

**ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN
TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK PAYAGELI – GLUGUR MEDAN
DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE POWERWORLD* Versi 12**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar Sarjana
Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan*

ADE WARDANA

NPM : 1607220062



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

**“ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN
TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK PAYAGELI – GLUGUR MEDAN
DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE POWERWORLD* Versi 12”**

*Disusun sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar Sarjana Teknik
(S.T) Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
(06 September 2021)

Oleh :
ADE WARDANA
1607220062

Disetujui Oleh :

Penguji Pendamping

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM

Penguji I

Noorly Evalina, ST, MT

Penguji II

Faisal Irsan Pasaribu, S.T. S.Pd. M.T



Oleh Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Faisal Irsan Pasaribu, S.T. S.Pd. M.T

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN
2021

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Ade Wardana
Tempat/Tanggal lahir : Medan, 03 Oktober 1990
NPM : 1607220062
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa tugas akhir/ skripsi saya yang berjudul :

“Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Pada Gardu Induk Payageli-Gardu Induk Glugur Medan Dengan Menggunakan *Software Powerworld 12*”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis orang lain secara orisinil ataupun otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan sadar atau tidak atas tekanan orang lain atau paksaan dari manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Medan, 08 April 2021

Saya yang menyatakan,



ABSTRAK

Seiring dengan jumlah populasi penduduk kian bertambah, praktis kebutuhan energi listrik juga harus di tambah tiap tahunnya. Listrik adalah salah satu sumber energi yang sangat vital peranannya untuk menunjang kebutuhan sehari hari rumah tangga maupun bisnis. Dengan kata lain bahwa listrik adalah sumber energi penunjang kehidupan sehari hari masyarakat. Sebagai penyedia kebutuhan energi listrik PLN di tuntut harus mampu mencukupi kebutuhan energi listrik masyarakat rumah tangga maupun bisnis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rugi-rugi daya pada pentransmision dari pengirim G.I Payageli ke penerima G.I Glugur Medan dengan menggunakan software *Powerworld 12*

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data data dan parameter parameter seperti jenis konduktor, panjang konduktor dan hambatan jenis konduktor termasuk spesifikasi gardu induk, data beban, dan data transmisi pada RUPTL PLN dan selanjutnya data data di masukkan ke software *Powerworld* versi 12 kemudian di *running* akan mendapatkan hasil hasil simulasi termasuk rugi-rugi daya nya.

Berdasarkan hasil dari simulasi *Software Powerworld 12* rugi-rugi daya pada saluran tegangan tinggi dari G.I Payageli ke G.I Glugur yang telah diberi *swiched shunt* disetiap beban-bebannya adalah sebesar 0.16 MW dan rugi rugi daya reaktif atau Mvar pada saluran tegangan tinggi dari G.I Payageli ke G.I Glugur adalah sebesar 0.56 MVar, dan hasil perhitungan manual rugi rugi daya sebesar 0.165 MW atau 160 Kw dan rugi rugi reaktifnya sebesar = 0,0034917 MVar. Besar kerugian faktor korona selama menyaluran tenaga listrik dari Payageli-Glugur 150kv sebesar 34.845,26 watt atau 0,02 % dari total kerugian daya penyaluran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya rugi rugi daya pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV pada G.I Payageli ke pentransmision G.I Glugur adalah jenis pengantar atau konduktor, panjang penghantar atau konduktor, semakin panjang penghantar maka semakin besar pula rugi-rugi dayanya dan korona. *Software* yang digunakan sangat praktis dan sederhana dan sangat mudah pengoperasiannya untuk menghitung rugi rugi daya, biaya listrik, dan dapat menganalisa sistem tenaga listrik.

KataKunci: *Powerworld*; Simulasi; Sistem Tenaga Listrik; Rugi Rugi Daya; Korona; *Software Power world 12*.

ABSTRACT

Along with the increasing population, practically the need for electrical energy must also be added each year. Electricity is a source of energy that is vital for its role to support the daily needs of households and businesses. In other words, electricity is a source of energy that supports people's daily lives. As a provider of electrical energy needs, PLN is demanded to be able to meet the electrical energy needs of the household and business community. This study aims to see the power losses in the transmission from the G.I Payageli sender to the G.I Glugur Medan receiver using the powerworld 12 software.

The research method used in this research is to collect data and parameter data such as type of conductor, length of conductor and type resistance, including substation specifications, load data, and data transmission on RUPTL PLN and further data in the state to powerworld software version 12 later. In running you will get the results of the simulation including the power losses.

Based on the Powerworld 12 Software simulation, the power losses in the high-voltage line from the Payageli GI to the Glugur GI which have been given a switched shunt at each load is 0.16 MW and the reactive power loss or Mvar on the high-voltage line from the Payageli GI to the GI. Glugur is 0.56 Mvar, and the results of manual calculations are 0.165 MW or 160 Kw and the reactive loss = 0.0034917 Mvar. The corona factor loss during the distribution of electricity from Payageli-Glugur 150kv is 34,845.26 watts or 0.02% of the total distribution power loss

The factors that affect the power loss in the 150 kV High Voltage Air Line in the Payageli GI to the transmission of the Glugur GI are the type of conductor or conductor, the length of the conductor or the longer the conductor, the longer the conductor, the large also power losses, and the corona. The software used is very practical and simple and very irritable to calculate power losses, electricity costs, and can analyze electric power systems.

Keywords: Powerworld, Simulation, Electric Power Systems, Power Losses, Corona, Powerworld Software 12.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV PADA GARDU INDUK PAYAGELI - GLUGUR DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE POWERWORLD VERSI 12*”** tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini mengetahui rugi daya pada saluran transmisi/penyulang Gardu Induk Glugur Medan dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil sehingga penelitian ini dapat selesai. Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan rezeki kesehatan, materil dan waktu sehingga tugas akhir dapat selesai dengan baik.
2. Ayahanda, Ibunda, Abangda, serta Kakanda dengan segala kecintaan dan kasih sayang dengan penuh tulus telah membesarkan, menyekolahkan saya sampai sekarang tanpa mengenal lelah hingga skripsi atau tugas akhir dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Munawar Al Fansury, ST, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Partaonan, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.

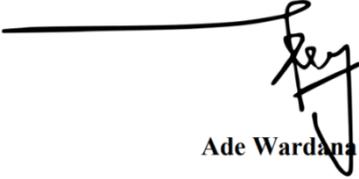
6. Bapak H. Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM sebagai pembimbing I yang telah mendidik dan memberikan bimbingan skripsi selama masa perkuliahan sampai selesai.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT sebagai pembimbing II yang telah memberikan bimbingan tugas akhir sampai selesai.
8. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
9. Staf Biro Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Karyawan dan Staf PT. PLN (persero) Medan dan terkhusus karyawan dan operator G.I Glugur dan G.I Payageli yang sudi menerima peneliti untuk melaksanakan penelitian secara daring/online.
11. Saudara abangda Azizan Bin Mazlan, BAcc (Hons) yang telah membantu materiil dan membimbing tugas akhir ini sampai selesai.
12. Teman teman seperjuangan Fakultas Teknik Elektro, Yoanda, Maula dan abangda Ahmad Hamdani, SP yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir penelitian ini masih ada kekurangan, karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian sehingga kedepannya tugas akhir ini dapat lebih baik lagi.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir atau skripsi ini dapat menjadikan tambahan ilmu dan memperkaya pengetahuan pembaca dan penulis sendiri. Terima Kasih.

Wassalamualaikum wr.wb,

Medan, 25 September 2021



Ade Wardana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN-----	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI -----	ii
ABSTRAK -----	iii
KATA PENGANTAR -----	vi
DAFTAR ISI-----	vii
DAFTAR GAMBAR -----	ix
DAFTAR TABEL-----	x
BAB I PENDAHULUAN -----	1
1.1 Latar Belakang -----	1
1.2 Rumusan Masalah-----	2
1.3 Pembatasan Masalah-----	3
1.4 Tujuan Penelitian-----	4
1.5 Manfaat Penelitian -----	4
1.6 Metode Penelitian -----	4
BAB II LANDASAN TEORITIS-----	6
2.1 Analisis Aliran Daya-----	6
2.2 Sistem Tenaga Listrik -----	10
2.2.1 Diagram Segaris / <i>One Line Diagram</i> -----	15
2.2.2 Diagram Reaktansi dan Diagram Impedansi -----	19
2.2.3 Konduktor -----	19
2.3 Persamaan Rugi-Rugi Daya-----	22
2.3.1 Perhitungan Rugi-rugi kwh dalam bentuk rupiah -----	23
2.4 Pengenalan Software <i>PowerWorld</i> versi Versi 12 -----	24
2.4.1. Fitur Lengkap Software <i>PowerWorld</i> Versi 12-----	25
2.4.2 Pedoman Awal Penggunaan Software <i>PowerWorld</i> Versi 12-----	28
BAB III METODE PENELITIAN-----	30
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian -----	30
3.1.1 Lokasi Penelitian -----	30
3.1.2 Waktu Penelitian-----	30
3.1.3 Jenis Penelitian-----	30
3.1.4 Sumber Data -----	30
3.2 Data dan Peralatan yang Digunakan -----	31
3.2.1 Data yang digunakan-----	31
3.2.2 Peralatan yang di gunakan-----	31
3.3 Bagan alir Penelitian-----	32
3.4 Pelaksanaan Penelitian-----	33
3.5 Populasi -----	33
BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN -----	38
4.1 Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Menggunakan Software <i>Powerworld</i> dan Analisa Hasil -----	39
4.1.1 Hasil <i>Running</i> Software <i>Powerworld</i> 12-----	39
4.1.2 Hasil <i>Running</i> Pada Software <i>Powerworld</i> 12 Bagian <i>Branches Input</i> 41	41

4.1.3 Hasil <i>Running</i> Pada Software <i>Powerworld</i> 12 Bagian <i>Branches State</i>	41
4.1.4 Hasil <i>Running</i> Pada Software <i>Powerworld</i> 12 Pada <i>Y Bus</i>	42
4.2 Hasil Perhitungan Manual Rugi-rugi Daya dan Hasil Analisa	43
4.2.1 Mencari Nilai Resistansi Total ACSR Payageli-Glugur	43
4.2.2 Mencari Rugi-Rugi Daya Tiap Fasa RST	45
4.2.3 Mencari Rugi-Rugi Daya Faktor Korona	51
4.2.4 Mencari Rugi-Rugi Daya Reaktif Saluran Transmisi	53
4.2.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Rugi-rugi daya antara <i>software powerworld</i> dengan perhitungan manual	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	59
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik -----	11
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Tenaga listrik-----	12
Gambar 2.3 Skema Pusat Listrik Saluran Transmisi Ke Gardu Induk -----	14
Gambar 2.4 Diagram Segaris Dari Suatu Sistem Tenaga Listrik -----	16
Gambar 2.5 <i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk Payageli -----	19
Gambar 2.6 <i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk Glugur-----	19
Gambar 2.7 Tampilan awal pada <i>PowerWorld Simulator</i> Versi 12 -----	25
Gambar 2.8 <i>Toolbar</i> Menu Utama <i>PowerWorld</i> Versi 12 -----	28
Gambar 2.9 Tampilan Muka <i>PowerWorld</i> Versi 12-----	28
Gambar 2.10 Tampilan <i>PowerWorld</i> ketika di Zoom -----	28
Gambar 2.11 Tampilan <i>New Case</i> Pada <i>Software PowerWorld</i> versi 12 -----	29
Gambar 2.12 <i>PowerWorld Simulator</i> menggambar Sebuah <i>Generator</i> -----	29
Gambar 4.1 <i>One Single Line Diagram</i> G.I Glugur-Payageli dengan menggunakan <i>Software Powerworld 12</i> -----	34
Gambar 4.2 <i>One Single Line Diagram</i> Pada <i>Software Powerworld 12</i> setelah di <i>running</i> -----	36
Gambar 4.3 Hasil <i>Running</i> Pada <i>Software Powerworld</i> Bagian <i>Branches</i> <i>Input</i> -----	38
Gambar 4.4 Hasil <i>Running</i> Pada <i>Software Powerworld</i> Bagian <i>Branches</i> <i>State</i> -----	38
Gambar 4.5 Hasil <i>Running</i> Pada <i>Software Powerworld</i> Y Bus -----	39
Gambar 4.6 <i>Log Sheet</i> pertanggal 18 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2	
Gambar 4.7 <i>Log Sheet</i> 19 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2-----	45
Gambar 4.8 <i>Log Sheet</i> 20 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2-----	46
Gambar 4.9 <i>Log Sheet</i> 21 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2-----	46
Gambar 4.10 <i>Log Sheet</i> 22 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2----	47
Gambar 4.11 <i>Log Sheet</i> 23 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2----	47
Gambar 4.12 <i>Log Sheet</i> 24 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2----	47
Gambar 4.13 <i>Log Sheet</i> 25 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2----	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol Satu Garis Atau <i>One Line Diagrams</i> -----	18
Tabel 2.2 Nilai Hambatan Jenis (P) atau Rho Beberapa Kawat-----	22
Tabel 4.1 Data SUMBAGUT 150 kV Pada Gardu Induk-----	36
Tabel 4.2 Data Transmisi SUMBAGUT 150 kV -----	37
Tabel 4.3 Hasil <i>Running</i> Simulasi (<i>Branches Input</i>) -----	38
Tabel 4.4 Hasil <i>Running</i> Simulasi (<i>Branches State</i>)-----	38
Tabel 4.5 Spesifikasi dari konduktor ACSR 1x300 mm ² berjenis <i>Duck</i> -----	43
Tabel 4.6 Data beban Glugur- Payageli 150 kv 3 fasa-----	49
Tabel 4.7 Hasil rugi-rugi daya G.I Glugur-Payageli 150 kv dari tgl 29 Maret sampai 11 April 2021-----	50
Tabel 4.8 Parameter konduktor ACSR Glugur – Payageli-----	51
Tabel 4.9 Faktor Ketergantungan pada jumlah urat kawat penghantar-----	53
Tabel 4.10 Data Beban Reaktif Payageli-Glugur 150 kv dari tanggal 18 sampai 25 Februari 2021 pukul 10.00 dan 19.00-----	54
Tabel 4.11 Perbandingan antara perhitungan rugi rugi daya <i>software powerworld</i> dengan perhitungan manual Glugur- Payageli-----	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bersamaan dengan jumlah populasi penduduk makin meningkat, instan kebutuhan tenaga listrik pula wajib di tambah masing - masing tahunnya. Listrik merupakan salah satu sumber tenaga yang sangat vital peranannya buat mendukung kebutuhan satu hari hari rumah tangga ataupun bisnis.

Dengan kata lain bahwa listrik adalah sumber energi penunjang kehidupan sehari hari masyarakat. Sebagai penyedia kebutuhan energi listrik PLN di tuntut harus mampu mencukupi kebutuhan energi listrik masyarakat rumah tangga maupun bisnis.

Permasalahannya adalah bagaimana mendistribusikan energi listrik kepada konsumen secara terus menerus dan efisien pada frekuensi, tegangan dan daya yang konstan. Pengembangan energi untuk kinerja adalah kunci kemajuan kehidupan manusia, yang sangat penting untuk peningkatan standar hidup yang berkelanjutan, tetapi pada kenyataannya, hilangnya energi dari sistem transmisi tidak dapat dihilangkan dan hilangnya energi harus dilakukan dalam batas normal. Batas 5-15%. Rugi daya pada saluran transmisi tegangan ultra tinggi disebabkan oleh berbagai faktor seperti rugi daya yang disebabkan oleh korona, hambatan konduktor, kotoran isolator, dan lain-lain, sehingga daya yang ditransmisikan dan daya yang diterima memiliki nilai yang berbeda, karena sebagian catu daya hancur. Disebabkan oleh faktor-faktor di atas.[1]

Oleh karena itu, ketersediaan energi listrik yang cukup dan berkualitas merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh PT PLN (Persero) sebagai penanggung jawab ketersediaan energi listrik di dalam negeri. Sistem EHV dan sistem tegangan tinggi) dan jaringan distribusi tenaga listrik (termasuk sistem tegangan menengah dan sistem tegangan rendah) Distribusi tenaga listrik dapat dilakukan melalui jaringan udara, darat dan laut. Dalam distribusi daya, akan selalu ada rugi-rugi daya di sepanjang penghantar. Hal ini disebabkan sifat bahan penghantar dan jarak pemasangan penghantar untuk memungkinkan arus mengalir.

Jika penghantar lebih panjang atau jarak antara pusat pembangkit dan pusat beban lebih besar, rugi daya penghantar lebih besar, dan sebaliknya, semakin pendek penghantar, rugi daya penggerak penghantar semakin kecil. Tegangan sistem yang digunakan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang bertujuan untuk mencapai keseragaman produksi komponen atau peralatan sistem tenaga. Misalnya, Saluran Udara Tekanan Ekstra Tinggi Standar (SUTET) 200 - 500 kVolt, Saluran Udara Tekanan Tinggi (SUTT) 100 200 kVolt, Saluran Udara Tekanan Menengah (SUTM) 20 100 kVolt, Saluran Udara Tekanan Rendah (SUTR) 100500 Volt.

