

TUGAS AKHIR

SIMULASI DAN ANALISIS SUSUT DAYA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP RAYON KOTA FAJAR PENYULANG KT 01 MENGGAMAT ACEH SELATAN MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

KHAIRUNNAS LD
1807220027



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Khairunas LD
NPM : 1807220027
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Simulasi Dan Analisis Susut Daya Jaringan Distribusi 20 KV PT.
PLN (Persero) ULP Rayon Kota Fajar Penyulang KT01
Menggamat Aceh Selatan Menggunakan Software Etap 12.6
Bidang Ilmu : Analisa Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



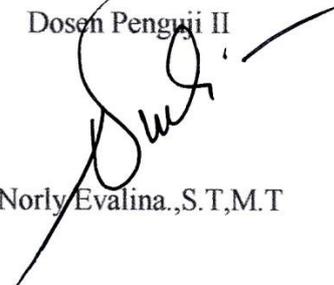
Ir. Abdul Azis.,M.M

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



Norly Evalina.,S.T.,M.T

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Khairunnas Ld
Tempat /Tanggal Lahir : Desa Alai, 05 September 2000
NPM : 1807220027
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro (S1)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul : **SIMULASI DAN ANALISIS SUSUT DAYA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP RAYON KOTA FAJAR PENYULANG KT 01 MENGGAMAT ACEH SELATAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan 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/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 September 2022

Saya yang menyatakan,



Khairunnas Ld

ABSTRAK

Pada sistem tenaga listrik perlu dilakukan beberapa analisis seperti analisis aliran daya, analisis stabilitas dan analisis hubung singkat dan analisis susut daya atau lebih dikenal dengan (dropt and load flow voltage analysis). Studi analisis aliran daya dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai aliran daya atau tegangan pada suatu jaringan system tenaga listrik. Sehingga untuk mengetahui kondisi system tenaga listrik perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan analisa aliran daya dengan tujuan agar dapat mengetahui kondisi tegangan, daya, serta susut daya. Manfaat Penelitian ini sebagai evaluasi perencanaan kedepan jika nantinya ada perubahan inovasi mesin dan sekaligus menjawab tantangan beban listrik yang di butuhkan dimasa yang akan datang. Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui profil tegangan, aliran daya aktif, daya reaktif serta rugi – rugi daya pada masing masing busbar yang bermanfaat dalam operasional system kelistrikan. Pada tulisan ini dibahas mengenai simulasi dan studi aliran susut daya pada system kelistrikan jaringan distribusi 20 KV PT.PLN (Persero) Penyulang KT01 Menggamat ULP Kota Fajar Kabupaten Aceh Selatan setelah melakukan simulasi dan analisis aliran susut daya maka mendapatkan hasil yakni pada hasil perhitungan susut daya dengan melakukan simulasi di etap 12.6 besaran jumlah susut daya KT01 menggamat mendapatkan losses = 0,9 KW sedangkan berdasarkan pada perhitungan manual adalah sebesar 0,696 KW itu pertanda besar selisih antara analisis susut daya (losses) menggunakan simulasi dengan perhitungan manual adalah hanya sebesar 0,21 KW dan Adapun Perhitungan jumlah Jatuh tegangan pada setiap penyulang KT01 Menggamat ULP Rayon kota fajar system jaringan distribusi 20 KV dengan menggunakan perhitungan manual Adalah Sebesar 46,47 V sedangkan menggunakan ETAP hanya sebesar 19,63 V. Selisih tersebut terjadi karena dalam perhitungan manual tidak memperhitungkan factor suhu kabel yang dapat mempengaruhi nilai impedansi setiap saluran.

