

TEKNOLOGI

Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik dan Sains

Volume 10 No .1 April 2013

Daftar I

Titik-Titik Utama Siklus Kerja Mesin Diesel Truk Nissan 320 Hp 2100 Rpm Empat Langkah Enam Silinder Dengan Supercharger Dan Intercooler	Aloysius Eddy Liemena	1105 -1108
Tinjauan Penggunaan Motor Diesel Mobil Mitsubishi L 300 Sebagai Motor Induk Kapal Rakyat	Prayitno Ciptoadi J. Nanlohy, Rusdin Lestaluhu	1109 - 1114
Analisa Pengaruh Modifikasi Kopling Otomatis Sentrifugal Dengan Kopling Plat Terhadap Kecepatan Motor Jialing	Willem M E. Wattimena	1115 - 1121
Evaluasi Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer 20 Kv Dengan Terintegrasinya Penyulang Gi Sirimau Ke Penyulang Kota Ambon	Marceau A. F. Haurissa	1122 - 1130
Estimasi Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Profesionalisme Manajer Proyek Konstruksi Gedung Dengan Model Linear Berganda	Imran Opier , Nasir Suruali	1131 - 1140
Kajian Interferensi Aliran Pada Model Katamaran Untuk Mengungkapkan Hambatan Viskos Dengan Menggunakan Uji Terowongan Angin	Ronald S. Hutaaruk, Hendrik S, Latumaerissa	1141 - 1149
Analisis Siklus Kerja Yanmar Empat Langkah 5,5 Hp Dan 2200 Rpm	Helly Simon Lainsamputty	1150 - 1154
Tinjauan Kebutuhan Air Tawar Untuk Melayani Refrigerasi Terapung Dalam Menjamin Mutu Produk Hasil Tangkapan	Hedy Cynthia Ririmasse	1154 - 1162

EVALUASI PROFIL TEGANGAN DAN RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV DENGAN TERINTEGRASINYA PENYULANG GI SIRIMAU KE PENYULANG KOTA AMBON

Marceau A. F. Haurissa*

Abstract

Technical power loss taking place in 20 kV primary distribution network is caused by voltage drop resulting from network parameter loading. The feeder of Ambon City consisting of 6 feeders represents a radial system and has the peak load of close to the power of a power plant. GI Sirimau plan is intended to increase the power supply of the feeder of the city. The addition of new power plant can suppress the voltage drop and the electric power loss, though it is necessary to analyze the load flow simulation to find out the change. The study is conducted to evaluate the voltage profile and the electric power loss of the existing feeder condition after the integration of the GI Sirimau feeder according to scenario 1, scenario 2 and scenario 2 with reconfiguration. The method used is load flow analysis using the calculation stimulation of ETAP 7. The result of the calculation is used to find out the voltage quality and electric power loss. The results of the analysis and the calculation of the ETAP 7 show that in the existing condition the lowest voltage level is 18,295 kV with the voltage drop of 1,229 kV of Ahuru feeder network end (GRD SR02) with the total percentage of the power loss of 2,95%. If the GI connection of scenario 1 is made, the voltage profiles improves that the total voltage of the power loss decreases to 2,72%. Once the GI feeder connection of scenario 2 has been made, the voltage profile improves and the percentage of the power loss is 2,56%. After the GI feeder connection of scenario 2 and the reconfiguration the voltage profile improves and the total percentage of the power loss improves to be 2,38%.

Key words: power loss, voltage drop and feeder

1. PENDAHULUAN

Penyulang di kota Ambon terdiri dari 6 penyulang distribusi 20 kV, 5 penyulang, disuplai PLTD Hative Kecil yaitu penyulang Ahuru, Karpan-1, Karpan-2, Tantai Atas dan Rijali. 1 Penyulang Galala-3 disuplai oleh PLTD Poka. Sistem jaringan distribusi 20 kV, merupakan jaringan tipe radial yang ditarik dari sumber dan dicabangkan ke beban-beban mengakibatkan jaringan tersebut semakin panjang, akibatnya kualitas tegangan dan kontinuitas pelayanan daya relatif menurun dan rugi saluran semakin tinggi. Kapasitas beban terus meningkat, mengakibatkan tingginya pemakaian daya listrik hingga mendekati daya mampu pembangkit. Beban puncak (2012) secara keseluruhan hampir mencapai daya mampu yang tersedia oleh pembangkit PLTD tersebut.

Beban puncak yang semakin tinggi secara menyeluruh dan rusaknya beberapa pembangkit baik di PLTD Poka maupun PLTD Hative Kecil, ikut menambah masalah keterbatasan kapasitas daya. Sehingga direncanakan PLTU dengan kapasitas 2 x 15 MW. Pembangunan PLTU direncanakan bersamaan dengan pembangunan dua buah GI (Gardu Induk) yaitu GI Passo dengan kapasitas 20 MVA dan GI Sirimau dengan kapasitas 30 MVA. Pembangunan GI Sirimau direncanakan untuk memperkuat pasokan daya listrik di kota Ambon dengan 4 penyulang keluar dari GI yang sebelumnya telah ditentukan untuk diinjeksikan ke penyulang Ahuru, Karpan-2 (gardu GRD. Gadihu) dan ke PLTD Hative Kecil. Penyulang Ahuru di bagi menjadi 2 bagian yaitu penyulang Ahuru-BT.Gajah (jalur LBS STAIN) dan penyulang STAIN (gardu GRD. YPPM).