Jika penghantar lebih panjang atau jarak antara pusat pembangkit dan pusat beban lebih besar, rugi daya penghantar lebih besar, dan sebaliknya, semakin pendek penghantar, rugi daya penggerak penghantar semakin kecil. Tegangan sistem yang digunakan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang bertujuan untuk mencapai keseragaman produksi komponen atau peralatan sistem tenaga. Misalnya, Saluran Udara Tekanan Ekstra Tinggi Standar (SUTET) 200 - 500 kVolt, Saluran Udara Tekanan Tinggi (SUTT) 100 200 kVolt, Saluran Udara Tekanan Menengah (SUTM) 20 100 kVolt, Saluran Udara Tekanan Rendah (SUTR) 100500 Volt [2]

Dari transmisi atau distribusi daya dari pusat pembangkit listrik ke pusat beban akan menyebabkan rugi daya atau rugi daya akibat korona, resistansi konduktor, dan isolator kotor. Rugi daya ini akan menghitung berapa besar ruginya dan berapa rugi per kilowatt hournya. Dalam pembahasan kami, kami menganalisis perhitungan rugi daya pada saluran transmisi G.I PayaGeli - G.I Glugur di Medan.

Berdasarkan latar belakang tersebut dan sebagai objek penelitian dilakukan analisis perhitungan rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV GI PayaGeli–GI Glugur di Kota Medan dan di bandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan *software POWERWORLD V 12*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar kerugian daya pada saluran transmisi/penyulang Gardu Induk
2. Berapa besar selisih daya yang terjadi antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan daya pada ujung penerima
3. Bagaimanakah cara kerja *software POWERWORLD versi 12* dalam menghitung rugi daya, besar tegangan bus, daya aktif, daya reaktif, dan besar sudut fasa pada bus Saluran Udara Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV.

1.3 Ruang Lingkup

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini dibatasi oleh asumsi sebagai berikut :

1. Analisis rugi daya pada sistem jaringan transmisi 150 kV Gardu Induk PayaGeli - G.I Glugur dengan panjang penghantar 11,9 km mengacu pada data yang diperoleh dari PT. PLN Persero dengan menggunakan *software POWER WORLD Versi 12*.
2. Data yang dipergunakan adalah data pada tahun 2018.
3. Perhitungan rugi-rugi daya, tegangan, sudut fasa, daya aktif dan daya reaktif pada bus sudah mewakili dengan menggunakan *software powerworld 12*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa besar tegangan pada tiap-tiap bus, sudut fasa pada tiap bus, daya aktif pada saluran, dan daya reaktif pada saluran serta rugi daya pada saluran transmisi dengan menggunakan *software powerworld 12*.
2. Mengetahui daya yang diterima pada saluran transmisi/penyulang Gardu Induk Glugur Medan yang di kirim oleh Gardu Induk Payageli Medan. Mengetahui berapa besar rugi-rugi daya dengan menggunakan *software powerworld versi 12*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Secara Akademis, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penambahan referensi yang berkaitan dengan analisis rugi-rugi daya pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Secara Praktis, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak PT PLN di Sumatera Bagian Utara dengan mengetahui rugi-rugi daya yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dari Gardu Induk Payageli ke Gardu Induk Glugur dengan jarak 11,9 km. Maka akan dilakukan tindakan solusi yang lebih efisien bila rugi rugi daya tersebut nantinya melebihi ambang batas kewajaran.
3. Secara Ekonomi, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak PT PLN di Sumatera Bagian Utara dengan mengetahui rugi-rugi daya yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV dari GITT PayaGeli sampai ke GITT Glugur Maka akan dilakukan tindakan solusi yang lebih *efisien* dengan perawatan saluran transmisi untuk mengurangi biaya-biaya yang akan dikeluarkan

1.6 Metode Penelitian

Adapun Metode Penelitian yang digunakan adalah

1. Studi literatur yaitu dengan mempelajari buku referensi, artikel dari media cetak dan internet, bahan kuliah dan buku dari perpustakaan universitas yang mendukung serta berkaitan dengan *topic* tugas akhir ini.
2. Studi bimbingan berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing yang telah ditunjuk oleh pihak Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai masalah masalah yang timbul selama penulisan tugas akhir berlangsung secara daring.
3. Diskusi dan tanya jawab dengan mengadakan diskusi dan tanya jawab dengan staf dan karyawan PT. PLN Unit Induk Pembangunan (UIP II-Medan), GITT Payageli-GITT Glugur serta dengan rekan-rekan

mahasiswa yang memahami masalah yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini.

4. Menggunakan rumus-rumus yang berhubungan dengan analisis rugi-rugi daya pada transmisi atau Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
5. Data yang diambil adalah parameter-parameter yang dibutuhkan untuk keperluan analisis yang mempengaruhi rugi-rugi daya yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Adapun data-data yang dibutuhkan adalah parameter pada peralatan tenaga listrik seperti spesifikasi transmisi, kubikel, komputer operator dan sebagainya [3]

BAB II

LANDASAN TEORITIS

2.1 Analisis Aliran Daya

Pengertian studi aliran daya atau *power flow study* adalah analisis numerik dari aliran daya dalam sistem kelistrikan. Investigasi aliran energi, kadang-kadang disebut investigasi aliran energi, juga merupakan analisis dan evaluasi kondisi tunak dari sistem kelistrikan. Tujuannya adalah untuk menemukan aliran daya, arus, tegangan, daya aktif, dan daya reaktif dalam sistem dalam kondisi beban apa pun. Dalam fase desain proyek baru atau ketika mengevaluasi perubahan dan perluasan sistem kelistrikan yang ada, studi aliran daya diperlukan. Aliran energi dalam sistem energi apa pun disebut "aliran energi"[4]

Studi aliran energi adalah salah satu studi yang paling sulit dalam kelompok riset sistem energi studi mengevaluasi kemampuan sistem untuk menyediakan daya yang cukup untuk beban sambil mempertahankan rentang tegangan dan arus yang sesuai. Laporan studi aliran daya akan menentukan tegangan dan faktor daya semua bus dan arus atau aliran daya semua penyulang. [4]

Studi aliran daya sangat membantu saat pembuatan perencanaan masa depan dengan memperhitungkan serta menganalisis berbagai situasi hipotetis terkait kelistrikan. Misalnya, jika saluran transmisi akan dilepas dari sisten untuk pemeliharaan, apakah saluran yang tersisa mampu melayani beban tanpa melebihi nilai pengenalnya. Studi aliran daya akan menjawab hal ini. [4]

Melalui analisis aliran daya, kita dapat memperoleh informasi tentang level tegangan (V) dan sudut fasa tegangan (δ) masing-masing bus dalam kondisi tunak. Hal ini penting karena besarnya tegangan bus harus dijaga dalam batas yang ditentukan. Setelah menghitung sudut bus dan level tegangan menggunakan aliran daya, besar dan deviasi daya reaktif (Q) dan aktif (P) yang melewati setiap saluran dapat dihitung. Demikian pula, berdasarkan perbedaan antara aliran daya di ujung transmisi dan ujung penerima, kerugian pada saluran tertentu juga dapat dihitung. Selain itu, kita juga dapat memahami kondisi kelebihan dan kekurangan beban. Solusi aliran daya sangat penting untuk terus menilai kinerja sistem tenaga

sehingga tindakan pengendalian yang tepat dapat diambil bila diperlukan. Terus mengevaluasi kinerja sistem tenaga sehingga tindakan pengendalian yang tepat dapat diambil bila diperlukan.[4]

Tujuan dari perhitungan aliran daya adalah untuk menentukan karakteristik operasi kondisi tunak dari sistem tenaga di bawah beban tertentu dan kondisi daya dan tegangan generator yang sebenarnya. Setelah Anda memiliki informasi, anda dapat dengan mudah menghitung aliran daya aktif dan reaktif dari semua cabang. Pada saat yang sama, Anda dapat melihat jumlah energi yang hilang. [4]

Studi analisa aliran daya meliputi tiga langkah besar berikut:

- Pemodelan komponen sistem tenaga dan jaringan
- Pembuatan persamaan aliran daya
- Memecahkan persamaan aliran beban menggunakan teknik numerik. [4]

Metode Dalam Analisis Aliran Daya

Ada tiga metode untuk menghitung dan mengolah data dari sistem tenaga:

- **Sistem Gauss-Seidel**

Sistem Gauss-Seidel adalah salah satu jenis analisis yang paling umum. Kelebihan dari sistem ini adalah pengoperasian yang sederhana, daya komputasi yang dibutuhkan terbatas dan waktu respon yang paling singkat. Namun, tingkat konvergensi yang lambat menyebabkan beberapa iterasi. Lebih banyak bus ditambahkan ke iterasi ini..

- **Metode Newton-Raphson**

Metode Newton-Raphson adalah metode yang lebih kompleks yang menggunakan konvergensi kuadrat dan dapat digunakan dalam berbagai situasi. Lebih kompleks. Metode ini membutuhkan lebih sedikit iterasi untuk mencapai konvergensi dan oleh karena itu membutuhkan lebih sedikit waktu komputer. Ini juga lebih akurat karena kurang sensitif terhadap faktor kompleks seperti pemilihan jarak bebas bus atau penyetulan transformator. Satu kelemahannya adalah pemrograman bisa rumit dan membutuhkan banyak memori komputer.

- **Metode Fast Decoupled**

Keuntungan utama dari metode ini adalah penggunaan memori komputer yang lebih sedikit. Kecepatan perhitungannya 5 kali lebih cepat daripada metode Newton Raphson, menjadikannya pilihan populer untuk manajemen jaringan waktu nyata. Namun, ini mungkin tidak akurat karena asumsi digunakan untuk menghitung dengan cepat. Karena lebih sulit untuk memodifikasi program komputer ini untuk menemukan masalah lain (seperti keamanan atau aliran daya sistem), cakupannya terbatas. [4]

Ada dua cara atau teknik untuk melakukan studi aliran daya yaitu :

Analisis Matematika

Analisis Perangkat Lunak (*Software*)

Analisis Matematis

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan saat menganalisa aliran beban secara matematis, yaitu:

1. Langkah 1 - Buat pemodelan sistem dengan diagram garis tunggal (*single-line diagram*)
2. Langkah 2 - Ubah semua kuantitas menjadi *per unit*
3. Langkah 3 - Gambarkan diagram impedansi
4. Langkah 4 - Dapatkan matriks Ybus
5. Langkah 5 - Klasifikasikan bus (*swing bus*, atau *generator bus*, atau *load bus*)
6. Langkah 6 - Mulailah menjawab variabel yang hilang, dengan asumsi (kecuali jika ditentukan lain).
7. Langkah 7 - Tentukan estimasi untuk daya nyata dan reaktif yang diberikan, menggunakan nilai yang diasumsikan dan diberikan untuk tegangan/sudut/admitansi.
8. Langkah 8 – Tulis Matriks Jacobian untuk iterasi pertama metode Newton Raphson

9. Langkah 9 - Selesaikan perbedaan yang tidak diketahui, gunakan *Cramers Rule*.
10. Langkah 10 - Ulangi langkah 7 - 9 secara berulang hingga kami memperoleh nilai yang akurat. [4]

Analisis Perangkat Lunak (Software)

Software atau perangkat lunak studi aliran daya adalah alat yang sangat baik untuk mempelajari sistem tenaga, tetapi tidak boleh digunakan sebagai pengganti pengetahuan dan pengalaman. Ada banyak software analisis yang dapat membantu menganalisa aliran energi menggunakan software seperti ETAP, SKM, EasyPower, PSS, Neplan, dan Powerworld. Penggunaan perangkat lunak ini menyederhanakan pelaksanaan studi tren. Namun, pemilihan data input yang diperlukan, tingkat detail model, verifikasi dan interpretasi hasil, dan penggunaannya untuk mencapai desain yang diperlukan masih memerlukan partisipasi insinyur yang berkualitas dan berpengalaman[4]

Perangkat lunak digunakan di sebagian besar kondisi *real-time* karena lebih mudah. Dalam melakukan ini, insinyur kelistrikan membangun jaringan node yang saling berhubungan dengan admitansi (impedansi).[4]

Kemampuan Perangkat Lunak Arus Beban

- Secara otomatis menyesuaikan tap trafo & LTC/ pengaturan regulator tegangan
- Parameter konvergensi penghitungan aliran beban yang dikontrol pengguna
- Bandingkan & analisis beberapa laporan menggunakan penganalisis hasil aliran beban
- Sertakan efek transformator pemindah fase
- Lihat hasil aliran daya secara grafis
- Evaluasi pelanggaran batas kritis & marjinal
- Selesaikan aliran beban sistem tiga fase & fase tunggal secara bersamaan
- Pemodelan sumber fase tunggal terisolasi.

Setiap node sistem memiliki empat parameter kunci:

- Daya aktif (P)
- Daya reaktif (Q)
- Besarnya tegangan (V)
- Sudut fase tegangan (δ)

Dalam mendefinisikan node dalam model perangkat lunak, *engineer* biasanya mempertimbangkan tiga jenis:

- *Load Bus* (Bus P-Q), bus yang daya nyata dan reaktifnya ditentukan
- *Generator Bus* (P-V bus), merupakan bus yang diketahui tegangan dan pembangkit listriknya.
- *Slack Bus* (Bus Referensi), dimana diasumsikan besaran tegangan dan fasadiketahui. [4]

Dalam sebuah studi aliran daya, kebanyakan node adalah tipe bus beban. jenis bus generator adalah semua node yang memiliki generator terhubung sementara lebih dari satu bus kendur dapat didefinisikan, biasanya hanya memiliki satu bus, dan ini dipilih sebagai titik koneksi ke suplai jaringan utama

Insinyur atau konsultan *stunt* aliran daya akan membangun *mock-up* jaringan dengan mengatur *busbar*, koneksi jaringan interkoneksi, *generator*, dan alat utama peralatan perangkat lunak kemudian akan melakukan penghitungan yang diperlukan. [4]

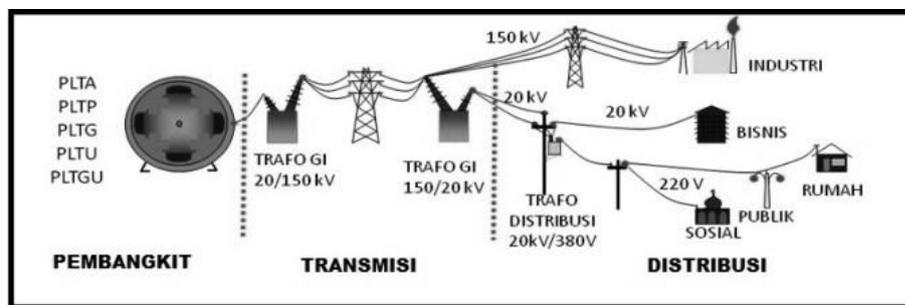
2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem ketenagalistrikan secara umum merupakan suatu sistem yang terdiri dari lima sub sistem utama yaitu pembangkit listrik, sistem transmisi, gardu induk, sistem distribusi dan beban. Sistem ketenagalistrikan secara umum, sumber listrik berasal dari pembangkit tenaga listrik. Lokasi pembangkit listrik umumnya berada jauh dari sumber beban, sehingga untuk menyalurkan energi listrik yang telah dibangkitkan harus disalurkan melalui sistem transmisi. Energi listrik yang dibangkitkan tegangannya akan dinaikkan menggunakan transformator penaik tegangan untuk kemudian disalurkan melalui sistem transmisi menuju gardu induk untuk kemudian dapat disalurkan ke sumber beban. [5]

Tegangan ini di naikkan dengan maksud untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi. Setelah daya listrik yang disalurkan mendekati sumber beban atau gardu induk, maka selanjutnya tegangan transmisi

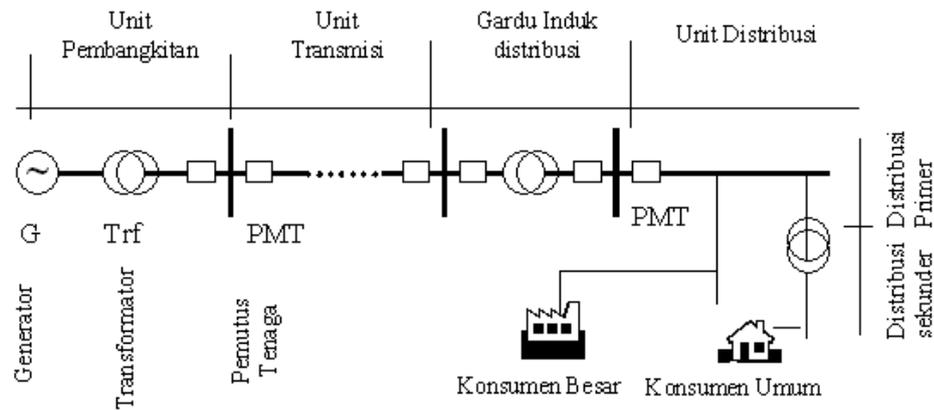
diturunkan melalui transformator penurun tegangan (*step-down transformer*) di gardu induk tersebut. Tegangan diturunkan menjadi tegangan menengah 20 kV untuk dapat disalurkan ke gardu distribusi. Kemudian dari gardu distribusi tegangan kembali diturunkan menjadi tegangan rendah 220V/380 V sehingga selanjutnya dapat disalurkan melalui distribusi menuju pusat-pusat beban [5]

Sistem tenaga listrik dikatakan sebagai kumpulan gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti *generator*, *transformator*, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem.[5]



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Di dalam dunia kelistrikan sering timbul persoalan persoalan teknis, dimana tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu yang jauh dari kumpulan pelanggan, sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar di segala penjuru tempat, dengan demikian maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkannya yang disebut pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis. Dengan menggunakan blok diagram sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Tenaga Listrik

Tenaga Listrik dibangkitkan di Pusat-Pusat Tenaga Listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP dan PLTD kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang ada di Pusat Listrik. Pemberian nama PLTA PLTU, PLTP dan sebagainya yang umum diberikan kepada unit pembangkit listrik di lingkungan PLN didasarkan atas nama tenaga penggerak mulanya. PLTA misalnya dimana mesin pembangkit listriknya (*generator*) yang ada di kawasan tersebut digerakkan atau diputar oleh suatu turbin penggerak yang berputar karena digerakkan oleh pergerakan aliran air (turbin air) demikian juga halnya dengan PLTU mesin pembangkit listriknya digerakkan oleh turbin uap. [5]

Dalam sistem tenaga listrik terdiri atas lima sub sistem utama, yaitu: pusat pembangkit, transmisi, gardu induk, jaringan distribusi, dan beban. Pada pusat pembangkit terdapat generator dan transformator penaik tegangan (*step-up transformer*). *Generator* berfungsi untuk mengubah *energy* mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik yang dimana pada umumnya generator membangkitkan daya listrik bertegangan rata-rata 11 kV hingga 25 kV lalu melalui *transformator* penaik tegangan energi listrik dinaikkan menjadi antara 66 kV hingga 500 kV atau lebih.

