \frac{2.920}{9.656} \times 100\% = 30,240\%$$

- Zona 3= 1.180 kVA

$$S(\%) = \frac{1.180}{9,656} \times 100\% = 12,220\%$$

- Zona 4= 1.176 kVA

$$S(\%) = \frac{1.176}{9,656} \times 100\% = 12,179\%$$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.800 \times 177 \times \sqrt{3} = 6.376.718,25 \text{ VA}$$

a. Jurusan Hiang

- Zona 2

$$S = 6.376.718,25 \times 17,916\% = 1.142.452,84 \text{ VA}$$

- Zona 3

$$S = 6.376.718,25 \times 16,880\% = 1.076.390,04 \text{ VA}$$

- Zona 4

$$S = 6.376.718,25 \times 10,563\% = 673.572,74 \text{ VA}$$

b. Jurusan Hiang

- Zona 2

$$S = 6.376.718,25 \times 30,240\% = 1.928.319,59 \text{ VA}$$

- Zona 3  
 $S = 6.376.718,25 \times 12,220\% = 779.234,97 \text{ VA}$
- Zona 4  
 $S = 6.376.718,25 \times 12,179\% = 776.620,51 \text{ VA}$

#### 4. Penyulang Kersik Tuo

Daya Terpasang : 8.625 kVA

- Zona 1= 850 kVA  
 $S(\%) = \frac{850}{8.625} \times 100\% = 9,855\%$
- Zona 2= 3.935 kVA  
 $S(\%) = \frac{3.935}{8.625} \times 100\% = 45,623\%$
- Zona 3= 1.245 kVA  
 $S(\%) = \frac{1.245}{8.625} \times 100\% = 14,434\%$
- Zona 4= 2.595 kVA  
 $S(\%) = \frac{2.595}{8.625} \times 100\% = 30,087\%$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.400 \times 185 \times \sqrt{3} = 6.536.759,74 \text{ VA}$$

- Zona 1  
 $S = 6.536.759,74 \times 9,855\% = 644.197,67 \text{ VA}$
- Zona 2  
 $S = 6.536.759,74 \times 45,623\% = 2.983.265,89 \text{ VA}$
- Zona 3  
 $S = 6.536.759,74 \times 14,434\% = 943.515,90 \text{ VA}$
- Zona 4  
 $S = 6.536.759,74 \times 30,087\% = 1.966.714,90 \text{ VA}$

#### 5. Penyulang Semurup

Daya Terpasang : 7.470 kVA

- Zona 1= 2.680 kVA  

$$S(\%) = \frac{2.680}{7.470} \times 100\% = 35,876\%$$
- Zona 2= 1.810 kVA  

$$S(\%) = \frac{1.810}{7.470} \times 100\% = 24,230\%$$
- Zona 3= 1.750 kVA  

$$S(\%) = \frac{1.750}{7.470} \times 100\% = 23,427\%$$
- Zona 4= 1.230 kVA  

$$S(\%) = \frac{1.230}{7.470} \times 100\% = 16,465\%$$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.400 \times 79 \times \sqrt{3} = 2.791.373,08 \text{ VA}$$