Secara garis besar dengan penambahan pembangkit baru dapat memperbaiki kualitas tegangan dan berdampak pada perbaikan rugi daya teknik, namun

* Marceau A. F. Haurissa, Dosen Jurusan Teknik Elektro PoliTeknik Negeri Ambon

sejauhmana perlu dilakukan analisa aliran daya untuk melihat perubahan tersebut menggunakan ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer menurut Syukri, 2005., dalam proses penyaluran energi listrik ke beban terjadi rugi-rugi, yaitu rugi daya, rugi energi dan jatuh tegangan mulai dari pembangkit, transmisi hingga distribusi yang dapat merusak peralatan listrik. Bus-bus yang letaknya langsung berhubungan dengan sumber pembangkit mengalami jatuh tegangan yang sangat kecil. Menurutnya jatuh tegangan paling besar sering terjadi pada bagian tengah hingga ke ujung jaringan.

Penggunaan metode matrix impedans Zbus dan matrix admitans Ybus dapat mengetahui profil tegangan pada penyulang distribusi, baik jaringan tegangan rendah maupun jaringan tegangan menengah 20kV. Jika tegangan disemua titik telah diperoleh, maka arus dan aliran daya dapat dihitung, demikian pula rugi-rugi dayanya (Sukmawidjaja, 2008).

Menurut Sukoco B., 2004, rugi daya listrik teknis yang terjadi pada JTM akibat *drop* tegangan, akan menyebabkan berkurangnya daya listrik pada sisi tegangan rendah. Rugi daya listrik secara teknis dapat diperhitungkan dari data ukur, panjang saluran dan parameter-parameter jaringan tegangan menengah.

2.1 Resistans Penghantar

Resistans penghantar saluran distribusi adalah penyebab terpenting dari *rugi daya* teknis pada saluran distribusi. Resistans efektif dari suatu penghantar adalah :

$$R = \frac{P_r}{I^2} \dots (1)$$

dengan : R = Tahanan Penghantar (Ω)
 P_r = Rugi Daya Penghantar (Watt)
 I = Arus pada penghantar (Ampere)

Rugi daya dinyatakan dalam watt dan I adalah arus RMS pada penghantar dinyatakan dalam ampere. Resistansi efektif sama dengan resistansi arus searah. Resistansi arus searah diberikanebagai berikut: (Stevenson, WD.Jr., 1983)

$$R_o = \frac{\rho l}{A} \dots (2)$$

dengan : ρ = resistivitas penghantar (Ω.mm²/m)
 l = panjang saluran penghantar (m)

A = luas penampang penghantar (mm²)

2.2 Induktans Saluran

Penghantar dialiri arus akan menimbulkan fluks yang berada diluar konduktor, induktans yang disebabkan oleh arus mengalir pada penghantar sistem tiga fasa adalah : (Stevenson, WD.Jr.,1983).

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_m}{D_s} \dots (3)$$

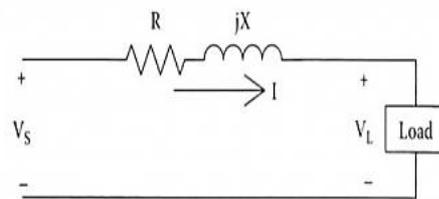
dengan :

L = induktans penghantar (H/m)
 D_m = jarak rata-rata geometris (m)
 D_s = jari-jari rata-rata geometrik (m)

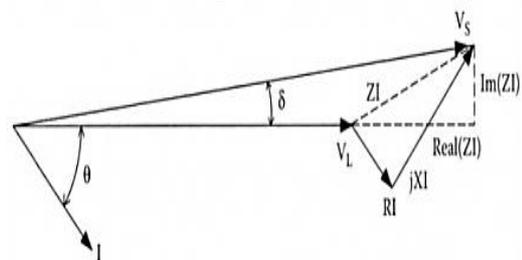
2.3 Jatuh Tegangan pada Sistem Distribusi

Saluran distribusi primer 20kV sering mengalami jatuh tegangan dan rugi daya, hal ini disebabkan karena tahanan (R) pada penghantar yang rugi-ruginya terdisipasi menjadi panas dan faktor induksi pada penghantar berupa induktif dan kapasitif yang akan menyebabkan perbedaan fasa antara arus dan tegangan sistem. Selain itu panjang jaringan dan ukuran penghantar juga sangat mempengaruhi profil tegangan. Panjang jaringan listrik juga mengakibatkan perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi penerima menjadi berbeda. Makin panjang jaringan, maka perbedaan tegangan semakin besar demikian juga rugi daya listrik teknis pada jaringan tersebut.

Untuk saluran udara yang kapasitansinya dapat diabaikan disebut saluran pendek yang secara umum yang rangkaian ekivalennya terdiri dari tahanan dan reaktansi yang terhubung seri seperti ditampilkan dalam gambar 1.



(a) rangkaian ekivalen



(b) Diagram Fasor

Gambar 1. Saluran distribusi jarak pendek

Sesuai rangkaian ekivalen seperti ditampilkan dalam gambar 1a, hukum tegangan Kirchhoff diterapkan sebagai berikut : (William H.K, 2007)

$$V_S = V_L + (R + jX).I = V_L + R.I + jX.I \dots (4)$$

Diagram fasor untuk persamaan 4 seperti ditampilkan dalam gambar 1b, garis putus-putus merupakan bagian *real* dan *imaginer* dari impedansi *drop* ZI. Jatuh tegangan didefinisikan sebagai selisih antara besaran sumber dan tegangan beban sebagai berikut :

$$V_{drop} = |V_S| - |V_L| \dots (5)$$

dengan : V_{drop} = jatuh tegangan (volt)
 V_S = tegangan sumber (volt)
 V_L = tegangan beban (volt)

2.4 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisis ini juga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat.

Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan pada terminal tertentu atau bus tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang. Dalam studi aliran daya, bus-bus dibagi dalam 3 macam, yaitu :

- Slack bus* atau *swing bus* atau bus referensi
- Voltage controlled bus* atau bus generator
- Load bus* atau bus beban.

