

# PROFIL TEGANGAN DAN LOSSES DI LUAR OPERASI NORMAL PADA PENYULANG KARPAN II DAN RIJALI MENGGUNAKAN ETAP

Kasmawati Tamin<sup>1</sup>, Marceau A F Haurissa<sup>2</sup>, Elisabeth T Mbitu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Teknologi Rekayasa Kelistrikan Minyak dan Gas, Politeknik Negeri Ambon*

<sup>1</sup>kasmatamin42@gmail.com, <sup>2</sup>marceauhaurissa@gmail.com, <sup>3</sup>elisabethtansianambitu@gmail.com

**Abstract** - Karpan 2 Feeder is one of the distribution facilities under PLN's Ambon City Customer Service Unit (ULP) operating in a radial system and connected to the Rijali feeder. The Karpan 2 feeder serves 30 transformers, with branches extending to the Hative Kecil Diesel Power Plant (PLTD) and the DPRD Office Substation. It has a network length of 18.455 km. The Rijali feeder, with a line length of 11.262 km, operates in a radial system and is one of the feeders with a relatively high peak load in Ambon City compared to 17 other feeders. Load data for the Rijali feeder shows that the power absorbed during peak load is 7.94 MW out of an installed capacity of 11.5 MW. Data also indicates a significant reactive power (7.3 MVAR), causing voltage drops at the feeder ends, such as bus 21 (0.948 pu or 5.2%) and buses 20, 22, 23, and 24 (0.949 pu or 5.1%).

The voltage quality improvement solution in Scenario One involved adjusting the transformer tap changer at the Hative Kecil substation. As a result, the voltage profile at the end of the feeder (GH A4 Karpan 2) increased from 19.00 kV to 19.44 kV, or by 2.32%. Additionally, technical losses decreased from 322.4 kW to 295.2 kW, a reduction of 9.21%. In Scenario Two, the solution involved adjusting the transformer tap changer at the Sirimau substation. This led to an increase in the voltage profile at the end of the feeder (LBS 3-Way Mardika) from 18.79 kV to 19.17 kV, or by 2.08%. However, technical losses increased from 381.7 kW to 389.0 kW, an increase of 1.91%.

**Keywords:** *Voltage profile, Technical losses, Outside normal operation*

**Abstrak** - Penyulang Karpan 2 merupakan salah satu sarana pendistribusian PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Ambon Kota radial yang terhubung dengan penyulang Rijali. Penyulang Karpan 2 melayani 30 Trafo, ada percabangan ke PLTD Hative Kecil dan percabangan GH Kantor DPRD. Penyulang karpan 2 mempunyai panjang jaringan 18,455 km. Penyulang Rijali dengan panjang saluran 11,262 km merupakan penyulang dengan sistem radial dimana salah satu penyulang yang mempunyai beban puncak yang cukup besar di Kota Ambon dibandingkan 17 penyulang lainnya. Data pembebanan Penyulang Rijali menunjukkan bahwa daya yang terserap pada saat beban puncak sebesar 7,94 MW dari 11,5 MW kapasitas daya terpasang. Data juga menunjukkan akibat adanya daya reaktif yang cukup besar (7,3 MVAR), mengakibatkan jatuh tegangan pada ujung penyulang, diantaranya bus 21 (0,948 pu atau 5,2%) dan bus 20, 22, 23 dan 24 (0,949 pu atau 5,1%).

Solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario satu dengan hasil merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil, profil tegangan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2) naik dari 19,00 kV menjadi 19,44 kV atau naik 2,32%. Begitupun losses teknik dari 322,4 kW menjadi 295,2 kW atau turun 9,21%. Solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario dua dengan merubah tap changer trafo di GI Sirimau, profil tegangan ujung penyulang (LBS 3Way Mardika) naik dari 18,79 kV menjadi 19,17 kV atau naik 2,08%. Begitupun losses teknik dari 381,7 kW menjadi 389,0 kW atau naik 1,91%.

**Kata kunci:** Profil tegangan, Losses teknik, Luar operasi normal

## I. PENDAHULUAN

Pada umumnya sistem distribusi tenaga listrik disalurkan mulai dari pembangkit melalui gardu induk transformator Step Up, kemudian disalurkan melalui saluran transmisi dengan tegangan 150 kV. Dari Saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator Step Down pada gardu induk distribusi. Pada gardu distribusi diturunkan tegangan dari 20 kV menjadi tegangan rendah 220/380 V sampai ke konsumen. Penyaluran kebutuhan listrik didapatkan dari gardu distribusi 20 kV.

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi sistem apakah dalam keadaan normal atau tidak dan juga dibutuhkan dalam perencanaan sistem apabila terjadi penambahan beban. Melalui analisa aliran daya karakteristik sistem diantaranya daya, tegangan dan faktor daya dapat diketahui sehingga kondisi abnormal dalam sistem seperti rugi daya (losses) dan jatuh tegangan dapat diidentifikasi [1]. Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan salah satu

cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi sistem apakah dalam keadaan normal atau tidak dan juga dibutuhkan dalam perencanaan sistem apabila terjadi penambahan beban. Melalui analisa aliran daya karakteristik sistem diantaranya daya, tegangan dan faktor daya dapat diketahui sehingga kondisi abnormal dalam sistem seperti rugi daya (losses) dan jatuh tegangan dapat diidentifikasi [1].

Penyulang Karpan 2 melayani 30 Trafo, ada percabangan ke PLTD Hative Kecil dan percabangan GH Kantor DPRD. Penyulang karpan 2 mempunyai panjang jaringan 18,455 km. Penyulang Rijali dengan panjang saluran 11,262 km merupakan penyulang dengan sistem radial dimana salah satu penyulang yang mempunyai beban puncak yang cukup besar di Kota Ambon dibandingkan 17 penyulang lainnya. Data pembebanan Penyulang Rijali menunjukkan bahwa daya yang terserap pada saat beban puncak sebesar 7,94 MW dari 11,5 MW kapasitas daya terpasang. Data juga menunjukkan akibat adanya daya reaktif yang cukup besar (7,3 MVAR), mengakibatkan jatuh tegangan pada ujung penyulang, diantaranya bus 21 (0,948 pu atau 5,2%) dan bus 20, 22, 23 dan 24 (0,949 pu atau 5,1%).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Distribusi 20 kV

Suatu Sistem Tenaga Listrik secara sederhana terdiri atas beberapa sistem, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sistem Pembangkit
2. Sistem Transmisi dan Gardu Induk
3. Sistem Distribusi
4. Sistem Sambungan Pelayanan Sistem–sistem ini saling berkaitan yang akhirnya membentuk satu kesatuan yaitu Sistem Tenaga Listrik.

### 2.2 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan karena berfungsi untuk menyalurkan atau membagi tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Source) sampai ke pelanggan. Sistem ini berhubungan dengan pelanggan karena catu daya pada pusat – pusat beban (pelanggan) dilayani langsung dengan sistem distribusi. Terdapat 2 sistem dalam jaringan distribusi tenaga listrik yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

#### 2.2.1 Pembagian Sistem Jaringan Distribusi

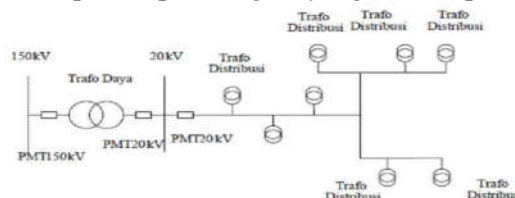
Sistem Jaringan Distribusi merupakan kumpulan dari interkoneksi antara bagian–bagian sistem jaringan listrik, mulai dari sumber daya yang besar sampai saklar–saklar pelayanan pelanggan. Menurut susunan rangkaiannya sistem distribusi dibedakan menjadi 2, yaitu :

##### 1. Sistem Distribusi Primer

Jaringan Sistem Distribusi Primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat–pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini di rentangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat–pusat beban.

