

## ANALISIS RUGI DAYA PADA *FEEDER* 20kV MELIAU DI PT PLN SANGGAU KOTA KALIMANTAN BARAT DENGAN BANTUAN SOFTWARE ETAP

Muhammad April Sugiarto<sup>1</sup>, Ni Putu Agustini<sup>2</sup>, Widodo Pudji Muljanto<sup>3</sup>

Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang Indonesia

<sup>1</sup>aprialsugiarto03@gmail.com, <sup>2</sup>ni\_putu\_agustini@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>widodo\_pm@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rugi daya teknis pada sistem distribusi listrik 20 kV Feeder Meliau yang disuplai dari GI Sanggau, Kalimantan Barat, dengan menggunakan bantuan software ETAP (Electrical Transient Analysis Program). Permasalahan rugi daya merupakan hal penting dalam sistem distribusi karena dapat menurunkan efisiensi dan meningkatkan kerugian energi. Analisis dilakukan terhadap kondisi eksisting menggunakan simulasi aliran daya dengan metode Newton-Raphson pada ETAP, dengan input data berupa diagram satu garis, data beban, saluran, dan transformator. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh tegangan bus masih berada dalam batas toleransi standar, dengan penurunan tegangan maksimum sebesar 3,52%. Rugi daya tertinggi pada saluran tercatat sebesar 2,57 kW dan pada titik trafo sebesar 4,11 kW. Nilai rugi daya secara umum masih berada di bawah ambang batas 5% sesuai SPLN No.72 tahun 1987. Dengan demikian, sistem distribusi 20 kV Feeder Meliau dapat dikatakan beroperasi secara efisien, meskipun beberapa titik dengan rugi daya tinggi perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk perbaikan sistem.

**Kata Kunci:** Rugi daya, ETAP, Feeder 20kv, Distribusi listrik, Simulasi aliran daya

### I. PENDAHULUAN

Rugi-rugi pada jaringan adalah selisih antara kWh yang disalurkan dengan kWh yang diproduksi ke pelanggan. Disini tampak jelas bahwa PLN distribusi mengalami kerugian akibat rugi-rugi tersebut. Secara garis besar rugi-rugi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu rugi-rugi teknis dan Rugi-rugi non teknis. Rugi-rugi teknis adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh sifat dari material atau peralatan jaringan, luas penampang penghantar, jarak dan factor kerja. Sedangkan rugi-rugi non teknis adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh kesalahan pemasangan dan kerusakan dari material atau peralatan jaringan serta pencurian aliran Listrik[1].

Sering kali timbul persoalan-persoalan teknis, dimana tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu yang jauh dari kumpulan pelanggan, sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar di segala penjuru tempat. Dengan demikian maka penyaluran tenaga listrik dari pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan berbagai penanganan teknis[2].

Dalam transmisi tenaga listrik Kehilangan energi perlu di prediksi dan di analisa agar tidak melebihi batas wajar. Kekurangan pasokan listrik pada suatu daerah akan berakibatkan tegangan rendah bahkan pemadaman listrik. Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar Hilangnya energi sangat perlu di Analisa agar tidak melewati batas wajar. Kehilangan energi yang berupa rugi daya sulit untuk di hindari. Besar daya yang hilang dalam proses saat proses transmisi harus di Analisa dan diantisipasi, sehingga daya yang hilang masih dalam batas yang di perbolehkan[3].

Maka dengan adanya permasalahan ini digunakan lah software ETAP sebagai sebuah alat bantu yang digunakan untuk memperkirakan seberapa besar kerugian pada sistem jaringan distribusi, ETAP (*Elektric Transient and Analysis Program*) adalah suatu software analisis yang comprehensive untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga yang dapat digunakan secara offline untuk simulasi tenaga listrik dan dapat secara online untuk pengolahan data simulasi tegan Listrik secara langsung atau real time[4].

Proses penyaluran energi listrik melalui jaringan distribusi ke beban pasti mengalami rugi daya teknis dalam saluran yang dapat berubah menjadi energi panas dan mengurangi daya listrik. Rugi-rugi daya teknis pada jaringan distribusi tenaga listrik disebabkan oleh arus yang mengalir melalui konduktor atau penghantar. Panjang saluran distribusi tenaga listrik menjadi perhatian, karena

semakin panjang saluran distribusi menyebabkan kerugian daya yang semakin besar. Penyulang Meliau merupakan Feeder terpanjang ke dua yang disuplai dari GI Sanggau, sehingga menarik untuk dilakukan penelitian seberapa besar terjadi rugi daya teknis pada Feeder tersebut apakah masih dalam batas-batas yang diizinkan atau melampaui batas standar yang ditentukan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa aliran daya untuk mengetahui seberapa besar terjadi rugi-rugi teknis pada Feeder Meliau.

Berdasarkan tinjauan sistem yang telah di dapatkan dari berbagai referensi maupun survey lapangan dapat di Tarik beberapa rumususan permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa rugi daya pada feeder 20kV Meliau di wilayah PT PLN Sanggau ?
2. Bagaimana cara menggunakan software ETAP untuk menganalisis rugi daya pada feeder tersebut ?

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis rugi daya pada feeder 20kV meliau di wilayah PT PLN Sanggau.
2. Menganalisis rugi daya pada feeder 20kV meliau menggunakan software ETAP.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen (beban) merupakan aspek yang sangat penting untuk dipelajari dalam bidang teknik kelistrikan, mengingat betapa krusialnya proses penyaluran tersebut dalam menjamin ketersediaan energi listrik bagi masyarakat dan industri. Proses penyaluran tenaga listrik ini melalui beberapa tahap yang saling berhubungan satu sama lain, dimulai dari pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai penghasil energi listrik. Setelah energi listrik dihasilkan, listrik tersebut disalurkan melalui jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang berperan menghubungkan pembangkit dengan gardu induk.

Dengan demikian, sistem distribusi tenaga listrik memiliki fungsi utama untuk membagikan tenaga listrik kepada pihak pemakai, terutama melalui jaringan tegangan rendah (SUTR). Sementara itu, jaringan transmisi memiliki peran khusus dalam menyalurkan tenaga listrik yang bertegangan ekstra tinggi dari pusat-pusat pembangkit ke gardu-gardu induk yang terletak di pusat-pusat beban, tempat di mana energi listrik dalam jumlah besar dibutuhkan. Proses ini memastikan bahwa tenaga listrik dapat didistribusikan secara efisien dan andal kepada konsumen, dengan menjaga kualitas dan kontinuitas pasokan sesuai kebutuhan[5].

Dalam sistem tenaga listrik, dikenal beberapa konfigurasi utama yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik, tergantung pada karakteristik atau kebutuhan beban. Berikut adalah jenis-jenis sistem tenaga listrik yang umum digunakan, khususnya dalam lingkup industri[5] :

#### 1. Sistem Radial

Sistem Radial adalah sistem distribusi listrik yang paling sederhana dan ekonomis, dimana suplai listrik mengalir dari satu sumber ke berbagai beban melalui satu jalur distribusi utama. Kelebihan sistem ini adalah kemudahan dalam desain instalasi dan membutuhkan biaya yang tidak terlalu mahal. Namun kekurangannya adalah keandalan yang rendah.

#### 2. Sistem Ring (Loop)

Sistem Ring adalah sistem membentuk jalur distribusi melingkar atau tertutup seperti cincin, dimana beban menerima beban menerima suplai listrik dari dua arah. Jika terjadi gangguan disatu sisi, aliran listrik masih bisa disuplai dari sisi lainnya. Sistem ini memiliki kelebihan yaitu keadaan yang lebih tinggi dan sering di gunakan pada industri pabrik dengan beban sedang hingga besar sistem ini juga memiliki kekurangan yaitu lebih kompleks dalam koordinasi dan dari segi biaya instalasi.

