

Analisa Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi 150 kV GI Pati Bay GI Jekulo Menggunakan ETAP 12.6.0

Bayu Andik Anggoro¹⁾, Sukarno Budi Utomo²⁾, dan Ida Widihastuti³⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
^{1, 2, 3)} Jl. Raya Kaligawe Km.4 Po.Box 1054 Semarang 50112

e-mail: bayu@std.unissula.ac.id¹⁾, sukarno@unissula.ac.id²⁾, ida_fti@unissula.ac.id³⁾

ABSTRACT

In the electric power system, the transmission system is a pathway to transmit electrical energy from the generator to the substation or from the substation to another substation which allows power losses and large voltage drops if the transmission length is relatively far and the overload is very high. affect the reliability of the transmission system. Analysis of power losses and voltage drop on the 150 kV high voltage transmission system at the Pati substation to the Jekulo substation. The analysis was carried out by conducting a survey at the research location then doing manual calculations and calculations using ETAP 12.6.0 software. The research method used was that the researcher collected voltage and current data at 10.00 and 19.00 WIB in one month and the transmission system supporting equipment specifications to be simulated in ETAP 12.6.0 from Pati and Jekulo substations in order to make comparisons between manual calculations and ETAP. 12.6.0. The conclusion of this study is the calculation of power losses manual calculation and simulation of ETAP 12.6.0 has a difference of 2.5% with the value of manual calculation power losses of 685.5 kW and the power losses from The simulation results reached 266.6 kW and the calculation of the presentation of power losses in the transmission line of GI Pati - GI Jekulo reached 6.8% exceeding the service percentage variation limit due to losses according to SPLN No. 72 of 1987 a maximum of 5% at least -10%.

Keywords: Transmission, Losses, Drop voltage.

ABSTRAK

Pada sistem tenaga listrik, sistem transmisi merupakan jalur untuk mengirimkan energi listrik dari pembangkit ke gardu induk ataupun dari gardu induk ke gardu induk lain yang sangat memungkinkan terjadi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang besar jika panjang tranmisi relatif jauh serta beban lebih hal itu sangat mempengaruhi keandalan pada sistem transmisi. Analisa perhitungan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem transmisi tegangan tinggi 150 kV pada gardu induk Pati ke Gardu Induk Jekulo. Analisis dilakukan dengan malakukan survey di lokasi penelitian kemudian melakukan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan software ETAP 12.6.0. metode penelitian yang digunakan yaitu peneliti melakukan pengambilan data tegangan dan arus pada pukul 10.00 dan 19.00 WIB dalam satu bulan dan spesifikasi alat penunjang sistem tranmisi untuk disimulasikan di ETAP 12.6.0 dari gardu induk Pati dan gardu induk Jekulo guna melakukan perbandingan antara perhitungan manual dan ETAP 12.6.0. Hasil kesimpulan dari penelitian ini adalah perhitungan rugi – rugi daya perhitungan manual dan simulasi ETAP 12.6.0 memiliki selisih perbandingan 2,5% dengan nilai rugi – rugi daya perhitungan manual sebesar 685,5 kW dan nilai rugi – rugi daya dari hasil simulasi mencapai 266,6 kW dan perhitungan presentasi rugi – rugi daya pada jalur transmisi GI Pati – GI Jekulo mencapai 6,8 % melebihi batas variasi presentase pelayanan akibat losses yang sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 maksimal +5% minimal -10%.

Kata Kunci: Transmisi, Rugi-rugi daya, Jatuh tegangan.

I. PENDAHULUAN

Didalam sistem penyaluran energi listrik ada empat proses penting agar energi mampu menutupi kebutuhan masyarakat yang dimulai dari pusat pembangkit selanjutnya energi listrik akan dikirimkan ke distribusi GI (Gardu Induk) melalui saluran transmisi, setelah energi sampai ke GI (Gardu Induk) energi akan di distribusikan ke Industri, Sosial, dan rumah tangga melauai jaringan distribusi, dalam kondisi ini pihak PLN harus mampu mencukupi kebutuhan masyarakat dengan memberikan energi yang berkualitas dalam arti frekuensi tetap dijaga 50 HZ dan energi listrik yang dapat di manfaatkan masyarat dengan maksimal tanpa mengalami kerugian pada saat pengiriman energi listrik. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa dan sim-

ulasi untuk mengetahui nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan agar tetap sesuai pada variasi tegangan akibat losses oleh SPLN.

