

ANALISIS PROFIL TEGANGAN PADA PENYULANG KARPAN 1 AKIBAT PENAMBAHAN GARDU INDUK SIRIMAU

Reihand Arizal

Teknik Rekayasa Sistem Kelistrikan Minyak dan gas/Teknik Elektro – Politeknik Negeri Ambon
reihandarizal04@gmail.com

Abstract - Sirimau Substation is a substation with an installed transformer capacity of 2x20 MVA, where GI Sirimau gets its electricity supply from GIS Passo through a 150 kV transmission network along 26.4 kms with a total of 40 tower units. The Sirimau GI has an operating voltage of 70 kilovolts and 150 kilovolts. This study aims to determine the addition of the Sirimau Substation to the Voltage Profile of the Karpan 1 Feeder and the magnitude of the voltage on each busbar in the Karpan 1 Feeder's electric power system. This research is a qualitative research, which is to find out the addition of substations to the voltage profile of the Karpan 1 feeder. The primary data in this study were the results of interviews with the PLN ULP Engineering supervisor in Ambon City and the secondary data in this study were sources of scientific books and magazines, sources from archives, personal documents and official documents. Data collection techniques used are observation, interviews and documentation. The data analysis technique uses the ETAP application program. The results of this study were carried out using ETAP software for the Karpan 1 feeder to make it easier to carry out stress and voltage drop analysis. From the simulations that have been carried out, the Karpan 1 feeder has a percentage increase in voltage of 4.87% after the addition of the Sirimau Substation, which initially dropped the voltage on the Karpan 1 feeder before the addition of the Sirimau Substation by 8% to 1.99% after the addition of the Substation Sirimau. Which means that after the addition of the Sirimau Substation, it has an impact on increasing the quality of the voltage on the Karpan 1 feeder.

Keywords: *Substation, Voltage Profile, Karpan Feeder 1*

Abstrak - Gardu Induk Sirimau merupakan gardu induk dengan kapasitas trafo terpasang 2x20 MVA, dimana GI Sirimau mendapatkan suplai listrik dari GIS Passo melalui jaringan transmisi 150 kV sepanjang 26,4 km dengan total 40 unit tower. GI Sirimau memiliki tegangan operasi 70 kilovolt dan 150 kilovolt. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan Gardu Induk Sirimau pada Profil Tegangan Penyulang Karpan 1 dan besarnya tegangan pada masing-masing busbar pada sistem tenaga listrik Penyulang Karpan 1. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif, yaitu untuk mengetahui penambahan gardu induk pada profil tegangan penyulang Karpan 1. Data primer dalam penelitian ini adalah hasil wawancara dengan supervisor Teknik ULP PLN Kota Ambon dan data sekunder dalam penelitian ini adalah sumber buku dan majalah ilmiah, sumber dari arsip, dokumen pribadi dan dokumen resmi. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, wawancara dan dokumentasi. Teknik analisis data menggunakan program aplikasi ETAP. Hasil penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software ETAP untuk penyulang Karpan 1 agar lebih mudah dalam melakukan analisis tegangan dan jatuh tegangan. Dari simulasi yang telah dilakukan penyulang Karpan 1 memiliki persentase kenaikan tegangan sebesar 4,87% setelah penambahan Gardu Induk Sirimau yang awalnya turun tegangan pada penyulang Karpan 1 sebelum penambahan Gardu Induk Sirimau sebesar 8% menjadi 1,99% setelah penambahan Gardu Induk Sirimau. Artinya setelah penambahan Gardu Induk Sirimau berdampak pada peningkatan kualitas tegangan pada penyulang Karpan 1.

Kata Kunci : *Gardu Induk, Profil Tegangan, Penyulang Karpan 1*

I. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan listrik semakin meningkat. Hal ini berpengaruh terhadap permintaan listrik yang terus bertambah dan tidak merata (Zindani, 2019). Listrik merupakan kebutuhan primer saat ini, hampir semua industri membutuhkan tenaga listrik. Perkembangan industri berbanding lurus dengan pertumbuhan bebanyang akan berdampak pada proses industri, maka perlu adanya perubahan pada sistem tenaga listrik (Efendi, 2018).

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang mensuplai daya listrik ke beban. Secara umum baik buruknya suatu sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi yaitu dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan jatuh tegangan pada jaringan. Jatuh tegangan pada sistem distribusi dapat terjadi pada JTM (jaringan tegangan menengah), JTR

(jaringan tegangan rendah) dan saluran rumah (Anumaka, 2012).