#### 3. Sistem Mesh

Sistem jaringan adalah konfigurasi yang paling kompleks dan memiliki keandalan sangat tinggi. Dalam sistem ini, terdapat banyak jalur interkoneksi antara sumber dan beban, sehingga jika satu jalur terganggu, beban masih dapat disuplai melalui jalur lain. Sistem ini umum digunakan pada pusat-pusat industri besar, kawasan industri, dan instalasi yang memerlukan keandalan sangat tinggi seperti pembangkit listrik atau sistem data center. Kekurangan utama dari sistem jaring adalah memerlukan biaya sangat tinggi dan kebutuhan akan sistem proteksi serta koordinasi operasi yang rumit.

### B. Energi Listrik

Pengertian Energi listrik adalah perkalian antara tegangan yang diberikan dengan hasil arus yang mengalir. energi dikatakan positif, ketika arus yang mengalir bernilai positif artinya arus mengalir dari sumber tegangan menuju rangkaian (transfer energi dari sumber ke rangkaian). Sedangkan, Energi dikatakan negatif, ketika arus yang mengalir bernilai negatif artinya arus mengalir dari rangkaian menuju sumber tegangan (transfer energi dari rangkaian ke sumber) [3]

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang dihasilkan dari aliran muatan listrik. Kehilangan energi listrik akibat dari rugi daya dapat menyebabkan perusahaan listrik sebagai pensuplai mengalami kerugian biaya listrik. Kerugian biaya listrik ini disebabkan oleh energi listrik yang terdistribusikan tidak diterima sebesar energi listrik yang dikirim, sehingga energi listrik yang dikirim tidak dapat terjual semua atau seluruhnya. Oleh sebab itu, perlu dicari berapa besar biaya listrik yang diakibatkan oleh rugi daya[6].

$$W = p \times t \quad (1)$$

Keterangan:

W : Energi Listrik (Kwh)  
p : Daya Listrik (Kw)  
t : waktu pemakaian (Jam)

### C. Rugi Rugi Daya

Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen, Rugi – rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti kerumah - rumah, ke gedung –gedung dan lain – lain. Rugi – rugi daya yang dihitung pada penelitian ini adalah di primer trafo[1]. Rugi-rugi daya yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif daya reaktif. Semakin panjang saluran 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. berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987 besarnya nilai rugi daya diperlukan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai rugi daya tidak boleh melebihi standar yang di ijinakan sebesar 10%. Apabila melebihi standar yang di ijinakan akan menyebabkan kerugian terhadap penyalur tenaga Listrik[3][7].

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rugi daya (losses) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari sejumlah energi yang terjual ke konsumen dan mengganggu efisiensi sistem distribusi Listrik.

Besar rugi daya aktif dapat di rumuskan dengan persamaan  
Untuk satu fasa :

$$\Delta P = 2 \times I^2 \times R \times L \quad (2)$$

Untuk tiga fasa :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \times L \quad (3)$$

Keterangan :

$\Delta P$  : Rugi Daya Aktif (watt)  
I : Arus Saluran (Ampere)  
R : Hambatan (Ohm/km)  
L : Panjang Saluran (Km)

Besar rugi daya reaktif dapat di rumuskan dengan persamaan  
Untuk satu fasa :

$$\Delta Q = 2 \times I^2 \times X \times L \quad (4)$$

Untuk tiga fasa :

$$\Delta Q = 3 \times I^2 \times X \times L \quad (5)$$

Keterangan :

$\Delta Q$  : Rugi Daya Reaktif (Watt)  
I : Arus Saluran (Ampere)  
X : Reaktansi Saluran (Ohm/Km)  
L : Panjang Saluran (Km)

### D. Studi Aliran Daya

Berbagai macam studi pada sistem tenaga listrik dilakukan dalam rangka meningkatkan unjuk kerja sistem. Studi aliran daya merupakan salah satu dari sekian banyak studi yang bertujuan untuk menganalisis besar tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif diberbagai titik/bus sepanjang jaringan tenaga listrik dalam kondisi operasi normal. Hasil studi aliran daya dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik di masa-masa yang akan datang, selain tentunya untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik yang sudah ada (existing)[7][8]. Dalam studi/analisis aliran daya, bus-bus yang terdapat pada sistem tenaga listrik diklasifikasikan ke dalam 3 jenis bus sebagai berikut.

1. Bus berayun (swing bus) atau juga dinamakan dengan slack bus yang dipilih dari bus yang menjadi sumber tenaga listrik/pembangkit terbesar dan bertindak sebagai bus yang akan memikul semua rugi daya pada sistem. Bus ini dinamai juga sebagai bus referensi dimana magnetude tegangan dan sudut fase tegangan sudah ditentukan
2. Bus kontrol tegangan (voltage control bus). Bus ini memiliki besar tegangan dan daya reaktif tertentu. Pengaturan daya reaktif yang disuplay atau diserap dimaksudkan untuk mengendalikan tegangan pada bus. Bus ini disebut juga dengan bus P-V dan biasanya pembangkit/generator dipilih sebagai bus control
3. Bus beban (load bus). Daya aktif dan daya reaktif pada bus ini diketahui sedangkan magnetude/besar tegangan dan sudut fase tegangan harus dicari melalui proses iterasi sampai diperoleh nilai tertentu atau konvergensi telah dipenuhi dengan ketelitian tertentu. Bus ini juga disebut dengan bus P-Q.

Study aliran daya untuk menghitung rugi-rugi daya menggunakan metode Newton Raphson. Untuk menerapkan metode Newton Raphson pada penyelesaian persamaan aliran daya kita menyatakan tegangan bus dan admitansi saluran dalam bentuk polar, Penyelesaian aliran daya pada penelitian ini menggunakan Metode Newton-Raphson yang merupakan penyempurnaan dari Metode Gauss-Siedel. Metode Newton-Raphson dipilih oleh metode ini lebih praktis dan efisien (waktu komputasi yang cepat) dalam menganalisis sistem tenaga listrik yang besar dengan hasil perhitungan yang lebih baik. Maka dapat di rumuskan

$$p_i = V_i^* \sum_{n=1}^n Y_{in} V_n \quad (6)$$

$$Q_i = -Im\{V_i^* \sum_{n=1}^n Y_{in} V_n\} \quad (7)$$

Keterangan:

$P_i$  : besar daya aktif pada bus ke-i;  
 $Q_i$  : besar daya reaktif pada bus ke-i;  
 $V_i^*$  : besar tegangan pada bus ke-i;  
 $V_n$  : besar tegangan pada bus ke-n  
 $Y_{in}$  : besar admitansi bus ke-i dan bus ke-n

### E. Jatuh Tegangan (Drop Voltage)

Jatuh tegangan (Voltage Drop) merupakan kondisi penurunan nilai tegangan listrik yang terjadi sepanjang penghantar atau kabel listrik akibat adanya aliran arus listrik yang melewati penghantar tersebut. Penurunan tegangan ini disebabkan oleh adanya resistansi (R) dan reaktansi (X) pada penghantar yang menghambat aliran arus listrik.[5][7]

Secara umum, semakin panjang penghantar dan semakin besar arus yang mengalir, maka jatuh tegangan yang terjadi akan semakin besar pula. Hal ini dapat menyebabkan tegangan di ujung beban menjadi drop atau lebih rendah dari tegangan yang seharusnya diterima[9]. Perhitungan jatuh tegangan pada penghantar dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\Delta V = I \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (8)$$

Di mana :

- $\Delta V$  : besar jatuh tegangan (Volt)  
 $I$  : arus beban yang mengalir (Ampere)  
 $R$  : nilai resistansi penghantar (Ohm)  
 $X$  : nilai reaktansi penghantar (Ohm)  
 $\phi$  : sudut fasa antara arus dan tegangan yang dipengaruhi faktor daya

Jatuh tegangan yang terlalu besar tidak hanya menyebabkan tegangan disisi beban menjadi rendah, tetapi juga bisa meningkatkan rugi-rugi daya pada sistem distribusi, menurunkan efisiensi sistem dan memperpendek umur peralatan listrik, perlu dilakukan analisis dan pengaturan tegangan agar tetap berada dalam batas yang diizinkan oleh standar, misalnya tidak melebihi 5% dari tegangan nominal untuk sistem tegangan rendah.