Penelitian ini akan membahas mengenai sistem transmisi yang terjadi pada jalur transmisi GI Pati bay GI Jekulo apakah nilai losses dan jatuh tegangan normal presentase di bawah 5% sesuai ketetapan oleh SPLN No. 72 tahun (SPLN 72, 1987). Metodologi yang digunakan ini dengan cara mengambil data dari setiap GI yang di teliti lalu melakukan simulasi dan perhitungan berdasarkan rumus perbandingan yang diperoleh dari hasil data perhitungan dengan data yang di dapatkan dari setiap GI. Data – data yang penulis dapatkan terbagi menjadi 2 kategori yaitu data primer dan data sekunder. Data primer penulis dapatkan langsung dari GITET 500 kV Ungaran yang meliputi data – data tentang data saluran transmisi anantara GI Pati ke Jekulo, data – data relai

jarak pada gardu induk tersebut, dan data – data pendukung.

Sistem transmisi 150 kV pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) wilayah Pati ke Jekulo adalah sistem transmisi yang memiliki jarak yang jauh dari pembangkit maka jika keandalan alat kurang maksimal akan menyebabkan banyak rugi-rugi daya. Secara khusus pada gardu induk Pati sampai gardu induk jekulo adalah bagian dari subsistem transmisi 150 kV yang memiliki saluran transmisi dari pembangkit yang panjang hal ini akan menyebabkan *losses*, analisa perlu dilakukan dengan tujuan keandalan sistem transmisi tetap maksimal.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menentukan nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan masih dalam presentasi yang normal dibawah 5%, dan melakukan perbandingan antara perhitungan manual dan perhitungan melalui simulasi ETAP 12.6.0 1.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang analisa rugi – rugi daya dan jatuh tegangan. Rugi daya dari saluran transmisi dai GI Jajar ke GI Gondangrejo terjadi rugi daya cukup besar. Penelitian ini menunjukan bahwa jumlah *losses* pada bulan November 2016 mencapai 291259,728 KWH dan kerugian PLN mencapai Rp 328.025.443,00[2].

Penelitian tentang “Analisis Perhitungan Rugi – rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Gardu Induk Tambak Lorok – Bawen dengan menggunakan Etap 12.6.0”. Hasil simulasi dengan software ETAP 12.6.0 dan perhitungan jatuh tegangan menunjukkan kondisi yang tegangan 4,27 % yaitu 6,41 kV. nilai rugi daya dalam sebulan pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 KV PLTG Tambak Lorok – Bawen adalah 207.525 kWh dengan niai rupiah sebesar Rp. 237.620.276[3].

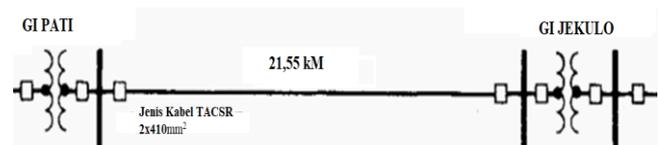
B. Landasan Teori

Sistem transmisi tenaga listrik pada umumnya memiliki tiga urutan yang penting yaitu pusat pembangkit, transmisi dan distribusi untuk dibagikan ke beban - beban. Pembangkit yang menghasilkan energi listrik disalurkan melalui jaringan transmisi, jaringan transmisi di Indonesia meliputi SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 KV dan SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) 500 KV untuk di salurkan ke sistem distribusi. Letak antara pembangkit ke Gardu induk dan Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya pada umumnya memiliki jarak yang relatif jauh dan menyebabkan salah satu faktor penyebab *losses* dan *drop voltage*. Penggunaan jenis konduktor merupakan salah satu cara untuk menurunkan rugi – rugi listrik dalam proses penyalurannya[4].