Pada tiap-tiap bus terdapat 4 besaran, yaitu :

- Daya real atau daya aktif P
- Daya Reaktif Q
- Harga skalar tegangan $|V|$
- Sudut fasa tegangan Θ

Tiga tipe bus tersebut diatas direpresentasikan dalam perhitungan aliran daya dan pada setiap bus terdapat dua besaran yang diketahui yaitu :

- Slack bus* ; tegangan V dan sudut fasa θ
- Voltage controlled bus* ; daya aktif P dan tegangan V
- Load bus* ; daya aktif P dan daya reaktif Q

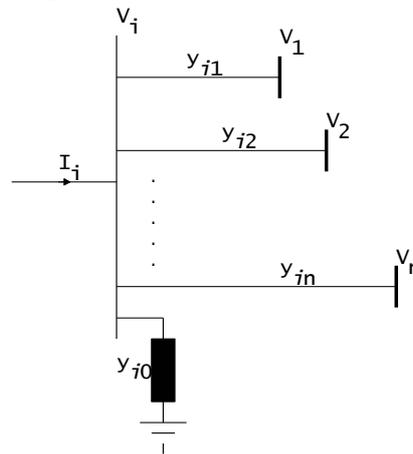
Slack bus berfungsi untuk menyuplai kekurangan daya real P dan daya reaktif Q pada sistem.

2.5 Persamaan Aliran Daya

Sistem tenaga listrik tidak hanya terdiri dari dua bus, melainkan terdiri dari beberapa bus yang akan diinterkoneksi satu sama lain. Daya listrik yang diinjeksikan oleh generator kepada salah satu bus, bukan hanya dapat diserap oleh beban bus

tersebut, melainkan dapat juga diserap oleh beban bus yang lain. Kelebihan daya pada bus akan dikirimkan melalui saluran transmisi ke bus-bus lain yang kekurangan daya.

Sistem distribusi tenaga listrik sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 2 adalah model saluran distribusi direpresentasikan dengan model π , dimana impedansi telah dirubah ke dalam bentuk admitansi per unit dalam MVA (Cekdin, C., 2007).



Gambar 2. Model suatu bus dari sistem tenaga

Keterangan Gambar :

- I_i = Arus yang Mengalir menuju bus i
- V_i = Tegangan pada bus i
- V_1 = Tegangan pada bus 1
- V_2 = Tegangan pada bus 2
- V_n = Tegangan pada bus n
- y_{i1} = Admitans yang berada pada saluran bus i sampai bus 1
- y_{i2} = Admitans yang berada pada saluran bus i sampai bus 2
- y_{in} = Admitans yang berada pada saluran bus i sampai bus n

Apalikasi hukum arus Kirchhoff pada bus seperti diperlihatkan dalam gambar 2 diberikan dalam persamaan berikut :

$$I_i = y_{i0}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_n)$$

$$I_i = (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 - \dots - y_{in}V_n \dots (6)$$

atau

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}V_j \quad j \neq i \dots (7)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \dots (8)$$

Atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad \dots (9)$$

substitusi untuk I_i pada persamaan 7, hasilnya pada persamaan 10.

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad \dots (10)$$

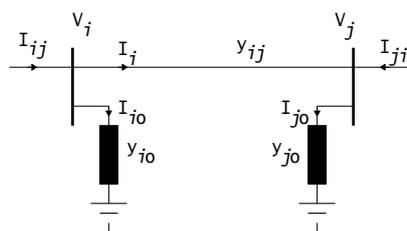
Persamaan nonlinier ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode teknik iterasi. Penyelesaian studi aliran daya disaat ini umumnya telah menggunakan komputer terutama untuk sistem yang besar. Penyelesaian yang paling banyak digunakan adalah menggunakan bentuk admitans bus (Y_{BUS}). Salah satu metode iterasi yang menjadi pilihan adalah metode Newton Raphson. Keunggulan metode ini bila dibandingkan metode lain karena memiliki konvergensi yang tinggi, akurat dan presisi. Jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan ditentukan berdasarkan ukuran sistem, serta jumlah iterasi lebih sedikit.

2.6 Persamaan Aliran Daya dan Rugi-rugi Daya pada Saluran

Setelah penentuan bus tegangan, langkah berikutnya adalah perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran. Misalkan saluran dihubungkan dengan dua bus i dan j , seperti ditampilkan dalam gambar 2.7. Arus saluran I_{ij} dihitung pada bus i yang ditandai positif. (Cekdin, C., 2007)

$i \rightarrow j$ diberikan oleh :

$$I_{ij} = I_i + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0}V_i \quad \dots (11)$$



Gambar 2.7 Model saluran distribusi untuk perhitungan aliran dayadan rugi-rugi daya pada saluran

Keterangan Gambar :

- I_{ij} = Arus yang mengalir dari bus i menuju bus j
- I_{ji} = Arus yang mengalir dari bus j menuju bus i
- V_i = Tegangan pada bus i
- V_j = Tegangan pada bus j
- y_{ij} = Admitans saluran dari bus i sampai bus j
- I_{i0} = Arus mengalir dari bus i menuju admitans $i0$

I_{j0} = Arus mengalir dari bus j menuju admitans $j0$
 Aliran arus I_{ij} yang diukur pada bus j dan ditandai positif dalam arah $j \rightarrow I$ yang ditunjukkan oleh persamaan 18 :

$$I_{ji} = I_i + I_{j0} = y_{ji}(V_j - V_i) + y_{j0}V_j \quad \dots (12)$$

Daya kompleks S_{ij} dari bus i sampai j dan S_{ji} dari bus j sampai i adalah :

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* = V_i(V_i^* - V_j^*)y_{ij}^* + V_i V_i^* y_{i0}^* \quad \dots (13)$$