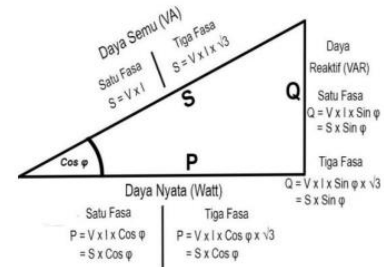
### F. Daya

Daya listrik yaitu jumlah energi yang dihasilkan pada sebuah rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Sistem tenaga listrik terdapat tiga jenis daya listrik yang saling berhubungan dan di pengaruhi oleh faktor daya ( $\cos \theta$ ) Daya listrik dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan[2][3].

$$P = V \times I \quad (9)$$

Keterangan :

- $P$  : Daya  
 $V$  : Tegangan  
 $I$  : Arus



Gambar 1 Segitiga Daya

Pada Gambar 1 merupakan segitiga daya dalam Daya listrik juga dibedakan menjadi tiga, yaitu daya nyata/daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu/daya total (S). Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat dinyatakan dalam segitiga daya[7]

### G. Sistem distribusi listrik

Sistem distribusi listrik adalah jaringan yang dirancang untuk mengalirkan energi listrik dari sumber daya besar (bulk power source) hingga ke konsumen akhir, yang mencakup rumah tangga, industri, dan fasilitas komersial. sistem distribusi berfungsi sebagai penghubung antara jaringan transmisi yang membawa listrik bertegangan tinggi dan pengguna akhir yang membutuhkan listrik dengan tegangan rendah. Penjelasan lebih mendalam mengenai sistem distribusi listrik mencakup berbagai aspek penting yang meliputi struktur, fungsi, proses penyaluran energi, serta dampaknya terhadap masyarakat[1].

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang dimulai dari PMT incoming di Gardu Induk sampai dengan Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk sebagai pusat pusat beban ke pelanggan pelanggan secara langsung atau melalui gardu-gardu distribusi (gardu trafo) dengan mutu yang memadai sesuai standar pelayanan yang berlaku. Dengan demikian sistem distribusi ini menjadi suatu sistem tersendiri karena unit distribusi ini memiliki komponen peralatan yang saling berkaitan dalam operasinya untuk menyalurkan tenaga Listrik[2].

Dilihat dari tegangannya sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu

1. Distribusi Primer, sering disebut sistem jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20kV
2. Distribusi sekunder, sering disebut sistem jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 220/380V

### H. ETAP (Electric Transient Analysis Program)

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

sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis untuk berbagai analisis, antara lain: aliran daya, rugi-rugi daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi[10][11].

Perangkat lunak ETAP ini awalnya dibuat dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di amerika serikat selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real-time, simulasi kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik dalam bentuk single line diagram secara grafis untuk berbagai bentuk analisis, load flow (aliran daya), short circuit (hubung singkat), starting motor, transient stability, optimal capacitor placement, protective device coordination (koordinasi relay proteksi), sistem harmonisa, dan cable derating. Kelengkapan data dari setiap komponen atau peralatan listrik pada sistem dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.[12]

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membuat proyek dengan menggunakan ETAP, yaitu

1. Single line diagram, menunjukkan hubungan antara komponen atau peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan
2. Library, merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail dapat mempermudah serta memperbaiki hasil simulasi.
3. Standar yang digunakan, mengacu pada standar IEC dan ANSI. Perbedaan antara IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan. Pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60Hz
4. Study case, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format analisa

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Alur Penelitian

Proses penentuan dimulai dengan mengidentifikasi pada sistem kelistrikan 20 Kv dilakukan pada sistem kelistrikan Sanggau Kota Kalimantan Barat. Pada tahap awal parameter yang disediakan oleh PT PLN (Persero) Sanggau Kota.

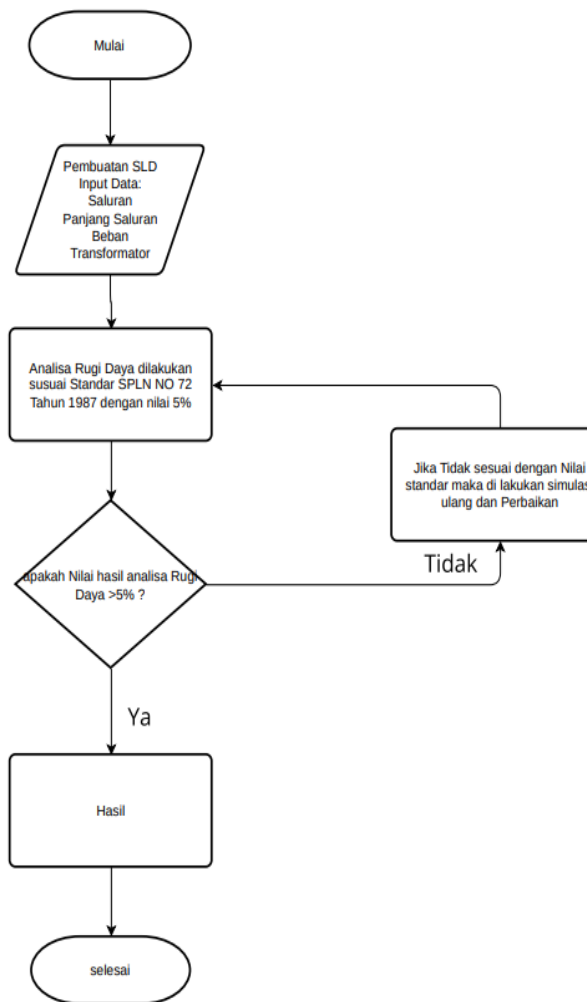
1. Pengambilan data dilakukan di PT PLN (Persero) Sanggau Kota, data yang didapatkan meliputi:
  - a. Data Single Line Diagram
  - b. Data Beban
  - c. Data Panjang Saluran Distribusi
  - d. Data saluran
  - e. Data transformator
2. Melakukan pemodelan sistem berupa Single Line Diagram, meliputi Subsistem 20kV menggunakan *software Electrical Transient and Analysis Program (ETAP)*.

3. Melakukan input data Beban, data Panjang saluran, data Saluran dan data Transformator, yang sesuai dengan data yang diperoleh dari PT PLN (persero) Sanggau Kota.
4. Merepresentasikan diagram satu garis feeder meliau pada aplikasi ETAP, tahap ini juga memasukan data-data spesifikasi yang digunakan pada JTM 20 kV feeder meliau kondisi eksisting.
5. Menjalankan simulasi aliran daya, pada tahap ini menjalankan simulasi aliran daya untuk mendapatkan aliran daya pada feeder meliau, pada saat ini didapatkan nilai tegangan, arus, rugi-rugi daya.
6. Mengulangi langkah 4-6 untuk mendapatkan kondisi analisa hasil simulasi ETAP yang diperoleh, jika masih tidak sesuai.