Kata kunci : *Sistem Tenaga Listrik, Aliran Daya, SKUTM, SKTTM, ETAP 12.6*

ABSTRACT

In the electric power system it is necessary to carry out several analyzes such as power flow analysis, stability analysis and short circuit analysis and power loss analysis or better known as (dropt and load flow voltage analysis). Power flow analysis studies are intended to obtain information regarding the flow of power or voltage in an electric power system network. So to know the condition of the electric power system, it is necessary to do research related to power flow analysis with the aim of being able to know the condition of voltage, power, and power losses. The benefits of this research are as an evaluation of future planning if later there is a change in machine innovation and at the same time answering the challenges of the electrical load needed in the future. Power flow studies are carried out to determine the voltage profile, active power flow, reactive power and power losses on each busbar that are useful in electrical system operations. This paper discusses the simulation and study of power loss flow in the 20 KV distribution network electrical system PT.PLN (Persero) Penyelang KT01 Menggamat ULP Fajar City South Aceh Regency after conducting simulations and analysis of power loss flow, the results are obtained, namely the results of the calculation of power losses by carrying out a simulation at stage 12.6, the amount of power loss KT01 draws loses = 0.9 KW, while based on manual calculations it is 0.696 KW, which is a sign that the difference between the power loss analysis using simulation and manual calculations is only 0.21 KW and the calculation the amount of voltage drop on each feeder KT01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar distribution network of 20 KV using manual calculations is 46.47 V while using ETAP is only 19.63 V. This difference occurs because in manual calculations it does not take into account the cable temperature factor which can affect the faithful impedance value channel.

Keywords: Electric Power System, Power Flow, SKUTM, SKTTM, ETAP 12.6

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“SIMULASI DAN ANALISIS SUSUT DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP RAYON KOTA FAJAR PENYULANG KT 01 MENGGAMAT KABUPATEN ACEH SELATAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6”**

sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

1. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada: Kedua orangtua saya Bapak LAZUARDI dan Ibu SURYANA yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehatsetiapharinya.
2. Bapak Ir Abdul Aziz ,M.M, selaku dosen pembimbing dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan saya dalam menyelesaikan tugas akhirini.
3. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah SumateraUtara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas MuhammadiyahSumateraUtara.
6. Bapak Affandi,S.T.,M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Ibu Elvy Syahnur Nasution S.T., M.Pd, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Di Program Study Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu keteknik listrikan kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Elektro stambuk 2018 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Sipil/ Mesin/ Elektro.

Medan, 09, September 2022

Khairunnas Ld

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang lingkup.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Distribusi Daya Listrik	5
2.2 Jaringan distribusi.....	6
2.3 Jaringan Distribusi primer	7
2.4 Jaringan Distribusi Primer Menurut Susunan Rangkaiannya.....	8
2.4.1 Jaringan Radial.....	8
2.4.2 Jaringan Hantaran Penghubung	9
2.4.3 Jaringan Lingkaran (Loop).....	9
2.4.4 Jaringan Spindel	10
2.4.5 Sistem Gugus atau Kluster	11
2.5 Saluran kabel tegangan menengah.....	12
2.6 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah.....	13
2.7 Beban system distribusi	15
2.7.1 beban linier	15
2.7.2 beban non linier	15
2.8 Parameter saluran.....	15
2.9 Resistansi saluran	16
2.10 Reaktansi saluran.....	17