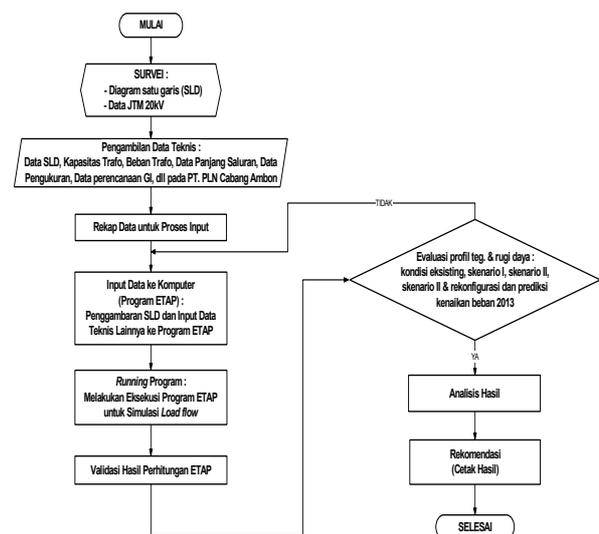
$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* = V_j(V_j^* - V_i^*)y_{ij}^* + V_j V_j^* y_{j0}^* \quad \dots (14)$$

Rugi-rugi daya pada saluran $i-j$ merupakan penjumlahan aljabar dari aliran daya dari persamaan 13 dan 14 adalah sebagai berikut :

$$S_{Lij} = S_{ij} + S_{ji} \quad \dots (15)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP. Perhitungan jatuh tegangan dan rugi dayalistrik dilakukan setelah pelaksanaan inputan data ke ETAP selesai. Perhitungan ini dilakukan dengan metode iterasi *Newton raphson* pada program ETAP, setelah itu akan menghasilkan nilai-nilai baik berupa tegangan, arus dan daya pada setiap penghantar, bus, dan beban tiap penyulang serta arah arusnya.



Gambar 1. Diagram alir Jalan Penelitian

- Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya Listrik

Perhitungan jatuh tegangan dan rugi dayalistrik dilakukan setelah pelaksanaan inputan

data ke ETAP selesai. Perhitungan ini dilakukan dengan menjalankan perhitungan aliran daya pada program ETAP setelah itu akan menghasilkan nilai-nilai baik berupa tegangan, arus dan daya pada setiap penghantar, bus, dan beban tiap penyulang serta arah arusnya. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, kemudian dilakukan evaluasi terhadap profil tegangan dan rugi daya listrik teknis yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV penyulang kota Ambon tersebut.

• Analisis Hasil

Penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) versi 7. Perhitungan jatuh tegangan dan rugi dayalistrik dilakukan setelah pelaksanaan inputan data ke ETAP selesai. Perhitungan ini dilakukan dengan metode iterasi *Newton raphson* pada program ETAP, setelah itu akan menghasilkan nilai-nilai baik berupa tegangan, arus dan daya pada setiap penghantar, bus, dan beban tiap penyulang serta arah arusnya.

Evaluasi aliran daya untuk melihat profil tegangan dan rugi daya ini, dilakukan untuk beberapa percobaan sebagai berikut :

- a. Evaluasi profil tegangan dan rugi daya pada 6 jaringan penyulang Ahuru, Karpan 1, Karpan 2, Tantui Atas, Rijali dan Galala-3 dengan kondisi beban saat ini.
- b. Evaluasi profil tegangan dan rugi daya setelah penyambungan penyulang GI Sirimau sesuai skenario 1 yaitu 4 penyulang keluaran GI yang diinjeksikan ke penyulang Ahuru-BT.Gajah (Jalur LBS STAIN), STAIN (gardu GRD.YPPM), Karpan-2 gardu GRD.Gadigu dan Hative Kecil/PLTD.
- c. Evaluasi profil tegangan dan rugi daya setelah penyambungan penyulang GI Sirimau sesuai skenario 2 yaitu 3 penyulang keluaran GI yang diinjeksikan ke penyulang Ahuru-BT. Gajah gardu GRD. KT03, Karpan-1 gradu GRD. KT04, dan STAIN gradu GRD. YPPM.
- d. Evaluasi profil tegangan dan rugi daya, setelah penyambungan penyulang GI Sirimau skenario 2 dengan rekonfigurasi jaringan pada penyulang Karpan-1, Galala-3 dan Rijali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Direncanakan, 4 penyulang keluar GI Sirimau akan melayani wilayah kota Ambon. Jika diinjeksikan pada penyulang Ahuru, penyulang STAIN, penyulang Karpan 2 dan ke PLTD Hative Kecil seperti tercantum dalam tabel 1, maka rencana penyambungan penyulang GI ini disebut sebagai skenario 1.

Tabel 1. Rencana penyambungan penyulang GI Sirimau (skenario 1)

No.	PENYULANG	LOKASI ASAL	LOKASI INJEKSI	JARAK (KM)
1.	STAIN	GI Sirimau	GRD YPPM	0,631
2.	AHURU-BT.Gajah	GI Sirimau	Saluran STAIN	0,941
3.	KARPAN-2	GI Sirimau	GRD Gadihu	3,085
4.	PLTD Hative Kecil	GI Sirimau	Hative Kecil (PLTD)	4,557