#### B. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mengetahui teori-teori yang berhubungan dengan Analisa yang akan dibuat, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengerjaan analisa agar dapat dimaksimalkan dan diminimalisir kegagalan. Pencarian referensi dari berbagai jurnal dan internet. Literatur yang dipelajari akan digunakan pada penelitian ini.

### C. Flowchart



Gambar 2 Flowchart

Pada Gambar 2 Flowchart yang menggambarkan alur kerja dari proses simulasi rugi daya pada feeder 20kV meliau, yang melibatkan berbagai tahapan mulai dari pembuatan data awal hingga analisis hasil akhir. Berikut adalah penjelasan dari setiap langkah di dalam flowchart.

1. Mulai: Tahap awal yaitu menandai dimulainya proses dari simulasi dan analisis.
2. Pembuatan SLD, input data saluran, Panjang saluran Distribusi, beban, dan Transformator: Langkah pertama adalah pembuatan Single Line Diagram (SLD) dan input data yang mencakup data saluran, Panjang saluran transmisi, beban, dan Transformator yang akan digunakan dalam simulasi.
3. Analisa rugi daya: Jika data telah di input semua, maka dilakukan analisa rugi daya dengan standar nilai maksimal 5% sesuai SPLN No.72 tahun 1987. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah rugi daya dalam sistem berada dalam batas yang dapat diterima.
4. Apakah nilai hasil Analisa lebih dari 5%: jika hasil Analisa menunjukkan bahwa rugi daya yang di dapatkan lebih dari 5% maka langkah selanjutnya adalah dilakukan simulasi ulang dan perbaikan,

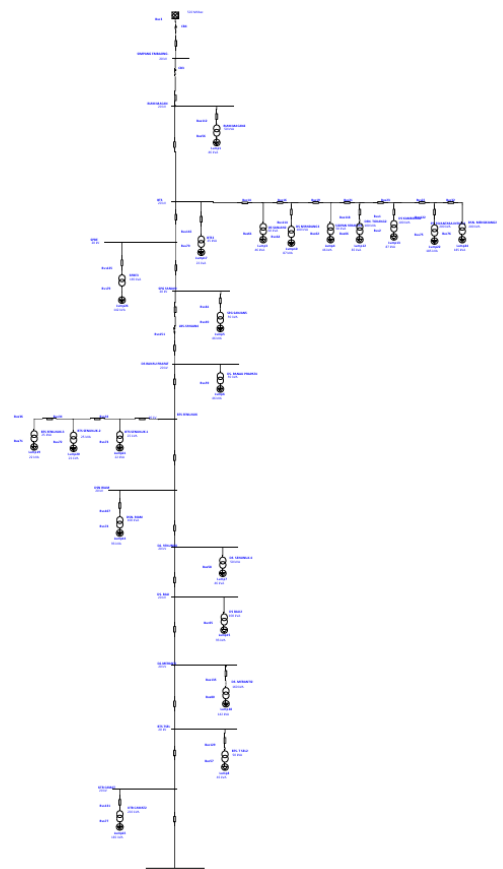
dan jika hasil Analisa menunjukkan bahwa rugi daya tidak lebih dari 5% maka proses berlanjut ke Langkah selanjutnya adalah Hasil.

5. Hasil: Setelah melakukan Analisa rugi daya dapat melihat hasil berupa rugi daya dari suatu sistem tersebut.
6. Selesai: Tahap akhir yang menandakan bahwa seluruh proses simulasi, pengujian, dan analisis telah selesai dilakukan.

Flowchart ini memberikan penjelasan umum mengenai bagaimana langkah-langkah yang harus diambil dalam analisis rugi daya pada feeder meliau 20kV, memastikan bahwa setiap tahap dilakukan dengan baik untuk mencapai hasil yang optimal pada saat simulasi

### IV. SIMULASI DAN ANALISA

1. *Profil semulasi penyulang meliau dalam kondisi eksisting*



Gambar 3 SLD Penyulang Meliau

Gambar 3 merupakan bentuk dari tampilan SLD Penyulang Meliau Yang digunakan pada penyulang meliau memiliki saluran penghantar tingkat menengah yang panjang salurannya 19.150 km penyulang ini merupakan penyulang dengan jumlah line yang banyak dan cukup panjang dengan data impedansi saluran dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Penghantar Penyulang Meliau

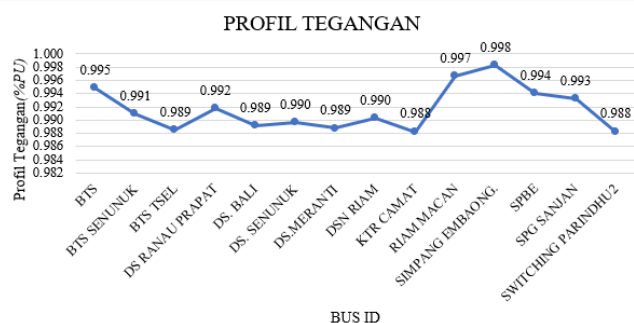
| Jenis Penghantar           | Resistansi $\Omega/\text{km}$ | Reaktansi $\Omega/\text{km}$ |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| AAAC 3x150 mm <sup>2</sup> | 0,225                         | 0,327                        |
| AAAC 3x70 mm <sup>2</sup>  | 0,438                         | 0,349                        |

## 2. Hasil simulasi kondisi voltage (PU) pada penyulang meliau kondisi eksiting

Berikut adalah hasil Load Flow Tegangan per Unit kondisi eksisting menggunakan Software ETAP

Tabel 2 Kondisi Tegangan Bus (%Pu)

| Bus ID              | TEGANGAN (%PU) |
|---------------------|----------------|
| BTS                 | 0.995          |
| BTS SENUNUK         | 0.991          |
| BTS TSEL            | 0.989          |
| DS RANAU PRAPAT     | 0.992          |
| DS. BALI            | 0.989          |
| DS. SENUNUK         | 0.990          |
| DS. MERANTI         | 0.989          |
| DSN RIAM            | 0.990          |
| KTR CAMAT           | 0.988          |
| RIAM MACAN          | 0.997          |
| SIMPANG EMBAONG.    | 0.998          |
| SPBE                | 0.994          |
| SPG SANJAN          | 0.993          |
| SWITCHING PARINDHU2 | 0.988          |



Gambar 4 Grafik Kondisi Tegangan BUS (%PU)

Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan kondisi profil tegangan Per Unit pada setiap bus sistem distribusi 20 kV berdasarkan hasil simulasi load flow menggunakan software ETAP. dapat dilihat bahwa seluruh nilai tegangan berada dalam kisaran antara 0.988 hingga 0.995 PU. Secara umum, nilai ini masih dalam batas aman standar toleransi tegangan pada sistem distribusi, yaitu antara 0.95 PU hingga 1.05 PU. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kondisi overvoltage (tegangan berlebih) maupun undervoltage (tegangan kurang) yang signifikan pada sistem tersebut. Nilai tertinggi ditunjukkan oleh Bus BTS dengan tegangan sebesar 0.995 PU, yang berarti bahwa tegangan pada titik ini hanya turun sebesar 0.5% dari nilai nominal. Sementara nilai tegangan terendah tercatat pada Bus Switching Parindhu2 sebesar 0.988 PU, atau mengalami penurunan sekitar 1.2% dari nilai dasar. Walaupun nilai tersebut termasuk yang terendah dalam tabel, namun masih berada dalam batas yang diterima dan

tidak menimbulkan risiko teknis terhadap peralatan atau konsumen di sekitarnya.