Sistem tenaga listrik adalah proses dimana energi listrik dibangkitkan oleh pusat pembangkit, dikirimkan ke Gardu Induk distribusi melalui jaringan transmisi kemudian dari Gardu Induk didistribusikan ke beban – beban melalui jaringan distribusi. Penamaan suatu sistem tenaga listrik biasanya menggunakan daerah cakupan yang dilistriki, misalnya Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali (STLJB) atau Sistem Jawa Bali (SJB) berarti sistem tenaga listrik yang mencakup Pulau Jawa, Madura dan Bali[5].

Sistem Transmisi

Sistem transmisi dengan tegangan lebih tinggi memiliki keuntungan jika dilihat dari kemampuan transmisi (*capability*) saluran transmisi, pada umumnya kemampuan ini dinyatakan dalam satuan MVA (Mega Volt Ampere). Kemampuan saluran transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat dipastikan, karena kemampuan ini tergantung pada batasan – batasan (*limit*) termal dari sebuah penghantar dengan variasi presentase jatuh tegangan (*drop voltage*) yang ditetapkan sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 yaitu +5% minimal -10%.



Gambar 1. sistem transmisi GI Pati Bay GI Jekulo

Adanya selisih daya dari pusat pembangkit ke beban karena proses penyaluran tenaga listrik disenut rugi – rugi daya atau *losses*.

Perhitungan *losses* pada jaringan transmisi 150 KV dari GI Pati - GI Jekulo dengan menggunakan persamaan:

$$P_{Losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R \quad (1)$$

Keterangan:

- P_{Losses} = rugi-rugi daya (watt)
- I = arus yang di salurkan (watt)
- R = tahanan saluran (Ω / meter)

Kerugian disebabkan energi yang disalurkan dari pembangkit sampai ke beban memiliki selisih daya yang diterima tidak sebesar daya yang dikirim, sehingga energi yang dikirim tidak terjual semua oleh karena itu pemasok energi listrik mengakibatkan kerugian. Penelitian ini menggunakan persamaan:

$$E = p \times t \quad (2)$$

Keterangan:

- E = Energi listrik (watt.jam)

p = Daya alat listrik (watt)
t = Lama pemakaian (jam)

$$\text{biaya listrik} = \left(\frac{E}{1000}\right) \times \text{TTL} \quad (3)$$

keterangan:

$\frac{E}{1000}$ = Pemakaian listrik (kWh)

TTL = Tarif tenaga listrik (Rp)

Drop tegangan pada saluran transmisi menjadi lebih kecil dengan cara menaikkan level tegangan yang akan disalurkan maka arus yang mengalir akan menjadi lebih kecil, hal tersebut sesuai dengan persamaan:

$$V_{drop} = I \times Z \quad (4)$$

Dimana: impedansi saluran

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (5)$$

Dimana: ΔV = Jatuh Tegangan (Volt).
 V_s = Tegangan kirim (Volt).
 V_r = Tegangan terima (Volt).

Persentase (%) Jatuh tegangan:

$$\Delta V(\%) = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \quad (6)$$

Dimana: $\Delta V(\%)$ = Jatuh Tegangan dalam % (Volt).
 V_s = Tegangan kirim (Volt).
 V_r = Tegangan terima (Volt)

C. ETAP

ETAP merupakan *software* untuk *power* sistem yang bekerja berdasarkan *plant (project)*. Setiap *plant* harus menyediakan peralatan atau alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Seperti *generator*, data motor, data kabel dll. Dalam *power station* setiap *plant* harus menyediakan data base. ETAP didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi sistem tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility* atau *power grid*, kabel (*cable raceways*), penanahan *GIS*, desain panel koordinasi proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/DC kontrol sistem diagram. *ETAP 12.6* dapat melakukan penggambaran *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi antara lain:

a. *Load Flow* (aliran daya)

Percobaan load flow atau aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya.

b. Analisa Hubung Singkat

Short circuit analysis ini digunakan untuk menjalankan simulasi kondisi steady state dan koordinasi proteksi dan testing dinamik peralatan proteksi *start device coordination analysis* ini juga mendukung kebutuhan desain dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan *reability, stability* dan efisiensi system.