##### a. Jaringan Distribusi Radial

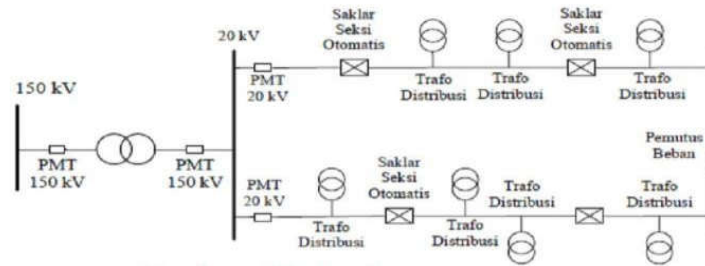
Jaringan Radial merupakan jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan maka akan terjadi black-out atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok.



Gambar 1. Konfigurasi Jaringan Radial  
(Sumber : USM Science)

##### b. Jaringan Distribusi Tertutup (Loop)

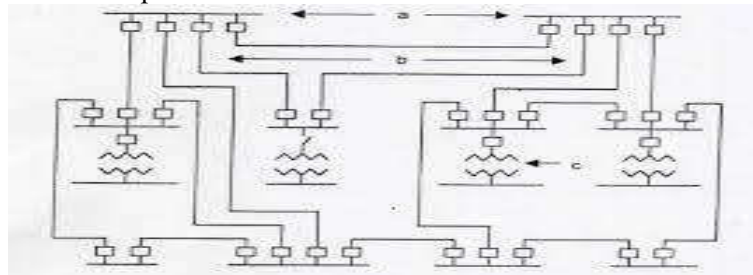
Jaringan Bentuk Tertutup merupakan jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan, sehingga bagian yang mengalami pemadaman (black out) dapat dikurangi atau bahkan dihindari.



Gambar 2. Konfigurasi Jaringan Loop  
(Sumber : USM Science)

### c. Jaringan Distribusi Jaring – Jaring (NET)

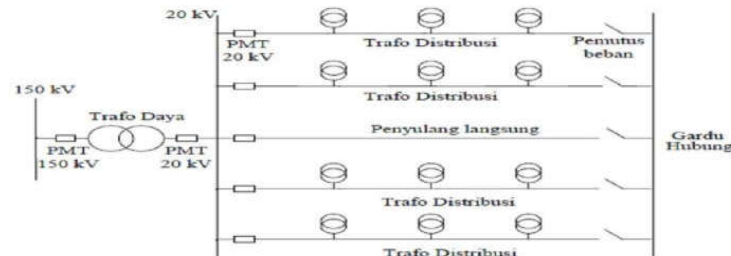
Jaringan Distribusi jaring – jaring merupakan gabungan dari beberapa saluran mesh, dimana terdapat lebih dari satu sumber sehingga berbentuk saluran interkoneksi. Jaringan ini berbentuk jaring – jaring gabungan antara bentuk radial dan Loop.



Gambar 3. Konfigurasi Jaringan NET  
(Sumber : USM Science)

### d. Jaringan Distribusi Spindel

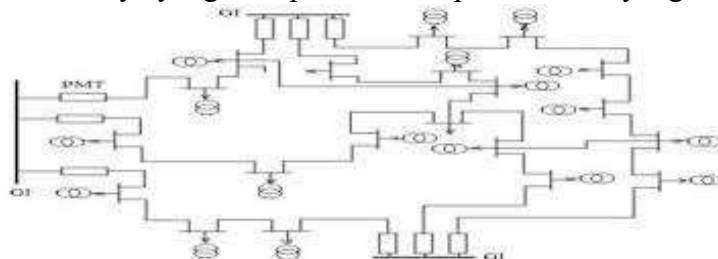
Sistem Jaringan Distribusi Spindel merupakan suatu pola kombinasi jaringan dari bentuk Radial dan bentuk Ring (Loop). Jaringan Distribusi Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk (GI) dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



Gambar 4. Konfigurasi Jaringan Spindel  
(Sumber : USM Science)

### e. Jaringan Sistem Interkoneksi

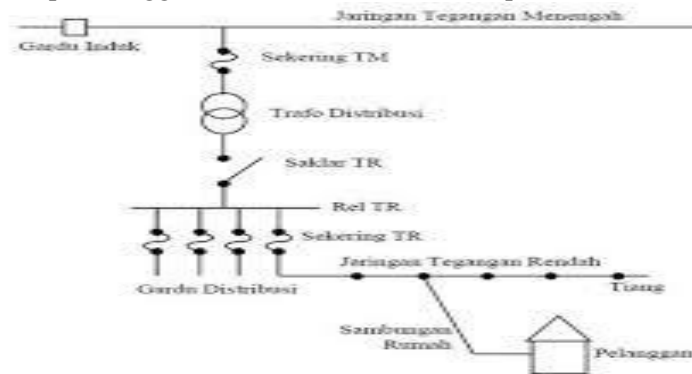
Sistem Interkoneksi merupakan pengembangan dari sistem distribusi NET. Sebuah sistem yang menyalurkan tenaga listrik dari beberapa pusat pembangkit. Sistem ini membuat penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung terus menerus (tak terputus), walaupun daerah kepadatan beban cukup luas, namun memerlukan biaya yang cukup mahal dan perencanaan yang matang.



Gambar 5. Konfigurasi Jaringan Interkoneksi  
(Sumber : USM Science)

## 2. Sistem Distribusi Sekunder

Jaringan Sistem Distribusi Sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke beban - beban yang ada di konsumen pada sistem ini bentuk saluran yang paling banyak digunakan adalah sistem radial, dimana dapat menggunakan kabel berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi.



Gambar 6. Konfigurasi Jaringan Distribusi Sekunder  
(Sumber : USM Science)

## 2.3 Profil Tegangan

Profil tegangan merupakan salah satu indikator kualitas pelayanan tenaga listrik kepada pelanggan. Salah satu indikator kualitas pelayanan tenaga listrik adalah tegangan yang diterima konsumen. Tegangan yang sampai ke konsumen dinilai baik jika nilai tegangan tertinggi dan terendah masih berada dalam batas-batas toleransi yang diberikan. Tegangan yang sampai kepada konsumen akan menurun karena adanya drop tegangan pada saluran. Drop tegangan pada saluran dipengaruhi oleh besar arus yang mengalir pada jaringan dan panjang saluran. Pada siang hari umumnya daya beban relatif kecil sehingga drop tegangan juga kecil. Sebaliknya ketika malam hari, daya beban bertambah besar sehingga drop tegangan menjadi lebih besar. Inilah yang menyebabkan umumnya tegangan yang sampai konsumen di malam hari lebih rendah daripada siang hari.