Pada transmisi tegangan dinaikkan dengan maksud tujuan mengurangi jumlah arus yang melewati saluran transmisi sehingga dapat memperkecil kebutuhan luas penampang penghantar yang digunakan.

Dengan demikian saluran transmisi bertegangan tinggi akan membawa aliran arus yang rendah dan dapat mengurangi rugi-rugi transmisi. [5]

Tegangan tinggi yang dikirim melewati saluran transmisi akan menuju pusat-pusat beban yang kemudian tegangan tersebut akan diturunkan lagi melalui transformator tegangan (*step-down transformer*) yang ada pada gardu induk menjadi tegangan menengah yaitu 20 kV dan terakhir tegangan akan diturunkan lagi pada jaringan distribusi melalui gardu trafo menjadi tegangan rendah 220/380 V. [5]

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di gardu induk (GI) sebagai pusat beban untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 K V, 12 KV dan 6 KV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 KV.[5]

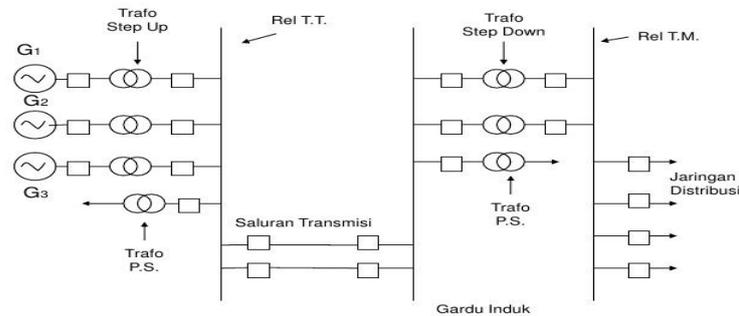
Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang keluar dari GI baik itu berupa saluran kabel tanah, saluran kabel udara atau saluran kawat terbuka yang menggunakan standard tegangan menengah dikatakan sebagai Jaringan Tegangan Menengah yang sering disebut dengan singkatan JTM dan sekarang salurannya masing masing disebut SKTM untuk jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel tanah, SKUTM untuk jaringantegangan menengah yang menggunakan saluran kabel udara dan SUTM untuk jaringantegangan menengah yang menggunakan saluran kawat terbuka. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dengan menggunakan trafo distribusi (*step down transformer*) menjadi tegangan rendah dengan tegangan standar 380/220 Volt atau 220/127 Volt dimana standar tegangan 220/127 Volt pada saat ini tidak diberlakukan lagi dilingkungan PLN [6]

Tenaga listrik yang menggunakan standard tegangan rendah ini kemudian disalurkan melalui suatu jaringan yang disebut Jaringan Tegangan Rendah yang sering disebut dengan singkatan JTR.[5].

Sama halnya pada JTM jenis saluran yang dipergunakan pada JTR dapat menggunakan tiga jenis saluran yaitu SUTR untuk saluran udara tegangan rendah

dengan menggunakan saluran kawat terbuka SKUTR untuk saluran udara tegangan rendah dengan menggunakan saluran kabel udara yang dikenal dengan sebutan kabel twisted yang sering disebut dengan singkatan TIC singkatan dari *Twisted Insulation Cable* SKTR untuk saluran udara tegangan rendah dengan menggunakan saluran kabel tanah Tenaga listrik dan jaringan tegangan rendah ini untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui suatu sarana yang disebut Sambungan Pelayanan atau Sambungan Rumah yang dapat dipisahkan menjadi dalam 2 bagian yaitu sambungan luar pelayanan dan sambungan masuk pelayanan.[6]

Dalam proses bisnis PLN pelanggan-pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar aturannya tidak disambung melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) melainkan disambung langsung pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan yang sangat besar disambung pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi, tergantung besarnya daya tersambung. Bentuk yang lain skema sistem tenaga listrik ditunjukkan oleh gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Pusat Listrik Yang Dihubungkan melalui Saluran Transmisi ke Gardu Induk [5]

Keterangan G = Generator

P.S = Pemakaian Sendiri

T.T = Tegangan Tinggi

T.= Tegangan Menengah

Dari gambar diatas terlihat bahwa di Pusat Listrik maupun di GI selalu ada *transformator*. Pemakaian Sendiri guna melayani keperluan-keperluan peralatan

listrik yang digunakan didalam pusat listrik maupun GI, misalnya untuk keperluan penerangan, mengisi baterai listrik dan menggerakkan berbagai *motor* listrik. Dalam praktek karena luasnya jaringan distribusi sehingga diperlukan banyak sekali *transformator* distribusi, maka gardu distribusi seringkali disederhanakan menjadi *transformator* tiang gardu trafo. Tiang yang rangkaian listriknya lebih sederhana daripada yang digambarkan.[5]

Setelah tenaga listrik melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah (SR) maka tenaga listrik selanjutnya dilewatkan alat pembatas daya dan KWH meter di Sisi pelanggan. Energi listrik yang dipakai oleh pelanggan tersebut di catat oleh petugas cater sesuai angka di register KWH meter tersebut selanjutnya dicatat di dalam rekening listrik.

Rekening listrik pelanggan tergantung kepada daya tersambung serta pemakaian KWH nya, oleh karenanya PLN memasang pembatas daya dan KWH meter. Setelah melalui KWH meter, tenaga listrik kemudian memasukl instalasi rumah yaitu instalasi milik pelanggan. Instalasi PLN pada umumnya hanya sampai dengan KWH meter dan sesudah KWH meter instalasi listrik pada umumnya adalah instalasi milik pelanggan. Dalam instalasi pelanggan tenaga listrik langsung memasuki alat-alat listrik milik pelanggan seperti lampu, seterika, lemari es, pesawat radio, pesawat televisi dan lain-lain.[5]

Dari uraian diatas dapat dimengerti besar kecilnya konsumsi tenaga listrik ditentukan sepenuhnya oleh para pelanggan, yaitu tergantung bagaimana para pelanggan akan menggunakan alat-alat listriknya, kemudian PLN harus mengikuti kebutuhan tenaga listrik para pelanggan ini dalam arti daya listrik yang dibangkitkannya harus menyesuaikan dan waktu ke waktu.

Apabila jumlah pelanggan yang harus dilayani dalam jutaan maka daya yang harus dibangkitkan jumlahnya juga mencapai ribuan megawatt dan untuk ini diperlukan beberapa pusat listrik dan juga beberapa GI untuk dapat melayani kebutuhan listrik para pelanggan. [5]

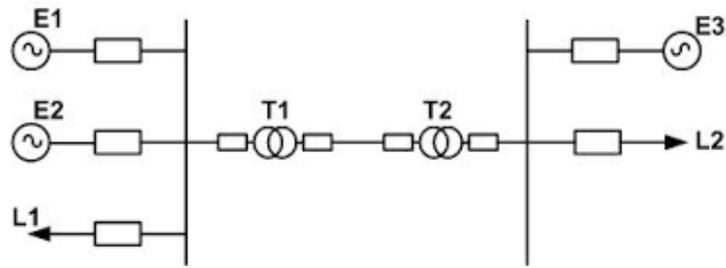
Pusat-pusat listrik dan GI satu-sama lain dihubungkan oleh saluran transmisi agar tenaga listrik dapat mengalir sesuai dengan kebutuhan dan terbentuklah suatu Sistem Tenaga Listrik.[5]

2.2.1 Diagram Segaris / *One Line Diagram*

Dengan mengasumsikan bahwa sistem tiga fasa dalam keadaan seimbang, penyelesaian rangkaian dapat dikerjakan dengan menggunakan rangkaian 1 fasa dengan sebuah jalur netral sebagai jalan balik. Seringkali dengan diagram semacam itu disederhanakan dengan mengabaikan jalur netralnya dan menunjukkan bagian-bagian komponen dengan lambang standar sebagai ganti rangkaian ekuivalennya. Diagram sistem tenaga listrik secara sederhana ini disebut diagram satu garis (*one line diagram*). Pembuatan diagram segaris ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang ringkas dari suatu sistem tenaga listrik. Lambang peralatan-peralatan yang biasa digunakan untuk membuat diagram segaris dapat dilihat pada standart yang berlaku. [7]

Keterangan mengenai beberapa sifat yang penting dari suatu sistem akan berbeda-beda, hal ini tergantung pada masalah yang akan ditinjau sesuai dengan maksud diagram tersebut dibuat. Misalnya lokasi dari pemutus rangkaian dan rele tidak penting apabila diagram tersebut digunakan untuk studi aliran daya, keterangan tentang pemutus rangkaian dan rele akan menjadi sangat penting untuk studi tentang kestabilan suatu sistem tenaga listrik dalam keadaan peralihan karena adanya gangguan. Untuk menghitung besarnya arus yang mengalir pada saat terjadi gangguan yang menyebabkan ketidakseimbangan pada sistem tiga fasa, harus diketahui letak dari titik dimana sistem tersebut dihubungkan dengan tanah.[7]

Pada umumnya titik netral transformator pada sistem transmisi selalu ditanahkan secara langsung (*solidly grounded*). *Netral generator* biasanya ditanahkan melalui resistansi yang cukup tinggi atau melalui reaktansi induktif yang ditala (*tuned*) terhadap resonansi paralel dengan kapasitansi terhadap tanah yang tersebar dalam *generator*, kumparan *transformator* tegangan rendah dan dalam saluran antara *generator* dengan *transformator*. Kumparan semacam ini disebut penetral gangguan tanah (*ground fault neutralizer*), kumparan ini juga dapat digunakan pada *transformator*. [7]



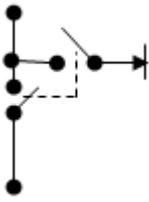
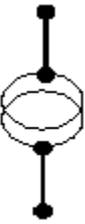
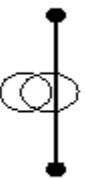
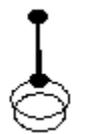
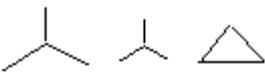
Gambar 2.4 Diagram Segaris Dari Suatu Sistem Tenaga Listrik

Kegunaan diagram segaris itu adalah untuk memberikan keterangan keterangan yang berarti mengenai suatu sistem dalam bentuk yang ringkas. Pentingnya berbagai tampilan suatu sistem berbeda menurut masalah yang ditinjau, dan banyaknya informasi yang dimasukkan dalam diagram itu tergantung kepada untuk keperluan diagram itu dibuat. Misalnya letak pemutus rangkaian dan rele (*relay*) tidak penting dalam mengerjakan suatu studi beban, pemutus dan rele itu tidak ditunjukkan jika fungsi utama diagram semacam itu adalah untuk memberikan informasi untuk studi semacam itu. Di samping itu penentuan kestabilan suatu sistem dalam keadaan peralihan yang disebabkan oleh gangguan tergantung kepada kecepatan di mana rele dan pemutus rangkaian itu bekerja untuk memisahkan bagian sistem yang mengalami gangguan. Dalam hal itu informasi mengenai pemutus rangkaian menjadi sangat penting. Kadang diagram segaris itu memuat informasi mengenai transformator arus dan tegangan yang menghubungkan rele-rele ke sistem itu atau yang dipasang untuk pengukuran. Informasi yang diperoleh pada suatu diagram garis dapat diharapkan berlainan sesuai dengan persoalan yang dihadapi dan sesuai dengan praktek pada pabrik tertentu yang menyediakan diagram tersebut. [8]

Single line diagram suatu gardu induk adalah bagan kutub tunggal yang menjelaskan sistem kelistrikan pada gardu induk secara sederhana sehingga memudahkan mengetahui kondisi dan fungsi dari setiap bagian peralatan instalasi yang terpasang, untuk operasi maupun pemeliharaan.[9]

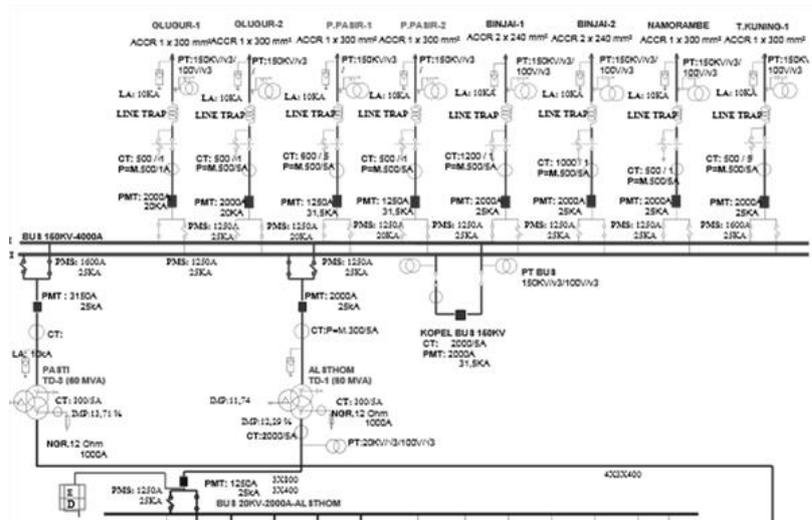
Pengertian Simbol-Simbol Pada *Single Line Diagram*

Bagan kutub tunggal di gambarkan dengan simbol-simbol yang mewakilkan bentuk dan fungsi setiap peralatan yang tersedia seperti dijelaskan sbb:

NO	SIMBOL	KETERANGAN
1		<p>Pemutus Tenaga (PMT) berfungsi sebagai alat untuk memutus dan menyambung arus beban baik pada kondisi normal maupun gangguan.</p>
2		<p>Pemisah (PMS) berfungsi sebagai alat untuk memisahkan peralatan dari tegangan. Terdiri dari pemisah tegangan (PMS REL & PMS Line) dan pemisah pentanahan.</p>
3		<p>Transformator Tenaga adalah transformator yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.</p>
4		<p>Transformator Arus (CT) adalah trafo instrument yang berfungsi untuk merubah arus besar menjadi arus kecil sehingga dapat diukur dengan amperemeter.</p>
5		<p>Transformator Tegangan/Potensial (PT) adalah trafo instrument yang berfungsi untuk merubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah sehingga dapat diukur dengan Volt meter.</p>
6		<p><i>Netral Grounding Resistor</i> (NGR) adalah alat bantu untuk pengaman peralatan Trafo tenaga, bila terjadi hubung singkat pada sistem sekunder.</p>
7		<p>Vektor group adalah hubungan kumparan tiga fasa sisi primer, sekunder dan tertier yang dijelaskan dengan angka pada jam.</p>

Tabel 2.1 Simbol Satu Garis Atau *One Line Diagrams*

Contoh gardu induk Payageli dengan *single line diagram* dengan *system double busbar*



Gambar 2.5 Single Line Diagram Gardu Induk Payageli

2.2.2. Diagram Reaktansi dan Diagram Impedansi

Untuk mengetahui perilaku sebuah sistem tenaga listrik dalam keadaan berbeban atau pada saat sistem mengalami gangguan, diagram segaris harus diubah terlebih dahulu menjadi diagram impedansi yang menunjukkan ekuivalen dari setiap komponen sistem tersebut dengan berpedoman pada salah satu sisi yang sama pada transformator. [7]

Dalam penggambaran diagram impedansi, impedansi pembatas arus yang ditunjukkan pada diagram segaris tidak diikutsertakan sebab dalam keadaan yang seimbang tidak ada arus yang mengalir melalui impedansi impedansi tersebut dan netral generator terletak pada potensial yang sama dengan netral pada sistem.

2.2.3 Konduktor

Konduktor adalah bahan yang menghantarkan listrik dengan mudah bahan ini mempunyai daya hantar listrik (*Electrical Conductivity*) yang besar dan tahanan listrik (*Electrical Resistance*) kecil. Bahan penghantar listrik berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Konduktor adalah jenis-jenis bahan yang dapat menghantarkan energi listrik melalui zat padat, cair, dan gas dengan sangat baik.