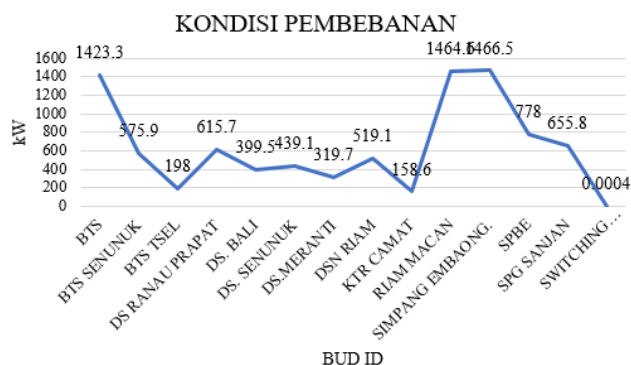
Kondisi ini mencerminkan bahwa sistem distribusi 20 kV yang dianalisis memiliki kestabilan tegangan yang cukup baik. Tidak adanya penurunan tegangan yang ekstrem juga menandakan bahwa tidak terdapat beban yang sangat besar atau tidak seimbang yang menyebabkan penurunan tegangan signifikan di salah satu titik. Misalnya, beberapa bus seperti Spg Sanjan (0.993 PU) dan Sim. Embaong (0.998 PU) menunjukkan nilai yang mendekati tegangan nominal, menandakan distribusi beban dan jarak dari sumber tegangan dalam kondisi optimal.

## 3. Hasil simulasi kondisi KW Loading pada penyulang meliau kondisi eksiting

Berikut adalah hasil Load Flow kondisi Pembebanan menggunakan Software ETAP

Tabel 3 Kondisi Kw Loading Per Bus

| Bus ID              | Nominal kV | kW Loading |
|---------------------|------------|------------|
| BTS                 | 20         | 1423,3     |
| BTS SENUNUK         | 20         | 575,9      |
| BTS TSEL            | 20         | 198        |
| DS RANAU PRAPAT     | 20         | 615,7      |
| DS. BALI            | 20         | 399,5      |
| DS. SENUNUK         | 20         | 439,1      |
| DS. MERANTI         | 20         | 319,7      |
| DSN RIAM            | 20         | 519,1      |
| KTR CAMAT           | 20         | 158,6      |
| RIAM MACAN          | 20         | 1464,6     |
| SIMPANG EMBAONG.    | 20         | 1466,5     |
| SPBE                | 20         | 778        |
| SPG SANJAN          | 20         | 655,8      |
| SWITCHING PARINDHU2 | 20         | 0,0004     |



Gambar 5 Grafik Kondisi Pembebanan Per Bus

Tabel 3 dan gambar 5 menunjukkan kondisi Pembebanan pada setiap bus sistem distribusi 20 kV berdasarkan hasil simulasi load flow menggunakan software ETAP. dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai KW Loading berbeda-beda untuk tiap bus, mencerminkan perbedaan kebutuhan daya di tiap lokasi. Nilai tertinggi ditunjukkan oleh bus Riam Macan, yaitu sebesar 1464,6 kW, disusul oleh Simpang Embaong (1466,5 kW) dan Bts (1423,3 kW). Ketiga titik ini dapat dikategorikan sebagai pusat beban besar, yang kemungkinan besar menyuplai daerah dengan tingkat konsumsi listrik yang tinggi, seperti

kawasan industri, pusat pelayanan publik, atau permukiman padat.

Sebaliknya, bus dengan nilai KW Loading paling rendah adalah Switching Parindhu2, dengan hanya 0,0004 kW. Nilai ini sangat kecil dan kemungkinan besar mencerminkan bahwa titik tersebut tidak secara langsung melayani beban, atau hanya berfungsi sebagai titik switching atau penghubung dalam sistem jaringan tanpa menyuplai daya ke beban signifikan. Selain itu, bus Ktr Camat juga menunjukkan nilai yang cukup rendah yaitu 158,6 kW, menandakan beban yang ringan di area tersebut.

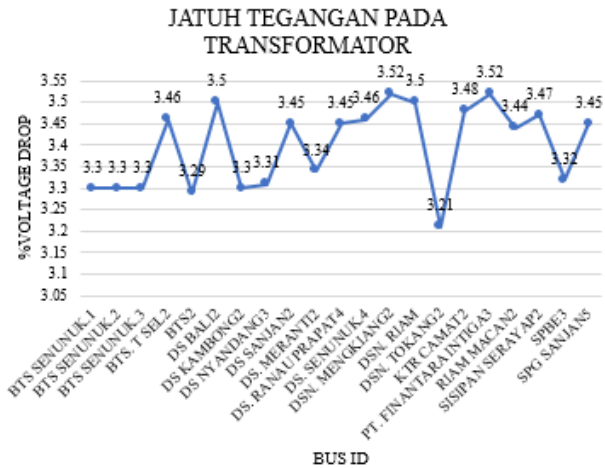
Beberapa bus lain menunjukkan nilai sedang, seperti Bts Senunuk (575,9 kW), Ds Ranau Prapat (615,7 kW), dan Spg Sanjan (655,8 kW). Beban di titik-titik ini cukup signifikan namun masih dalam batas menengah. Bus-bus ini berpotensi menjadi titik-titik penting dalam distribusi daya dan perlu diperhatikan agar tetap beroperasi dalam batas yang aman.

4. Simulasi kondisi Jatuh Tegangan pada transformator penyulang Meliau

berikut untuk simulasi pada penyulang meliau untuk kondisi Jatuh tegangan pada transformator

Tabel 4 Kondisi Jatuh Tegangan Transformator

| ID                    | Type       | (%) Jatuh Tegangan |
|-----------------------|------------|--------------------|
| BTS SENUNUK.1         | Transf. 2W | 3,3                |
| BTS SENUNUK.2         | Transf. 2W | 3,3                |
| BTS SENUNUK.3         | Transf. 2W | 3,3                |
| BTS. T SEL2           | Transf. 2W | 3,46               |
| BTS2                  | Transf. 2W | 3,29               |
| DS BALI2              | Transf. 2W | 3,5                |
| DS KAMBONG2           | Transf. 2W | 3,3                |
| DS NYANDANG3          | Transf. 2W | 3,31               |
| DS SANJAN2            | Transf. 2W | 3,45               |
| DS. MERANTI2          | Transf. 2W | 3,34               |
| DS. RANAU PRAPAT4     | Transf. 2W | 3,45               |
| DS. SENUNUK.4         | Transf. 2W | 3,46               |
| DSN. MENGKIANG2       | Transf. 2W | 3,52               |
| DSN. RIAM             | Transf. 2W | 3,5                |
| DSN. TOKANG2          | Transf. 2W | 3,21               |
| KTR CAMAT2            | Transf. 2W | 3,48               |
| PT. FINANTARA INTIGA3 | Transf. 2W | 3,52               |
| RIAM MACAN2           | Transf. 2W | 3,44               |
| SISIPAN SERAYAP2      | Transf. 2W | 3,47               |
| SPBE3                 | Transf. 2W | 3,32               |
| SPG SANJAN5           | Transf. 2W | 3,45               |



Gambar 6 Grafik Jatuh Tegangan Transformator

Tabel 4 dan gambar 6 menyajikan data kondisi Jatuh Tegangan pada berbagai titik dalam sistem distribusi. Setiap baris dalam tabel menunjukkan nama lokasi atau identifikasi jaringan (ID), jenis elemen (Type) yang semuanya merupakan trafo dua arah (*Transf. 2W*), persentase penurunan tegangan (*Voltage Drop*) dalam persen (%). terlihat bahwa nilai jatuh tegangan berada dalam rentang antara 3,21% hingga 3,52%, dengan nilai paling kecil dicatat oleh transformator Dsn. Tokang2 yaitu 3,21%, dan nilai tertinggi sebesar 3,52% ditemukan pada Dsn. Mengkiang2 dan PT. Finantara Intiga3. Sementara itu, sebagian besar transformator lainnya memiliki nilai berkisar antara 3,3% hingga 3,5%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi, seluruh transformator masih berada dalam batas toleransi jatuh tegangan yang umumnya diterima pada sistem distribusi, yakni maksimum 5%.