### 2.3.1 Drop Tegangan

Tegangan jatuh (Voltage Drop) merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Drop tegangan atau tegangan jatuh selalu berbanding lurus dengan panjang saluran dan luas penampang saluran/penghantar. Voltage Drop (tegangan jatuh) dinyatakan dalam persen (%) atau volt. Besar arus yang mengalir pada tahanan kawat penghantar mengakibatkan tegangan jatuh. Oleh karena itu jika arus yang mengalir pada sebuah penghantar tidak seimbang dengan luas penampang penghantar, akan menimbulkan tegangan jatuh yang besar dan menimbulkan rugi-rugi pada penghantar sehingga dapat menurunkan tegangan pada beban. Oleh karena itu tegangan jatuh pada jaringan sangat dipengaruhi oleh hambatan listrik ( $R$ ) dan reaktansi ( $X$ ).

Ketentuan level tegangan sesuai standart perusahaan listrik negara (SPLN) No. 1 tahun 1985 berada diantara +5 % s/d -10 %. Oleh karena itu perancangan jaringan distribusi harus menyesuaikan dengan standar (SPLN). Tegangan jatuh adalah besarnya penurunan tegangan pada saluran dari standar nilai tegangan atau selisih antara tegangan sumber (pangkal) dengan tegangan beban (ujung). Berdasarkan standar SPLN 1:1995 menetapkan batas toleransi drop tegangan pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebesar 10% [3] :

Faktor - faktor yang mempengaruhi 12 besarnya tegangan jatuh yaitu [4]:

1. Saluran penghantar yang lebih panjang memiliki resistensi yang lebih tinggi karena arus harus menempuh jarak yang lebih jauh antara sumber dan beban. Semakin panjang saluran semakin besar tegangan jatuh
2. Semakin besar tahanan jenis penghantar semakin besar tegangan jatuh. Beberapa bahan merupakan konduktor listrik yang lebih baik dari pada yang lain. Sebagai contoh, tembaga lebih konduktif dari pada aluminium.
3. Luas penampang penghantar. Semakin kecil luas penampang penghantar semakin besar tegangan jatuh jika mengalir arus yang besar. Konduktor penghantar yang lebih lebar memiliki konduktivitas yang lebih baik, karena ada lebih banyak bahan untuk membawa arus listrik.
4. Suhu penghantar mempengaruhi konduktivitas bahan. Tergantung pada bahan dan suhu aktual, konduktivitas dapat meningkat atau menurun dengan peningkatan suhu lebih lanjut.
5. Sambungan merupakan gangguan pada bahan konduktor dan ada resistansi kontak yang terkait dengannya. Sambungan yang kurang baik dikaitkan dengan peningkatan penurunan tegangan.

6. Arus yang dibawah oleh penghantar berbanding lurus dengan penurunan tegangan. Jika arus digandakan sementara resistansi dijaga tetap sama, penurunan tegangan juga akan berlipat ganda. Semakin besar arus beban yang mengalir pada saluran semakin besar jatuh tegangan.

## 2.4 Losses Pada Jaringan 20 kV

### 2.4.1 Pengertian Losses

Susut (losses) adalah sejumlah energi yang hilang selama proses pengaliran energi listrik mulai dari gardu induk sampai ke konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut dimulai dari gardu distribusi sampai ke konsumen. Nilai dari rugi daya pada jaringan merupakan nilai tunjuk kerja jaringan listrik dalam menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit sampai ke pusat-pusat beban. Penyebab susut ada beberapa faktor seperti jarak saluran listrik yang terlalu jauh, ketidakseimbangan beban, sambungan (connector) konduktor yang panas dll. Susut pada sistem transmisi tegangan tinggi sangat dipengaruhi oleh tingkat pembebanan, penampang konduktor, resistansi penghantar. Rugi-rugi daya merupakan sifat yang tidak dapat dihindari, tetapi hanya dapat diminimalkan. Jenis susut (losses) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Berdasarkan sifatnya :
  - a. Susut teknis, yaitu hilangnya energi listrik yang dibangkitkan pada saat disalurkan karena berubah terjadi energi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan (fenomena alam).
  - b. Susut nonteknis, yaitu hilang energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan.
2. Berdasarkan tempat terjadinya :
  - a. Susut transmisi, yaitu hilangnya energi listrik yang di bangkitkan pada saat disalurkan melalui jaringan transmisi ke gardu induk.
  - b. Susut distribusi, yaitu hilangnya energi listrik yang didistribusikan dari gardu induk melalui jaringan distribusi ke pelanggan. Rugi-rugi daya mencerminkan adanya daya yang terbuang sehingga mengakibatkan daya yang diterima disisi penerima lebih kecil dari daya yang dikirim pada sisi pengirim. Pembuangan daya ini dikonversikan dalam bentuk panas pada sistem transmisi selama selang waktu tertentu. Sehingga energi yang diterima pada sisi penerima lebih kecil dari energi yang dikirim. Secara umum rugi- rugi daya ini disebabkan oleh tahanan pada penghantar.

### 2.4.2 Perhitungan Susut Pada Saluran Distribusi

Untuk mendapatkan besarnya susut yang terjadi pada saluran distribusi terdapat beberapa perhitungan yang digunakan perhitungan Rugi-rugi daya secara manual Dalam proses transmisi tenaga listrik sering kali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh komponen-komponen kawat penghantar itu sendiri, arus yang mengalir pada penghantar dengan resistansi akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi pada penghantar tersebut, sehingga daya yang dikirim dari Gardu Induk ke konsumen akan berkurang. Rugirugi daya yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada saluran, kerugian daya ini mempengaruhi kualitas daya yang disalurkan ke sisi penerima, rugi-rugi daya yang besar menyebabkan kerugian finansial disisi perusahaan pengolah listrik. Besarnya rugi-rugi daya pada penghantar saluran 3 fasa yaitu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$P_{Losses} = 3I^2 R_{total} \dots\dots\dots 1$$

dimana:

$$P_{Losses} = \text{Rugi-rugi daya (W)}$$

$$I = \text{Arus yang disalurkan (A)}$$

$$R_{total} = \text{Resistansi Total } (\Omega)$$

Untuk mencari nilai Resistansi Total, dapat menggunakan persamaan

$$R_{total} = R \times l \dots\dots\dots 2$$

dimana :

$$R = \text{Resistansi } (\Omega/\text{km})$$

$$R_{total} = \text{Resistansi Total } (\Omega)$$

$$l = \text{Jarak penghantar (km)}$$

### 2.4.3 Perhitungan Susut Energi

Susut energi adalah suatu kondisi atau keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sama dengan energi yang diterima pada sisi penerimaan. Susut energi adalah seharga dengan rugi daya rata-rata untuk periode tertentu dikalikan dengan jumlah jam dari periode yang bersangkutan. Susut Energi adalah jumlah

energi kWh yang hilang. Persero Angkasa pura 1 akan mendapatkan kerugian finansial ketika susut energi bertambah besar. Faktor yang menentukan besarnya susut pada jaringan tegangan menengah adalah jenis atau ukuran saluran yang digunakan, panjang suplai energi listrik, dan besaran waktu pembebanan. Dikarenakan daya yang diterima berbeda dengan daya kirim. Sehingga daya kirim tidak bisa terjual sepenuhnya. Untuk menghitung susut energi menggunakan persamaan di bawah ini :

$$E = P_{Losses} \times t \dots\dots\dots 3$$

dimana:

- E = Susut energi (kWh)
- $P_{Losses}$  = Rugi-rugi Daya (W)
- t = Waktu pemakaian (jam)

#### 2.4.4 Analisa Load Flow

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 unjuk 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., dengan karakteristik beban terpusat (lumped load), jaringan sistem distribusi tenaga listrik berupa jaringan radial dan sumber tegangan berasal dari saluran menengah PLN 20 kV. Analisis aliran daya diawali menghitung tegangan pada setiap simpul (bus) terpasang, pembebanan pada transformator, pembebanan pada saluran atau penghantar, nilai rugi daya, jatuh tegangan sistem, dan aliran daya pada jaringan sistem tenaga listrik terpasang.