- Zona 1  

$$S = 2.791.373,08 \times 35,876\% = 1.001.433,006 \text{ VA}$$
- Zona 2  

$$S = 2.791.373,08 \times 24,230\% = 676.349,69 \text{ VA}$$
- Zona 3  

$$S = 2.791.373,08 \times 23,427\% = 653.934,97 \text{ VA}$$
- Zona 4  

$$S = 2.791.373,08 \times 16,465\% = 459.599,57 \text{ VA}$$

## 6. Penyulang Kota

Daya Terpasang : 2.915 kVA

- Zona 1= 458 kVA  

$$S(\%) = \frac{458}{2.915} \times 100\% = 16,638\%$$
- Zona 2= 1.100 kVA  

$$S(\%) = \frac{1.100}{2.915} \times 100\% = 37,735\%$$
- Zona 3= 700 kVA

$$S(\%) = \frac{700}{2.915} \times 100\% = 24,013\%$$

- Zona 4= 630 kVA

$$S(\%) = \frac{630}{2.915} \times 100\% = 21,612\%$$

Daya Terpakai

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

$$= 20.400 \times 45 \times \sqrt{3} = 1.590.022,64 \text{ VA}$$

- Zona 1

$$S = 1.590.022,64 \times 16,638\% = 264.547,96 \text{ VA}$$

- Zona 2

$$S = 1.590.022,64 \times 37,735\% = 599.995,04 \text{ VA}$$

- Zona 3

$$S = 1.590.022,64 \times 24,013\% = 381.812,13 \text{ VA}$$

- Zona 4

$$S = 1.590.022,64 \times 21,612\% = 343.635,69 \text{ VA}$$

#### 4.4.2 Perhitungan Drop Tegangan

Berdasarkan persamaan 2.29, besar jatuh tegangan pada masing-masing Penyulang dengan tegangan kirim dan arus beban yang bervariasi, maka diperoleh drop tegangan sebagai berikut:

##### 1. Penyulang Awan

- Zona 1

$$Vd = \sqrt{3} \times I \times (R \cos \varphi + jx \sin \varphi)$$

$$= 1,73 \times 146 \times (3,8537 \times 0,98 + j0,3002 \times 0,1989)$$

$$= 1,73 \times 146 \times (3,7766 + j0,0597)$$

$$= 954,012 \angle 0,079^\circ \text{ V}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{954,012}{20.414} \times 100\% \\ &= 4,67\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 20.414 - 954,012 = 19.459,99 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 87,23 \times (8,3325 \times 0,98 + j0,3002 \times 0,1989) \\ &= 1,73 \times 87,23 \times (8,1658 + j0,0597) \\ &= 1.232,316 \angle 0,418^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{1.232,316}{19.459,99} \times 100\% \\ &= 6,33 \% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 19.459,99 - 1.232,316 = 18.227,67 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 3

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 78,95 \times (6,5316 \times 0,98 + j0,3002 \times 0,1989) \\ &= 1,73 \times 78,95 \times (6,4009 + j0,0597) \\ &= 874,295 \angle 8,154^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{874,295}{18.227,67} \times 100\% \\ &= 4,79\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 18.227,67 - 874,295 = 17.353,37 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 4

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 37,71 \times (9,3307 \times 0,98 + j0,3002 \times 0,1989) \\ &= 1,73 \times 37,71 \times (9,1440 + j0,0597) \\ &= 596,551 \angle 0,374^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{596,551}{17.353,37} \times 100\% \\ &= 3,43\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 17.321,325 - 596,551 = 16.756,81 \text{ V} \end{aligned}$$

## 2. Penyulang Kota

- Zona 1

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 45 \times (0,3383 \times 0,97 + j0,3002 \times 0,2431) \\ &= 1,73 \times 45 \times (0,3281 + j0,073) \\ &= 26,167 \angle 12,543^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{26,167}{20.003} \times 100\% \\ &= 0,13\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 20.003 - 26,167 = 19.976,83 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 37,5 \times (0,3742 \times 0,97 + j0,3002 \times 0,2431) \\ &= 1,73 \times 37,5 \times (0,3629 + j0,073) \\ &= 23,995 \angle 11,38^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{23,995}{19.976,83} \times 100\% \\ &= 0,12 \% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 19.976,83 - 23,995 = 19.952 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 3

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 20,52 \times (0,2478 \times 0,97 + j0,3002 \times 0,2431) \\ &= 1,73 \times 20,52 \times (0,2403 + j0,073) \\ &= 8,915 \angle 16,898^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{8,915}{19.952} \times 100\% \\ &= 0,04\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 19.952 - 8,915 = 19.943,08 \text{ V} \end{aligned}$$

- Zona 4

$$\begin{aligned} Vd &= \sqrt{3} x I x (R \cos \varphi + jx \sin \varphi) \\ &= 1,73 \times 9,72 \times (0,3645 \times 0,97 + j0,3002 \times 0,2431) \\ &= 1,73 \times 9,72 \times (0,3535 + j0,073) \\ &= 6,069 \angle 11,667^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Presentasi drop tegangan diperoleh :

$$\begin{aligned} Vd (\%) &= \frac{6,069}{19.943,08} \times 100\% \\ &= 0,03\% \end{aligned}$$

Tegangan yang diterima diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ &= 19.943,08 - 6,069 = 19.937,01 \text{ V} \end{aligned}$$

Untuk drop tegangan masing-masing penyulang dapat dilihat dan diperoleh hasilnya pada tabel 4.5.