Contoh bahan yang termasuk konduktor adalah besi, aluminium, baja, tembaga, perak.[10]

2.2.3.1 Klasifikasi Konduktor

Klasifikasi konduktor menurut bahannya:

1. Kawat logam biasa, contoh:
 - a. BBC (*Bare Copper Conductor*).
 - b. AAC (*Aluminum Alloy Conductor*).
2. Kawat logam campuran (*Alloy*), contoh:
 - a. AAAC (*All Aluminum Alloy Conductor*)
 - b. kawat logam paduan (*composite*), seperti: kawat baja berlapis tembaga (*Copper Clad Steel*) dan kawat baja, berlapis aluminium (*Aluminum Clad Steel*).
3. Kawat lilit campuran, yaitu kawat yang lilitannya terdiri dari dua jenis logam atau lebih contoh: ACSR (*Aluminum Cable Steel Reinforced*). Jenis dari kawat ACSR ini yang paling banyak digunakan di Indonesia karena kuat, kokoh, lebih murah. [11]

2.2.3.2. Karakteristik Konduktor

Ada 2 (dua) jenis karakteristik konduktor, yaitu:

1. Karakteristik mekanik, yang menunjukkan keadaan fisik dari konduktor yang menyatakan kekuatan tarik dari pada konduktor (dari SPLN 41-8:1981, untuk konduktor 70 mm², maka kemampuan maksimal dari konduktor untuk menghantar arus adalah 275 A). Berselubung AAAC-S pada suhu sekitar 30° C
2. Karakteristik listrik, yang menunjukkan kemampuan dari konduktor terhadap arus listrik yang melewatinya (dari SPLN 41-10:1991, untuk konduktor 70 mm² berselubung AAAC-S pada suhu sekitar 30° C, maka kemampuan maksimum dari konduktor untuk menghantar arus adalah 275 A). [11]

2.2.3.3 Konduktivitas listrik

Sifat daya hantar listrik material dinyatakan dengan konduktivitas, yaitu kebalikan dari resistivitas atau tahanan jenis penghantar, dimana tahanan jenis penghantar tersebut didefinisikan sebagai :

$$R = \rho \frac{L}{A} \Omega$$

Dimana: R adalah resistansi dalam ohm (Ω)

L adalah panjang dalam meter (m)

A adalah area dalam meter persegi (m^2)

Dan di mana konstanta proporsional ρ (huruf Yunani "rho") diketahui sebagai resistivitas. [12]

2.2.3.4 Resistivitas Listrik

Resistivitas listrik dari bahan konduktor tertentu adalah ukuran seberapa kuat bahan tersebut menentang aliran arus listrik yang melaluinya. Faktor resistivitas ini, kadang-kadang disebut "resistansi listrik spesifik", memungkinkan resistansi berbagai jenis konduktor untuk dibandingkan satu sama lain pada suhu tertentu sesuai dengan sifat fisiknya tanpa memperhatikan panjang atau luas penampang. Dengan demikian semakin tinggi nilai resistivitas semakin besar resistansi ρ dan sebaliknya.[12]

Sebagai contoh, resistivitas konduktor yang baik seperti tembaga berada pada urutan 1.72×10^{-8} ohm meter (atau $17.2 \text{ n}\Omega \text{ m}$), sedangkan resistivitas konduktor yang buruk (isolator) seperti udara dapat melebihi 1.5×10^{14} atau 150 triliun $\Omega \text{ m}$.

Bahan-bahan seperti tembaga dan aluminium dikenal karena tingkat resistivitasnya yang rendah sehingga memungkinkan arus listrik dengan mudah mengalir melaluinya membuat bahan-bahan ini ideal untuk membuat kawat dan kabel listrik. Perak dan emas memiliki nilai resistivitas yang rendah,

tetapi karena alasan yang jelas lebih mahal untuk berubah menjadi kabel listrik.[12]. Maka faktor-faktor yang mempengaruhi resistansi (R) konduktor dalam ohm dapat didaftar sebagai:

- Resistivitas dan bahan dari mana konduktor dibuat
- Panjang total (L) konduktor
- Penampang (A) konduktor
- Suhu konduktor. [12]

Kami mengatakan sebelumnya bahwa resistivitas adalah resistansi listrik per satuan panjang dan per unit luas penampang konduktor sehingga menunjukkan bahwa resistivitas, ρ memiliki dimensi ohm meter, atau m seperti yang biasa ditulis. Jadi untuk bahan tertentu pada suhu tertentu resistivitas listriknya diberikan sebagai berikut. [12]

Resistivitas Listrik, Rho

$$\rho = \frac{R \times A}{L} = \frac{\text{ohm} \times \text{meter}^2}{\text{meter}} = \Omega \cdot \text{m}$$

Jenis Bahan	Hambatan Jenis ($\Omega \cdot \text{m}$)	Jenis Bahan	Hambatan Jenis ($\Omega \cdot \text{m}$)
Kuarsa	$1,0 \times 10^{18}$	Karbon	$3,5 \times 10^{-5}$
Mika	$2,0 \times 10^{15}$	Nikrom	$1,2 \times 10^{-6}$
Kaca	$10^{12} - 10^{13}$	Mangan	$4,4 \times 10^{-7}$
Karet	$1,0 \times 10^{13}$	Baja	$4,0 \times 10^{-7}$
Kayu	$10 - 10^{11}$	Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Silikon	$2,0 \times 10^{-1}$	Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$
Germanium	$4,5 \times 10^{-1}$	Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$
Wolfarm	$5,5 \times 10^{-5}$	Perak	$5,9 \times 10^{-8}$

Tabel 2.2 Nilai hambatan jenis (ρ) atau rho beberapa kawat

2.3 Persamaan Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung, dan lain sebagainya. Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban pasti terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh, yang juga akan berakibat

bertambah besarnya tahanan saluran kabel yang digunakan. Besarnya rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{losses}} = 3 \times I^2 \times R \times L$$

$$P_{\text{losses}} = \frac{(P^2 \times R \times L)}{(V^2 \times (\cos \phi)^2)}$$

$$\text{Dengan } I = \frac{P_{\text{Losses}}}{(V_3 \times V \times \cos \phi)}$$

Keterangan :

P_{losses} = Rugi-rugi daya (Watt)

P_{Losses} = Daya yang disalurkan (Watt)

V = Tegangan kerja sistem (Volt)

L = Arus yang disalurkan (Ampere)

R = Tahanan Saluran (Ohm/ meter)

L = Panjang Saluran (meter)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Dengan demikian persamaan untuk penurunan tegangan 3 fasa menjadi sebagai berikut: $Voltage Drop = \sqrt{3} \times I \times I (R \cos \phi + X \sin \phi)$

Dengan: $Voltage Drop$ = Penurunan tegangan (volt)

I = Arus (A)

R = Resistansi (Ω /km)

X = Reaktansi (Ω /km)

Q = Sudut Power Factor

2.3.1 Perhitungan Rugi-rugi daya karena faktor korona

Faktor korona juga juga dapat menghasilkan rugi rugi daya selain resistansi konduktor, kebocoran isolator, jarak, cuaca dan lain sebagainya, di dalam pentransmisian tegangan tinggi 150 kv Glugur-Payageli.

Bila dua kawat sejajar yang luas penampangnya kecil dibandingkan dengan jarak antar kawat tersebut diberikan tegangan tinggi bolak balik, maka

akan terjadi fenomena korona. [13] Untuk menghitung rugi rugi daya karena faktor korona digunakan rumus persamaan dibawah ini.

$$P_{Korona} = \frac{A}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} \cdot (V - Vd)^2 10^{-5}$$

Dimana P_{Korona} = Rugi daya korona (watt)

A = 0.448 untuk kawat padat, 0.375 untuk kawat berlilit

δ = Kepadatan Udara Relatif

f = Frekuensi sumber tenaga (Hz)

r = Jari jari penghantar (cm)

D = Diameter konduktor (mm)

V = Tegangan netral ke fasa (Kv)

Vd = Tegangan Diskruptif Kritis (Kv rms)

Kerapatan udara adalah faktor yang perlu di hitung sebagai pengaruh dari cuaca yang ada pada objek penelitian. adapun rumusnya adalah

$$\delta = \frac{0,386 b}{273 + t}$$

Dimana b = Tekanan Udara (mBar)

t = Suhu ($^{\circ}C$)

Tegangan disruptif kritis didefinisikan sebagai tegangan dimana kerusakan dielektrik terjadi dengan sempurna.

$$Vd = E_m \cdot \delta \cdot m_o \cdot r \cdot \ln \frac{D}{r}$$

Dimana Vd = Tegangan Diskruptif Kritis (Kv rms)

E_m = Kuat medan dipermukaan penghantar

21,1 kondisi cuaca baik

16,9 kondisi cuaca buruk

δ = Kepadatan Udara Relatif

2.4 Pengenalan Software Powerworld Versi 12

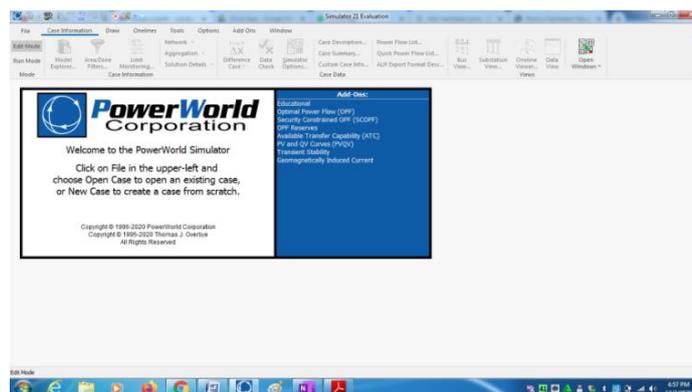
Powerworld Simulator adalah software/perangkat lunak untuk simulasi ketenagalistrikan khususnya untuk analisis sistem tenaga listrik yang didesain dan dikembangkan secara berkesinambungan sehingga penggunaannya menjadi sangat *user-friendly* dan interaktif. Dalam kapabilitasnya sebagai perangkat lunak untuk bidang keilmuan teknik tenaga listrik, simulator ini telah teruji memiliki kemampuan yang setara dalam memecahkan permasalahan-permasalahan di area sistem ketenagalistrikan dengan perangkat lunak sejenis, namun mempunyai kelebihan pada tampilannya yang tersaji secara interaktif melalui tampilan visualisasi grafis. Hal ini menyebabkan penggunaan simulator ini menjadi sangat mudah dan menarik. Selain itu, analisis yang dilakukan dengan simulator ini, baik berupa hasil maupun tampilannya dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme operasional sistem tenaga listrik kepada pihak-pihak terkait yang tidak mempunyai latar belakang teknik, khususnya teknik tenaga listrik. Pada beberapa kasus analisa *powerworld simulator* mampu melakukan analisa-analisa khusus karena dilengkapi dengan modul-modul tambahan yang akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian selanjutnya. Saat buku ini mulai ditulis, versi rilis terakhir adalah *powerworld simulator* 16, yang menawarkan lebih banyak kemudahan dalam penggunaan, lebih banyak analisa, dan tampilan visual yang semakin baik. Namun demikian, versi-versi selanjutnya juga dimungkinkan untuk dirilis dalam waktu yang tidak terlalu lama sejak rilis versi terakhir.[14]

Powerworld simulator mencakup beberapa modul yang terintegrasi secara komprehensif dengan kekuatan utama terletak pada aplikasi *power flow solution* sehingga mampu menjalankan analisis hingga 100.000 bus. Tidak seperti perangkat lunak simulasi sistem tenaga listrik lainnya yang hanya menampilkan deretan angka.[14]

Simulator terdiri dari sejumlah produk terintegrasi. Intinya adalah solusi aliran daya yang komprehensif dan kuat mesin yang mampu memecahkan sistem secara *efisien* hingga 100.000 bus. Hal ini membuat *simulator* cukup berguna sebagai paket analisis aliran daya yang berdiri sendiri. Tidak seperti paket aliran daya lain yang tersedia secara komersial, *simulator* memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan sistem melalui penggunaan diagram online animasi berwarna lengkap dengan *zooming* dan kemampuan *panning*. Model sistem dapat

dimodifikasi dengan cepat atau dibangun dari awal menggunakan editor kasus grafis berfitur lengkap *simulator*. Jalur transmisi dapat diaktifkan (atau keluar) dari layanan, transmisi atau generasi baru dapat ditambahkan, dan transaksi baru dapat dibuat, semua dengan beberapa klik mouse. *Simulator* sangat luas penggunaan grafik dan animasi sangat meningkatkan pemahaman pengguna tentang karakteristik sistem, masalah, dan kendala, serta cara memperbaikinya. Paket dasar simulator mampu menyelesaikan sistem tenaga yang terdiri dari 100.000 bus.[14]

Dasar paket juga berisi semua alat yang diperlukan untuk melakukan pengiriman ekonem terintegrasi, analisis ekonomi transaksi wilayah, perhitungan faktor distribusi transfer daya (PTDF), analisis hubung singkat, dan analisis kontingensi. Semua fitur dan alat di atas mudah diakses melalui antarmuka visual yang konsisten dan berwarna. Fitur-fitur ini terintegrasi dengan sangat baik sehingga anda akan aktif dan berjalan dalam beberapa menit setelah pemasangan selain fitur paket *simulator* dasar, tersedia berbagai alat tambahan [14]



Gambar 2 7 Tampilan awal pada *powerworld simulator* versi 12

2.4.1. Fitur Lengkap *Power World* versi 12

Selain fitur paket simulator dasar, tersedia berbagai alat tambahan. pengantarsingkat untuk masing-masing berikut:

1. *Voltage Adequacy and Stability Tool (PVQV)*

Tujuan add-on PVQV adalah untuk memungkinkan pengguna menganalisis karakteristik stabilitas tegangan suatu sistem. Setelah simulasi PVQV selesai, pengguna dapat membuat grafik berbagai parameter sistem. Untuk informasi lebih lanjut, lihat ringkasan PVQV.

2. *Optimal Power Flow Tool (OPF)*

Tujuan OPF adalah untuk meminimalkan fungsi tujuan (atau biaya). Dalam Simulator OPF, OPF Pemrograman Linier Algoritma (PLA OPF) menentukan solusi optimal dengan melakukan iterasi antara menyelesaikan aliran daya standar dan menyelesaikan program linier untuk mengubah kontrol sistem sehingga menghilangkan pelanggaran batas. Untuk informasi lebih lanjut lihat OPF gambaran.

3. *Security Constrained Optimal Power Flow Tool (SCOPF)*

Alat OPF meminimalkan fungsi tujuan (biasanya biaya operasi total) dengan mengubah kontrol sistem yang berbeda sambil memenuhi batasan keseimbangan daya dan memberlakukan batasan pengoperasian kasus dasar. Alat SCOPF mengambil satu langkah selanjutnya dengan mempertimbangkan kemungkinan yang mungkin timbul selama tujuan, tidak ada pelanggaran kontinjensi yang tidak dapat dikelola yang terjadi. Untuk informasi lebih lanjut lihat ikhtisar SCOPF.

4. *Available Transfer Capability Analysis Tool (ATC)*

Analisis ATC menentukan transfer MW maksimum yang dimungkinkan antara dua bagian sistem tenaga tanpa melanggar batasan apapun. Untuk informasi lebih lanjut lihat ikhtisar analisis ATC.

5. *Power World Simulator Automation Server (SimAuto)*

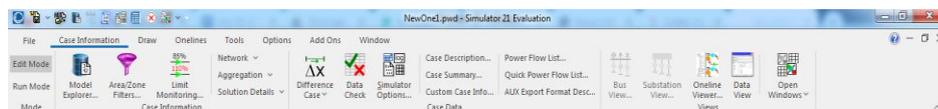
SimAuto memberi pelanggan *powerworld* kemampuan untuk mengakses fungsionalitas. *Simulator Powerworld* dalam sebuah program ditulis secara eksternal oleh pengguna. *Simulator Automation Server* bertindak sebagai objek COM, yang dapat diakses dari berbagai bahasa pemrograman yang memiliki kompatibilitas COM. Contoh alat pemrograman dengan kompatibilitas COM adalah Borland Delphi, Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Basic, dan Matlab (antara lain). Untuk lebih informasi tentang SimAuto lihat ikhtisar SimAuto [14]

Powerworld Simulator 12.0 memanfaatkan bilah alat secara ekstensif untuk akses mudah ke banyak fiturnya. Anda dapat memindahkan dan mengukurnya bilah alat sesuai dengan preferensi Anda. Bilah alat menampung beberapa kontrol, yang masing-masing dapat diaktifkan dengan satu klik mouse. *Simulator* menyediakan beberapa bilah

alat yang dapat disesuaikan yang mengelompokkan fungsionalitas yang umum digunakan. Banyak dari bilah alat ini ditampilkan secara *default*, dengan bilah alat tertentu hanya tersedia dalam *mode edit* atau *mode jalankan*. Untuk menampilkan atau menyembunyikan toolbar pilih opsi menu *Window > Toolbars* atau klik kanan di dekat area *docking toolbar* bagian atas diagram *online*. Bilah alat yang tersedia di *simulator* adalah:

- *Main Menu Toolbar*
- *File Toolbar*
- *Option/Info Toolbar*
- *Zoom Toolbar*
- *Format Toolbar*
- *Edit Toolbar*
- *Case Information Toolbar*
- *Insert Toolbar*
- *Pie Chart Options Toolbar*
- *Animated Flow Options Toolbar*
- *Contour Options Toolbar*
- *Solution Options Toolbar*
- *Thumbnail View Options Toolbar*
- *Online Options Toolbar*
- *Run Mode Toolbar*
- *Step Simulation Toolbar*

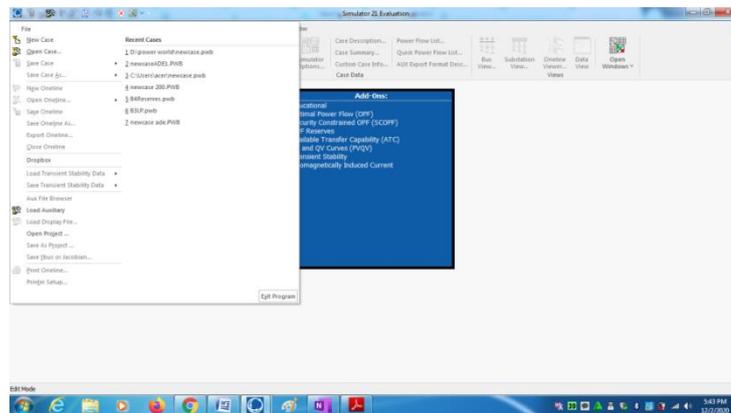
Toolbar Menu utama menyediakan akses ke menu utama program, seperti *File*, *Edit*, *Insert*, *Windows*, dan *Help* yang ditampilkan pada menu utama bervariasi berdasarkan kebutuhan anda boleh dijalankan *mode edit* atau *mode jalankan*. Item menu utama yang ditampilkan juga bergantung pada alat *add on simulator Powerworld* mana yang diinstal. Toolbar ini selalu terlihat, tetapi dapat disesuaikan seperti *toolbar* lain di *simulator*. Menu *drop-down* juga biasanya disesuaikan untuk menambahkan opsi tambahan atau menghapus opsi *default*. [14]



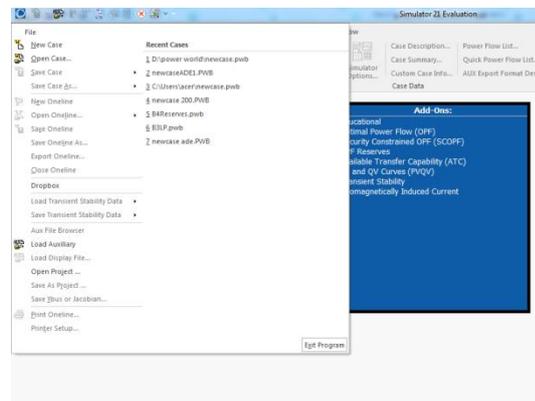
Gambar 2.8 *Toolbar Menu Utama Powerworld Versi 12*

2.4.2 Pedoman Awal Penggunaan *Software Powerworld*

Setelah *software* di download dan di *install* ke laptop atau computer, spesifikasi laptop atau computer minimal intel Celeron, RAM 2 GB , HDD 350 Gb, Grafis Intel HD, maka langkah selanjutnya adalah *open software* tersebut akan muncul seperti gambar 2.8 diatas, kemudian kita klik *File* seperti gambar 2.9 dibawah ini.