#### 2.5 ETAP

ETAP (Electric Transient Analysis Program) merupakan suatu software (perangkat lunak) yang digunakan suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan offline yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan online untuk pengelolaan data real time [5]. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan menggunakan ETAP antara lain : Analisa aliran daya, analisa hubung singkat, motor starting, Arc Flash Analysis, Harmonics power sistem , analisa kestabilan transien.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja menggunakan ETAP antara lain : [2]

1. Single Line Diagram, Merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun analisa rangkaian.
2. Library, merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun dari peralatan yang lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi ataupun analisa.
3. Study case, parameter yang berhubungan dengan metode studi yang dilakukan serta format hasil analisa
4. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC (International Electrotechnical Commission) dan ANSI (American National Standar Institute). Perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60 Hz.

### III. METODE

Penelitian ini bertempat PT. PLN (Persero). Jenis data yang diperlukan i) *SLD* Penyulang Karpan II dan Rijali, ii) data trafo, iii) data saluran penyulang iv) data pembangkit v) data beban penyulang vi) data beban puncak vii) data penempatan LBS. Simulasi data dilakukan menggunakan *ETAP*.

Analisa data dimulai dengan hasil simulasi running *ETAP* untuk mengetahui profil tegangan dan losses pada operasi normal.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil

##### 4.1.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penyulang Karpan 2 merupakan salah satu dari 6 penyulang yang disuplai dari gardu induk (GI)

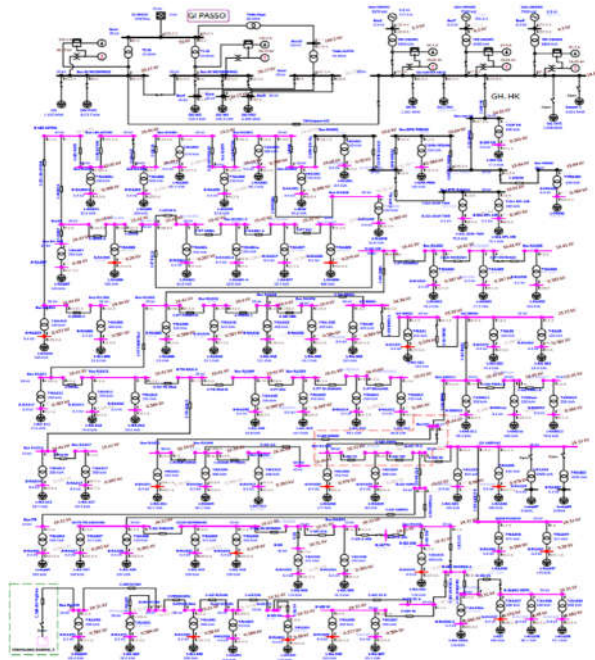
Sirimau, di wilayah PT. PLN (Persero) Area Ambon. Penyulang Rijali mempunyai panjang penghantar 29,310 km, melayani 64 trafo distribusi dengan tegangan 20/0,4 kV dan mempunyai total daya terpasang 14,87 MVA serta total beban sebesar 5,596 MW. Pada penyulang ini terdapat 4 load breaker switch (LBS) yang terdiri dari i) LBS Gadihu ii) LBS Latanza iii) LBS Pabrik Susu 1 iv) LBS Tanah Rata.

Penyulang Rijali merupakan salah satu dari 9 penyulang yang disuplai dari gardu hubung (GH) PLTD Hative Kecil, berada di wilayah PT. PLN (Persero) Area Ambon. Penyulang Rijali mempunyai panjang penghantar 22,142 km, melayani 74 trafo distribusi dengan tegangan 20/0,4 kV dan mempunyai total daya terpasang 19,285 MVA serta total beban sebesar 5,520 MW. Pada penyulang ini terdapat 5 load breaker switch (LBS) yang terdiri dari i) LBS Astan ii) LBS Kapaha iii) LBS 3Way Mardika 1 iv) LBS Al-Fatah v) LBS 3Way Waihaong.

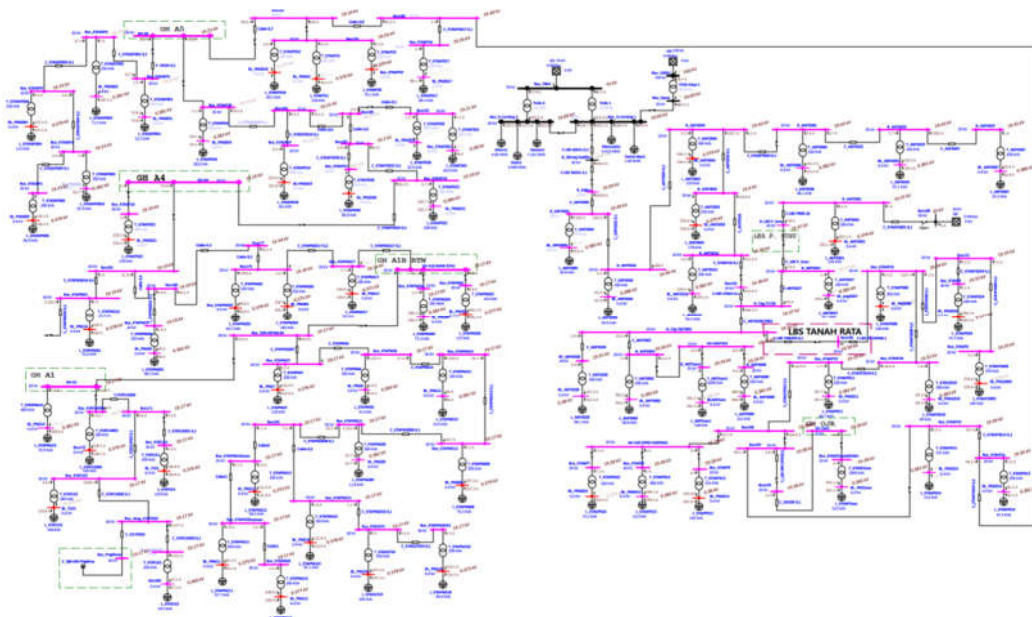
## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1 Percobaan Operasi Normal Masing – Masing Penyulang Karpan II dan Rijali

Pangkal penyulang berada pada GH Hative Kecil dan ujung penyulang berada pada LBS Prigilima.