#### 4.4.3 Perhitungan Rugi – Rugi Daya

Berdasarkan persamaan 2.33, besar rugi-rugi daya dapat dilihat pada perhitungan berikut:

##### 1. Penyulang Awan

- Zona 1

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 146^2 \times 0,210 \times 18,351$$

$$= 245,43 \text{ kW}$$

- Zona 2

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 87,23^2 \times 0,210 \times 39,679$$

$$= 190,20 \text{ kW}$$

- Zona 3

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 78,95^2 \times 0,210 \times 31,103$$

$$= 122,13 \text{ kW}$$

- Zona 4

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 37,71^2 \times 0,210 \times 44,432$$

$$= 39,80 \text{ kW}$$

## 2. Penyulang Kota

- Zona 1

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 45^2 \times 0,210 \times 1,611$$

$$= 2,05 \text{ kW}$$

- Zona 2

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 37,52^2 \times 0,210 \times 1,782$$

$$= 1,55 \text{ kW}$$

- Zona 3

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$= 3 \times 20,54^2 \times 0,210 \times 1,180$$

$$= 0,31 \text{ kW}$$

- Zona 4

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$\begin{aligned}
 &= 3 \times 9,72^2 \times 0,210 \times 1,736 \\
 &= 0,10 \text{ kW} \\
 &= 57,08 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Untuk rugi-rugi daya masing-masing penyulang berdasarkan dapat dilihat hasilnya pada table 4.6.

#### 4.5 Hasil dan Analisa

##### 4.5.1 Hasil

Perhitungan jatuh tegangan dilakukan dengan menggunakan program ETAP 12.6.0 serta dengan perhitungan manual. Analisa didapatkan dengan perhitungan nilai beban, dan panjang penghantar yang di analisa program maupun manual dengan nilai beban yang berbeda dari tiap Penyulang dengan panjang penghantar yang sudah diketahui, hasil yang sudah dihitung kemudian akan dibandingkan dengan nilai drop tegangannya.

Untuk hasil simulasi aliran beban dengan menggunakan ETAP 12.6.0 dapat dilihat *Report Manager* Pada lampiran.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan Drop tegangan dan losses pada ETAP 12.6.0

Berdasarkan persamaan 2.29, besar jatuh tegangan atau drop tegangan pada masing-masing Penyulang dengan tegangan kirim dan arus beban yang bervariasi, maka diperoleh drop tegangan pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.6 Hasil perhitungan drop tegangan

No	Penyulang	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Terima (V)	Vd	Vd%
1	<b>Merdeka</b>				
	- Zona 1	20.414	20.370,98	43,011	0,21
	- Zona 2	20.370,98	20.341,19	25,583	0,12

	- Zona 3	20.341,19	20.313,26	37,9221	0,13
	- Zona 4	20.370,98	20.363,24	7,740	0,03
2	<b>Awan</b>				
	- Zona 1	20.414	19.459,99	954,012	4,67
	- Zona 2	19.459,99	18.227,67	1.232,316	6,33
	- Zona 3	18.227,67	17.353,37	874,295	4,79
	- Zona 4	17.353,37	16.756,81	596,551	3,43
3	<b>Express Muradi</b>				
	- Zona 1	20,414	20.159,61	254,389	1,24
	<b>a. Jurusan Hiang</b>				
	- Zona 2	20.159,61	19.859,70	299,902	1,48
	- Zona 3	19.859,70	19.707,08	152,614	0,74
	- Zona 4	19.707,08	19.625,60	81,471	0,41
	<b>b. Jurusan Bupati</b>				
	- Zona 2	20.159,61	19.447,94	711,664	3,53
	- Zona 3	19.447,94	19.125,82	322,180	1,65
	- Zona 4	19.125,82	18.947,08	178,740	0,93
4	<b>Kersik Tuo</b>				
	- Zona 1	20.003	18.287,57	1.715,429	8,5
	- Zona 2	18.287,57	16.664,09	1.623,448	8,87
	- Zona 3	16.664,09	15,903,76	760,323	4,56
	- Zona 4	15,903,76	15.501,006	402,754	2,53
5	<b>Semurup</b>				
	- Zona 1	20.003	19.239,86	763,140	3,81
	- Zona 2	19.239,86	18.825,30	414,552	2,15
	- Zona 3	18.825,30	18.586,76	238,533	1,26
	- Zona 4	18.586,76	18.492,97	93,783	0,50
6	<b>Kota</b>				
	- Zona 1	20.003	19.976,83	26,167	0,13