2.11	Daya saluran	18
2.11.1	Daya semu	20
2.11.2	Daya aktif	20
2.11.3	Daya reaktif	20
2..12	Faktor daya	21
2..13	Rugi rugi daya	22
2..14	Rugi rugi tegangan drop(voltage).....	23
2..15	Perhitungan jatuh tegangan.....	24
2..16	Etap 12.6.0.....	25
BAB 3 METODE PENELITIAN		27
3.1	Waktu dan Tempat.....	27
3.1.1	Waktu.....	27
3.1.2	Tabel Jadwal Penelitian	27
3.2	Tempat	28
3.3	Bahan dan Alat	28
3.4	Metode Penelitian	28
3.5	Bagan Alir Penelitian.....	29
3.6	BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1.	Hasil	30
4.1.1	Pengambilan data.....	30
4.1.2	Data Panjang penghantar skutm	31
4.2.	Menentukan presentasi susut daya menggunakan etap 12.6.....	38
4.3.	Menentukan Presentasi susut daya Secara Manual.....	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		48
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1.diagram satu garis tenaga listrik.....	6
Gambar.2.2. diagram satu garis tenaga listrik system tenaga listrik distribusi ...	7
Gambar.2.3. bagian bagian system distribusi primer	7
Gambar.2.4. skema jaringan.....	8
Gambar.2.5. skema jaringan distribusi tie line.....	9
Gambar.2.6. Jaringan skema jaringan loop.....	10
Gambar.2.7. Skema jaringan spindel	11
Gambar.2.8. Skema jaringan cluster	11
Gambar.2.9. Kabel Udara TeganganMenengah.....	13
Gambar.2.10.Kabel Tanah (KTM).....	14
Gambar 2.11 Tegangan AC yang diterapkan pada beban dan diagram fasor (a) Rangkaian R dan X (b) Rangkaian I dan V.....	18
Gambar 2.12.Segitiga Daya Kompleks.....	19
Gambar 2.13 Faktor Daya Tertinggal (a) Rangkaian R dan L (b) Diagram vektor I dan lagging terhadap V	21
Gambar 2.14 FaktorDayaMendahului (a) RangkaianRdanC(b) Diagram vektor I dan <i>leading</i> terhadap V	22
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 SLD KT01 SKUTM.....	31
Gambar 4.2 SLD KT01 SKTM.....	31
Gambar 4.3 memberi nama file.....	33
Gambar 4.4 Meng-input data jaringan yang akan disimulasikan Sebesar 20 KV	34
Gambar 4.5 Memasukkan jenis penghantar yang digunakan yaitu AAAC, Serta diameter penghantar 50 mm ² pada etap.....	35
Gambar 4.6 simulasi sebelum di run.....	36
Gambar 4.7 single line diagram skutm di run	37
Gambar 4.8single line diagram SKTM di run.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1, Jenis Kabel SKUTM.....	13
Table 3.1 Jadwal Penelitian.....	27
Tabel4.1 Data Panjang Saluran Penyulang KT01	31
Table 4.2 data Panjang saluran penyulang Menggamat KT01.....	32
Table 4.3 Conductor (AAAC). Berikut adalah daftar impedansi pada kabel AAAC.....	32
Tabel 4,4 hasil simulasi SKUTM KT01.....	38
Table 4,5 hasil simulasi SKTM KT 1.....	38
Tabel4.6 Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual pada penyulang SKUTM KT 01.....	44
Tabel 4.7 Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual Pada penyulang SKTM KT01.....	44

DAFTAR SINGKATAN

ETAP	: Electrical Transient and Analysis Program
KVAR	: Kilo Volt Ampere Reactive
VAR	: Volt Ampere Reactive
VAC	: Volt Alternating Current
KV	: Kilo Volt
MV	: Mega Volt
MVA	: Mega Volt Ampere
MW	: Mega Watt
HP	: Horse Power
AC	: Alternating Current
DC	: Direct Current
STT	: Saluran Tegangan Tinggi
GI	: Gardu Induk
GH	: Gardu Hubung
JTM	: Jaringan Tegangan Menengah
JTR	: Jaringan Tegangan Rendah
APD	: Area Pembagi Distribusi
ULP	: Unit Layanan Pengadaan
UP2D	: Unit Pelaksana Pengatur Distribusi
UP3	: Unit Pelayanan Pelanggan
UP2K	: Unit Pelaksana Proyek Ketanagalistrikan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh Gardu Induk (GI) dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (Ismainar, 2015).

Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurunan tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer (Ismainar, 2015)

Penggunaan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindarkan rugi-rugi penyaluran dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi oleh PT PLN Persero selaku pemegang Kuasa Usaha Utama sebagaimana diatur dalam UU ketenagalistrikan No 30 tahun 2009. Dengan ditetapkannya standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV, konstruksi Jaringan Tegangan Menengah (JTM) wajib memenuhi kriteria keahlian teknik keamanan ketenagalistrikan, termasuk didalamnya adalah jarak aman minimal antara fasa dengan lingkungan dan antara fasa dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan saluran udara atau ketahanan isolasi jika menggunakan Kabel Udara Pilin Tegangan Menengah atau Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan Jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan utama.

Transmisi daya dalam menggunakan saluran kabel bawah tanah, untuk kondisi tertentu lebih menguntungkan dibandingkan dengan hantaran udara. Namun dengan memperhatikan suhu sekitar kabel akan mempengaruhi kemampuan daya hantar arus kabel dan disamping itu juga terdapat pembatasan pada temperatur maksimal pada kabel. Dalam penyaluran energi listrik melalui kabel bawah tanah perlu diperhatikan adanya rugi-rugi pada kabel, disamping rugi-rugi pada kabel pengaruh temperatur tanah sangat mempengaruhi sekitar saluran kabel. Selama proses penyaluran kemampuan daya hantar arus pada kabel bawah tanah juga dipengaruhi bahan dan dimensi jantaran kabel, instalasi dan kondisi lingkungan.