Gambar 7. Hasil Simulasi Aliran Daya Penyulang Rijali Saat Operasi Normal



Gambar 8. Hasil Simulasi Aliran Daya Penyulang Karpan II Saat Operasi Normal

#### 4.2.2 Profil Tegangan Penyulang Karpan II dan Rijali Saat Operasi Normal

Berdasarkan hasil simulasi di atas, maka dapat melihat profil tegangan pada kedua penyulang, yaitu sebagai berikut :

Tabel 1. Profil Tegangan Penyulang Rijali Saat Operasi Normal

Feeder	Arus (A)	Tegangan Menengah (kV)			Drop Tegangan	
		Pangkal	Tengah	Ujung	KV	%
		GH Htv Kcl	GH Amplas	LBS Prigilima		
Rijali	157,8	19,65	19,32	19,31	0,34	1,76

Tabel 2. Kondisi Losses Teknik Penyulang Rijali Saat Operasi Normal

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		% Drop
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	in Vmag
T-RJL054	-0.064	-0.040	0.065	0.042	1.4	2.1	94.3	97.2	2.91
T-RJL055	0.013	0.008	-0.013	-0.008	0.0	0.0	96.5	96.2	0.28
T-RJL056	-0.013	-0.008	0.013	0.008	0.0	0.0	96.8	97.0	0.23
T-RJL057	-0.007	-0.004	0.007	0.004	0.0	0.0	96.8	97.1	0.31
T-RJL059	-0.025	-0.016	0.025	0.016	0.1	0.1	97.3	97.7	0.45
T-RJL060	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0.0	0.0	96.9	97.0	0.11
T-RJL061	-0.010	-0.006	0.010	0.006	0.0	0.0	96.7	97.1	0.44
T-RJL061a	-0.013	-0.008	0.013	0.008	0.1	0.1	96.5	97.1	0.55
T-RJL064	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	96.5	96.0	0.52
T-RJL065	-0.011	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.0	96.7	97.0	0.32
T-RJL067	0.013	0.008	-0.013	-0.008	0.0	0.0	96.5	96.2	0.29
T-RJL20	-0.108	-0.067	0.109	0.068	1.0	1.5	95.7	96.9	1.21
T-RJL21	-0.120	-0.074	0.122	0.077	2.0	3.0	94.6	96.8	2.18
T-RJL22	-0.049	-0.031	0.050	0.031	0.5	0.8	95.4	96.8	1.39
T-RJL62	-0.042	-0.026	0.042	0.026	0.4	0.5	95.6	96.8	1.17
T-SSPHK	-0.012	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.0	97.9	98.2	0.32
					188.5	89.9			

Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa profil tegangan penyulang Rijali saat operasi normal pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 19,65 kV dan ujung penyulang (LBS Parigilima) sebesar 19,31 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,34 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 1,76%. Sedangkan tabel 2 terlihat bahwa losses teknik sebesar 188,5 kW dan 89,9 kVAR.

Tabel 3. Profil Tegangan Penyulang Karpan II Operasi Normal

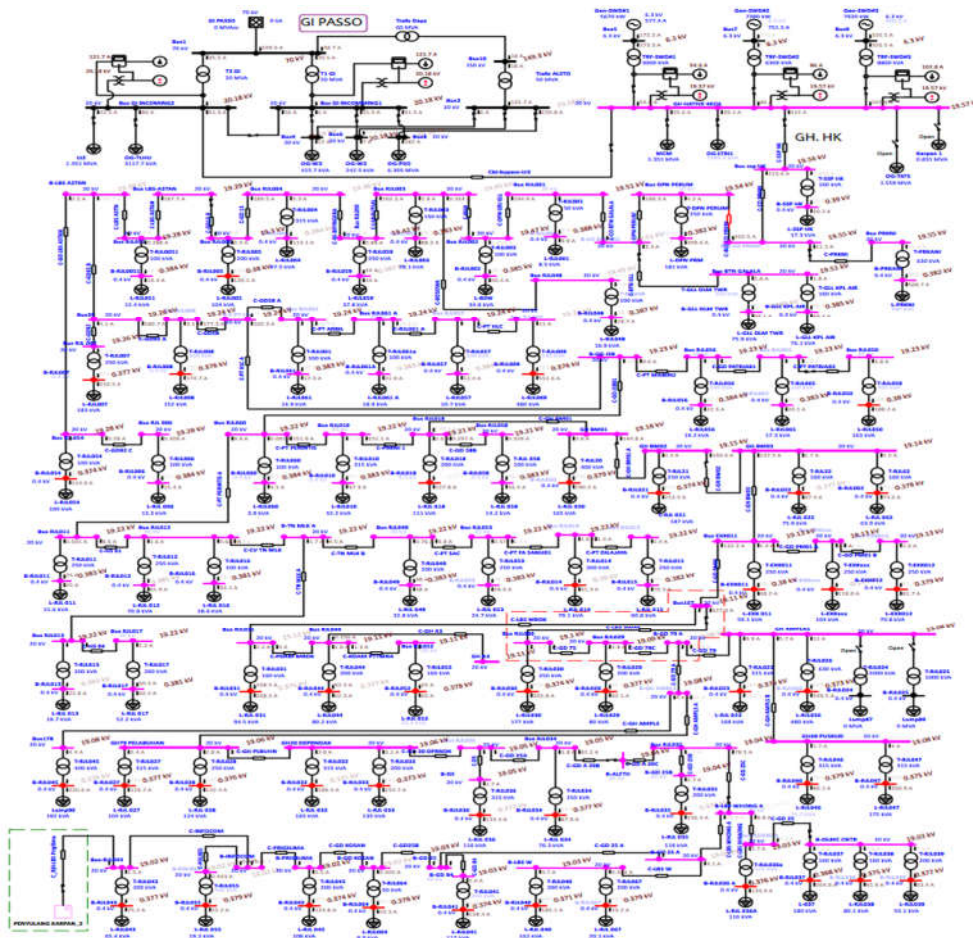
Feeder	Arus (A)	Tegangan Menengah (kV)			$\Delta V$	
		Pangkal	Tengah	Ujung	KV	%
		GI Sirimau	GH A5	LBS Prigilima		
Karpan 2	169,1	19,69	19,23	19,17	0,52	2,71