Transformator dengan jatuh tegangan tinggi seperti Dsn. Mengkiang2 dan PT. Finantara Intiga3 perlu menjadi perhatian khusus. Nilai jatuh tegangan yang mendekati batas atas tersebut bisa disebabkan oleh berbagai faktor, di antaranya adalah panjang jaringan dari gardu induk, tingginya arus beban yang mengalir melalui transformator, kondisi teknis transformator itu sendiri, dan impedansi saluran. Apabila dibiarkan terus-menerus dalam kondisi seperti ini, dapat menimbulkan kerugian daya yang lebih tinggi, mempercepat keausan peralatan, serta mengurangi kualitas daya di sisi konsumen.

Sementara itu, transformator seperti Bts Senunuk.1, Bts Senunuk.2, dan Spbe3, yang masing-masing menunjukkan jatuh tegangan sebesar 3,3%, dapat dikategorikan dalam kondisi stabil dan aman. Nilai ini menunjukkan performa transformator yang baik dalam menjaga tegangan tetap mendekati nilai nominal meskipun berada di bawah kondisi beban kerja.

Nilai jatuh tegangan yang relatif seragam juga menunjukkan bahwa sistem distribusi pada penyulang Meliau telah dirancang dengan cukup baik dalam hal pembagian beban dan perencanaan kapasitas transformator. Tidak terdapat perbedaan mencolok atau lonjakan ekstrem dalam nilai penurunan tegangan antar transformator, yang

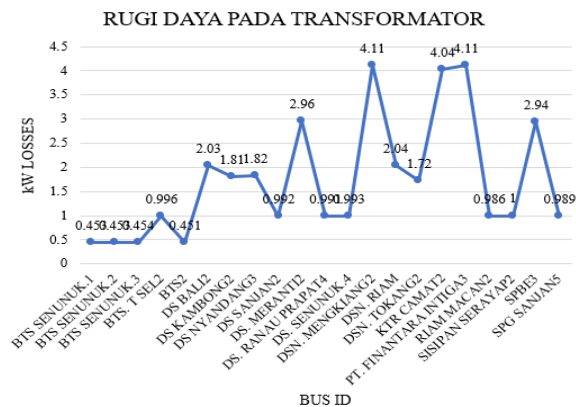
mengindikasikan bahwa sistem ini bekerja secara seimbang dan terdistribusi.

5. Simulasi Kondisi Rugi Daya pada Transformator Penyulang Meliau

berikut untuk hasil simulasi pada penyulang meliau untuk kondisi Jatuh tegangan pada transformator

Tabel 3 Kondisi Rugi Daya Transformator

| ID                    | Type       | (kW) Rugi daya |
|-----------------------|------------|----------------|
| BTS SENUNUK.1         | Transf. 2W | 0,453          |
| BTS SENUNUK.2         | Transf. 2W | 0,453          |
| BTS SENUNUK.3         | Transf. 2W | 0,454          |
| BTS. T SEL2           | Transf. 2W | 0,996          |
| BTS2                  | Transf. 2W | 0,451          |
| DS BALI2              | Transf. 2W | 2,03           |
| DS KAMBONG2           | Transf. 2W | 1,81           |
| DS NYANDANG3          | Transf. 2W | 1,82           |
| DS SANJAN2            | Transf. 2W | 0,992          |
| DS. MERANTI2          | Transf. 2W | 2,96           |
| DS. RANAU PRAPAT4     | Transf. 2W | 0,991          |
| DS. SENUNUK.4         | Transf. 2W | 0,993          |
| DSN. MENGKIANG2       | Transf. 2W | 4,11           |
| DSN. RIAM             | Transf. 2W | 2,04           |
| DSN. TOKANG2          | Transf. 2W | 1,72           |
| KTR CAMAT2            | Transf. 2W | 4,04           |
| PT. FINANTARA INTIGA3 | Transf. 2W | 4,11           |
| RIAM MACAN2           | Transf. 2W | 0,986          |
| SISIPAN SERAYAP2      | Transf. 2W | 1              |
| SPBE3                 | Transf. 2W | 2,94           |
| SPG SANJAN5           | Transf. 2W | 0,989          |



Gambar 7 Grafik Rugi Daya Transformator

Tabel 5 dan Gambar 7 menyajikan data kondisi rugi daya pada berbagai titik dalam sistem distribusi. Setiap baris dalam tabel menunjukkan nama lokasi atau identifikasi jaringan (ID), jenis elemen (Type) yang semuanya merupakan trafo dua arah (*Transf. 2W*) serta rugi-rugi daya listrik (*Losses*) dalam satuan kW. terlihat bahwa nilai rugi daya berkisar antara 0,451 kW hingga 4,11 kW. Nilai terkecil ditunjukkan oleh transformator Bts2 (0,451 kW), Bts Senunuk.1 dan .2 (0,453 kW), serta Bts Senunuk.3 (0,454 kW). Transformator-transformator ini tergolong sangat efisien karena kehilangan daya yang terjadi relatif kecil. Kondisi ini bisa mencerminkan bahwa beban yang disuplai masih ringan, atau bahwa transformator memiliki

spesifikasi dan kualitas yang baik dalam mengelola beban dengan minim rugi energi.

Selainnya, nilai rugi daya terbesar ditunjukkan oleh transformator Dsn. Mengkiang2 dan PT. Finantara Intiga3, masing-masing sebesar 4,11 kW, diikuti oleh Ktr Camat2 (4,04 kW). Besarnya rugi daya pada transformator-transformator ini menunjukkan adanya aliran beban yang cukup besar atau adanya karakteristik teknis transformator yang cenderung kurang efisien. Kondisi ini bisa menandakan bahwa transformator bekerja mendekati kapasitas maksimumnya atau bahwa sistem mengalami kerugian energi yang cukup signifikan pada titik-titik ini.

Selain itu, beberapa transformator juga mencatatkan nilai rugi daya cukup tinggi seperti Ds Meranti2 (2,96 kW), Spbe3 (2,94 kW), Dsn. Riam (2,04 kW), dan Ds Bali2 (2,03 kW). Transformator pada lokasi-lokasi ini perlu diperhatikan dalam hal pemeliharaan dan pemantauan rutin, agar performa tidak semakin menurun dan tidak terjadi pemborosan energi yang tidak diperlukan.