c. Analisa Koordinasi Perangkat Star

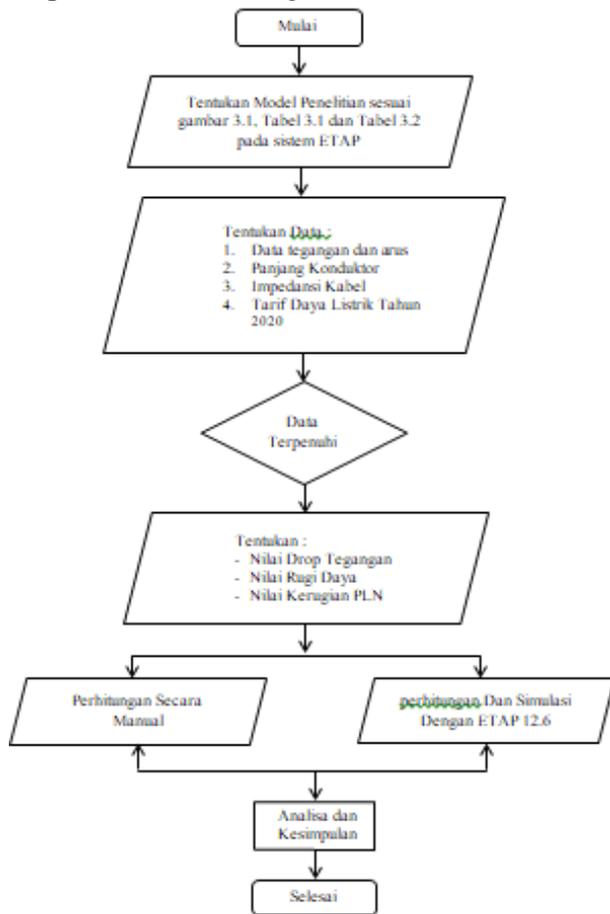
Star-Protective Device Coordination Analysis ini digunakan untuk menjalankan simulasi kondisi *steady-state* dan koordinasi, Proteksi dan *testing* dinamik peralatan proteksi. *Star-Protective Device Coordination Analysis* memungkinkan studi koordinasi peralatan proteksi dapat dilakukan secara efisien dan mudah. Selain itu *Star-Protective Device Coordination Analysis* ini juga mendukung keperluan desain dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan *reliability, stability* dan efisiensi sistem.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini berisi tentang metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menentukan obyek penelitian yaitu pada Gardu Induk Pati dan Gardu Induk Jekulo.

Prosedur dimulai dengan studi literatur tentang rugi-rugi daya listrik, jatuh tegangan dari Gardu Induk sampai ke beban, serta aplikasi dan teknologi yang telah ada dan sedang berkembang untuk menganalisis pencapaian tujuan-tujuan tersebut. Setelah itu dilakukan pengimpunan data aliran daya listrik untuk memperoleh data operasioanal pembebanan sistem tenaga listrik dari GI pati sampai saluran transmisi GI Jekulo. Setelah data dihimpun, kemudian dilakukan simulasi untuk memperoleh data awal. Data berisikan beban pada bus, data parameter saluran transmisi, data daya pembangkitan serta tegangan pada bus. Setelah itu dilakukan simulasi power flow, dengan mensimulasikan beban normal dan seimbang dan simulasi continuation power flow. Hasil dari simulasi pada ETAP untuk analis saluran tegangan tinggi GI Pati – GI Jekulo, dengan tujuan mengetahui rugi daya masih dalam ambang normal atau sebaliknya, mengetahui besar jatuh tegangan, serta upaya peningkatan kesetabilan tegangan sistem tenaga setelah diketahui persentasi tingkat kerugian yang terjadi.

Diagram alur/flowchart penelitian:



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rugi-rugi Daya

Perhitungan rugi-rugi daya menggunakan penghantar jenis TACSR dengan resistansi 0.0671 ohm/km. Sehingga resistansi sepanjang saluran Tambak Lorok – Bawen dengan jarak 21,55 km adalah 1,44 ohm.