	- Zona 2	19.976,83	19.952	23,995	0,12
	- Zona 3	19.952	19.943,08	8,915	0,04
	- Zona 4	19.943,08	19.937,01	6,069	0,03

Berdasarkan persamaan 2.33, besar Rugi-rugi Daya pada masing-masing Penyulang Dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.7 Hasil perhitungan Rugi-rugi Daya

No	Penyulang	Plosses (kW)
1	<b>Merdeka</b>	
	- Zona 1	3,25
	- Zona 2	1,62
	- Zona 3	1,14
	- Zona 4	0,2
2	<b>Awan</b>	
	- Zona 1	245,43
	- Zona 2	190,20
	- Zona 3	122,13
	- Zona 4	39,80
3	<b>Express Muradi</b>	
	- Zona 1	80,92
	<b>a. Jurusan Hiang</b>	
	- Zona 2	43,45
	- Zona 3	13,37
	- Zona 4	2,74
	<b>b. Jurusan Bupati</b>	
	- Zona 2	124,32
	- Zona 3	25,07

	- Zona 4	6,95
<b>4</b>	<b>Kersik Tuo</b>	
	- Zona 1	808,63
	- Zona 2	689,91
	- Zona 3	125,02
<b>5</b>	<b>Semurup</b>	
	- Zona 1	106,67
	- Zona 2	37,15
	- Zona 3	13,23
<b>6</b>	<b>Kota</b>	
	- Zona 1	2,05
	- Zona 2	1,55
	- Zona 3	0,31
	- Zona 4	0,10

#### 4.4.2 Analisa

Dari tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwa Nilai drop tegangan yang paling besar terjadi pada Penyulang Awan dengan drop tegangan 3.653,19 Volt atau 17,89%. Dengan Tegangan kirim 20.414 volt dan Tegangan Terima 16.756,81 Volt pada saat beban puncak di jam 19.00 WIB yaitu sebesar 146 Ampere. yang artinya nilai tegangan terimanya tidak memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk Jaringan Tegangan Menengah. Drop Tegangan Yang besar pada Penyulang Awan Terjadi Karena Jauhnya Jarak penghantar dari Gardu Induk sampai ke ujung Penghantar dan besarnya Beban puncak Pada saat Jam 19.00 WIB.

Sedangkan Nilai drop tegangan yang paling kecil terjadi pada Penyulang Kota dengan drop tegangan 65,99 Volt atau 0,32%. Dengan Tegangan kirim 20.003 volt dan Tegangan Terima 19.937,01 Volt pada saat beban puncak di jam 19.00 WIB

yaitu sebesar 45 Ampere. yang artinya nilai tegangan terimanya memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk Jaringan Tegangan Menengah. Drop Tegangan Yang Kecil pada Penyulang Kota Terjadi Karena Pendeknya Jarak penghantar dari Gardu Induk sampai ke ujung Penghantar dan Beban puncak yang kecil Pada saat Jam 19.00 WIB.

Dari tabel 4.6 diatas dapat dilihat bahwa Nilai Rugi-rugi daya yang paling besar terjadi pada Penyulang Awan dengan Rugi-rugi daya (losses) BB kW. Rugi-Rugi Daya Yang Besar pada Penyulang Awan Terjadi Karena Panjangnya Jarak penghantar dari Gardu Induk sampai ke ujung Penghantar Yaitu 129,9 km dan Beban puncak yang besar Pada saat Jam 19.00 WIB Yaitu 146 Ampere.

Sedangkan Nilai Rugi-rugi daya yang paling Kecil terjadi pada Penyulang Kota dengan Rugi-rugi daya (losses) 4,01 kW. Rugi-Rugi Daya Yang kecil pada Penyulang Kota Terjadi Karena Pendeknya Jarak penghantar dari Gardu Induk sampai ke ujung Penghantar Yaitu 9,309 km dan Beban puncak yang kecil Pada saat Jam 19.00 WIB Yaitu 45 Ampere.