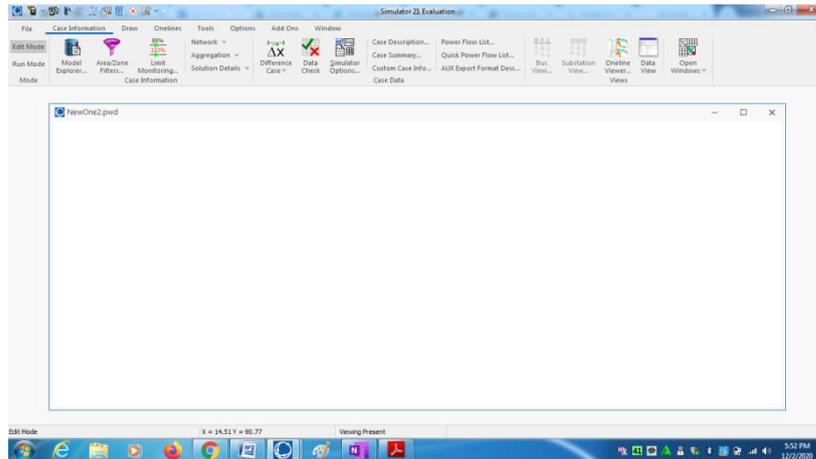
Gambar 2.9 Tampilan muka *Powerworld*



Gambar 2.10 Tampilan *Powerworld* ketika di *zoom*

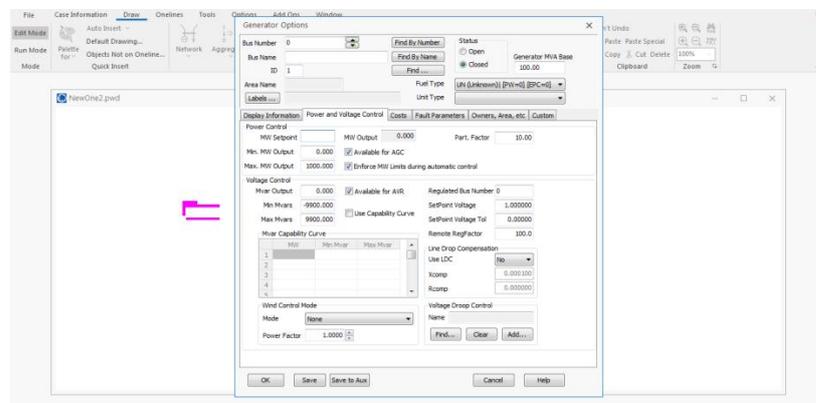
Selanjutnya klik *New Case* → bila ingin membuka kerja baru

Klik *Open Case* → bila ingin membuka kerja yang baru dikerjakan waktu lalu.



Gambar 2.11 Tampilan *New Case* pada software *Powerworld* versi 12

Langkah selanjutnya jika ingin mulai menggambar sebuah sistem tenaga dimulai dengan menggambar generator dan di *fill* spesifikasi generatornya seperti gambar 2.12



Gambar 2.12 *Powerworld* simulator dengan menggambar generator

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di PT PLN G.I PAYAGELI dengan alamat Jl. Binjai KM 10, 5 / Jl. Mesjid, Sunggal Kanan, Kec. Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20235, Indonesia Kota Medan, Sumatera Utara dan di PT PLN GI GLUGUR dengan alamat Jalan Lorong XII Glugur Kota, Kec. Medan Barat, Kota Medan, Sumatera Utara 20238.

3.1.2 Waktu Penelitian

Pada tanggal 18 Februari - 25 Februari 2021 pukul 10.00 sampai 20.00 atau sesuai dengan jam kerja yang diberlakukan di lokasi penelitian.

3.1.3 Jenis Penelitian

Dalam menyusun suatu penelitian diperlukan langkah-langkah yang benar sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi dan pengambilan data data pada Gardu Induk Glugur maupun Gardu Induk Payageli.

3.1.4 Sumber Data

Data-data yang akan diperlukan nantinya dalam proses pembuatan laporan tugas akhir diperoleh dari:

1. Observasi

Observasi yang dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan, pengambilan data, mengamati secara langsung ditempat operator dan mencatat data-data yang diperlukan untuk di analisis.

2. Wawancara

Metode wawancara ini dilakukan dengan cara menanyakan hal-hal yang sekiranya belum penulis ketahui kepada pembimbing di lapangan.

3. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku pendukung dan mencari data yang diperlukan mengenai hal-hal atau materi yang dianalisis.

4. Bimbingan

Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian dari pembimbing, baik dosen maupun teman yang mengerti akan topik penelitian. [15]

3.2 Data dan peralatan yang digunakan

3.2.1 Data yang di gunakan

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. 150 KV dan G.I Glugur Tegangan Tinggi 150 Kv.
2. Data spesifikasi konduktor Saluran Udara Tegangan (SUTT) 150 KV.
3. Data beban Gardu Induk Payageli dan Glugur.

3.2.2 Peralatan yang di gunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Buku dan pulpen untuk mencatat data data yang diperlukan untuk di analisa.
2. 1 (satu) unit laptop Asus X200M yang telah terinsall *software Powerworld* versi12.
3. Flash disk Toshiba 4 Gb untuk menyimpan data data yang terdapat pada Gardu Induk, termasuk data data generator, konduktor, layar panel Gardu Induk dan lain sebagainya.

3.2.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dimulai dengan pengambilan data yang akan dibutuhkan, kemudian data – data tersebut dikelola dan disimulasikan ke *software powerworld* versi 12. Kemudian akan muncul hasil hasil analisa data tersebut untuk mengetahui berapa rugi rugi daya selama menyalurkan listrik dari Glugur-Payageli Medan.

3.2.4. Prosedur Penelitian

Kesimpulannya penelitian dilaksanakan untuk mengambil data data dari PT. PLN maupun dari buku-buku penunjang penelitian ini, maupun dari sumber-sumber analisa penelitian ini. Penelitian ini menggunakan *Software Powerworld* versi 12, dan melaksanakan analisa terhadap data yang diperoleh dari simulasi tersebut.

3.2.5. Meng entry data dan menjalankan program software

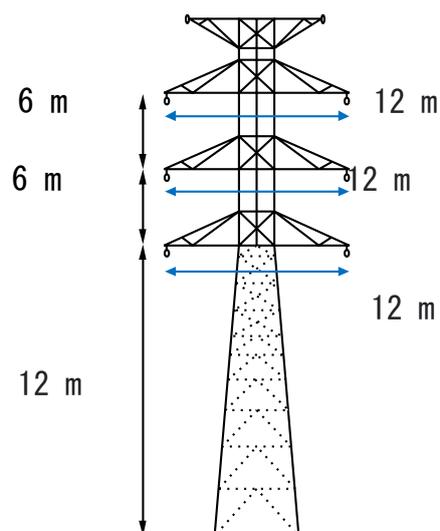
Untuk menjalankan simulasi diperlukan data data yang akan diperlukan dan di masukkan ke dalam *Software Powerworld* versi 12 dan sudah diinstall di laptop. Dan data-data saluran transmisi 150 Kv Glugur-Payageli Medan adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Data-data Hasil Penelitian Glugur- Payageli Medan

No.	Parameter	Nilai
1	Tipe Kabel	ACSR berjenis <i>Duck</i> 1x300 mm ²
2	Tipe Konduktor	Berpilin 3 layer z,y,z
3	Material Konduktor	Aluminium/Inti Baja
4	Ds (GMR) Konduktor (m)	0.011
5	Panjang Konduktor (km)	11.92
6	Luas Penampang Konduktor (mm ²)	605 kcmil atau 306,58
7	Jumlah Kabel Aluminium	54
8	Jumlah Kawat Baja	7
9	Diameter Kawat Aluminium (mm)	2,69
10	Diameter Kabel Baja (mm)	2,69
11	Diameter Inti Baja (mm)	8,07
12	Diameter Konduktor (mm)	24,21
13	<i>Average Geometric Radius</i> (mm)	0,0098
14	<i>Aluminium Content</i> (kg/km)	850.1
15	<i>Steel Content</i> (kg/km)	310.7
16	Perkiraan Berat (kg/km)	1161
17	Frekuensi (Hz)	50
18	Cos phi	0.96
19	Konfigurasi Menara	Vertikal Ganda

20	Jarak Antar Fasa (m)	6
21	Jarak Antar Berkas (m)	12
22	Jumlah Tower (Tower)	41
23	Tahun Operasi	1988
24	Kapasitas Saluran (MVA/sirkuit)	192
25	Nominal Arus (A/sirkuit)	740
26	Suhu Udara Rata-rata (o C)	32
27	<i>Resistance</i> at 20 ^o atau R (Ohm/km)	0.0947
28	<i>Electric Resistance</i> AC 60 Hz 75 ^o atau R (Ohm/km)	0.112
29	<i>Induktive Reactance</i> atau L (Ohm/km)	0.3488
30	<i>Capasitive Reactance</i> atau C (MOhm/km)	0.0002107
31	Ampacity (A)	770.0
32	Impedansi atau Y (Ohm)	1305,47 \angle 89,941 ^o
33	Admitansi atau Z (Mho)	788,62 \angle 90 ^o
34	Beban Glugur 1 yang dikirim (MW)	46
35	Beban Glugur 2 yang dikirim (MW)	48
36	Beban Reaktif Glugur 1 yang dikirimkan (MVar)	14
37	Beban Reaktif Glugur 2 yang dikirimkan (MVar)	16

Bentuk konstruksi menara transmisi Glugur-Payageli 150 kV dapat dilihat dari gambar berikut ;



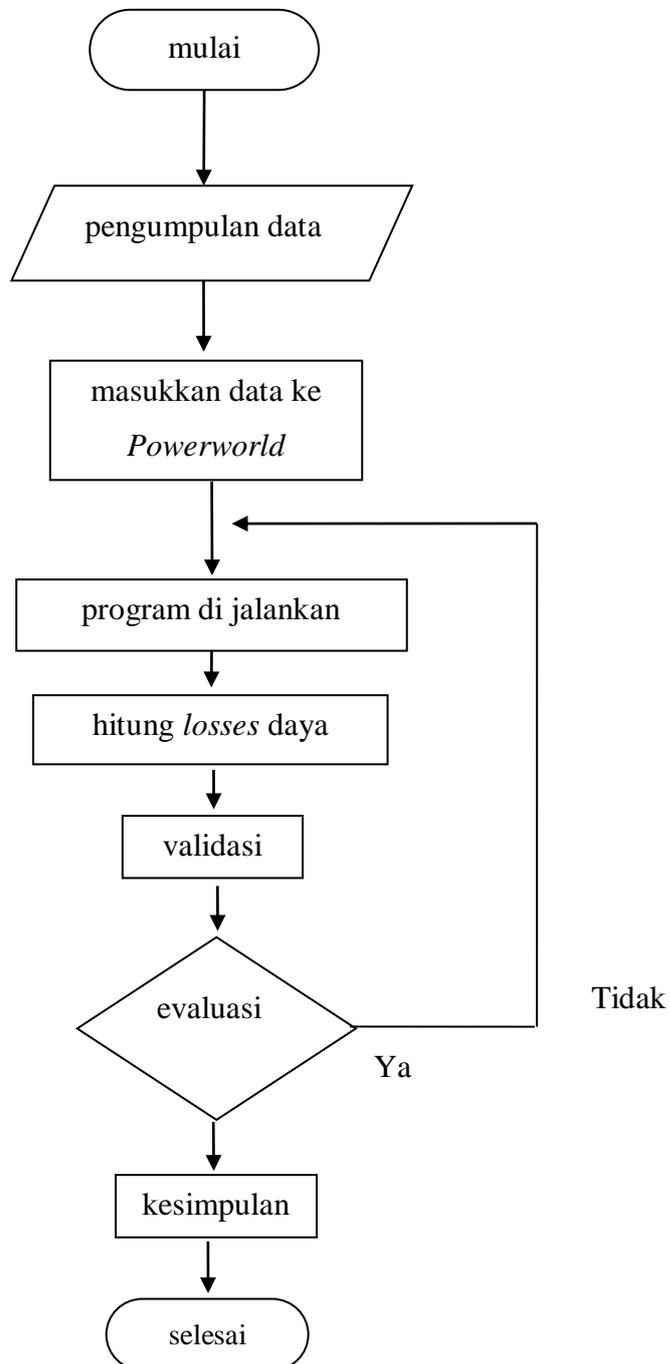
Gambar 3.1 Konstruksi Menara Transmisi Glugur- Payageli 150 kV

3.4 Variabel Penelitian

Variabel adalah objek penelitian atau tempat titik suatu apa yang diteliti. Dalam meneliti ini yang merupakan variabel penelitiannya adalah mengamati terhadap rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi Payageli-Glugur Medan antara lain ;

1. Resistansi pada saluran transmisi atau R
2. Induktansi pada saluran transmisi atau L
3. Kapasitansi atau C
4. Admitansi atau Y
5. Impedansi pada saluran transmisi atau Z
6. Besar factor daya atau Cos phi
7. Besar tegangan kirim atau Vs
8. Besar arus kirim atau Is
9. Panjang saluran transmisi
10. Luas penampang konduktor transmisi atau A
11. Hasil perhitungan rugi-rugi daya dengan menggunakan *software powerworld*.

3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar yang akan dilakukan selama pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Membuat yang akan dibahas, dalam tulisan ini adalah transmisi Glugur – Payageli Medan .
2. Klik *Powerworld* pada desktop dan akan muncul seperti gambar berikut.
3. Klik File pilih *New Case*.
4. Menggambar bus kemudian mengisi parameternya.
5. Muncul pada layar menu utama program *Powerworld*.
6. Menggambar Generator kemudian mengisi parameternya.
7. Menggambar Transformator kemudian mengisi parameternya.
8. Menggambar Transformator *Line* kemudian mengisi parameternya.
9. Menggambar *Load* kemudian mengisi parameternya.
10. Menyimpan Gambar.
11. Menjalankan Program (*running program*).
12. Mengedit Gambar atau Data.
13. Kemudian akan muncul hasil simulasi *Powerworld* itu.

3.5 Populasi

Populasi adalah seluruh objek yang dimaksudkan untuk diselidiki, dimana objek tersebut setidaknya-tidaknya memiliki satu kesamaan sifat. Populasi dalam penelitian ini adalah rugi-rugi daya yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV Payageli-Gardu Induk Tegangan Tinggi (GITT) Glugur 150 kV.