Listrik merupakan kebutuhan yang bisa dikatakan telah menjadi salah satu dari 9 (sembilan) bahan pokok masyarakat, Oleh karena itu, ketersediaan akan energi listrik menjadi penting dalam kehidupan masyarakat, sehingga untuk jaminan pasokan energi listrik mutlak diperlukan. Salah satu faktor dalam penjaminan pasokan energi listrik bagi masyarakat yaitu sistem monitoring yang baik dalam pendistribusian energi listrik tersebut.

Untuk mengatasi pasokan energi listrik maka perlu dilakukan perencanaan pengembangan kapasitas gardu induk. Pada perencanaan pengembangan kapasitas gardu induk ini dilakukan perkiraan pertumbuhan beban yang akan datang melalui suatu peramalan beban. Hal ini dimaksudkan agar pengembangan kapasitas gardu induk yang direncanakan harus menjangkau kemungkinan pertumbuhan beban untuk masa-masa yang akan datang. Dengan demikian diharapkan adanya keserasian dan kontinuitas dari perencanaan dan pertumbuhan beban.

Gardu Induk merupakan bagian vital dari sistem tenaga listrik, tanpa adanya Gardu Induk maka tenaga listrik tidak dapat disalurkan. Sehingga pembangunan suatu gardu induk diperlukan perhitungan yang tepat sesuai dengan kebutuhan. Selain itu Gardu Induk yang didesain harus amandan dapat diandalkan.

Gardu Induk Sirimau adalah Gardu Induk dengan beban tegangan 70kv – 150kv dan memiliki 7 penyulang 20kv yang menyuplai dalam kota Ambon. Untuk penyulang Karpan 1 sebelum beroperasinya Gardu Induk Sirimau, penyulang ini mendapatkan suplai dari kapal MVVP Waai dan PLTD Hative kecil. Jadi untuk mengetahui profil tegangan pada penyulang Karpan 1 Penulis menggunakan simulasi tanpa melibatkan Gardu Induk Sirimau terlebih dahulu.

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan, dalam rangka mengetahui profil tegangan pada penyulang Karpan 1 akibat penambahan Gardu Induk Sirimau, maka Penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Profil Tegangan Pada Penyulang Karpan 1 Akibat Penambahan Gardu Induk Sirimau.”

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

2.1.1 Sistem tenaga Listrik

Kecenderungan sistem tenaga listrik saat ini adalah terbentuknya sistem interkoneksi antar satu pusat pembangkit dengan pembangkit lainnya dengan tujuan untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik, yang selalu dituntut untuk dapat menyediakan dan menyalurkan energi listrik secara terus menerus kepada konsumen dalam jumlah dan mutu yang baik (Harus dan Yusuf, 2012).

Dengan adanya sistem monitoring yang baik, maka terjadi kerusakan atau hal-hal yang tidak diinginkan maka dapat dengan mudah diketahui dan segera diatasi dengan demikian ketersediaan energi listrik akan selalu terjaga.

Gardu induk sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk lebih besar dari kapasitas gardu induk maka gardu induk akan mengalami *overload* yang berakibat pada suplai listrik ke konsumen terhenti. Pengertian sistem tenaga listrik secara umum, terdiri dari :

a. Pusat Pembangkit Listrik (*Power Plant*)

Tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak mula (*Prime Mover*) dan generator yang membangkitkan listrik. Biasanya dipusat pembangkit listrik juga terdapat gardu induk. Peralatan utama pada gardu induk antara lain : transformer, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan generator (11,5 kV) menjadi tegangan transmisi /tegangan tinggi (150kV) dan juga peralatan pengaman dan pengatur. Jenis pusat pembangkit yang umum antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

b. Transmisi Tenaga Listrik

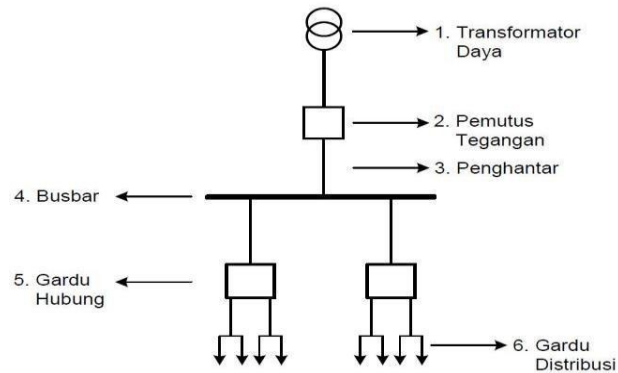
Merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga Saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.

c. Sistem Distribusi

Merupakan subsistem tersendiri yang terdiri dari : Pusat Pengatur (*Distribution Control Center*, atau *DCC*), saluran tegangan menengah (6kV dan 20kV, yang juga biasa disebut tegangan distribusi primer) yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah (380V, 220V) yang menghasilkan tegangan kerja/ tegangan jala-jala untuk industri dan konsumen.