Tabel 4. Kondisi Losses Teknik Penyulang Rijali Saat Operasi Normal

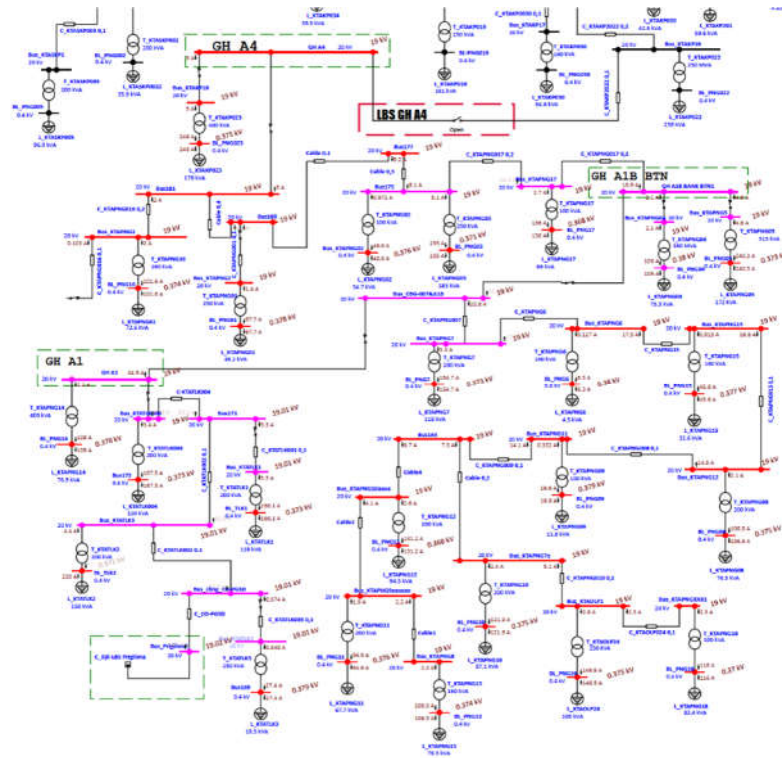
Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T_KTAPNG01	-0.092	-0.030	0.093	0.032	0.9	1.4	94.6	95.8	1.29
T_KTAPNG02	-0.043	-0.014	0.043	0.014	0.2	0.3	95.3	95.9	0.59
T_KTAPNG03	0.031	0.010	-0.030	-0.010	0.3	0.4	95.9	94.8	1.07
T_KTAPNG04	-0.158	-0.052	0.161	0.056	2.8	4.2	93.6	95.9	2.23
T_KTAPNG05	-0.067	-0.022	0.067	0.022	0.0	0.0	95.9	95.9	0.00
T_KTAPNG06	-0.150	-0.049	0.152	0.052	2.0	3.0	94.2	95.9	1.68
T_KTAPNG08	-0.067	-0.022	0.067	0.023	0.6	0.9	94.7	95.9	1.17
T_KTAPNG09	-0.010	-0.003	0.010	0.003	0.0	0.0	95.3	95.9	0.36
T_KTAPNG10	-0.076	-0.023	0.077	0.026	0.8	1.2	94.3	95.9	1.34
T_KTAPNG11	-0.059	-0.020	0.060	0.020	0.3	0.7	94.8	95.9	1.04
T_KTAPNG12	-0.081	-0.026	0.082	0.029	1.8	2.8	93.0	95.9	2.90
T_KTAPNG13	-0.068	-0.022	0.069	0.024	0.8	1.2	94.3	95.9	1.51
T_KTAPNG14	-0.068	-0.022	0.068	0.023	0.3	0.5	95.3	95.9	0.59
T_KTAPNG17	-0.029	-0.009	0.029	0.010	0.1	0.2	95.2	95.9	0.63
T_KTAPNG16	-0.063	-0.021	0.064	0.022	0.7	1.0	94.6	96.0	1.40
T_KTAPNG17	-0.083	-0.027	0.083	0.030	2.0	3.0	92.9	95.9	3.01
T_KTAPNG18	-0.072	-0.024	0.073	0.026	1.4	2.2	93.3	95.8	2.56
T_KTAPNG6	-0.004	-0.001	0.004	0.001	0.0	0.0	95.8	95.9	0.09
T_KTAPNG7	-0.102	-0.034	0.104	0.036	1.5	2.2	94.1	95.9	1.81
T_KTASKP001	-0.046	-0.013	0.047	0.016	0.3	0.4	95.3	96.2	0.81
T_KTASKP002	-0.032	-0.010	0.032	0.011	0.1	0.2	95.6	96.1	0.55
T_KTASKP003	-0.063	-0.021	0.063	0.021	0.4	0.6	95.3	96.1	0.88
T_KTASKP004	-0.098	-0.032	0.099	0.034	1.1	1.6	94.8	96.1	1.38
T_KTASKP005	-0.083	-0.028	0.086	0.029	1.0	1.5	94.6	96.1	1.49
T_KTATLK004	-0.104	-0.034	0.106	0.036	1.5	2.3	94.0	95.9	1.84
T_KTATLK1	-0.103	-0.034	0.103	0.036	1.5	2.2	94.0	95.9	1.83
T_KTATLK2	-0.136	-0.043	0.138	0.049	2.6	3.9	93.4	95.9	2.43
T_KTATLK3	-0.017	-0.006	0.017	0.006	0.0	0.0	95.6	95.9	0.24
Trafo 1	5.058	2.418	-5.054	-2.222	4.4	196.4	100.0	98.5	1.53
Trafo 2	6.404	2.846	-6.392	-2.401	12.3	243.3	100.0	98.5	1.53
TrafoDays 1	15.175	7.255	-15.161	-6.666	13.1	589.2	100.0	98.5	1.53
					207.6	565.7			

Berdasarkan tabel 3, terlihat bahwa profil tegangan penyulang Karpan 2 saat operasi normal pada pangkal penyulang (GI Sirimau) sebesar 19,69 kV dan ujung penyulang (LBS Parigilima) sebesar 19,17 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,52 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 2,71%. Sedangkan tabel 4 terlihat bahwa losses teknis sebesar 207,6 kW dan 565,7 kVAR.

#### 4.2.3 Percobaan Skenario Satu Diluar Operasi Normal Penyulang Rijali Dengan Sebagian Beban Penyulang Karpan II



Gambar 9. Penyulang Rijali memikul sebagian beban penyulang karpan 2 melalui LBS prigilima sampai GH A4 di luar operasi normal penyulang Rijali



Gambar 10. Potongan beban penyulang Karpan 2 dari LBS Prigilima sampai GH A4 saat penyulang di luar operasi normal

Skenario satu memiliki beban dan panjang jaringan menjadi bertambah sehingga pangkal jaringan berada di GH Hative Kecil dan ujung jaringan berada di GH A4 pada penyulang Karpan 2, Sehingga profil tegangan menjadi berubah seperti dalam tabel 4.

Tabel 4 Profil tegangan penyulang Rijali saat diluar operasi normal

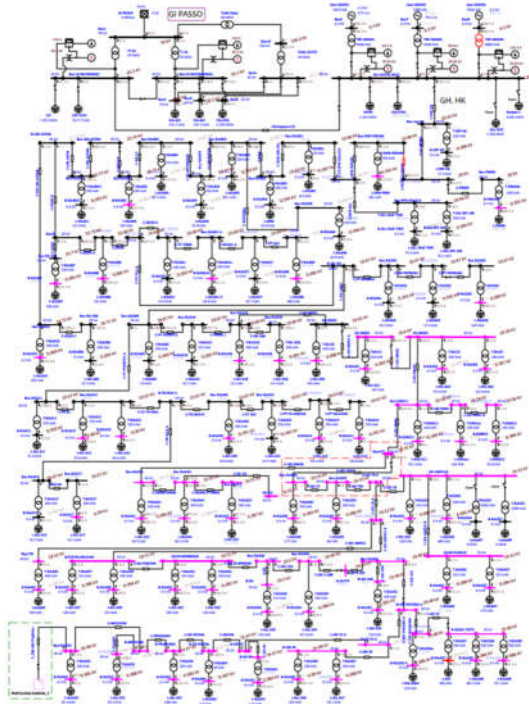
Feeder	Arus (A)	Tegangan Menengah (kV)			Drop Tegangan	
		Pangkal	Tengah	Ujung	KV	%
		GH Htv Kcl	GH 20 (Deprdag)	GH A4 (Karpan2)		
Rijali	214	19,57	19,06	19,00	0,57	3