BAB IV

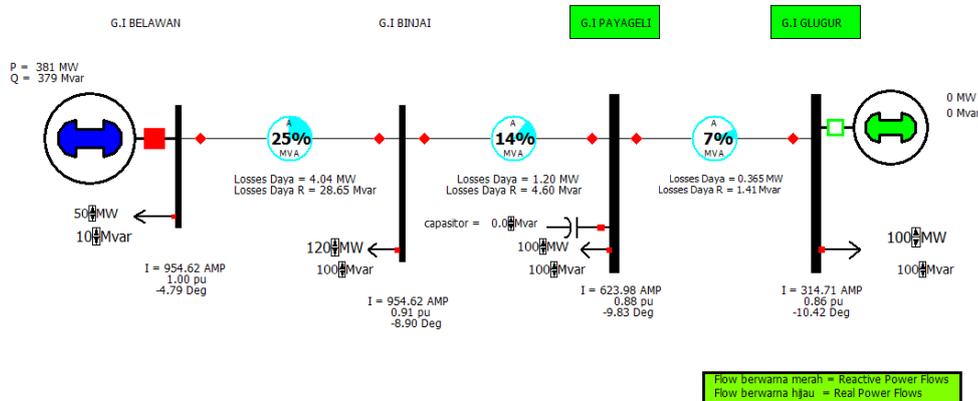
ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan Rugi Rugi Daya Menggunakan *Software Powerworld 12* dan Analisis Hasil

Software Powerworld merupakan perangkat lunak atau aplikasi buat simulasi kelistrikan khususnya buat analisa sistem energi listrik yang pada *design* dan dikembangkan secara berkesinambungan sebagai akibatnya penggunaanya sebagai sangat efektif dan efisien bagi *engineer*.

Perhitungan dilakukan dalam keadaan normal saat seluruh beban dan pembangkit yang ada dioperasikan sebelum dilakukan perhitungan terlebih dahulu pengaturan tingkat ketelitian iterasi MVA *convergence tolerance* dan jumlah iterasi maksimalnya. Pengaturan MVA *convergence tolerance* yaitu sebesar 0.0001 dengan jumlah iterasi maksimum adalah 1000, dan untuk *swing bus/bus referensi* dipilih bus pada PLTGU/PLTG Belawan.

Adapun dalam simulasi ini dibutuhkan data penelitian terdiri atas *single line diagram* dengan menggunakan *software powerworld*, data spesifikasi peralatan serta data penyaluran beban Gardu Induk Payageli ke Gardu Induk Glugur 150 kV. *Single Line Diagram* dengan *Powerworld* sebagai berikut :

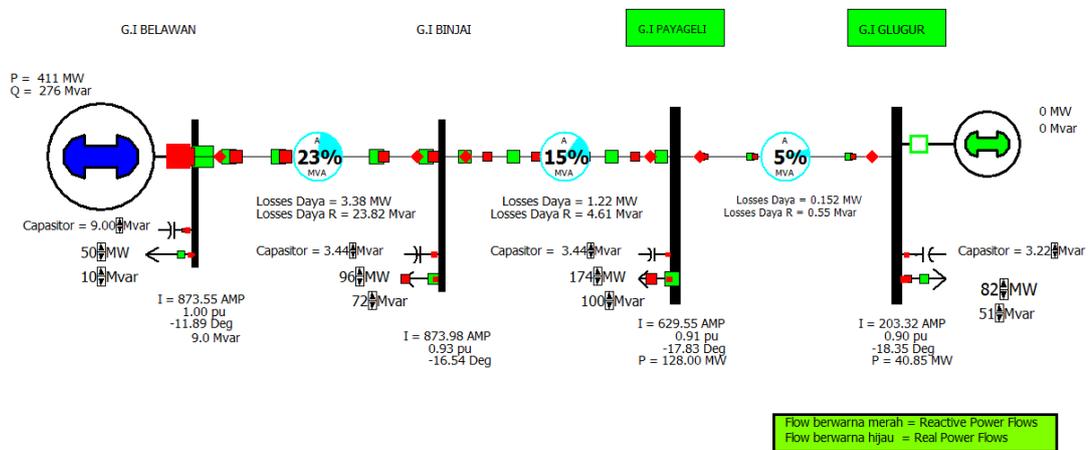


Gambar 4.1 *Single Line Diagram* Glugur dengan menggunakan *Software Powerworld 12*

Dari gambar 4.1 menunjukkan permodelan sistem yang di simulasikan untuk menghitung besar kerugian dalam penyaluran dalam bentuk *single line diagram*. *Powerworld simulator* digunakan sebagai *tools* untuk menganalisa kerugian pada sistem tenaga listrik G.I Payageli ke pentransmisian G.I Glugur 150 kV.

4.1.1 Hasil Running Software Powerworld 12

Gambar *Single Line Diagram* diatas setelah *running* menggunakan *software powerworld 12*.



Gambar 4.2 *Single Line Diagram* pada *Software Powerworld 12* setelah di *running*.

Data spesifikasi peralatan dan parameter parameter tenaga listrik pada sistem interkoneksi dan di khususkan ke pentransmisian G.I Payageli sebagai – G.I Glugur Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Sistem SUMBAGUT 150 kV pada Gardu Induk Payageli-Glugur

NO.	Pusat Listrik/Transformator	Tipe Bus	Beban		Generator	
			MW	MVAR	MW	MVA R
1.	Belawan	Bus Generator	50	10	381	295
2.	Binjai	Bus Beban	96	72	0	0
3.	Payageli	Bus Beban	174	108	0	0
4.	Glugur	Bus Generator	48	16	16	9

Adapun data transmisi SUMBAGUT dilihat dibawah ini :

Tabel 4.2. Data transmisi SUMBAGUT 150 kV

NO.	GARDU INDUK	PENGHANTAR 150 KV		PENGHANTAR 150 KV SISTEM SUMATERA UTARA-NAD					
				NOMINAL (A)	PANJANG (KM)	CONDUKTOR	Line R (p.u)	Line X (p.u)	Line Y (p.u)
1	BELAWAN	SROTAN	1 & 2	3000	26.4	Zebra 4x429	0.002861	0.023387	0.002520
		BINJAI	1 & 2	1800	35	Zebra 4x429	0.006564	0.046573	0.001989
2.	BINJAI	PGELI	1 & 2	1200	13.9	Hawk 2x240	0.004570	0.017495	0.000844
3.	PGELI	GLUGUR	1 & 2	740	11.92	Duck 1x300	0.0947	0.02113	0.00048

Dari tabel 4.2. Data transmisi SUMBAGUT 150 kV diatas didapat bahwa konduktor yang digunakan pada pentransmision G.I Payageli ke G.I Glugur adalah konduktor ACSR berjenis *Duck* 1 x 306 mm² dengan panjang konduktor 11.92 km dengan parameter *Line R* atau resistansi sebesar 0.0947 Ohm/km, *Line X* sebesar 0.02113 dan *Line Y* sebesar 0.00048.

4.1.2 Hasil *Running* Pada Software *Powerworld 12* Bagian *Branches Input*

	From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Branch Device Type	Xfrmr	R	X	B	Lim MVA A	Lim MVA B	Lim MVA C
1	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	2	Closed	Line	NO	0.00656	0.04657	0.00199	1000.0	0.0	0.0
2	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	1	Closed	Line	NO	0.00656	0.04657	0.00000	1000.0	0.0	0.0
3	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	2	Closed	Line	NO	0.00457	0.01749	0.00084	1000.0	0.0	0.0
4	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	1	Closed	Line	NO	0.00457	0.01749	0.00000	1000.0	0.0	0.0
5	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	2	Closed	Line	NO	0.00546	0.02114	0.00048	1000.0	0.0	0.0
6	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	1	Closed	Line	NO	0.00546	0.02114	0.00000	1000.0	0.0	0.0

Gambar 4.3 Hasil *Running* Pada Software *Powerworld 12*

Berikut tabel hasil running simulasi powerworld

No	From number	From name	To number	To name	Circuit	Status	Branch Device Type	xfrmr	R	X	Y	Lim MVA
1	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	2	Closed	Line	NO	0.00656	0.04657	0.0019	1000
2	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	1	Closed	Line	NO	0.00656	0.04657	0.0019	1000
3	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	2	Closed	Line	NO	0.00457	0.01749	0.00084	1000
4	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	1	Closed	Line	NO	0.00457	0.01749	0.00084	1000
5	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	2	Closed	Line	NO	0.0947	0.02114	0.00048	1000
6	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	1	Closed	Line	NO	0.0947	0.02114	0.00048	1000

Tabel 4.3 Hasil *Running* Simulasi (*Branches Input*)

4.1.3 Hasil *Running* Pada Software *Powerworld 12* Pada Bagian *Branches State*

Berikut hasil running pada software powerworld 12 dibawah ini.

	From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Branch Device Type	Xfrmr	MW From	Mvar From	MVA From	Lim MVA	% of MVA Limit (Max)	MW Loss	Mvar Loss
1	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	2	Closed	Line	NO	165.2	142.4	218.1	1000.0	21.8	3.12	21.98
2	1	G.I BELAWAN	2	G.I BINJAI	1	Closed	Line	NO	165.2	142.5	218.2	1000.0	21.8	3.12	22.17
3	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	2	Closed	Line	NO	114.1	84.4	141.9	1000.0	14.2	1.07	4.04
4	2	G.I BINJAI	3	G.I PAYAGELI	1	Closed	Line	NO	114.1	84.4	141.9	1000.0	14.2	1.07	4.11
5	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	2	Closed	Line	NO	41.0	26.3	48.7	1000.0	4.9	0.16	0.58
6	3	G.I PAYAGELI	4	G.I GLUGUR	1	Closed	Line	NO	41.0	26.3	48.7	1000.0	4.9	0.16	0.61

Gambar 4.4 Hasil *Running* Pada Software *Powerworld 12*

Dan hasil running simulasi (*Branches State*) dibawah ini

No	From number	To number	MW from	MVA from	Lim MVA	% of MVA Limit (Max)	MW Loss	Mvar Loss
1	1	2	165.2	142.4	1000	21.8	3.12	21.98
2	1	2	165.2	142.4	1000	21.8	3.12	22.17
3	2	3	114.2	84.4	1000	14.2	1.07	4.04
4	2	3	114.2	84.4	1000	14.2	1.07	4.11

5	3	4	41	26.3	1000	4.9	0.16	0.58
6	3	4	41	26.3	1000	4.9	0.16	0.61

Tabel 4.4. Hasil *Running* Simulasi (*Branches State*)

Pada tabel 4.4. Dapat diketahui bahwa nilai rugi rugi daya nyata atau MW pada saluran tegangan tinggi dari G.I Payageli ke G.I Glugur adalah sebesar 0.16 MW dan rugi rugi daya reaktif atau Mvar pada saluran tegangan tinggi dari G.I Payageli ke G.I Glugur adalah sebesar 0.58 MVar

4.1.4 Hasil *Running* Pada *Powerworld Y Bus*

	Number	Name	Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4
1	1	G.I BELAWAN	5.93 - j42.11	-5.93 + j42.11		
2	2	G.I BINJAI	-5.93 + j42.11	33.90 - j149.15	-27.97 + j107.04	
3	3	G.I PAYAGELI		-27.97 + j107.04	50.89 - j195.74	-22.92 + j88.69
4	4	G.I GLUGUR			-22.92 + j88.69	22.92 - j88.69

Gambar 4.5 Hasil *Running* Simulasi *Powerworld 12* pada *Y Bus*

4.2. Hasil Perhitungan Manual Rugi-Rugi Daya Dan Hasil Analisa

Konduktor yang digunakan dalam pentransmisian Glugur-Payageli 150 Kv adalah konduktor ACSR atau *Aluminium Conductor Steel Reinforced* 1 x 300 mm² berjenis *Duck* 2 sirkuit atau line RSTN yang mempunyai panjang penghantar 11,92 km, untuk menghitung rugi-rugi daya dalam penyaluran tenaga listrik ini pertama harus mencari resistansi nya atau hambatan dari konduktor sebelum mencari resistansi nya sepanjang 11,92 km kita liat spesifikasi konduktornya terlebih dahulu sebagai berikut ;

Construction Characteristics

Type of cable	Duck
Type of Conductor	Circular, Stranded
Conductor material	Aluminium/Steel Core

Dimensional Characteristics

Conductor cross-section	605 kcmil
Aluminium cross-section	306,89 mm ²
Conductor cross-section	346,67 mm ²
Number of Al wires	54
Diameter of Al wires	2,69 mm
Number of Steel wires	7
Diameter of Steel Wires	2,69 mm
Diameter of steel core	8,07 mm
Conductor Diameter	24,21 mm
Average Geometric Radius	0,0098 m
Al Content	850,1 kg/km
Steel Content	310,7 kg/km
Approximate Weight	1161 kg/km
<u>Electrical Characteristics</u>	
Resistance of the Conductor at 20°	0,0944 Ohm/km

Tabel 4.5 Spesifikasi dari konduktor ACSR 1x300 mm² berjenis *Duck*

4.2.1 Mencari nilai resistansi total konduktor ACSR Payageli-Glugur

Mencari resistansi total dari konduktor ACSR 1 x 300 mm² yang memiliki 7 kawat baja dan 54 kawat aluminium yang memiliki diameter 1 inti baja 8.07 mm, ditengahnya dan dikelilingi 6 kawat baja berdiameter 2.69 mm dan dikelilingi 54 kawat aluminium. Diketahui rho (ρ) baja = 4.0×10^{-7} Ohm.m dan rho (ρ) aluminium = 2.67×10^{-8} Ohm.m dan panjang konduktor penghantar sepanjang 11.92 km dari Glugur – Payageli.

Diketahui ρ (ρ) baja = 4.0×10^{-7} Ohm.m

ρ (ρ) aluminium = 2.67×10^{-8} Ohm.m

ℓ = $11.92 \text{ km} = 11.920 \text{ m}$

Mencari jari jari dari kawat konduktor jenis baja terdiri dari 1 kawat tunggal berdiameter 8.07 mm dan 6 kawat baja berdiameter 2.69 mm dan dicari luas penampangnya.

➤ **Resistansi I atau Steel Core atau inti baja**

Dik ; Diameter baja = 8,07 mm

$$\text{Jari jari atau } r = \frac{d}{2} = \frac{8,07}{2} = 4.035 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (4.035)^2 \\ = 51,123 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 4.0 \times 10^{-7} \cdot \frac{11.920}{51,123} \\ = 4.0 \times 10^{-7} \cdot 233,16 \\ = \underline{0.0000932653 \text{ Ohm}}$$

Jadi, resistansi 1 kawat tunggal baja = 0.0000932653 Ohm

➤ **Resistansi II Atau Steel/baja**

Dik ; Diameter baja = 2.69 mm

$$\text{Jari-jari atau } r = \frac{d}{2} = \frac{2,69}{2} = 1,345 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (1,345)^2 \\ = 5,680 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 4.0 \times 10^{-7} \cdot \frac{11.920}{5.680} \\ = \underline{0,00084 \text{ Ohm}}$$

Jadi, 6 kawat x 0,00084 Ohm = 0.00503

➤ **Resistansi III Atau Aluminium**

Diketahui diameter kawat aluminium = 2,69 mm

$$\text{Jari jari nya} = \frac{d}{2} = \frac{2,69}{2} = 1,345 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (1,345)^2 = 5,680 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 2.65 \times 10^{-8} \cdot \frac{11.920}{5.680} = \underline{0,000055612635 \text{ Ohm}}$$

Jadi, Resistansi 54 kawat aluminium x 0,000055612635 Ohm = 0.00300308229 Ohm.

Resistansi Total = 0.0000932653 Ohm + 0.00503 Ohm + 0.0030038229 Ohm = 0.00812634759 Ohm

Resistansi Total /Km = 0.00812634759 Ohm /11920 meter = 0.008033090114 Ohm

Resistansi kawat berpilin = 0.008033090114 + 0.086367 Ohm = 0,0944 Ohm/km

Jadi, Resistansi Total ACSR DUCK = 0,0944 Ohm/km.

4.2.2. Mencari rugi-rugi daya tiap fasa R, S, T

Mencari rugi-rugi daya pada konduktor ACSR 1 x 300 mm² Glugur - Payageli sepanjang 11,92 km dengan resistansi diketahui 0,0944 Ohm/km, dengan data arus beban diketahui sebagai berikut pada bulan Februari 2021, dari tanggal 18 Februari- 25 Februari 2021 dibawah ini.