2.1.2 Jaringan Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplay tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer. Berikut adalah gambar bagian-bagian distribusi primer secara umum.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Sistem Distribusi Primer

Bagian-bagian sistem distribusi primer terdiri dari:

- Transformator daya, berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ketegangan menengah atau sebaliknya.
- Pemutus tegangan, berfungsi sebagai pengaman yaitu pemutus daya
- Penghantar, berfungsi sebagai penghubung daya
- Busbar, berfungsi sebagai titik pertemuan / hubungan antara trafo daya dengan peralatan lainnya
- Gardu hubung, berfungsi menyalurkan daya ke gardu-gardu distribusi tanpa mengubahtegangan

2.1.1 Gardu Induk

Transformator merupakan suatu alat listrik suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya atau dapat juga diartikan mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet (Prih dkk, 2008).

Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

- Transformator daya, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menaikkan tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi
- Transformator distribusi, yaitu transformator yang biasa digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi
- Transformator pengukuran, yaitu transformator yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan

Secara konstruksinya transformator terdiri atas dua kumparan yaitu primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka fluks bolak-balik akan terjadi pada kumparan sisi primer, kemudian fluks tersebut akan mengalir pada inti transformator, dan selanjutnya fluks ini akan mengimbas pada kumparan yang ada pada sisi sekunder yang mengakibatkan timbulnya fluks magnet di sisi sekunder, sehingga pada sisi sekunder akan timbul tegangan.

2.1.2 Pemutus Tegangan

PMT (pemutus tenaga) atau *Circuit Breaker* adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. PMT (pemutus tenaga) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut, terjadinya kesalahan pada sistem akan menimbulkan berbagai efek seperti efek termis, efek magnetis dan dinamis stability. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu Pemutus Tenaga dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut :

- a. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
- b. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
- c. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan sangat cepat agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan tidak merusak pemutus tenaga itu sendiri.

Setiap Pemutus Tenaga dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT, yaitu:

1. Tegangan efektif tertinggi dan Frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.
2. Arus maksimum kontiniu yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya.

2.1.3 Penghantar

Penghantar ialah suatu benda yang berbentuk logam ataupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Kabel ialah penghantar logam yang dilindungi dengan isolasi. Sedangkan kawat penghantar ialah penghantar yang juga logam tetapi tidak diberi isolasi. Dalam instalasi listrik perumahan, paling tidak ada 3 jenis kabel listrik yang paling umum digunakan yaitu kabel jenis NYA, NYM dan NYY. Istilah NYA, NYM dan NYY ini merupakan tata nama atau nomenklatur pada kabel. Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2000 (PUIL 2000) dalam lampiran C menjelaskan mengenai tata nama (nomenklatur) kabel ini.

2.1.4 Rel (Busbar)

Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (*connecting*) antara transformator daya, SUTT (saluran udara tegangan tinggi)/SKTT (saluran kabel dibawah tanah) dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. Berdasarkan sistem rel (busbar), gardu induk adalah sebuah bagian dari sistem pembangkit, transmisi dan distribusi listrik. Gardu induk mengubah tegangan listrik dari tinggi menjadi rendah, atau sebaliknya, atau untuk menjalankan beberapa fungsi penting lainnya. dibagi dan dijelaskan menjadi beberapa jenis, sebagai berikut:

2.1.8 Penyulang (Feeder)

Penyulang (*Feeder*) adalah jaringan PLN yang berfungsi menyalurkan atau mendistribusikan energi listrik dengan tegangan 20.000 Volt dari Gardu Induk (GI) menuju Gardu Distribusi hingga sampai ke konsumen dengan tegangan 380 Volt atau 220 Volt.