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		% Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T-RJL040	0.103	0.065	-0.101	-0.063	1.8	2.7	95.1	92.8	2.34
T-RJL041	0.072	0.045	-0.071	-0.044	0.9	1.3	95.1	93.5	1.62
T-RJL042	0.069	0.044	-0.068	-0.042	0.8	1.2	95.1	93.5	1.56
T-RJL043	-0.042	-0.026	0.042	0.026	0.3	0.5	94.1	93.1	0.95
T-RJL044	-0.051	-0.032	0.052	0.032	0.5	0.7	94.4	93.5	1.17
T-RJL045	-0.122	-0.076	0.123	0.078	1.3	1.9	94.0	93.4	1.39
T-RJL046	-0.048	-0.030	0.048	0.030	0.3	0.4	94.7	93.4	0.69
T-RJL047	-0.111	-0.069	0.112	0.071	1.4	2.0	93.8	93.4	1.01
T-RJL048	-0.011	-0.007	0.011	0.007	0.0	0.1	96.7	97.2	0.50
T-RJL049	-0.021	-0.013	0.021	0.013	0.1	0.1	95.6	96.1	0.48
T-RJL050	-0.105	-0.065	0.106	0.067	0.9	1.4	94.9	96.1	1.19
T-RJL052	-0.036	-0.022	0.036	0.023	0.3	0.4	94.3	93.5	1.03
T-RJL053	-0.016	-0.010	0.016	0.010	0.0	0.1	95.8	96.1	0.29
T-RJL054	-0.063	-0.039	0.065	0.041	1.4	2.1	93.5	96.4	2.90
T-RJL055	0.012	0.008	-0.012	-0.008	0.0	0.0	95.1	94.8	0.28
T-RJL056	-0.013	-0.008	0.013	0.008	0.0	0.0	95.9	96.1	0.22
T-RJL057	-0.007	-0.004	0.007	0.004	0.0	0.0	95.9	96.2	0.31
T-RJL059	-0.025	-0.016	0.025	0.016	0.1	0.1	96.6	97.1	0.44
T-RJL060	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0.0	0.0	96.0	96.1	0.11
T-RJL061	-0.010	-0.006	0.010	0.006	0.0	0.0	95.8	96.2	0.44
T-RJL061a	-0.012	-0.008	0.012	0.008	0.1	0.1	95.7	96.2	0.55
T-RJL064	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	95.1	94.6	0.52
T-RJL065	-0.011	-0.007	0.011	0.007	0.0	0.0	95.8	96.1	0.32
T-RJL067	0.013	0.008	-0.013	-0.008	0.0	0.0	95.1	94.9	0.29
T-RJL20	-0.106	-0.066	0.107	0.067	1.0	1.4	94.7	93.9	1.20
T-RJL21	-0.138	-0.073	0.120	0.076	2.0	2.9	93.6	93.8	2.17
T-RJL22	-0.049	-0.030	0.049	0.031	0.5	0.8	94.3	93.7	1.38
T-RJL62	-0.041	-0.025	0.041	0.026	0.4	0.5	94.5	93.7	1.16
T-SSP HRC	-0.012	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.0	97.5	97.8	0.32

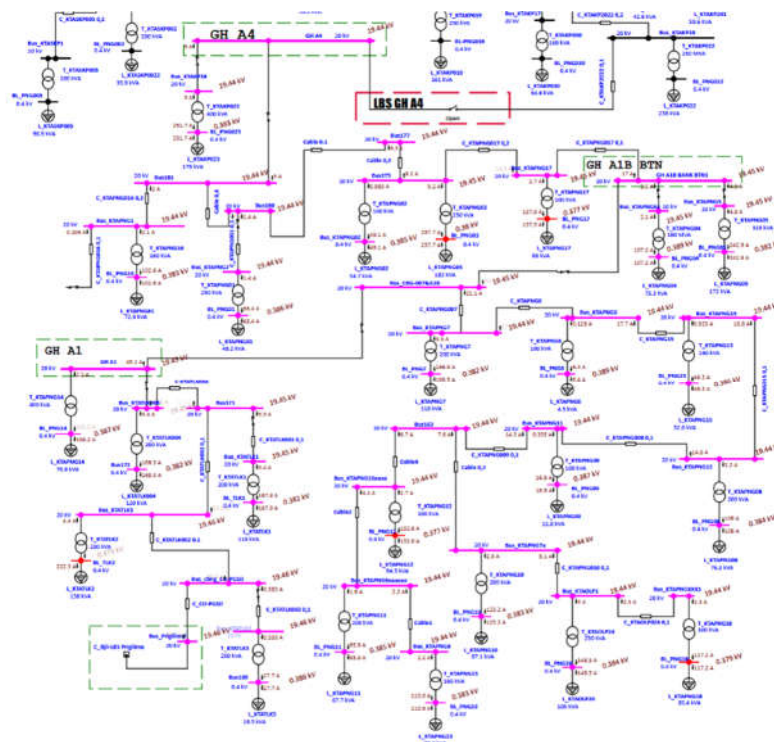
Berdasarkan tabel 4, terlihat bahwa profil tegangan penyulang Rijali saat diluar operasi normal pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 19,57 kV dan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2)

sebesar 19,00 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,57 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 3%. Sedangkan tabel 5, terlihat bahwa losses teknis sebesar 322,4 kW dan 180,0 kVAR.

Solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario satu dengan merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil, sehingga mendapat perubahan kualitas tegangan sebagai berikut :



Gambar 11. Penyulang Rijali memikul sebagian beban penyulang karpan 2 melalui LBS Prigilima sampai GH A4 di luar operasi normal penyulang Rijali setelah perbaikan profil tegangan dengan merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil



Gambar 12. Potongan beban penyulang Karpan 2 dari LBS prigilima sampai GH A4 saat penyulang di luar operasi normal dengan perbaikan kualitas tegangan pada tap changer trafo

Tabel 6. Profil tegangan penyulang Rijali saat diluar operasi normal setelah perbaikan profil tegangan dengan merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil

Feeder	Arus (A)	Tegangan Menengah (kV)			Drop Tegangan	
		Pangkal	Tengah	Ujung	KV	%
		GH Htv Kcl	GH 20 (Deprdag)	GH A4 (Karpan2)		
Rijali	216,1	20,02	19,51	19,44	0,58	2,98

Tabel 7. Kondisi losses teknik pada penyulang Rijali saat diluar operasi normal setelah perbaikan profil tegangan melalui perubahan tap changer trafo di GH Hative Kecil

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		% Drop in Vmag
	MW	MVar	MW	MVar	kW	kVar	From	To	
T.RJL040	0.107	0.068	-0.105	-0.065	1.9	2.8	97.4	95.0	2.36
T.RJL041	0.074	0.047	-0.073	-0.043	0.9	1.3	97.4	95.7	1.64
T.RJL042	0.071	0.045	-0.071	-0.044	0.8	1.3	97.3	95.7	1.58
T.RJL043	-0.043	-0.027	0.043	0.027	0.3	0.5	96.4	97.3	0.96
T.RJL044	-0.053	-0.033	0.054	0.034	0.5	0.7	96.6	97.8	1.18
T.RJL045	-0.126	-0.078	0.128	0.080	1.3	2.0	96.2	97.6	1.41
T.RJL046	-0.050	-0.031	0.050	0.031	0.3	0.4	96.9	97.6	0.70
T.RJL047	-0.115	-0.071	0.116	0.073	1.4	2.1	96.0	97.6	1.63
T.RJL048	-0.012	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.1	99.0	99.3	0.30
T.RJL049	-0.022	-0.014	0.022	0.014	0.1	0.1	97.9	98.3	0.48
T.RJL050	-0.109	-0.067	0.110	0.069	1.0	1.4	97.2	98.4	1.20
T.RJL052	-0.037	-0.023	0.038	0.024	0.3	0.4	96.7	97.8	1.04
T.RJL053	-0.017	-0.010	0.017	0.010	0.0	0.1	98.1	98.3	0.29
T.RJL054	-0.083	-0.040	0.087	0.043	1.4	2.1	95.7	98.6	2.93
T.RJL055	0.013	0.008	-0.013	-0.008	0.0	0.0	97.3	97.0	0.28
T.RJL056	-0.013	-0.008	0.013	0.008	0.0	0.0	98.1	98.4	0.23
T.RJL057	-0.007	-0.004	0.007	0.005	0.0	0.0	98.1	98.4	0.32
T.RJL059	-0.026	-0.016	0.026	0.016	0.1	0.1	98.9	99.3	0.45
T.RJL060	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0.0	0.0	98.2	98.4	0.12
T.RJL061	-0.010	-0.006	0.010	0.006	0.0	0.0	98.0	98.4	0.44
T.RJL061a	-0.013	-0.008	0.013	0.008	0.1	0.1	97.9	98.4	0.56
T.RJL064	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	97.3	96.8	0.52
T.RJL065	-0.012	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.0	98.1	98.4	0.32
T.RJL067	0.013	0.008	-0.013	-0.008	0.0	0.0	97.4	97.1	0.30
T.RJL20	-0.110	-0.068	0.111	0.069	1.0	1.5	96.9	98.1	1.21
T.RJL21	-0.122	-0.076	0.124	0.079	2.0	3.0	95.8	98.0	2.19
T.RJL22	-0.050	-0.031	0.051	0.032	0.5	0.8	96.5	97.9	1.39
T.RJL62	-0.042	-0.026	0.043	0.027	0.4	0.6	96.7	97.9	1.17
T.SSPHK	-0.012	-0.007	0.012	0.007	0.0	0.0	99.8	100.1	0.32
					295.2	197.0			