TANGGAL : 18 FEBRUARI 2021		PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																										
JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1												PAYA GELI - GLUGUR 2															
	KV						MW		MVAR		AMPER				KV						MW		MVAR		AMPER			
	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T		
19 06:00	146	147	146	84	84	84	39	14	170	172	171	146	146	145	84	84	84	39	14	170	172	171	146	146	145	84	84	84
20 07:00	146	147	146	84	84	84	39	14	170	172	171	146	146	145	84	84	84	39	14	170	172	171	146	146	145	84	84	84
21 08:00	144	145	144	82	82	82	38	14	170	172	171	144	144	143	82	82	82	38	14	170	172	171	144	144	143	82	82	82
22 09:00	147	148	147	82	82	82	45	15	196	198	197	147	147	146	82	82	82	45	15	196	198	197	147	147	146	82	82	82
23 10:00	147	148	147	82	82	82	45	16	198	200	199	147	147	146	82	82	82	45	16	198	200	199	147	147	146	82	82	82
24 11:00	147	148	147	82	82	82	42	15	185	187	186	147	147	146	82	82	82	42	15	185	187	186	147	147	146	82	82	82
25 12:00	147	148	147	82	82	82	42	12	185	187	186	147	147	146	82	82	82	42	12	185	187	186	147	147	146	82	82	82
26 13:00	147	148	147	82	82	82	42	12	182	184	183	147	147	146	82	82	82	42	12	182	184	183	147	147	146	82	82	82
27 14:00	147	148	147	82	82	82	41	13	180	182	181	147	147	146	82	82	82	41	13	180	182	181	147	147	146	82	82	82
28 15:00	147	148	147	82	82	82	41	12	178	180	179	147	147	146	82	82	82	41	12	178	180	179	147	147	146	82	82	82
29 16:00	147	148	147	82	82	82	40	11	175	177	176	147	147	146	82	82	82	40	11	175	177	176	147	147	146	82	82	82
30 17:00	147	148	147	84	84	84	41	15	178	180	179	147	147	146	84	84	84	41	15	178	180	179	147	147	146	84	84	84
31 17:30	150	151	150	84	84	84	42	15	180	182	181	150	150	149	84	84	84	42	15	180	182	181	150	150	149	84	84	84
32 18:00	150	151	150	84	84	84	43	15	185	187	186	150	150	149	84	84	84	43	15	185	187	186	150	150	149	84	84	84
33 18:30	150	151	150	84	84	84	44	16	190	192	191	150	150	149	84	84	84	44	16	190	192	191	150	150	149	84	84	84
34 19:00	150	151	150	84	84	84	47	16	200	202	201	150	150	149	84	84	84	47	16	200	202	201	150	150	149	84	84	84
35 19:30	150	151	150	84	84	84	48	16	207	209	208	150	150	149	84	84	84	48	16	207	209	208	150	150	149	84	84	84

Gambar 4.6 Log Sheet pertanggal 18 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

7	HARI	: JUMAT																									
8	TANGGAL	: 19 FEBRUARI 2021																									
9		PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																									
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1												PAYA GELI - GLUGUR 2													
11		KV						MW		MVAR		AMPER		KV						MW		MVAR		AMPER			
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T
21	08:00	150	151	150	85	85	85	39		13	167	169	168	150	150	149	85	85	85	39		13	167	169	168		
22	09:00	147	148	147	85	85	85	42		15	182	184	183	147	147	146	85	85	85	42		15	182	184	183		
23	10:00	147	148	147	85	85	85	44		16	190	192	191	147	147	146	85	85	85	44		16	190	192	191		
24	11:00	148	149	148	86	86	86	0						148	148	147	86	86	86	0					2	1	
25	12:00	148	149	148	86	86	86	0						148	148	147	86	86	86	0					2	1	
26	13:00	149	150	149	87	87	87	0						149	149	148	87	87	87	0					2	1	
27	14:00	149	150	149	87	87	87	0						149	149	148	87	87	87	0					2	1	
28	15:00	150	151	150	87	87	87	0						150	150	149	87	87	87	0					2	1	
29	16:00	150	151	150	87	87	87	0						150	150	149	87	87	87	0					2	1	
30	17:00	152	153	152	87	87	87	0						152	152	151	87	87	87	0					2	1	
31	17:30	153	154	153	86	86	86	46		12	193	195	194	153	153	152	86	86	86	46		12	193	195	194		
32	18:00	153	154	153	86	86	86	46		12	192	194	193	153	153	152	86	86	86	46		12	192	194	193		
33	18:30	153	154	153	86	86	86	44		11	185	187	186	153	153	152	86	86	86	44		11	185	187	186		
34	19:00	153	154	153	86	86	86	44		11	186	188	187	153	153	152	86	86	86	44		11	186	188	187		
35	19:30	153	154	153	86	86	86	46		15	193	195	194	153	153	152	86	86	86	46		15	193	195	194		
36	20:00	150	151	150	84	85	85	48		16	204	206	205	150	150	149	84	85	85	48		16	204	206	205		
27	20:30	150	151	150	84	85	85	48		16	204	206	205	150	150	149	84	85	85	48		16	204	206	205		

Gambar 4.7 Log Sheet 19 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
7	HARI	: SABTU																									
8	TANGGAL	: 20 FEBRUARI 2021																									
9		PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																									
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1												PAYA GELI - GLUGUR 2													
11		KV						MW		MVAR		AMPER		KV						MW		MVAR		AMPER			
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T
21	09:00	145	146	145	84	84	84	41		15	180	182	181	145	145	144	84	84	84	41		15	180	182	181		
23	10:00	145	146	145	84	84	84	40		14	178	180	179	145	145	144	84	84	84	40		14	178	180	179		
24	11:00	146	147	146	84	84	84	40		14	176	178	177	146	146	145	84	84	84	40		14	176	178	177		
25	12:00	146	147	146	84	84	84	40		14	175	177	176	146	146	145	84	84	84	40		14	175	177	176		
26	13:00	147	148	147	84	84	84	40		14	175	177	176	147	147	146	84	84	84	40		14	175	177	176		
27	14:00	148	149	148	84	84	84	40		14	173	175	174	148	148	147	84	84	84	40		14	173	175	174		
28	15:00	148	149	148	84	84	84	40		14	174	176	175	148	148	147	84	84	84	40		14	174	176	175		
29	16:00	149	150	149	84	84	84	40		14	172	174	173	149	149	148	84	84	84	40		14	172	174	173		
30	17:00	150	151	150	84	84	84	40		14	171	173	172	150	150	149	84	84	84	40		14	171	173	172		
31	17:30	150	151	150	83	83	83	46		16	195	197	196	150	150	149	83	83	83	46		16	195	197	196		
32	18:00	150	151	150	83	83	83	46		16	195	197	196	150	150	149	83	83	83	46		16	195	197	196		
33	18:30	150	151	150	83	83	83	46		16	195	197	196	150	150	149	83	83	83	46		16	195	197	196		
34	19:00	150	151	150	83	83	83	46		16	195	197	196	150	150	149	83	83	83	46		16	195	197	196		
35	19:30	150	151	150	83	83	83	47		16	199	201	200	150	150	149	83	83	83	47		16	199	201	200		
36	20:00	153	154	153	86	86	86	48		15	202	204	203	153	153	152	86	86	86	48		15	202	204	203		

Gambar 4.8 Log Sheet 20 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
7	HARI	: MINGGU																									
8	TANGGAL	: 21 FEBRUARI 2021																									
9		PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																									
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1												PAYA GELI - GLUGUR 2													
11		KV						MW		MVAR		AMPER		KV						MW		MVAR		AMPER			
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T
21	08:00	154	155	154	87	88	88	30		9	126	128	127	154	154	153	87	88	88	30		9	126	128	127		
22	09:00	152	153	152	87	88	88	31		10	132	134	133	152	152	151	87	88	88	31		10	132	134	133		
23	10:00	152	153	152	87	88	88	32		10	136	138	137	152	152	151	87	88	88	32		10	136	138	137		
24	11:00	152	153	152	87	88	88	33		10	138	140	139	152	152	151	87	88	88	33		10	138	140	139		
25	12:00	152	153	152	87	88	88	33		10	140	142	141	152	152	151	87	88	88	33		10	140	142	141		
26	13:00	152	153	152	87	88	88	34		10	142	144	143	152	152	151	87	88	88	34		10	142	144	143		
27	14:00	152	153	152	87	88	88	34		10	145	147	146	152	152	151	87	88	88	34		10	145	147	146		
28	15:00	152	153	152	87	88	88	35		10	147	149	148	152	152	151	87	88	88	35		10	147	149	148		
29	16:00	152	153	152	87	88	88	36		10	150	152	151	152	152	151	87	88	88	36		10	150	152	151		
30	17:00	152	153	152	87	88	88	37		10	155	157	156	152	152	151	87	88	88	37		10	155	157	156		
31	17:30	150	151	150	87	88	88	37		11	158	160	159	150	150	149	87	88	88	37		11	158	160	159		
32	18:00	150	151	150	87	88	88	38		11	163	165	164	150	150	149	87	88	88	38		11	163	165	164		
33	18:30	150	151	150	87	88	88	39		12	165	167	166	150	150	149	87	88	88	39		12	165	167	166		
34	19:00	150	151	150	87	88	88	39		12	168	170	169	150	150	149	87	88	88	39		12	168	170	169		
35	19:30	150	151	150	87	88	88	41		13	177	179	178	150	150	149	87	88	88	41		13	177	179	178		
36	20:00	150	151	150	87	88	88	41		13	175	177	176	150	150	149	87	88	88	41		13	175	177	176		
37	20:30	150	151	150	87	88	88	41		13	176	178	177	150	150	149	87	88	88	41		13	176	178	177		
38	21:00	150	151	150	87	88	88	41		13	176	178	177	150	150	149	87	88	88	41		13	176	178	177		

Gambar 4.9 Log Sheet 21 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA												
7	HARI	: SENIN																																						
8	TANGGAL	: 22 FEBRUARI 2021																																						
9	PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																																							
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1														PAYA GELI - GLUGUR 2																								
11		KV						MW		MVAR		AMPER				KV						MW		MVAR		AMPER														
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T
22	09:00	148	149	148	86	86	86		45		16	195	197	196	148	148	147	86	86	86		45		16	195	197	196	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201
23	10:00	148	149	148	86	86	86		46		16	200	202	201	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201
24	11:00	148	149	148	86	86	86		46		16	195	197	196	148	148	147	86	86	86		46		16	195	197	196	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201
25	12:00	148	149	148	86	86	86		43		16	185	187	186	148	148	147	86	86	86		43		16	185	187	186	148	148	147	86	86	86		43		16	185	187	186
26	13:00	148	149	148	86	86	86		45		16	196	198	197	148	148	147	86	86	86		45		16	196	198	197	148	148	147	86	86	86		45		16	196	198	197
27	14:00	148	149	148	86	86	86		46		16	200	202	201	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201	148	148	147	86	86	86		46		16	200	202	201
28	15:00	148	149	148	86	86	86		46		16	198	200	199	148	148	147	86	86	86		46		16	198	200	199	148	148	147	86	86	86		46		16	198	200	199
29	16:00	150	151	150	86	86	86		46		16	195	197	196	150	150	149	86	86	86		46		16	195	197	196	150	150	149	86	86	86		46		16	195	197	196
30	17:00	150	151	150	86	86	86		44		16	190	192	191	150	150	149	86	86	86		44		16	190	192	191	150	150	149	86	86	86		44		16	190	192	191
31	17:30	147	148	147	85	85	85		47		15	205	207	206	147	147	146	85	85	85		47		15	205	207	206	147	147	146	85	85	85		47		15	205	207	206
32	18:00	147	148	147	85	85	85		47		15	203	205	204	147	147	146	85	85	85		47		15	203	205	204	147	147	146	85	85	85		47		15	203	205	204
33	18:30	147	148	147	85	85	85		46		14	200	202	201	147	147	146	85	85	85		46		14	200	202	201	147	147	146	85	85	85		46		14	200	202	201
34	19:00	147	148	147	85	85	85		47		12	205	207	206	147	147	146	85	85	85		47		12	205	207	206	147	147	146	85	85	85		47		12	205	207	206
35	19:30	150	151	150	85	85	85		48		17	207	209	208	150	150	149	85	85	85		48		17	207	209	208	150	150	149	85	85	85		48		17	207	209	208
36	20:00	150	151	150	85	85	85		47		15	202	204	203	150	150	149	85	85	85		47		15	202	204	203	150	150	149	85	85	85		47		15	202	204	203
37	20:30	150	151	150	85	85	85		47		15	200	202	201	150	150	149	85	85	85		47		15	200	202	201	150	150	149	85	85	85		47		15	200	202	201
38	21:00	150	151	150	85	85	85		47		12	200	202	201	150	150	149	85	85	85		47		12	200	202	201	150	150	149	85	85	85		47		12	200	202	201
39	21:30	150	151	150	85	85	85		43		12	185	187	186	150	150	149	85	85	85		43		12	185	187	186	150	150	149	85	85	85		43		12	185	187	186

Gambar 4. 10 Log Sheet 22 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA												
7	HARI	: SELASA																																						
8	TANGGAL	: 23 FEBRUARI 2021																																						
9	PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																																							
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1														PAYA GELI - GLUGUR 2																								
11		KV						MW		MVAR		AMPER				KV						MW		MVAR		AMPER														
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T
22	09:00	146	147	146	83	83	83		47		16	208	210	209	146	146	145	82	83	83		47		16	208	210	209	146	146	145	82	83	83		47		16	208	210	209
23	10:00	146	147	146	83	83	83		47		16	208	210	209	146	146	145	82	83	83		47		16	208	210	209	146	146	145	82	83	83		47		16	208	210	209
24	11:00	144	145	144	83	83	83		42		12	186	188	187	144	144	143	83	83	83		42		12	186	188	187	144	144	143	83	83	83		42		12	186	188	187
25	12:00	144	145	144	83	83	83		42		12	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		12	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		12	185	187	186
26	13:00	144	145	144	83	83	83		43		12	192	194	193	144	144	143	83	83	83		43		12	192	194	193	144	144	143	83	83	83		43		12	192	194	193
27	14:00	144	145	144	83	83	83		42		12	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		12	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		12	185	187	186
28	15:00	144	145	144	83	83	83		42		12	189	191	190	144	144	143	83	83	83		42		12	189	191	190	144	144	143	83	83	83		42		12	189	191	190
29	16:00	144	145	144	83	83	83		42		10	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		10	185	187	186	144	144	143	83	83	83		42		10	185	187	186
30	17:00	144	145	144	83	83	83		42		10	188	190	189	144	144	143	83	83	83		42		10	188	190	189	144	144	143	83	83	83		42		10	188	190	189
31	17:30	149	150	149	84	84	84		46		16	196	198	197	149	149	148	84	84	84		46		16	196	198	197	149	149	148	84	84	84		46		16	196	198	197
32	18:00	149	150	149	84	84	84		48		16	205	207	206	149	149	148	84	84	84		48		16	205	207	206	149	149	148	84	84	84		48		16	205	207	206
33	18:30	149	150	149	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215
34	19:00	149	150	149	84	84	84		50		18	216	218	217	149	149	148	84	84	84		50		18	216	218	217	149	149	148	84	84	84		50		18	216	218	217
35	19:30	149	150	149	84	84	84		50		18	216	218	217	149	149	148	84	84	84		50		18	216	218	217	149	149	148	84	84	84		50		18	216	218	217
36	20:00	149	150	149	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215
37	20:30	149	150	149	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215	149	149	148	84	84	84		50		18	214	216	215
38	21:00	149	150	149	84	84	84		49		17	212	214	213	149	149	148	84	84	84		49		17	212	214	213	149	149	148	84	84	84		49		17	212	214	213
39	21:30	149	150	149	84	84	84		49		17	210	212	211	149	149	148	84	84	84		49		17	210	212	211	149	149	148	84	84	84		49		17	210	212	211

Gambar 4.11 Log Sheet 23 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

		A
--	--	---

7	HARI	: KAMIS																															
8	TANGGAL	: 25 FEBRUARI 2021																															
9	PENGHANTAR 150 KV PAYA GELI - GLUGUR 1,2 & K.BUS																																
10	JAM	PAYA GELI - GLUGUR 1												PAYA GELI - GLUGUR 2																			
11		KV						MW			MVAR			AMPER			KV						MW			MVAR				AMPER			
12		R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T	R-S	S-T	T-R	r-n	s-n	t-n	IN	OUT	IN	OUT	R	S	T						
22	09:00	144	145	144	83	83	83	44		15	195	197	196	144	144	143	82	83	83		44		15	195	197	196							
23	10:00	144	145	144	83	83	83	45		15	201	203	202	144	144	143	82	83	83		45		15	201	203	202							
24	11:00	147	148	147	82	82	82	42		15	185	187	186	147	147	146	82	82	82		42		15	185	187	186							
25	12:00	147	148	147	82	82	82	42		12	185	187	186	147	147	146	82	82	82		42		12	185	187	186							
26	13:00	147	148	147	82	82	82	42		12	182	184	183	147	147	146	82	82	82		42		12	182	184	183							
27	14:00	147	148	147	82	82	82	41		13	180	182	181	147	147	146	82	82	82		41		13	180	182	181							
28	15:00	147	148	147	82	82	82	41		12	178	180	179	147	147	146	82	82	82		41		12	178	180	179							
29	16:00	147	148	147	82	82	82	40		11	175	177	176	147	147	146	82	82	82		40		11	175	177	176							
30	17:00	147	148	147	84	84	84	41		15	178	180	179	147	147	146	84	84	84		41		15	178	180	179							
31	17:30	150	151	150	84	84	84	42		15	180	182	181	150	150	149	84	84	84		42		15	180	182	181							
32	18:00	150	151	150	84	84	84	43		15	185	187	186	150	150	149	84	84	84		43		15	185	187	186							
33	18:30	150	151	150	84	84	84	44		16	190	192	191	150	150	149	84	84	84		44		16	190	192	191							
34	19:00	150	151	150	84	84	84	54		19	229	231	230	150	150	149	84	84	84		54		19	229	231	230							
35	19:30	150	151	150	84	84	84	54		18	230	232	231	150	150	149	84	84	84		54		18	230	232	231							
36	20:00	150	151	150	84	84	84	53		18	228	230	229	150	150	149	84	84	84		53		18	228	230	229							
37	20:30	150	151	150	84	84	84	51		16	220	222	221	150	150	149	84	84	84		51		16	220	222	221							

Gambar 4.13 Log Sheet 25 Februari 2021 PT. PLN Payageli line 1 dan 2

Dari gambar diatas akan dibuat tabel data beban Glugur-Payageli seperti dibawah ini.