2.1.9 ETAP

Electric Transient Analysis Program (ETAP) merupakan suatu perangkat lunak (*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. 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 :

1. *One 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. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar (*International Electrotechnical Commission*) IEC dan (*American National Standard Institute*) ANS. 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

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada GI Sirimau PT PLN (Persero) area ambon, khususnya padapenyulang/feeder Karpan 1. Waktu penelitian direncanakan selama 1 (satu) sampai 2 (dua) bulan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perangkat keras laptop dengan spesifikasi: Asus VivoBook Flip TM4201A-EC55ITS/AMD Ryzen5-4500U, Processor 2.4 GHz. Ram 8 GB Memory Internal 512 GB SSD/14 WINDOWS 10 Home+OHS 2019. AMD Radeon Graphics. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat lunak ETAP versi 19.0.

3.3 Metode Penelitian

a. Observasi

Observasi adalah salah satu pengumpulan data dengan cara melihat fenomena yang terdapat dalam lokasi penelitian untuk diungkapkan. Teknik ini merupakan pengamatan langsung menggunakan alat indera segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan objek penelitian.

b. Wawancara

Salah satu teknik pengumpulan data adalah wawancara. Wawancara adalah percakapan dengan maksud tertentu, percakapan ini dilakukan oleh 2 orang pihak, yaitu pewawancara yang mengajukan pertanyaan dan terwawancara yang memberikan jawaban atas pertanyaan tersebut (Lexy J. Moeleong, 2007).

Wawancara merupakan salah satu pengumpulan data dengan cara menanyakan masing-masing yang terkait dalam penelitian kepada narasumber. Narasumber atau informan adalah masyarakat pendukung yang mengetahui masalah yang akan diteliti. Jenis wawancara yang digunakan ada dua macam yaitu wawancara terstruktur dan tidak terstruktur.

c. Dokumentasi

Metode ini merupakan suatu cara pengumpulan data yang menghasilkan catatan-catatan penting yang berhubungan dengan masalah yang diteliti sehingga akan diperoleh data yang lengkap, sah, dan bukan berdasarkan perkiraan dengan mengambil data yang sudah ada dan tersedia dalam catatan dokumen. Dokumentasi ini diambil untuk memperoleh data-data, foto, serta catatan lapangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT PLN (Persero) Gardu Induk Sirimau merupakan salah satu Gardu Induk yang ada di pulau Ambon yang terletak di Jl. Dr. Wem Tehupelory Kec Sirimau Kota Ambon. Secara geografis, terletak di daerah dataran cukup tinggi dengan waktu tempuh sekitar 15 menit dari pusat kota Ambon. Gardu Induk Sirimau adalah Gardu Induk yang berkapasitas Trafo terpasang sebesar 2x20 MVA, dimana GI Sirimau mendapatkan suplai tenaga listrik dari GIS Passo melalui jaringan transmisi 150 kV sepanjang 26,4 kms dengan jumlah tower 40 unit. GI Sirimau memiliki tegangan operasi sebesar 70 kilovolt dan 150 kilovolt.

4.2 Analisis Data Penelitian

Dalam melakukan Analisa dari penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengetahui hasil sebelum dan sesudah penambahan Gardu Induk Sirimau terhadap profil tegangan pada penyulang Karpan 1 dengan menggunakan simulasi aplikasi ETAP.

Tabel. 1. Data Penelitian

No	Section	Panjang Penghantar (kms)	Beban (A)
1.	GI Passo – Peyulang Lateri 2	10,87	6
2.	GI Passo – Penyulang Lateri 3	9,83	0
3.	PLTD - GH Mandala	4,560	84,6
4.	GH Mandala - GH A5	4,300	51,7
5.	GH A5 - GH A4	1,020	31,4
6.	GH A4 - GH Amaris	1,280	20,3
7.	GH A41 – A1	2,200	13,3
8.	GH A4 – GH A41	1,230	4,9

4.3 Pembahasan

Perhitungan manual drop tegangan dan presentase drop tegangan pada penyulang Karpan 1 sebelum penambahan Gardu Induk Sirimau pada setiap section :

Diketahui :