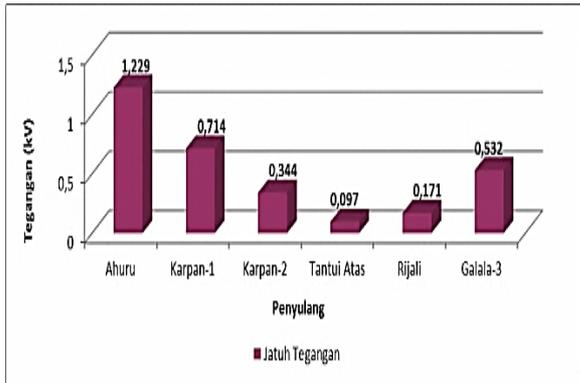
Berdasarkan data lokasi penempatan GI Sirimau dan lokasi saluran yang ada saat ini, penyulang Ahuru (gardu GRD KT03) dan Karpan-1 (gardu GRD KT04) yang saling bersilangan pada lokasi yang tidak jauh dari lokasi GI Sirimau merupakan pilihan skenario penyambungan penyulang GI selain skenario 1. Selain jarak yang memungkinkan, lokasi penyulang karpan 1 memiliki lokasi yang strategis karena jika dialihkan ke GI Sirimau, maka posisi suplai daya (sumber pembangkit) lebih ketengah jaringan. Panjang jaringan penyulang Karpan-1 lebih pendek terhadap sumber GI sehingga mengurangi jatuh tegangan yang lebih besar. Selanjutnya konsep ini disebut sebagai skenario 2.

Tabel 2. Usulan penyambungan penyulang GI Sirimau (skenario 2)

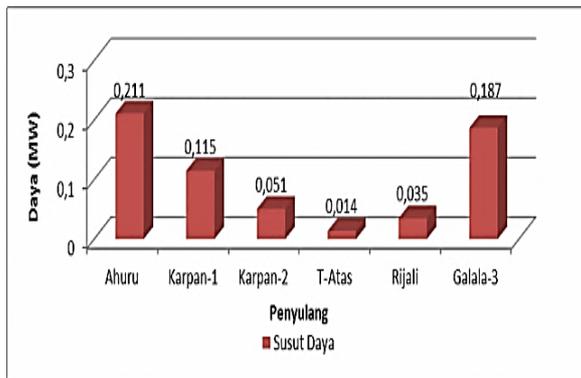
No.	PENYULANG	LOKASI ASAL	LOKASI INJEKSI	JARAK (KM)
1.	STAIN	GI Sirimau	GRD YPPM	0,631
2.	AHURU BT. Gajah	GI Sirimau	GRD KT03	1,180
3.	KARPAN-1	GI Sirimau	GRD KT04	1,080
4.	PLTD Hative Kecil	GI Sirimau	Ditiadakan	-

• Hasil Simulasi ETAP pada Penyulang Eksisting

Kondisi beban puncak, tegangan ujung terendah terdapat pada lokasi penyulang Ahuru gardu GRD SR02 sebesar 18,295kV, yang mengakibatkan jatuh tegangan sebesar 1,229kV. Penyulang Karpan-1 dengan arus beban 128,7A mengakibatkan tegangan ujung sebesar 18,81kV dengan jatuh tegangan 0,714kV. Sedangkan penyulang Galala-3 tegangan ujung 19,04kV dengan jatuh tegangan 0,532kV. Sedangkan penyulang Tantui atas jatuh tegangan sebesar 0,097kV.



Gambar 2a. Grafik jatuh tegangan (beban puncak)

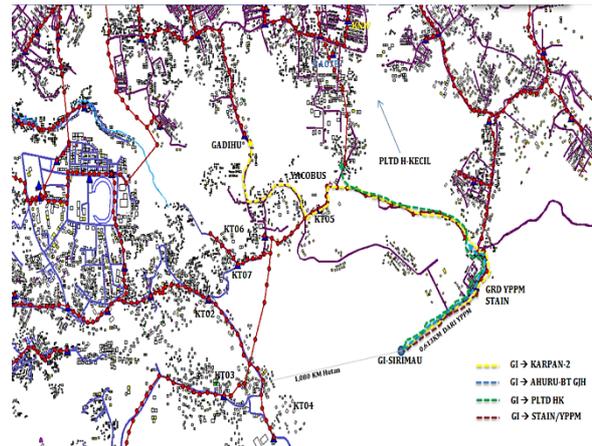


Gambar 2b. Grafik rugi daya (beban puncak)

Rugi daya saat beban puncak, penyulang Ahuru merupakan penyulang dengan rugi daya tertinggi yaitu mencapai 211kW atau 3,85% dibandingkan dengan 5 penyulang lainnya. Rugi daya tertinggi kedua dan ketiga diikuti penyulang Galala-3 sebesar 187kW atau 3,53% dan penyulang Karpan-1 sebesar 115kW atau 3,17%. Rugi daya terendah saat waktu beban puncak adalah penyulang Tantai Atas sebesar 14kW atau 1,18%.

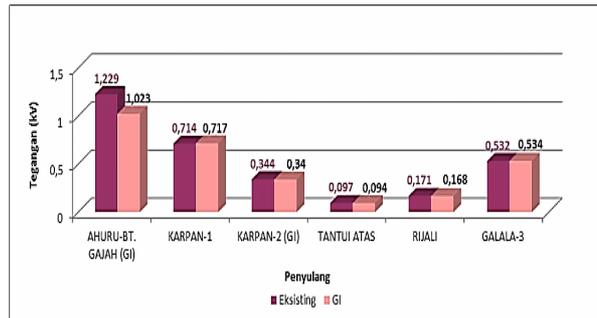
- Hasil Simulasi ETAP Setelah Penyambungan Penyulang GI Skenario 1.

Rencana pembangunan PLTU dengan 2 buah GI yaitu GI Passo dan GI Sirimau. GI Sirimau diperuntukkan untuk membantu melayani beberapa penyulang yang ada di wilayah kota Ambon. 4 penyulang keluaran GI Sirimau direncanakan akan diinjeksikan ke penyulang Ahuru-Batu Gajah, penyulang STAIN, penyulang Karpan-2 dan penyulang Hative Kecil. Sedangkan penempatan saluran awal keempat penyulang tersebut diperlihatkan dalam gambar 3. Rencana penyambungan penyulang GI Sirimau ini, penulis sebut sebagai konsep penyambungan GI skenario 1.