Tgl	Beban Pukul 10.00					Beban Pukul 19.00				
	R	S	T	P	Q	R	S	T	P	Q
	A	A	A	MW	MVar	A	A	A	MW	MVar
18	198	200	199	45	16	200	202	201	47	16
19	190	192	191	44	16	186	188	187	44	11
20	178	180	179	40	14	195	197	196	46	16
21	136	138	137	32	10	168	170	169	39	12
22	200	202	201	46	16	205	207	206	47	12
23	208	210	209	47	16	216	218	217	50	18
24	200	202	201	45	16	208	210	209	48	17
25	201	203	202	45	15	229	231	230	54	19
Rata	188.87	190.87	189.87	43	14.87	200.87	202.87	201.87	46.87	15.12

Tabel 4.6 Data beban Glugur- Payageli 150 kv 3 fasa

Mencari Rugi-rugi daya atau P losses tiap fasa RST pada saluran transmisi 150 Kv Glugur-Payageli Medan, diketahui $R_{Total} = 0.0944$, $\ell = 11,92 \text{ km}$. Dan dicari R_{Total} sepanjang 11,92 km.

$$R \times \ell = 0.0944 \times 11.92 \text{ km} \\ = 1,125 \Omega$$

Untuk mencari rugi- rugi daya digunakan rumus dibawah ini.

$$P_{Losses} = I^2 \times R_{Total}$$

Data beban pada pukul 10.00 pada konduktor ACSR tanggal 18 Februari 2021 ;

$$P_{Losses} R = I^2 \times R_{Total} \\ = (198)^2 \times 1,125 = 44.104,5 \text{ Watt}$$

$$P_{Losses} S = I^2 \times R_{Total} \\ = (200)^2 \times 1,125 = 45.000 \text{ Watt}$$

$$P_{Losses} T = I^2 \times R_{Total} \\ = (199)^2 \times 1,125 = 44.551,125 \text{ Watt}$$

Data beban pada pukul 19.00

$$P_{Losses} R = I^2 \times R_{Total}$$

$$= (200)^2 \times 1,125 = 45.000 \text{ Watt}$$

$$P_{Losses R} = I^2 \times R_{Total}$$

$$= (202)^2 \times 1,125 = 45.904,5 \text{ Watt}$$

$$P_{Losses R} = I^2 \times R_{Total}$$

$$= (201)^2 \times 1,125 = 45.451,125 \text{ Watt}$$

$$P_{Losses RST Total Pukul 10.00} = 44.104,5 + 45.000 + 44.551,125$$

$$= 133.655,625 \text{ Watt}$$

$$= 0,133 \text{ MW}$$

$$P_{Losses RST Total Pukul 19.00} = 45.000 + 45.904,5 + 45.451,125$$

$$= 136.355,625 \text{ Watt}$$

$$= 0,136 \text{ MW}$$

dihitung seterusnya hingga tanggal 25 Februari 2021 sehingga mendapatkan hasil rugi-rugi daya RST seperti tabel dibawah ini.

Tgl	P losses pukul 10.00			P_{Losses} $RST_{Total\ pukul\ 10.00}$	P losses pukul 19.00			P_{Losses} $RST_{Total\ pukul\ 19.00}$
	Plosses R	Plosses S	Plosses T		Plosses R	Plosses S	Plosses T	
	watt	Watt	watt		Watt	Watt	Watt	
18	44.104,5	45.000	44.551,125	133.655,625	45.000	45.904,5	45.451,12	136.355,625
19	40.612,5	41.472	41.041,125	123.125,625	38.920,5	39.762	39.340,12	118.022,625
20	35.644,5	36.450	36.046,125	108.137,625	42.778,12	43.660,12	43.218	129.656,25
21	20.808	21.424,5	21.115,125	63.341,625	31.752	32.512,5	32.131,12	96.395,125
22	45.000	45.904,5	45.451,12	136.355,62	46.437,625	48.205,125	47.740,5	142.383,25
23	48.672	49.612,5	49.141,12	147.425,62	52.488	53.464,5	52.975,12	164.927,625
24	45.000	45.904,5	45.451,12	136.355,625	48.672	49.612,5	49.141,12	147.425,625
25	45.451,1	46.360,1	45.904,5	137.715,75	58.996,12	60.031,12	59.512,5	178.539,75
Jumlah				986.113,115	Jumlah			1.113.712,27
Jumlah Total $P_{Losses RST} =$				$\frac{2.099.825,38}{16} = 131.239,086 \text{ watt}$				

Tabel 4.7 Hasil rugi-rugi daya G.I Glugur-Payageli 150 kv dari tgl 29 Maret sampai 11 April 2021

4.2.3 Mencari rugi-rugi daya faktor korona

Kemudian akan mencari besar rugi-rugi daya konduktor ACSR oleh faktor korona adalah sebagai berikut .

Parameter	Nilai
Tegangan Transmisi	150 kv
Frekuensi	50 Hz
Jarak Antar Fasa	6 meter
Diameter Konduktor ACSR	24,21 mm
Jari-jari konduktor ACSR	12,10 m
Kuat Medan Kondisi Kering	24,2 kV
Suhu	31,2 °C
V (L – N)	85,55 Kv
B	758,31 mmHg

Tabel 4.8 Parameter konduktor ACSR Glugur – Payageli

Mencari rugi rugi daya faktor korona adalah =

$$\delta = \frac{0,386 b}{273 + t} = \frac{0,386 \times 758,31 \text{ mmHg}}{273 + 31,2} = \frac{292,7}{304,2} = 0,962$$

$$\begin{aligned} Vd &= 21.1. m. \delta. r. \ln \frac{s}{r} \\ &= 21.1.0,83.0,96 \ln \frac{600}{12,10} \\ &= 16,73 \ln 49,58 \\ &= 16,73 \times 51,85 \\ &= 867,45 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{Korona} &= \frac{A}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} \cdot (V - Vd)^2 10^{-5} \\ &= \frac{0,375}{0,962} (50 + 25) \sqrt{\frac{9,88}{24,21}} (85.550 - 867,45)^2 \times 10^{-5} \\ &= 2923,26 \text{ }^w/km \times 11.92 \text{ km} \\ &= 34.845,26 \text{ watt} \end{aligned}$$

Jumlah rugi rugi daya total pentransmisian Glugur-Payageli 150 kv =

= Jumlah P losses RST + Rugi daya faktor korona

= 131.239,086 watt + 34.845,26 watt

$$= 166.084,346 \text{ watt} = \underline{\underline{0.166084 \text{ Mw}}}$$

Ps atau Daya Pengiriman = Pr atau Daya

Penerima+ Jumlah rugi rugi daya total pentransmisian Glugur – Payageli 150 kv

$$48Mw = Pr + 0,166084$$

$$Pr + 0,166084 = 48 \text{ Mw}$$

$$Pr = 48 \text{ Mw} - 0,166084$$

$$Pr = 47,83 \text{ Mw}$$

Efisisensi Transmisi =

$$\eta = \frac{Pr}{Ps} \times 100 \%$$

$$= \frac{47.83}{48} \times 100 \%$$

$$= 0,99 \%$$

Kerugian korona dalam persen % dari rugi-rugi daya adalah =

$$= \frac{P \text{ Korona total}}{Rugi \text{ daya total}} \times 100\%$$

$$= \frac{34.845,26}{1658.000} \times 100\%$$

$$= 0.02 \%$$

Kerugian korona yang terjadi pada tanggal 29 Maret sampai 11 April 2021 sebesar 34.845,25 watt atau 0,034845 Mwatt, sehingga kerugian daya yang diakibatkan oleh faktor korona adalah 0,02 %.

4.2.4 Mencari rugi-rugi daya reaktif saluran transmisi Glugur-Payageli

Kemudian akan mencari rugi rugi daya reaktif atau volt ampere reaktif Glugur-Payageli medan dengan rumus dibawah.

$$P_{\text{var losses}} = I^2 \times X_{\text{Total}}$$

Untuk mencari X_{Total} harus dicari dahulu nilai reaktannya dan harus dicari dahulu nilai GMD dan GMR nya yang diketahui panjang penghantar Payageli ke Glugur 1 dan 2 adalah sepanjang 11,92 km. Jarak antara fasa ke fasa 6 m, jumlah urat konduktor $7 + 54 = 61$ dengan $\alpha_g = 0,772$ sesuai dengan tabel jumlah urat konduktor dibawah ini.

<i>Cu/Al</i>		<i>ACSR</i>	
Jumlah Urat	α_g	Jumlah Urat	α_g
Solid	0.779	26	0.809
7	0.726	30	0.829
19	0.758	54	0.81
30	0.768		
61	0.772		
91	0.774		
127	0.776		

Tabel 4.9 Faktor Ketergantungan pada jumlah urat kawat penghantar

$$GMD = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{AC}} = \sqrt[3]{6.6.12} = 7,559 \text{ meter}$$

GMR adalah penghantar yang digunakan adalah jenis ACSR jenis Duck dengan jumlah urat konduktor ACSR $7 + 54 = 61$.

$$\begin{aligned} GMR &= \alpha \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \\ &= 0,772 \sqrt{\frac{300}{3,14}} \\ &= 0,772 \sqrt{95,54} \\ &= 7,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR} \Omega/Km$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{7,559}{7,54}$$

$$= 0,00000054503 \Omega/Km$$

$$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$= 2,3,14.50.0,00000054503 \Omega/Km$$

$$= 0,00017113881 \Omega/Km$$

$$XL_{(11,92)} = 0,00017113881 \Omega/Km \times 11,92 \text{ km} = 0,00203997459 \Omega$$

Dibawah ini tabel hasil dari perhitungan rugi-rugi daya reaktif satuan VAR atau Volt Ampere Reaktif dengan menggunakan gambar data *log sheet* diatas adalah sebagai berikut.

Hasil rugi-rugi daya reaktif Payageli - Glugur 1 dan 2								
Tgl	P losses pukul 10.00				P losses pukul 19.00			
	$P_{var} \text{ losses}$ R	$P_{var} \text{ losses}$ S	$P_{var} \text{ losses}$ T	$P_{var} \text{ losses RST}$ pukul 10.00	$P_{var} \text{ losses}$ R	$P_{var} \text{ losses}$ S	$P_{var} \text{ losses}$ S	$P_{var} \text{ losses RST}$ pukul 19.00
	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
18	79,975	81,600	80,78	242,355	81,600	83,240	82,418	489,619
19	73,644	75,202	74,421	223,267	70,575	72,101	71,336	437,282
20	64,635	66,096	65,363	196,094	77,571	79,170	78,368	431,205
21	37,731	38,288	38,288	114,307	57,576	58,956	58,264	289,667
22	81,600	83,240	82,418	247,258	85,731	87,411	86,569	506,970
23	88,258	89,964	89,109	267,331	95,178	96,948	96,061	555,520
24	81,600	83,240	82,418	247,258	88,258	89,964	89,109	515,412
25	82,418	84,066	83,240	249,724	106,979	108,857	107,916	573,476
Jumlah				1.787,594	Jumlah			3799,151
Jumlah Total P var losses RST				$\frac{5.586,74 \text{ VAR}}{16} = 349,17 \text{ VAR}$				

Tabel 4.10 Data Beban Reaktif Payageli-Glugur 150 kv dari tanggal 18 sampai 25 Februari 2021 pukul 10.00 dan 19.00

4.2.5 Perbandingan hasil perhitungan rugi-rugi daya Payageli-Glugur antara perhitungan software powerworld dan perhitungan manual

Kemudian membandingkan antara hasil *software powerworld* dengan perhitungan manual seperti tabel dibawah ini.

Penghantar	Perhitungan P_{losses} dengan <i>Software Powerworld</i> (watt)	Perhitungan P_{losses} secara manual (watt)
Payageli - Glugur I	165.320,23	166.084,346
Payageli - Glugur II	165.320,23	166.084,346

Penghantar	Perhitungan P_{var} <i>losses</i> dengan <i>Software Powerworld</i> (<i>Volt Ampere Reaktif</i>) atau Var	Perhitungan P_{var} <i>losses</i> secara manual (<i>Volt Ampere Reaktif</i>) atau Var
Payageli - Glugur I	564.000	349,17
Payageli - Glugur II	614.000	349,17

Tabel 4.11 Perbandingan antara perhitungan rugi rugi daya software powerworld dengan perhitungan manual Glugur- Payageli

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan yang telah dilakukan peneliti maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa didapatkan bahwa kondisi sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Medan G.I Payageli dan G.I Glugur 150 kV masih dalam kondisi yang baik karena tidak melebihi batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan adalah dibawah 10 %.
2. Besar kerugian daya pentransmisian dari pengiriman daya G.I Payageli ke penerima daya G.I Glugur menggunakan *software Powerworld 12* adalah sebesar = 0.16 MW atau 160 Kw dan rugi rugi reaktifnya sebesar = 0.56 MVar.
3. Besar kerugian daya pentransmisian dari pengiriman daya G.I Payageli ke penerima daya G.I Glugur dengan perhitungan manual adalah sebesar = 0.165 MW atau 160 Kw dan rugi rugi reaktifnya sebesar = 0,0034917 MVar
4. Besar kerugian faktor korona selama menyalurkan tenaga listrik dari Payageli-Glugur 150 kv sebesar 34.845,26 watt atau 0,02 % dari total kerugian daya penyaluran.
5. *Software Powerworld* adalah *software* yang digunakan sangat praktis dan sederhana dan sangat mudah pengoperasiannya untuk menghitung rugi rugi daya, biaya listrik dan dapat menganalisa sistem tenaga listrik.

5.2 Saran

Kesimpulan, peneliti akan memberikan saran-saran supaya kedepannya peneliti lainnya lebih baik lagi kedepannya dalam proses meneliti dan saran saran yang dapat peneliti berikan pada penelitian analisa rugi rugi daya pada saluran tegangan tinggi 150 kV pada G.I Payageli ke G.I Glugur dengan menggunakan

software powerworld adalah sebagai berikut :

1. Buat peneliti yang berencana untuk meneliti dengan menggunakan *software*, maupun tidak menggunakan *software*, maka lebih baik pada kondisi seperti biasa untuk menghimpun segala data karena terkait adanya pandemi Covid-19 maka ada sedikit keterbatasan ruang gerak dan waktu peneliti dalam menghimpun data penelitian.
2. PT. PLN sebagai perusahaan BUMN seharusnya memberikan layanan yang lebih baik untuk tempat penelitian mahasiswa maupun umum agar kedepannya lebih banyak lagi menghasilkan penelitian yang lebih bermutu untuk menunjang Indonesia yang unggul dan menjadi negara yang maju dalam segi apapun.
3. UMSU sebagai fasilitator mahasiswa dan institusi pendidikan harus lebih baik lagi memfasilitasi dan mendukung mahasiswa untuk penelitian dan harus tepat waktu dalam mengumumkan hasil-hasil penelitian sehingga dapat di manfaatkan oleh masyarakat umum.
4. Peneliti menyarankan kepada mahasiswa atau peneliti lain agar seharusnya menggunakan *software powerworld* 12 dalam menganalisa sistem tenaga listrik lebih maksimal mungkin di dalam tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zenny Jaelani, *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi 500Kv Dengan Menggunakan Digsilent 14.0.250 Power Factory*, I. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
- [2] PT. Perusahaan Listrik Negara, “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2019-2028,” *PT. Perusah. List. Negara*, pp. 15–17, 2010.
- [3] G. Simaremare, *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 275 kV PLTU 2 Sumut Pangkalan Susu – Gardu Induk Binjai Sitem Sumatera Bagian Utara*, vol. 1, no. 2. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2016.
- [4] P. . Benny E. May, “Studi & Analisis Aliran Daya,” <https://www.bice-eeconsulting.com/about-us/>, 2020. <https://www.bice-eeconsulting.com/about-us/> (accessed Nov. 20, 2020).
- [5] Sigi Syah Wibowo, *Analisa Sistem Tenaga*, Pertama. Malang: Polinema Press, Politenik Negeri Malang, 2018.
- [6] A. Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, vol. 53, no. 9. Jakarta: Perpustakaan UI, 2000.
- [7] Toto Sukisno, “Operasi Sistem Tenaga Listrik,” *Staffnew.Uny.ac.id*, 2010. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132296049/pendidikan/OPERASI+SISTEM+TENAGA+LISTRIK+2D.pdf> (accessed Nov. 20, 2020).
- [8] William D. Stevenson. JR, *Analisa Sistem Tenaga*, Keempat., vol. 1, no. 1. Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, 1983.
- [9] Ikke Dian, “Fungsi diagram segaris,” *Academia.edu*. https://www.academia.edu/35434844/FUNGSI_DAN_PENGERTIAN_SINGGLE_LINE_DIAGRAM_GARDU_INDUK (accessed Nov. 22, 2020).
- [10] P. Girindra, “Bahan Listrik Konduktor,” <http://repo.unand.ac.id/>, 2018. .
- [11] M. muhaimin, *Jenis-jenis Konduktor*, CAT.2. JAKARTA: PT. PRADATYA PARAMITA, 1999.
- [12] S. S. Rustam Efendi, *Medan Elektromagnetika Terapan*. Jakarta: Airlangga, 2007.
- [13] M. Azizurrohman, “Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Gardu Induk Batang – Gardu Induk Pekalongan Dengan Jenis Konduktor ACCC Lisbon,” *Naskah Publ.*, p. pp 4-17, 2019.
- [14] “Powerworld Simulator User’s Guide Versi 12,” *Powerworld.com*. <https://www.powerworld.com/files/pw120UserGuide.pdf> (accessed Nov. 21, 2020).
- [15] G. Simaremare, “Universitas Sumatera Utara,” Universitas Sumatera Utara, 2016.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Ade Wardana
Panggilan : Dhana
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 03 Oktober 1990
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat Sekarang : Jl. Bajak 3 Gg Mesjid No. 7 Medan
No. Hp : 082294233198
Email : wardanaad4@gmail.com



PENDIDIKAN FORMAL

No	Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1.	Sekolah Dasar	SD Negeri 060925	2002
2.	Sekolah Menengah Pertama	SMP Negeri 2	2005
3.	Sekolah Menengah Atas	SMA Swasta Eria	2008
4.	Perguruan Tinggi	UMN Alwashliyah	2012
5.	Perguruan Tinggi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021