$$R = 0,2162 \Omega \quad X = 0,3305 \Omega$$

1. PLTD – GH Mandala :

$$R = 0,2162 \times 4,560 \text{ (kms)} = 0,98$$

$$X = 0,3305 \times 4,560 \text{ (kms)} = 1,50$$

$$\sqrt{0,98^2 + 1,50^2} = 1,79$$

$$19110 - 84,6 \times 1,79$$

$$= 18958 \text{ V}$$

2. GH Mandala – GH A5 :

$$R = 0,2162 \times 4,300 \text{ (kms)} = 0,92$$

$$X = 0,3305 \times 4,300 \text{ (kms)} = 1,42$$

$$\sqrt{0,92^2 + 1,42^2} = 1,69$$

$$18871 - 51,7 \times 1,69$$

$$= 18871 \text{ V}$$

3. GH A5 – GH A4 :

$$R = 0,2162 \times 1,200 \text{ (kms)} = 0,22$$

$$X = 0,3305 \times 1,200 \text{ (kms)} = 1,33$$

$$\sqrt{0,22^2 + 0,33^2} = 0,39$$

$$18871 - 31,4 \times 0,39$$

$$= 18858 \text{ V}$$

4. GH A4 – GH Amaris

$$R = 0,2162 \times 1,280 \text{ (kms)} = 0,27$$

$$X = 0,3305 \times 1,280 \text{ (kms)} = 0,42$$

$$\sqrt{0,27^2 + 0,42^2} = 0,49$$

$$18858 - 20,3 \times 0,49$$

$$= 18849 \text{ V}$$

5. GH A41 – GH A1

$$R = 0,2162 \times 2,200 \text{ (kms)} = 0,47$$

$$X = 0,3305 \times 2,200 \text{ (kms)} = 0,72$$

$$\sqrt{0,47^2 + 0,72^2} = 0,85$$

$$18849 - 13,3 \times 0,85$$

$$= 18837 \text{ V}$$

6. GH A4 – GH A1

$$R = 0,2162 \times 1,230 \text{ (kms)} = 0,26$$

$$X = 0,3305 \times 1,230 \text{ (kms)} = 0,40$$

$$\sqrt{0,26^2 + 0,40^2} = 0,47$$

$$18837 - 4,9 \times 0,47$$

$$= 18835 \text{ V}$$

Untuk mengetahui drop tegangan dan presentase drop tegangan sebelum penambahan Gardu Induk makadigunakan rumus :