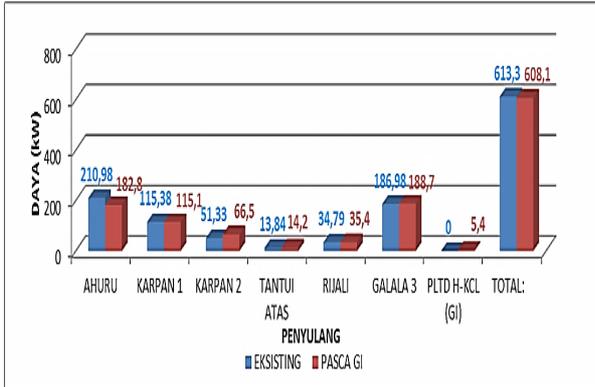
Gambar 3. Lokasi penyulang GI Sirimau (sesuai skenario 1)

Berdasarkan simulasi ETAP hasil skenario 1, penyulang Ahuru, tegangan pangkal 19,529kV, namun pada ujung jaringan telah mengalami penurunan tegangan hingga 18,506kV mengakibatkan jatuh tegangan masih sangat tinggi yaitu 1,023kV.



Gambar 4a. Grafik jatuh tegangan hasil skenario 1 dan perbandingnyadengan kondisi eksisting

Penyulang Ahuru dan Karpan-2 yang awalnya disuplai oleh PLTD Hative Kecil, kini disuplai oleh GI Sirimau. Penyulang Ahuru disuplai ke dua bagian penyulang yaitu Penyulang STAIN (YPPM) dan Ahuru-Batu Gajah. Rugi daya yang dialami oleh kedua penyulang tersebut berbeda akibat perbedaan beban. Rugi daya sebesar 165,2kW atau 3,86% dialami oleh penyulang Ahuru arah ke GH. Batu Gajah, karena menyuplai daya sebesar 4,278MW. Sedangkan penyulang STAIN hanya menyuplai daya sebesar 1,335MW sehingga rugi daya yang dialami hanya 17,6kW atau 1,32%. Jika ditotalkan, kedua rugi daya penyulang tersebut adalah 182,7kW. Rugi daya ini dapat diasumsikan sebagai rugi daya yang dialami oleh penyulang Ahuru (Ahuru-Batu Gajah + STAIN).

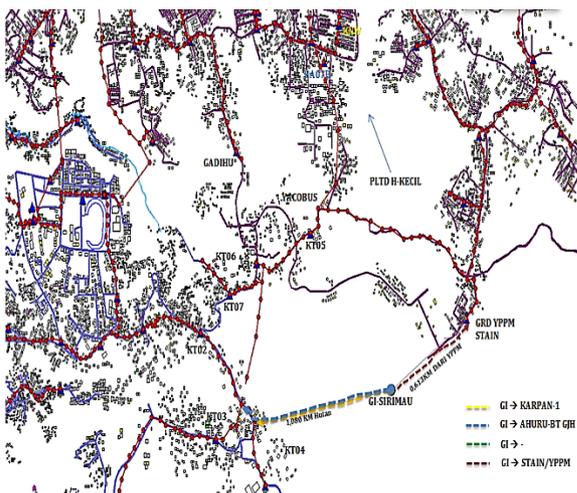


Gambar 4b. Grafik rugi daya hasil skenario 1 dan perbandingannya dengan kondisi eksisting

Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, ternyata hasil skenario 1 rugi daya mengalami sedikit perbaikan setelah penyambungan penyulang GI. Total rugi daya setelah penyambungan GI menjadi 608,1kW atau mengalami perbaikan rugi daya sebesar 5,2kW.

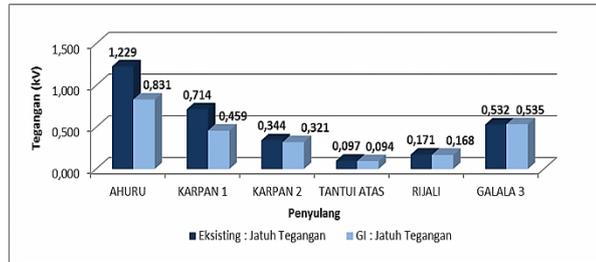
- Hasil Simulasi ETAP Penyambungan Penyulang GI Hasil Skenario 2.

Berdasarkan data lokasi penempatan GI Sirimau dan lokasi saluran penyulang Ahuru (gardu GRD KT03) dan Karpan-1 (gardu GRD KT04) yang saling bersilangan pada lokasi yang tidak jauh dari lokasi GI Sirimau yaitu di lokasi Ahuru-Gonsalo. Panjang saluran penyulang Karpan-1 ($\pm 1080m$) dan penyulang Ahuru ($\pm 1180m$) dari lokasi GI Sirimau, merupakan perhatian penulis untuk mengusulkan skenario penyambungan penyulang GI Sirimau sebagai skenario 2 seperti telah dijelaskan sebelumnya.



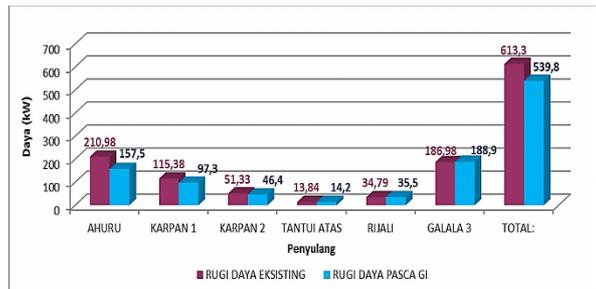
Gambar 5. Letak lokasi penyulang GI Sirimau (sesuai skenario 2)

Hasil simulasi ETAP skenario 2, menunjukkan Jatuh tegangan terbesar masih dialami oleh penyulang Ahuru. Jatuh tegangan sebesar 0,831kV menyebabkan tegangan pada ujung penerima terjauh sebesar 18,604kV. Jatuh tegangan terbesar kedua adalah penyulang Galala-3 sebesar 0,535kV yang menyebabkan tegangan pada ujung penerima gardu GRD 25C sebesar 19,139kV.