Perhitungan P_{losses} pukul 10.00 WIB

$$\text{Tanggal (n)} \quad 3 \times I^2 \times R_{total} = P_{losses}$$

$$\text{Tanggal (1)} \quad 3 \times 617^2 \times 1,44 = 1644576 \text{ W} \quad : 1000000 = 1.64458 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} \quad 3 \times 775^2 \times 1,44 = 2270700 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.2707 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} \quad 3 \times 725^2 \times 1,44 = 2251946.88 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.25195 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (4)} \quad 3 \times 722^2 \times 1,44 = 22519846.8 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.25195 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (5)} \quad 3 \times 723^2 \times 1,44 = 2258189.289 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.25819 \text{ MW}$$

Nilai rata-rata hasil perhitungan rugi-rugi daya pada pukul 10.00 WIB selama sebulan sebesar 1.45 MW

Sedangkan P_{losses} pukul 19.00 WIB

$$\text{Tanggal (n)} \quad 3 \times I^2 \times R_{total} = P_{losses}$$

$$\text{Tanggal (1)} \quad 3 \times 609^2 \times 1,44 = 1602206 \text{ W} \quad : 1000000 = 1.623393 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} \quad 3 \times 628^2 \times 1,44 = 1703739 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.149219 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} \quad 3 \times 612^2 \times 1,44 = 1618030 \text{ W} \quad : 1000000 = 1.944365 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (4)} \quad 3 \times 540^2 \times 1,44 = 1259712 \text{ W} \quad : 1000000 = 1.259712 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (5)} \quad 3 \times 638^2 \times 1,44 = 1758430 \text{ W} \quad : 1000000 = 2.00831 \text{ MW}$$

Nilai rata-rata hasil perhitungan rugi-rugi daya pada pukul 19.00 WIB selama sebulan sebesar 1.28 MW

P_{losses} Rata-rata per hari

$$\text{Tanggal(n)} \quad \frac{P_{loss 10:00} + P_{loss 19:00}}{2} \text{ Ratarata} \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = P_{loss}(\text{MWH})$$

$$\text{Tanggal(1)} \quad \frac{1.64458 + 1.602205}{2} = 1.623393 \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 38.96142 \text{ MWH}$$

$$\text{Tanggal(2)} \quad \frac{2.5947 + 1.703738}{2} = 2.149219 \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 51.58126 \text{ MWH}$$

$$\text{Tanggal(3)} \quad \frac{2.2707 + 1.618030}{2} = 1.944365 \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 46.66476 \text{ MWH}$$

$$\text{Tanggal(4)} \quad \frac{2.25195 + 1.259712}{2} = 1.755831 \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 42.13994 \text{ MWH}$$

$$\text{Tanggal (5)} \quad \frac{2.25819 + 1.758430}{2} = 2.00831 \frac{P_{loss}}{\text{hari}} \times 24 \text{ jam} = 48.19944 \text{ MWH}$$

Nilai rata-rata hasil perhitungan rugi-rugi daya harian selama sebulan sebesar 32.90 MW.

B. Jatuh Tegangan

Perhitungan Jatuh Tegangan Untuk menghitung besarnya jatuh tegangan kita menggunakan rumus sesuai persamaan (5) dan (6):

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V(\%) = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

Pukul 10.00 WIB

$$(1) \quad \Delta V = 143 - 143 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{143 - 143}{143} \times 100 \% = 0 \%$$

$$(2) \quad \Delta V = 143 - 143 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{143 - 143}{143} \times 100 \% = 0 \%$$

$$(3) \quad \Delta V = 145 - 144 = 1$$

$$\Delta V(\%) = \frac{145 - 144}{144} \times 100 \% = 0,69 \%$$

$$(4) \quad \Delta V = 144 - 144 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{144 - 144}{144} \times 100 \% = 0 \%$$

$$(5) \quad \Delta V = 143 - 143 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{143 - 143}{143} \times 100 \% = 0 \%$$