$$\Delta V = V_p - V_s$$

$$= 20,51 - 18,83$$

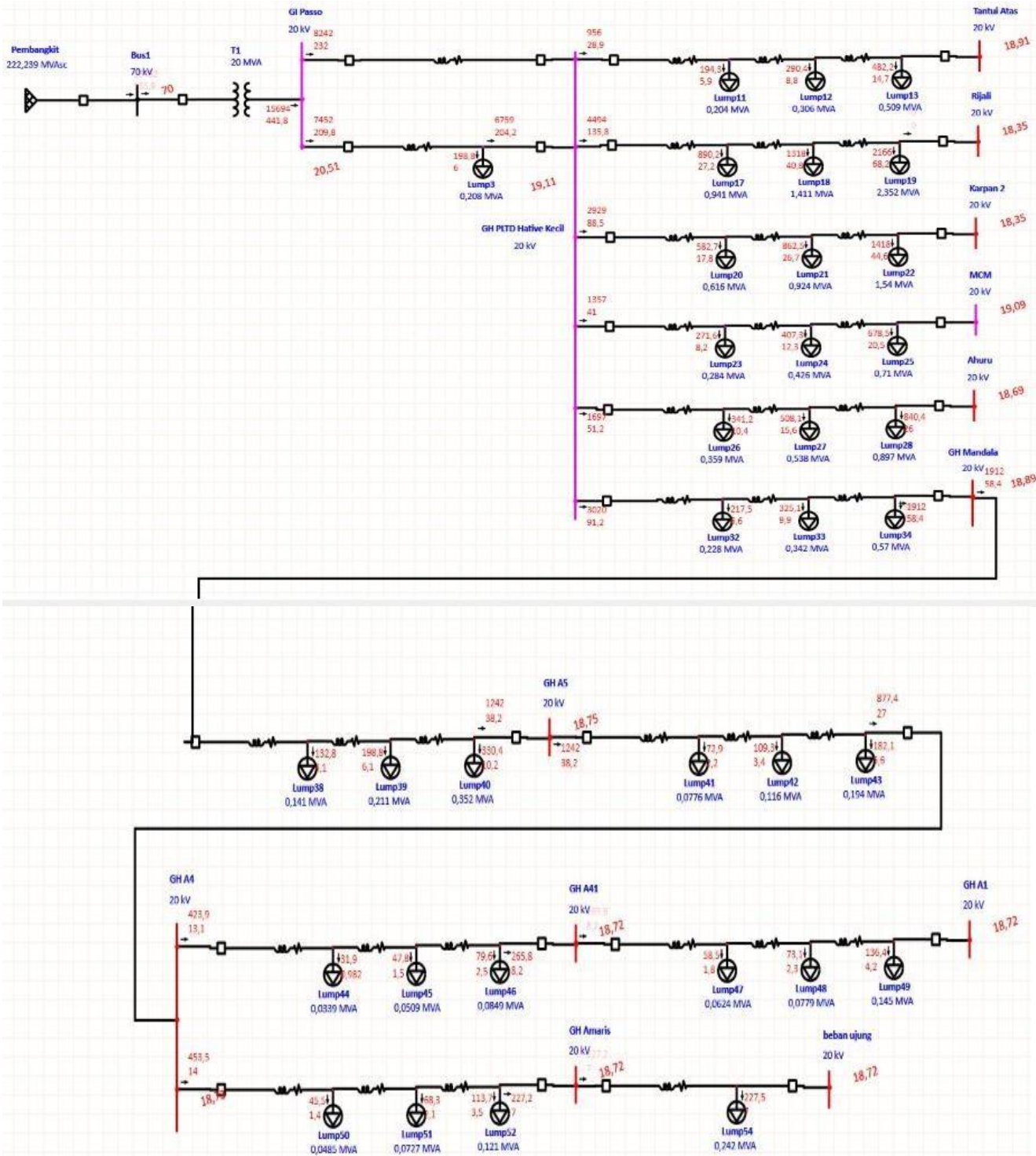
$$= 1,68 \text{ KV}$$

Presentase drop tegangan

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

$$= \frac{1,68}{20,51} \times 100\%$$

$$= 8\%$$



Gambar 4.3 Simulasi sebelum penambahan GI Sirimau.

Berdasarkan gambar simulasi di atas penyulang Karpan 1 sebelum penambahan GI Sirimau disupply oleh PLTD Hative kecil. Dimana penyulang yang ada pada PLTD hative kecil yaitu : penyulang Tantui atas (18,91 kv), Rijali (18,35 kv), MCM (19,09 kv), Karpan 2 (18,35 kv), Ahuru (18,69 kv), dan penyulang Karpan 1 dapat dilihat pada tegangan ujung (18,72 kv). Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa sebelum penambahan Gardu Induk Sirimau tegangan pada tiap penyulang masih di bawah batas toleransi yang ada. Hampir semua tegangan penyulang masih di bawah 19 kv kecuali penyulang MCM (19,09 kv).

Tabel 4.2 Hasil simulasi sebelum penambahan Gardu Induk Sirimau.

No	Section	Tegangan kirim Kv	Tegangan Terima
1.	GI Passo – Peyunlang Lateri 2	20,51	19,11
2.	GI Passo – Penyulang Lateri 3	20,51	19,11
3.	PLTD - GH Mandala	19,11	18,89
4.	GH Mandala - GH A5	18,89	18,75
5.	GH A5 - GH A4	18,75	18,73
6.	GH A4 - GH Amaris	18,73	18,72
7.	GH A4 – GH A1	18,72	18,72

Untuk mengetahui drop tegangan dan presentase drop tegangan sebelum penambahan Gardu Induk maka digunakan rumus :

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_p - V_s \\ &= 20,51 - 18,72 \\ &= 1,79 \text{ KV}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V_p} \times 100\% \\ &= \frac{1,79}{20,51} \times 100\% \\ &= 8\%\end{aligned}$$