6. Simulasi Kondisi Jatuh Tegangan pada saluran penyulang Meliau

berikut untuk hasil simulasi Jatuh Tegangan pada saluran Penyulang meliau

Tabel 4 Kondisi Jatuh Tegangan Saluran

| ID     | Type | (%) Jatuh Tegangan |
|--------|------|--------------------|
| Line1  | Line | 0,44               |
| Line3  | Line | 0,01               |
| Line5  | Line | 0,41               |
| Line6  | Line | 0,36               |
| Line10 | Line | 0,34               |
| Line11 | Line | 0,29               |
| Line12 | Line | 0,23               |
| Line14 | Line | 0,12               |
| Line16 | Line | 0,07               |
| Line17 | Line | 0,05               |
| Line18 | Line | 0,03               |
| Line24 | Line | 0,17               |
| Line79 | Line | 0,13               |
| Line80 | Line | 0,05               |
| Line81 | Line | 0,07               |
| Line82 | Line | 0,08               |
| Line83 | Line | 0,14               |
| Line84 | Line | 0,1                |
| Line86 | Line | 0,04               |
| Line87 | Line | 0,2                |
| Line88 | Line | 0                  |
| Line89 | Line | 0,02               |
| Line90 | Line | 0,03               |
| Line91 | Line | 0,15               |
| Line92 | Line | 0,04               |
| Line93 | Line | 0,05               |
| Line94 | Line | 0,07               |

|         |      |      |
|---------|------|------|
| Line95  | Line | 0,07 |
| Line96  | Line | 0,09 |
| Line97  | Line | 0,02 |
| Line98  | Line | 0,17 |
| Line99  | Line | 0,17 |
| Line101 | Line | 0,08 |
| Line103 | Line | 0,06 |
| Line105 | Line | 0,08 |
| Line111 | Line | 0,24 |
| Line113 | Line | 0,07 |

dan lain sebagainya. Ini menandakan bahwa sebagian besar saluran dalam jaringan penyulang Meliau bekerja dalam kondisi ideal.

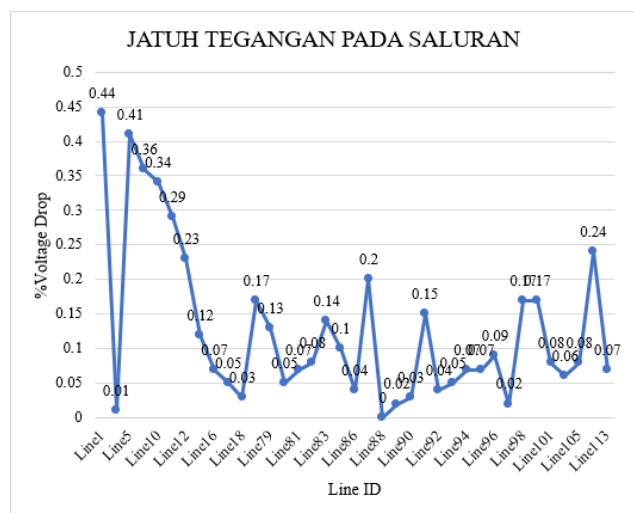
Nilai-nilai seperti Line111 (0,24%), Line91 (0,15%), atau Line87 (0,2%) mencerminkan saluran-saluran dengan beban sedang, yang walaupun mengalami penurunan tegangan, masih jauh dari batas toleransi kritis. Nilai-nilai ini patut diperhatikan sebagai bagian dari strategi pemeliharaan dan monitoring rutin untuk mencegah terjadinya lonjakan jatuh tegangan di masa mendatang apabila beban meningkat

## 7. Simulasi kondisi Rugi Daya pada saluran penyulang Meliau

Berikut hasil dari simulasi Rugi daya pada saluran untuk penyulang Meliau

Tabel 5 Kondisi Rugi Daya Saluran

| ID      | Type | (kW) Rugi Daya |
|---------|------|----------------|
| Line1   | Line | 2,57           |
| Line3   | Line | 0,0031         |
| Line5   | Line | 2,26           |
| Line6   | Line | 1,72           |
| Line10  | Line | 1,47           |
| Line11  | Line | 1,06           |
| Line12  | Line | 0,713          |
| Line14  | Line | 0,183          |
| Line16  | Line | 0,0382         |
| Line17  | Line | 0,0172         |
| Line18  | Line | 0,0046         |
| Line24  | Line | 1,78           |
| Line79  | Line | 0,0482         |
| Line80  | Line | 0,0372         |
| Line81  | Line | 0,0517         |
| Line82  | Line | 0,0545         |
| Line83  | Line | 0,213          |
| Line84  | Line | 0,0939         |
| Line86  | Line | 0,0162         |
| Line87  | Line | 0,302          |
| Line88  | Line | 0              |
| Line89  | Line | 0,0258         |
| Line90  | Line | 0,0389         |
| Line91  | Line | 0,178          |
| Line92  | Line | 0,102          |
| Line93  | Line | 0,162          |
| Line94  | Line | 0,311          |
| Line95  | Line | 0,328          |
| Line96  | Line | 0,529          |
| Line97  | Line | 0,0032         |
| Line98  | Line | 1,85           |
| Line99  | Line | 1,85           |
| Line101 | Line | 0,373          |
| Line103 | Line | 0,196          |



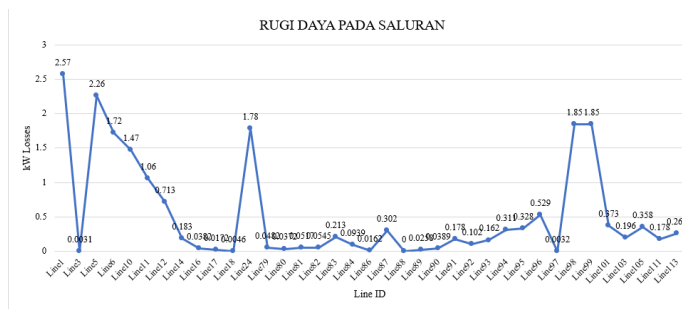
Gambar 8 Grafik Jatuh Tegangan pada saluran

Tabel 6 dan Gambar 8 menampilkan data kondisi jatuh tegangan pada saluran distribusi (Line) di jaringan listrik 20 kV. Setiap baris menunjukkan identitas saluran (ID), jenis elemen (Type), nilai jatuh tegangan (% Voltage Drop), yang terjadi pada masing-masing saluran. Berdasarkan data Dalam tabel ini, tercatat lebih dari 40 saluran distribusi dengan nilai jatuh tegangan bervariasi, mulai dari 0% hingga 0,44%. Nilai tertinggi jatuh tegangan terjadi pada Line1 dengan 0,44%, diikuti oleh Line5 (0,41%), Line6 (0,36%), dan Line10 (0,34%). Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa saluran dengan beban cukup besar atau panjang saluran yang signifikan, sehingga mengalami penurunan tegangan yang relatif tinggi dibandingkan saluran lainnya.

Meskipun demikian, seluruh nilai jatuh tegangan pada saluran masih berada dalam batas toleransi standar. Umumnya, batas maksimum jatuh tegangan yang diizinkan untuk jaringan distribusi adalah 5%, sehingga nilai-nilai dalam tabel ini masih tergolong sangat kecil dan menandakan bahwa sistem distribusi bekerja secara efisien.