Pukul 19.00 WIB

$$(1) \Delta V = 144 - 143 = 1$$

$$\Delta V(\%) = \frac{144-143}{143} \times 100 \% = 0,69 \%$$

$$(2) \Delta V = 144 - 144 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{144-144}{144} \times 100 \% = 0 \%$$

$$(3) \Delta V = 150 - 146 = 4$$

$$\Delta V(\%) = \frac{150-146}{146} \times 100 \% = 2,73 \%$$

$$(4) \Delta V = 146 - 145 = 1$$

$$\Delta V(\%) = \frac{146-145}{145} \times 100 \% = 0,69 \%$$

$$(5) \Delta V = 146 - 146 = 0$$

$$\Delta V(\%) = \frac{146-146}{146} \times 100 \% = 0$$

Perhitungan Jatuh tegangan: $\frac{\text{total jatuh tegangan} (\%)}{2}$

$$\frac{3,93\%}{2} = 1,96\%$$

C. Nilai Ekonomis Akibat Hilangnya Daya Listrik

Berikut proses perhitungan biaya listrik akibat dari rugi-rugi daya.

Tabel 1. Tarif Tenaga Listrik (TTL) bulan januari - maret 2020

Golongan Daya Listrik	Keterangan	Tarif (Rp/KWH)
450 VA	Subsidi	415
900 VA	Subsidi	586
900 VA – RTM	Non-Subsidi	1352,00
1.300 VA	Non-Subsidi	1467,28
2.200 VA	Non-Subsidi	1467,28
3.500 VA s.d. 5.500 VA	Non-Subsidi	1467,28
6.600 VA s.d. 200 kVA	Non-Subsidi	1467,28
Rata – rata Tarif		1174.58

Tanggal (n)

PlossMWh x 1000 = PlosskWh x Tarif rata-rata = Harga Jual

Tanggal (1)

38.96142 MW x 1000 = 38961.42 kWh x 1174.58 Rp/kWh = Rp. 45.763.304.7

Tanggal (2)

51.58126 MW x 1000 = 51581.26 kWh x 1174.58 Rp/kWh = Rp. 7.734.610

Tanggal (3)

46.66476 MW x 1000 = 46664.76 kWh x 1174.58 Rp/kWh = Rp. 54811493.8

Tanggal (4)

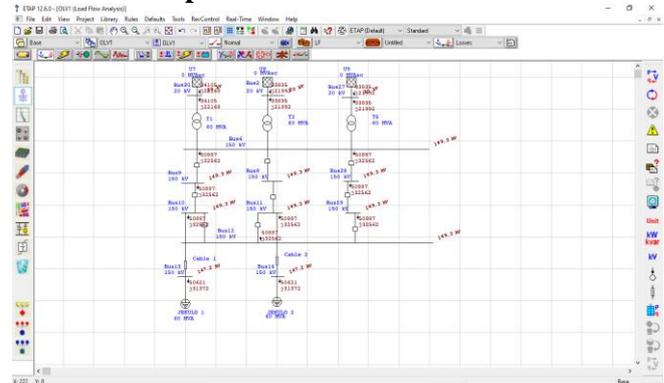
42.13994 MW x 1000 = 42139.94 kWh x 1174.58 Rp/kWh = Rp. 49496730.7

Tanggal (5)

48.19944 MW x 1000 = 48199.44 kWh x 1174.58 Rp/kWh = Rp. 56614098.2

Total kerugian biaya selama bulan february akibat losses ini didapat dengan cara merubah nilai Ploss harian MWh menjadi KWH dengan cara dikali dengan 1000, setelah itu hasil tersebut akan dikalikan tarif listrik yang sudah di rata-rata sebesar Rp 1174.58/KWH sehingga kerugian PLN dalam satu bulan mencapai Rp. 1.120.936.847.

D. Simulasi pada ETAP 12.6.0



Gambar 3. Tampilan Setelah Program Dijalankan

Rangkaian simulasi ETAP 12.6.0 ini dibuat berdasarkan Single line diagram dan spesifikasi alat GI Pati bay GI Jekulo.