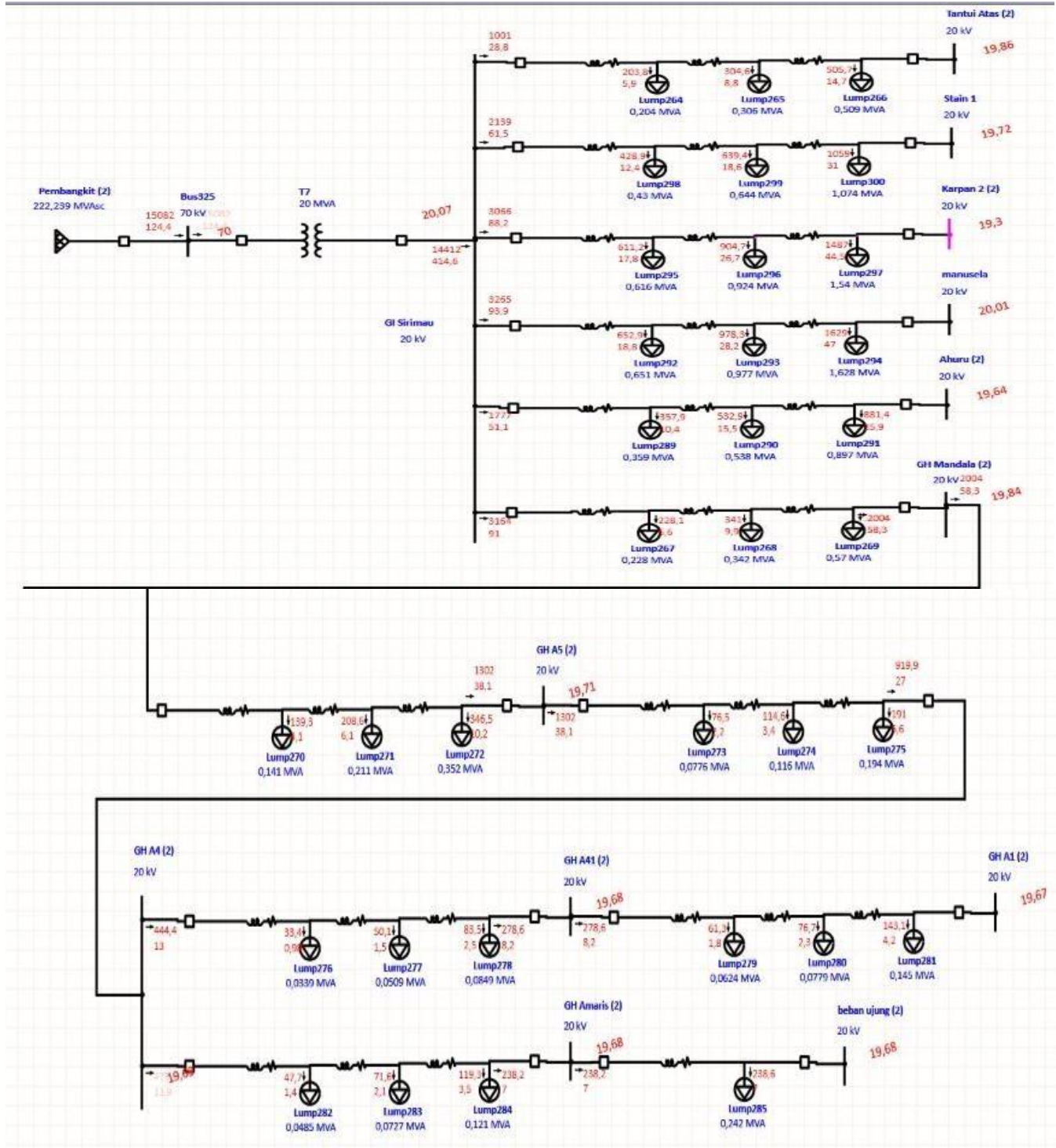
Keterangan :

ΔV = jatuh tegangan

V_p = Tegangan kirim

V_s = Tegangan Terima

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan besar nilai drop tegangan 1,79 KV dengan presentase drop tegangan sebesar 8%. Dengan dilakukannya perhitungan manual dan simulasi ETAP didapatkan hasil jatuh tegangan terukur memiliki hasil hanya berbeda selisih beberapa angka dibelakang koma. Dengan begitu hasil simulasi ETAP dapat dijadikan acuan dalam penelitian kali ini.



Gambar 4.4 Simulasi setelah penambahan GI Sirimau
Tabel 2. Hasil simulasi setelah penambahan Gardu Induk Sirimau.

No	Section	Tegangan kirim Kv	Tegangan Terima	% ΔV
1.	GI Sirimau - GH Mandala	20,07	19,84	

2.	GH Mandala - GH A5	19,84	19,71	
3.	GH A5 - GH A4	19,71	19,69	
4.	GH A4 - GH Amaris	19,69	19,68	
5.	GH A4 – GH A1	19,68	19,67	
				1,99%

Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa setelah penambahan Gardu Induk tegangan semakin membaik, dimana dengan beroperasinya Gardu Induk Sirimau maka kualitas tegangan tenaga listrik yang dikirim ke pelanggan dapat ditingkatkan. Presentase drop tegangan pun semakin membaik yang awalnya mencapai 8% setelah penambahan Gardu Induk Sirimau presentase drop tegangan pada penyulang Karpan 1 mencapai 1,99%. Keberadaan Gardu Induk ini juga dibutuhkan untuk menjaga kualitas tegangan yang dikirimkan guna mengakali jarak dari pembangkit yang jauh. Proses manuver beban semakin mudah dikarenakan adanya penambahan Gardu Induk yang berfungsi sebagai Feeder utama untuk menyalurkan beban. Disamping itu, dengan adanya Gardu Induk Sirimau maka dapat menghindari Overload (beban berlebih) pada trafo Gardu Induk Passo dalam menyuplai listrik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dengan melakukan simulasi dengan aplikasi ETAP untuk penyulang Karpan 1 dapat mempermudah dalam melakukan Analisa tegangan dan jatuh tegangan. Dari simulasi yang telah dilakukan, penyulang Karpan 1 memiliki presentase kenaikan tegangan sebesar 4,87% setelah penambahan Gardu Induk Sirimau, yang pada awalnya drop tegangan pada penyulang Karpan 1 sebelum penambahan Gardu Induk Sirimau sebesar 8% menjadi 1,99% setelah penambahan Gardu Induk Sirimau. Yang artinya setelah penambahan Gardu Induk sirimau memberikan dampak peningkatan kualitas tegangan pada penyulang Karpan 1