Gambar 6a. Grafik jatuh tegangan hasil skenario 2 dan perbandingannya dengan kondisi eksisting

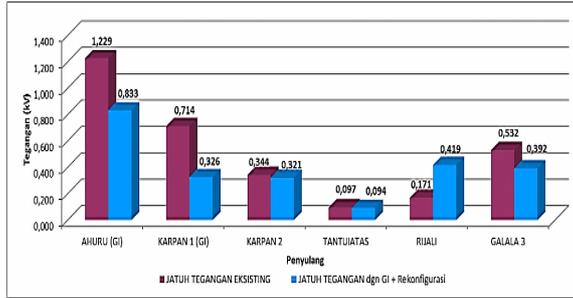
Beban terbesar dalam pengujian ini berada pada saluran Galala-3 yaitu sebesar 5,359MW, sehingga rugi daya terbesar dialami oleh penyulang Galala-3 sebesar 188,9kW atau 3,52%. Sedangkan beban terendah dalam pengujian sesuai skenario 2 masih pada penyulang Tantui Atas sebesar 1,200MW, sehingga rugi daya yang dialami juga kecil yaitu sebesar 14,2kW atau 1,18%. Jika dibandingkan dengan jaringan eksisting, penyambungan penyulang GI skenario 2 secara keseluruhan mengurangi rugi daya sebesar 73,5 kW.



Gambar 6b. Grafik rugi daya hasil skenario 2 dan perbandingannya dengan kondisi eksisting

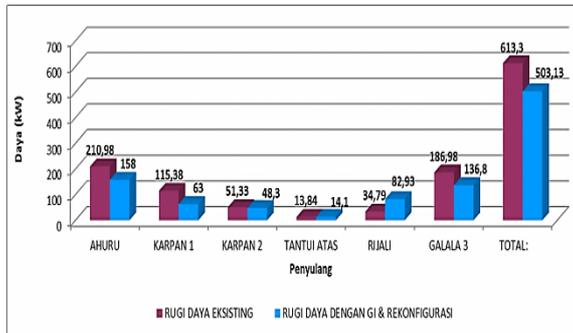
- Penyambungan Penyulang GI Skenario 2 Dengan Rekonfigurasi.

Perbaikan nilai jatuh tegangan pada simulasi ini, dialami oleh penyulang Ahuru, Karpan-1 dan Galala-3. Penyulang Ahuru mengalami pengurangan jatuh tegangan paling signifikan, yaitu sebesar 0,396kV dari kondisi penyulang eksisting, Karpan-1 0,388kV, dan Galala-3 sebesar 0,140 kV.



Gambar 7a. Grafik jatuh tegangan hasil skenario 2 rekonfigurasi dan perbandingannya dengan kondisi eksisting

Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, setelah rekonfigurasi dapat memperbaiki profil tegangan pada penyulang sehingga rugi daya ikut membaik. Secara keseluruhan menunjukkan jaringan mengalami perbaikan rugi daya sebesar 110,17kW atau rugi daya total sebesar 503,13kW mengalami perbaikan sebesar 17,96%.

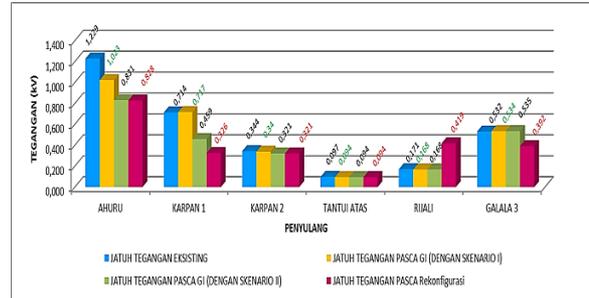


Gambar 7b. Grafik rugi daya hasil skenario 2 rekonfigurasi dan perbandingannya dengan kondisi eksisting

• Perbandingan Level Tegangan dan Rugi Daya.

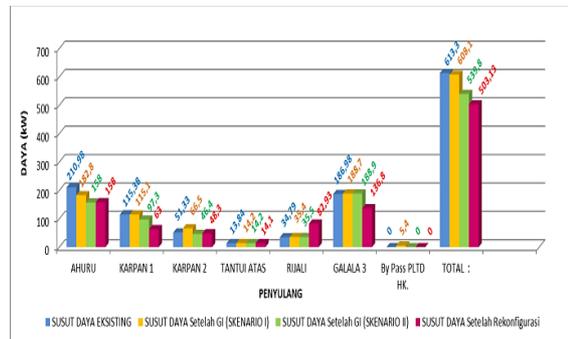
Hasil simulasi tegangan antara kondisi penyulang eksisting, setelah penyambungan penyulang GI skenario 1, skenario 2 dan skenario 2 dengan rekonfigurasi, terlihat yang sangat menonjol perubahan perbaikan profil tegangan adalah pada hasil simulasi skenario 2 dengan rekonfigurasi. Hasil simulasi menunjukkan perbaikan level tegangan signifikan terjadi pada penyulang Ahuru sebesar 0,828 kV sedangkan penyulang Karpan-1 sebesar 0,326 kV. Kondisi perbaikan level tegangan ini masih lebih baik dari skenario sebelumnya. Penyulang Galala-3 yang tadinya jatuh tegangan mencapai 0,535 kV turun menjadi 0,392 kV, nilai ini mengalami perubahan akibat terjadinya rekonfigurasi pada jaringan penyulang Galala-3, Karpan-1 dan penyulang Rijali. Sehingga sebagian beban penyulang Galala-

3 telah berkurang karena dialihkan ke penyulang Rijali.