Tabel 2. perbandingan perhitungan menggunakan ETAP dan manual

Jaringan Penghantar	Perhitungan manual Rugi – rugi Daya (KW).	Perhitungan ETAP Rugi – rugi Daya (KW).
Line 1	685.5	266.6
Line 2	685.5	266.6
Jaringan Penghantar	Perhitungan Jatuh Tegangan (KV).	Perhitungan ETAP Jatuh Tegangan (KV).
Line 1	1.96%	1.42%
Line 2	1.96%	1.42%

Adapun selisih perbandingan antara Ploss perhitungan manual dan penggunaan ETAP.

$$\frac{685.5}{266,6} \times 100\% = 2,5\%$$

Melihat hasil tersebut terjadi perbedaan Ploss antara perhitungan secara manual dan menggunakan aplikasi ETAP. Hal ini bisa terjadi karena komponen dan peralatan di lapangan tidak selamanya akan bekerja secara stabil dan normal, sehingga akan ada perbedaan yang terjadi antara lapangan dan pengujian dengan aplikasi ETAP.

IV. PENUTUP

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini:

1. Hasil perhitungan rugi – rugi daya perhitungan manual dan simulasi ETAP 12.6.0 memiliki selisih perbandingan 2,5% dengan nilai rugi – rugi daya perhitungan manual sebesar 685,5 KW dan nilai rugi – rugi daya dari hasil simulasi mencapai 266,6 KW.

2. Hasil Simulasi dengan software ETAP 12.6.0 dan perhitungan jatuh tegangan secara manual menunjukkan kondisi pada system transmisi 150 KV GI Pati – GI Jekulo menunjukkan hasil masih dalam kategori normal sesuai SPLN dengan nilai jatuh tegangan transmisi 150 KV GI Pati – GI Jekulo perhitungan manual 1,96% dan perhitungan dengan ETAP 12.6.0 1,42%.
 3. Besarnya biaya dalam sebulan yang disebabkan rugi – rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 KV GI Pati – Gi Jekulo adalah 954.329,9 KWH dengan biaya sebesar Rp 1.120.936.847.
 4. Dari hasil perhitungan presentasi rugi – rugi daya pada jalur transmisi GI Pati – GI Jekulo mencapai 6,8 % melebihi batas variasi presentase pelayanan akibat losses yang sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 maksimal +5% minimal -10%.
 5. Nilai rugi – rugi daya yang besar diakibatkan jarak antara pembangkit PLTU Rembang relative jauh sehingga berpengaruh pada keandalan jaringan, semakin jauh panjang jaringan transmisi maka semakin besar nilai rugi – rugi daya.
- [7] B. A. B. Iii, “Bab iii saluran transmisi,” pp. 1–24.
- [9] I. Pujriani, “BAB II Tinjauan Pustaka Kebisingan,” *J. FKM UI*, pp. 11–29, 2008.
- [10] P. K. Tengah, “No Title,” pp. 1–21.
- [11] B. A. B. Ii and L. Teori, “[1] 2.,” pp. 10–68, 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Refrensi dari Buku :

- [1] SPLN 72, “Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR),” *Spln 72*, p. 15, 1987.
- [6] DR.ArtonoArismunandarM.A. Sc. and DR. Susumu Kuwahara, *Teknik Tenaga Listrik*, no. 0806365412. 2004.
- [8] Cekmas Cekdin, “Sistem Tenaga Listrik,” *ELTEK, Vol 11 Nomor 01*, pp. 1–293, 2013.
- [12] M. Ir. Chris Timotius, “Instalasi Tegangan Menengah,” pp. 8–12, 2006.

Refrensi dari jurnal :

- [2] S. Hariyadi, “ANALISIS RUGI-RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK PALUR – MASARAN Disusun,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, no. 1–16, 2017.
- [3] S. B. Utomo and M. Haddin, “Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Tambak Lorok – Bawen,” pp. 234–243, 2019.
- [4] O. Handayani, T. Darmana, and C. Widyastuti, “Analisis Perbandingan Efisiensi Penyaluran Listrik Antara Penghantar ACSR dan ACCC pada Sistem Transmisi 150kV,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 37–45, 2019.
- [5] B. A. B. Ii, “Mohamad Tresna Wikarsa, FT UI,