5.2 Saran

Saran dari hasil penelitian ini adalah :

- Kepada pengelola, dalam hal ini PT PLN Persero cabang Ambon disarankan agar melakukan pengembangan lebih lanjut untuk rekonfigurasi jaringan dan melibatkan gardu induk lebih dari satu agar meningkatkan keandalan sistem distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan menjadi lebih optimal.
- Kepada peneliti selanjutnya, diharapkan agar skripsi ini dapat menjadi referensi guna untuk menambahkan variabel lain yang mendalam, sehingga meningkatkan data menjadi valid dan konkrit.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arisminandar A. 1990. Teknik Tenaga Listrik III : Gardu Induk. Pradnya Paramita.
- [2] Anumaka, M. C. (2012). Analysis of Technical Losses in Electrical Power System Nigerian 330Kv Network As a Case Study. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, 12(August),320–327.
- [3] Deeng Andre S. Mangindaan Glany M. Ch. Patras Lily S. 2022. Studi Operasi Perencanaan Uprating Sutm Pada Penyulang SK 2 & SK 4 Di Gardu Induk Kawankon Dengan Metode Simulasi Etap 12.6.0. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Sam Ratulangi.
- [4] Efendi Juri. 2018. Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pusat Pena, Pungan Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu Menggunakan Software Etap 12.6. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Sulaiman, F. (2021). Rekonfigurasi Jaringan distribusi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20KV Penyulang Rijali di PT PLN (Persero) UP3 Ambon. Tugas Akhir. Ambon : Politeknik Negeri Ambon.
- [6] Harus Ervan H., Yusuf Tuafiq I. 2012. Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik 150 Kv Gorontalo Menggunakan Metode Newton Rhapson. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Gorontalo.
- [7] Juhari. 2013. Generator Semester 3 Kelas XI. Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. La Trisna. 2018. Gardu Induk Bagian dari Suatu Sistem Tenaga yang Dipusatkan pada Suatu Tempat Berisi Saluran Transmisi dan Distribusi. Universitas Diponegoro.

- [8] Lexy J. Moeleong, 2007. Metodologi Penelitian Kualitatif. Bandung: PT Remaja Rodakarya.
- [9] Mustamin. Rudi W., Sahabuddin Hay. Analisis Aliran Daya Pada Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik Menggunakan Etap 12.6. Teknik Elektro. Universitas Halu Oleo.
- [10] Prih Sumardjati, dkk. 2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3.
- [11] Riska Fanny, T. (2020). Analisa Profil Tegangan pada Penyulang Wayame 2 Akibat Penambahan Gardu Induk Wayame. Tugas Akhir. Ambon : Politeknik Negeri Ambon.
- [12] Siringoringo N. 2019. Penentuan Kapasitas Pemutus Tenaga Dengan Menghitung Arus Hubung Singkat 3 Fasa pada Jaringan 20 kV Gardu Induk Binjai. Universitas HBKP Nommensen. La Trisna. 2018. Gardu Induk Bagian dari Suatu Sistem Tenaga yang Dipusatkan pada Suatu Tempat Berisi Saluran Transmisi dan Distribusi. Universitas Diponegoro.
- [13] Sudarmojo Yanu P. 2017. Studi sistem pengamanan saluran distribusi tegangan menengah 20 KV terhadap surja petir. Program studi teknik elektro. Fakultas teknik. Universitas udayana.
- [14] Suhadi dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1, Jakarta, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [15] Zindani Moh H. A. 2019. Analisis Aliran Daya Penylang Kbl02 Dan Kbl05 Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Pt.Pln (Persero) Purwokerto. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Informasi Dan Elektro. Universitas Teknologi Yogyakarta : Yogyakarta.