Gambar 8a. Grafik perbandingan jatuh tegangan pada kondisi eksisting, setelah penyambungan penyulang GI skenario 1, skenario 2 dan setelah rekonfigurasi

Secara umum terlihat ada perbaikan setelah rekonfigurasi yaitu total rugi daya sebesar 503,13 kW atau mengalami perbaikan 17,96% dari kondisi eksisting. Sedangkan skenario 1 hanya mengalami sedikit perbaikan rugi daya menjadi 608,1 kW atau hanya 0,85% perbaikan rugi daya dari kondisi eksisting. Kondisi perbaikan setelah rekonfigurasi juga dipengaruhi oleh perbaikan sebelumnya (skenario 2), dimana terjadi perbaikan pada saluran awal penyulang Karpan-1 dan Ahuru (gardu KT03) yang pada penyambungan penyulang GI skenario 2 menjadi lebih pendek dibandingkan penyambungan penyulang GI skenario 1 yang saluran awal penyulang dihubungkan ke penyulang Karpan-2 dan Ahuru-stain.



Gambar 8b. Grafik perbandingan rugi daya pada kondisi penyulang eksisting, pasca penyambungan penyulang GI skenario 1, skenario 2 dan setelah rekonfigurasi

Perbaikan rugi daya yang sangat menonjol terlihat pada penyulang Ahuru, penyulang Karpan-1 dan Galala-3 setelah rekonfigurasi terhadap kondisi eksisting maupun pada kondisi penyulang hasil skenario 1. Kondisi ini terjadi akibat perubahan jarak, perubahan jumlah beban dan posisi penempatan sumber ke jaringan seperti telah dijelaskan sebelumnya.

Perbaikan rugi daya pada penyulang Galala-3 setelah rekonfigurasi, dialami oleh saluran kabel tanah sepanjang 3000 m yang pada kondisi eksisting mencapai 77,6 kW turun menjadi 51,3 kW.

5. KESIMPULAN

- Kesimpulan

1. Kualitas tegangan pada kondisi beban saat ini mengalami penurunan dan mengakibatkan jatuh tegangan pada penyulang Ahuru sebesar 1,229kV, Karpan-1 sebesar 0,714kV, Karpan-2 sebesar 0,344kV dan Galala-3 sebesar 0,532kV, sedangkan Rugi daya listrik teknis tertinggi terjadi pada penyulang Ahuru sebesar 211kW (3,85%), setelah itu diikuti penyulang Galala-3 sebesar 115kW (3,53%) dan penyulang Karpan-1 115kW (3,17%). jatuh tegangan tersebut dapat disebabkan oleh karena panjang jaringan dan kapasitas daya yang semakin berkurang hingga mendekati kapasitas beban puncak.
2. Kualitas tegangan dan rugi daya teknis setelah terintegrasinya 4 penyulang GI hasil skenario 1, secara keseluruhan mengalami perbaikan, terutama perbaikan jatuh tegangan pada penyulang Ahuru menjadi 1,023kV (mengalami perbaikan jatuh tegangan 20,14% dari kondisi eksisting), rugi daya keseluruhan penyulang mengalami perbaikan sebesar 0,85% dari total rugi daya eksisting.
3. Kualitas tegangan dan rugi daya setelah penyambungan penyulang GI hasil skenario 2, secara keseluruhan mengalami perbaikan menjadi 539,8kW (11,98%) dari total rugi daya pada kondisi eksisting.
4. Setelah penyambungan penyulang GI skenario 2 dengan rekonfigurasi jaringan, penyulang Karpan-1 dan Galala-3 mengalami perbaikan kualitas tegangan sehingga rugi daya berkurang dan mempengaruhi perbaikan rugi daya secara menyeluruh hingga 503,13kW (17,96%) dari kondisi eksisting.

- Saran

1. Untuk memperbaiki profil tegangan sehingga berdampak pada perbaikan rugi daya pada penyulang kota Ambon, disarankan untuk menggunakan penyambungan penyulang GI sesuai skenario 2.
2. Mengingat beban pada penyulang Karpan-1 dan Galala-3 cukup besar, maka disarankan untuk dilakukan pengalihan beban atau rekonfigurasi jaringan pada penyulang tersebut ke penyulang Rijali melalui LBS Al-Fatah penyambungan penyulang sesuai skenario 2.

DAFTAR ACUAN

- Cekdin C., 2007. **Sistem Tenaga Listrik Contoh Soal dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab**. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Fayyadl M., Sukmadi T., Winardi B., **Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik dengan Metode Algoritma Genetika**.
- Gonen, T., 1986, "Electric Power Distribution System Engineering", McGraw-Hill.
- Haryadi, 2007. **Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV PT. PLN UPJ Wates untuk Memperkecil Rugi Teknik**. Thesis Universitas Gadjah Mada.
- Kersting W. H., 2007. **Distribution System Modeling and Analysis**, Second Edition. CRC Press.
- Stevenson, W.D., and Grainger, J.J, 1994, "Analysis Power System", Singapura McGraw Hill
- Syukri M., 2005. **Perhitungan Drop Tegangan pada Jaringan Distribusi Primer Banda Aceh**. Jurnal Rekayasa ElektriKa, Volume 4 No. 2.
- Tahir U., 2008. **Analisa Rugi daya Teknik pada Sistem Kelistrikan**. Jurnal Dinamis Volume 2. No. 12.