Sebaliknya, nilai jatuh tegangan terendah tercatat pada Line88, yaitu 0%, yang berarti tidak terjadi penurunan tegangan sama sekali pada saluran tersebut. Hal ini bisa disebabkan oleh beban yang sangat kecil atau bahkan tidak ada aliran daya aktif pada saluran tersebut saat simulasi dilakukan. Selain itu, terdapat banyak saluran yang hanya memiliki penurunan tegangan di bawah 0,1%, seperti Line3 (0,01%), Line86 (0,04%), Line93 (0,05%), Line18 (0,03%),

|         |      |       |
|---------|------|-------|
| Line105 | Line | 0,358 |
| Line111 | Line | 0,178 |
| Line113 | Line | 0,265 |



Gambar 9 Grafik Rugi daya pada saluran

Tabel 7 dan gambar 9 menampilkan data kondisi rugi daya pada saluran distribusi (Line) di jaringan listrik 20 kV. Setiap baris menunjukkan identitas saluran (ID), jenis elemen (Type), rugi-rugi daya (kW Losses) yang terjadi pada masing-masing saluran. Berdasarkan data, dilihat dari keseluruhan data, nilai rugi daya saluran berada dalam rentang 0 kW hingga 2,57 kW. Rugi daya tertinggi tercatat pada Line1 sebesar 2,57 kW, yang kemungkinan besar merupakan saluran dengan panjang konduktor paling besar, arus beban tinggi, atau memiliki kualitas konduktor yang kurang baik. Disusul oleh Line5 (2,26 kW), Line98 (1,85 kW), Line99 (1,85 kW), dan Line24 (1,78 kW). Saluran-saluran ini memiliki rugi daya di atas 1,5 kW, yang dalam konteks distribusi tegangan menengah tergolong cukup tinggi. Kelima saluran tersebut mencerminkan 11,6% dari total saluran yang disimulasikan, namun berkontribusi besar terhadap akumulasi rugi daya keseluruhan. Penanganan khusus perlu diarahkan ke saluran-saluran ini, seperti peninjauan ulang rute saluran, pemadatan beban, atau penggantian material konduktor.

Sementara itu, sebanyak 22 saluran (sekitar 49%) memiliki rugi daya di bawah 0,1 kW, dengan beberapa nilai sangat kecil, seperti Line3 (0,0031 kW), Line97 (0,0032 kW), Line18 (0,0046 kW), dan Line16 (0,0382 kW). Bahkan, Line88 menunjukkan nilai 0 kW, yang bisa berarti tidak ada aliran arus pada saat simulasi atau saluran tersebut belum beroperasi. Nilai rugi daya yang rendah seperti ini umumnya ditemukan pada saluran pendek atau saluran dengan beban sangat ringan. Ini mencerminkan efisiensi yang tinggi pada bagian jaringan tersebut.

Selain itu, ada kelompok saluran dengan rugi daya sedang, yaitu dalam rentang 0,1 kW hingga 1,0 kW, yang mencakup mayoritas saluran lainnya. Misalnya, Line11 (1,06 kW), Line12 (0,713 kW), Line101 (0,373 kW), dan Line105 (0,358 kW). Nilai-nilai ini masih tergolong dapat diterima, namun tetap perlu diawasi dan dievaluasi secara berkala, terutama jika tren beban terus meningkat.

Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa jaringan penyulang Meliau memiliki variasi rugi daya yang cukup lebar. Sekitar 11% saluran berada di rentang tinggi (>1,5 kW), 40% berada di rentang sedang (0,1–1,0 kW), dan hampir 49% berada di rentang rendah (<0,1 kW).

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis menggunakan software ETAP terhadap sistem distribusi 20kV Feeder Meliau dapat di simpulkan bahwa:

1. Seluruh nilai penurunan tegangan (voltage drop) berada dalam batas toleransi, yaitu di bawah 5% dari tegangan nominal, yang menunjukkan bahwa sistem masih bekerja dengan baik secara teknis.
2. Nilai rugi daya yang di peroleh dari berbagai titik pengukuran, baik pada saluran maupun trafo, masih berada dalam batas standar maksimum 10% sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 dimana hasil simulasi diperoleh rugi daya keseluruhan sebesar 5,72kw atau 5,7%.
3. Titik-titik dengan rugi daya tertinggi, seperti pada PT.Finantara Intiga dan Line1, perlu mendapat perhatian lebih lanjut untuk perbaikan atau optimalisasi sistem distribusi agar efisiensi dapat ditingkatkan, jika dilihat dari hasil Analisa yang dilakukan rugi daya masih dalam batas standar yang di perbolehkan dalam system distribusi.

## Saran

Disarankan untuk melakukan analisis berkala dan pembaruan data sistem distribusi agar dapat segera diidentifikasi titik-titik dengan rugi daya tinggi. Selain itu, pemanfaatan software ETAP dalam perencanaan dan evaluasi sistem distribusi sangat efektif untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi jaringan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Pratiwi and M. A. F. Haurissa, "Analisa Rugi Daya Berbasis ETAP pada Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Ahuru," *J. ELKO (Elektrikal dan Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 328–337, 2023, doi: 10.54463/je.v4i1.84.
- [2] A. Nizar, "Analisis Rugi Daya Menggunakan Etap Pada Jaringan Distribusi 20Kv Penyulang Bagong," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, pp. 195–202, 2021.
- [3] J. T. Manalu, S. M. Panggabean, J. Napitupulu, J. Sinaga, and J. Jumari, "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 Kv Di Pt.Plh (Persero) Up3 Sibolga," *J. Teknol. Energi Uda J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 15, 2023, doi: 10.46930/jteu.v12i1.2843.
- [4] S. Sugianto, A. Jaya, and B. A. Ashad, "Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara Dengan ETAP 12.6," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 51–54, 2020, doi: 10.33387/protk.v7i1.1690.
- [5] A. Arifin, "Analisis Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Menggunakan Etap 12.6.0 Penyulang Polres Waisai Pt. Plh (Persero) Ulp Waisai," No. Table

- [6] D. U. Y. W. Redho Hermawan, “Analisa Rugi Daya Saluran Pada Penyulang Arwana Sebelum dan Sesudah Perbaikan Menggunakan Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 7.5.0 Di PT.PLN (Persero) Area Palembang,” *Desiminasi Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 175–189, 2017.
- [7] Afriditus, Arsyad M.I, and Abidin Zainal, “Perhitungan Rugi-Rugi Daya Dan Energi Listrik Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP Nanga Pinoh,” *J. Tek. Elektro*, 2022.
- [8] E. H. Harun, M. T. Adam, and J. Ilham, “Perbaikan Kualitas Tegangan Distribusi 20 kV di Gardu Hubung Lemito Melalui Studi Aliran Daya,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 143–147, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13825.
- [9] M. Aziz, “Studi Analisis Losses dan Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi GI Sidera Feeder Palolo PT PLN ( Persero ) dengan Uprating Konduktor dan Capacitor Placement Berbasis ETAP 16.0.0,” pp. 1–9, 1993.
- [10] I. A. Rachmat and M. Taufik, “Analisis Rugi Daya Pada Sistem Distribusi 20kV Menggunakan Software ETAP,” *Senter*, no. November 2020, pp. 64–69, 2020.
- [11] Z. Syamsudin, H. Suyanto, T. Elektro, S. Tinggi, and T. Pln, “Analisis Susut Energi Pada Tegangan Rendah Di Wilayah Pt. Pln (Persero) Area Bulungan,” *Sutet*, vol. 5, no. 2, pp. 51–61, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.itpln.ac.id/sutet/article/view/593>
- [12] Hardianty, Energi Baru dan Terbarukan: Harapan Menuju Ketahanan dan Kemandirian Energi Indonesia “Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika ( SNTTEI 2019 ),” no. Sntei, 2019.



Biodata Muhammad April Sugiarto, lahir di Balikpapan, Kalimantan Timur, 14 April 2003, penulis menyelesaikan pendidikan di SMK Negeri 5 Banjarmasin sebelum menempuh strata1, selama dalam perkuliahan penulis mengikuti kegiatan keanggotaan Laboratorium Konversi Energi Elektrik dengan menjabat sebagai penganggung jawab Trafo dan untuk Komunitas penulis mengikuti Robotika, saat ini penulis sedang menempuh pendidikan S-1 Teknik Elektro dengan konstansi Energi Listrik di Institut Teknoloogi Nasional Malang.