Berdasarkan tabel 6, terlihat bahwa profil tegangan penyulang Rijali pada solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario satu dengan merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil, pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 20,02 kV dan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2) sebesar 19,44 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,58 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 2,98%. Sedangkan tabel 7, terlihat bahwa losses teknis sebesar 295,2 kW dan 197,0 kVAR.

### 4.3. Implementasi

Solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario satu dengan hasil merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil, profil tegangan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2) naik dari 19,00 kV menjadi 19,44 kV atau naik 2,32%. Begitupun losses teknik dari 322,4 kW menjadi 295,2 kW atau turun 9,21%.

Solusi perbaikan kualitas tegangan pada skenario dua dengan merubah tap changer trafo di GI Sirimau, profil tegangan ujung penyulang (LBS 3Way Mardika) naik dari 18,79 kV menjadi 19,17 kV atau naik 2,08%. Begitupun losses teknik dari 381,7 kW menjadi 389,0 kW atau naik 1,91%.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data pada bab sebelumnya, untuk menentukan profil tegangan dan losses menggunakan Etap 21.0.1 dapat disimpulkan sebagai berikut : gambaran profil tegangan dan losses pada penyulang Karpan 2 dan Rijali pada saat operasi normal menggunakan ETAP. Menghasilkan profil tegangan dan jatuh tegangan pada operasi normal belum melebihi ketentuan SPLN Nomor 72 tahun 1987 sebesar 5%.

Profil tegangan penyulang Rijali saat operasi normal pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 19,65 kV, tengah penyulang (GH Amplas) sebesar 19,32 kV dan ujung penyulang (LBS Parigilima) sebesar 19,31 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,34 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 1,76%. Sedangkan losses teknik sebesar 188,5 kW dan 89,9 kVAR. Sedangkan, Profil tegangan penyulang Karpan 2 saat operasi normal pada pangkal penyulang (GI Sirimau) sebesar 19,69 kV, tengah penyulang (GH A5) sebesar 19,23 kV dan ujung penyulang (LBS Parigilima) sebesar 19,17 kV, dengan

demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,52 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 2,71%. Sedangkan *losses* teknis sebesar 207,6 kW dan 565,7 kVAR.

Gambaran profil tegangan dan *losses* pada penyulang Karpan 2 dan Rijali di luar operasi normal menggunakan ETAP. Menghasilkan profil tegangan dan jatuh tegangan pada operasi normal belum melebihi ketentuan SPLN Nomor 72 tahun 1987 sebesar 5%. Percobaan skenario satu di luar operasi normal penyulang Rijali dengan sebagian beban penyulang Karpan 2, profil tegangan pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 19,57 kV, tengah penyulang (GH 20 Deperindag) sebesar 19,06 kV dan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2) sebesar 19,00 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,57 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 3%. Sedangkan *losses* teknis sebesar 322,4 kW dan 180,0 kVAR. Profil tegangan setelah perbaikan profil tegangan dengan merubah tap changer trafo di GH Hative Kecil pada pangkal penyulang (GH Hative Kecil) sebesar 20,02 kV, tengah penyulang (GH 20 Deperindag) sebesar 19,51 kV dan ujung penyulang (GH A4 Karpan 2) sebesar 19,44 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,58 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 2,98%. Sedangkan *losses* teknis sebesar 295,2 kW dan 197,0 kVAR. Percobaan skenario dua di luar operasi normal penyulang Karpan 2 dengan sebagian beban penyulang Rijali. Profil tegangan penyulang Rijali saat operasi normal pada pangkal penyulang (GI Sirimau) sebesar 19,66 kV, tengah penyulang (GH A5 Karpan 2) sebesar 18,97 kV dan ujung penyulang (LBS 3Way Mardika) sebesar 18,79 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,87 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 4,63%. Sedangkan tabel 4.13, terlihat bahwa *losses* teknis sebesar 381,7 kW dan 781,4 kVAR. Profil tegangan setelah perbaikan profil tegangan dengan merubah tap changer trafo di GI Sirimau pada pangkal penyulang (GI Sirimau) sebesar 20,05 kV, tengah penyulang (GH A5 Karpan 2) sebesar 19,36 kV dan ujung penyulang (LBS 3Way Mardika) sebesar 19,17 kV, dengan demikian jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 0,88 kV dengan %  $\Delta V$  sebesar 4,59%. Sedangkan *losses* teknis sebesar 389,0 kW dan 884,8 kVAR.

## 5.2 Saran

Berdasarkan pembahasan dan analisa hasil serta kesimpulan, maka disarankan untuk menjaga kualitas penyaluran daya listrik kepada pelanggan, memperhatikan kenaikan beban setiap tahun per trafo distribusi distribusi yang terpasang pada penyulang Rijali dan penyulang Karpan 2, serta secara rutin melakukan perawatan dan perbaikan terhadap jaringan pada kedua penyulang. Untuk menjaga keandalan trafo distribusi akibat pembebanan lebih pada saat beban puncak agar pembebanannya tidak melebihi 80% dari kapasitas trafo yang ada pada penyulang Rijali dan penyulang Karpan 2., dapat dilakukan mutasi gardu ataupun ditambahkan trafo sisipan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marceau (2023), Simulasi Aliran Daya Berbasis ETAP Menggunakan Metode Newtop-Repson Pada Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Lateri 2 dan Lateri 3. Jurnal Elko, Vol 4 No. 1
- [2] Fajar Nugaha, dkk (2020), Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada Sistem Distribusi Penyulang Krapyak 06 Semarang Barat menggunakan ETAP 16.0.0
- [3] PT PLN (Persero) (1995), SPLN batas toleransi drop tegangan pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)
- [4] Supriyanto (2018), Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu. JTE Politeknik Negeri Medan
- [5] Muhammad Fauzan Gusti Triyono (2021), Sekilas Tentang Software ETAP Beserta Toolbaranya