ETAP merupakan suatu perangkat lunak (software) yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data realtime. Fitur yang terdapat di dalamnya-pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat Maka dari itu penulis mengangkat judul: “SIMULASI DAN ANALISIS SUSUT DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT PLN (PERSERO) PENYULANG KT 01 MANGGAMAT MENGGUNAKAN SOFWARE ETAP 12.6”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah susut daya pada jaringan distribusi 20 KV
2. Bagaimanakah cara untuk mengetahui susut daya
3. Bagaimana hasil perbandingan perhitungan susut daya antara menggunakan simulasi ETAP dengan menggunakan perhitungan manual

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup Penelitian, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Penelitian ini berguna untuk menganalisis system jaringan distribusi 20 KV ULP Rayon Kota Fajar penyulang KT 01 Menggamat
2. Analisa dilakukan menggunakan ETAP 12.6
3. Penelitian ini dilaksanakan di PLN (Persero) ULP Rayon Kota Fajar Penyulang KT 01 Menggamat.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat di simpulkan beberapa tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk Menganalisis susut daya pada jaringan distribusi 20 KV Pada PT.PLN (Persero) ULP Kota Fajar Penyulang KT 01 Menggamat.
2. Untuk Menganalisa daya aktif dan Nilai Susut daya pada jaringandistribusi 20 kv PT. PLN (Persero) ULP Rayon Kota Fajar penyulang KT 01 Menggamat Menggunakan ETAP 12.6
3. Untuk menganalisis dan mengetahui berapa jumlah susut daya dan aliran daya penyulang KT01 Menggamat pada PT.PLN (Persero) ULP Rayon Kota Fajar.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun mamfaat dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Menambah pengetahuan penulis untuk mengetahui susut daya
2. Dapat menjadi referensi perhitungan susut daya pada jaringan system saluran distribusi
3. Membantu PT PLN (persero) dalam memberikan pembaruan

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika dari penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang suatu perbandingan sistem tenaga listrik, tegangan tinggi, saluran distribusi, rugi tegangan (drop voltage) dan perhitungan rugi rugi daya dan efektifitas etap dalam menganalisa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Melakukan riset dan penelitian serta pengambilan data yang berkaitan dengan data mengenai perbandingan suatu saluran SKUTM dan SKTM dengan cara pengambilan data berupa data saluran, data beban, data beban puncak serta data panjang kabel sumbernya.

BAB IV : ANALISA DAN PAMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan hasil dan pembahasan dari analisis aliran daya dan susut daya yang didapatkan dari penggunaan software ETAP 12.6.0 serta berdasarkan data – data parameter yang telah di dapatkan dari PT.PLN (Persero) ULP Kota Fajar KT 01 Menggamat Kab. Aceh Selatan

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini terdapat dua bahasan yang dituliskan yaitu tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan hasil akhir yang didapatkan dari hasil analisa dan penelitian, sedangkan saran adalah suatu masukan sebagai penyempurnaan penelitian lanjutan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi Daya Listrik

Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat seiring pertumbuhan kemajuan dibidang sektor seperti ekonomi, industri dan berbagai bidang lainnya. Energi listrik yang umumnya. (Noorly Evalina, 2021)

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar(bulkpowersource)sampaikekonsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkittenagalistrikbesardengantegangandari11kVsampai24kV dinaikan tegangannyaolehGarduInduk(GI)dengantransformatorpenaiktegangantenjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$) (Ismainar, 2015).

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia pendidikan untuk semua jenjang pendidikan. (Rimbawati Rimbawati, 2019/2/21)

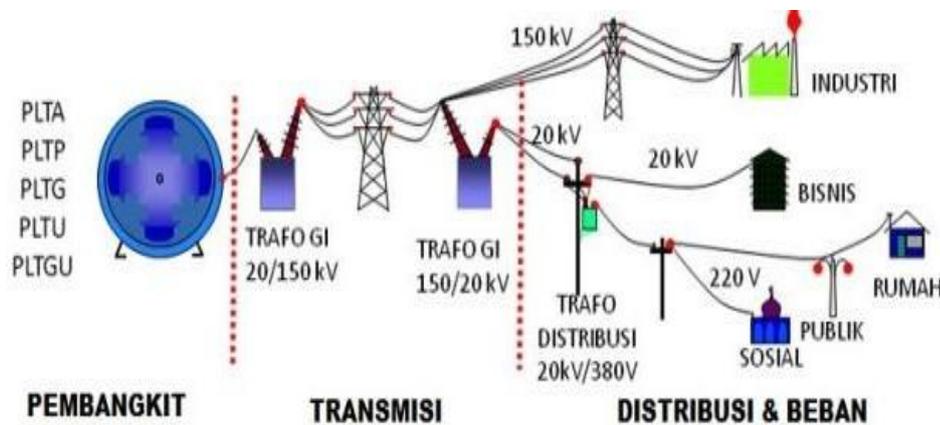
Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer

Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt.Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pelanggan konsumen. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, harus menggunakan tegangan yang setinggi mungkin, dengan menggunakan

transformator step - up (Bambang Winardi, Agung Warsito, and Meigy Restanaswari Kartika, 2015).

Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal harganya perlengkapan- perlengkapannya, selain itu juga tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban.

Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan transformator step-down. Dalam hal ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan (Bambang Winardi, Agung Warsito, and Meigy Restanaswari Kartika, 2015) (Jeandy T. I. Kume, Ir. Fielman Lisi, MT., Sartje Silimang, ST., MT, 2016).



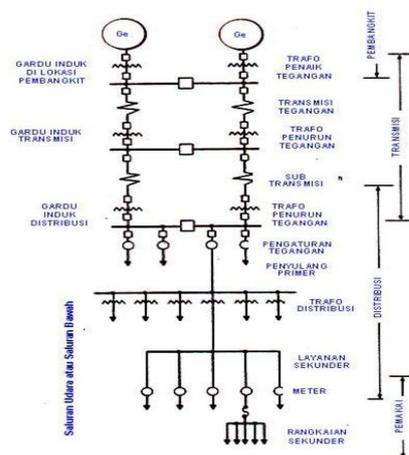
Gambar 2.1. Diagram satu garis sistem tenaga listrik Sumber: (suhadi,2008)

2.2 Jaringan Distribusi

Setiap komponen sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh harmonisa walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun demikian komponen tersebut akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral dan transformator sebagai akibat timbulnya harmonisa ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu phase. Dan juga terdapat berbagai jenis kerugian akibat yang ditimbulkan harmonisa pada jaringan distribusi. Dalam sistem tenaga listrik yang idealnya, bentuk Rectifier gelombang tegangan yang dialirkan ke peralatan para konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan

adalah gelombang sinus murni. Harmonisa ini biasa muncul akibat adanya bebanbeban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier ini pada umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya terdapat banyak komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berfungsi sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Beberapa contoh beban non linier antara lain : variable speed drive, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik. (Pasaribu, Beban Non Linier dan Analisa Harmonisa, 2021/6/15)

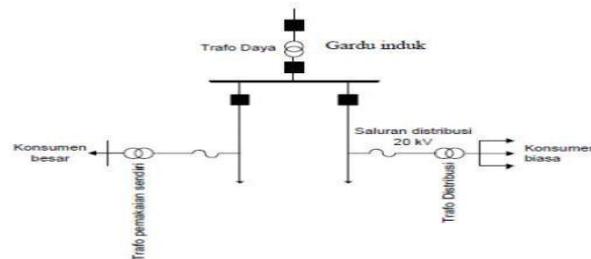
Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/primer (JTM), yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk subtransmisi ke gardu distribusi, jaringan distribusi primer menggunakan tiga kawat atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR), yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen, dimana sebelumnya tegangan tersebut ditransformasikan oleh transformator distribusi dari 20 kV menjadi 380/220 Volt, jaringan ini dikenal pula dengan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi sekunder terletak antara transformator distribusi dan sambungan pelayanan (beban) menggunakan penghantar udara terbuka atau kabel dengan sistem tiga fasa empat kawat (tiga kawat fasa dan satu kawat netral). Dapat kita lihat diagram dibawah proses penyediaan tenaga listrik bagi para konsumen (Jeandy T. I. Kume, Ir. Fielman Lisi, MT., Sartje Silimang, ST., MT, 2016).



Gambar.2.2 Diagram satu garis Sistem Tenaga Listrik Pengelompokan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

3.3 Jaringan Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer. Berikut adalah gambar bagian-bagian distribusi primer secara umum (Suhadi, 2008).



Gambar 2.3. Bagian-bagian Sistem Distribusi Primer

Sumber : (Suhadi, 2008)

Bagian-bagian sistem distribusi primer terdiri dari :

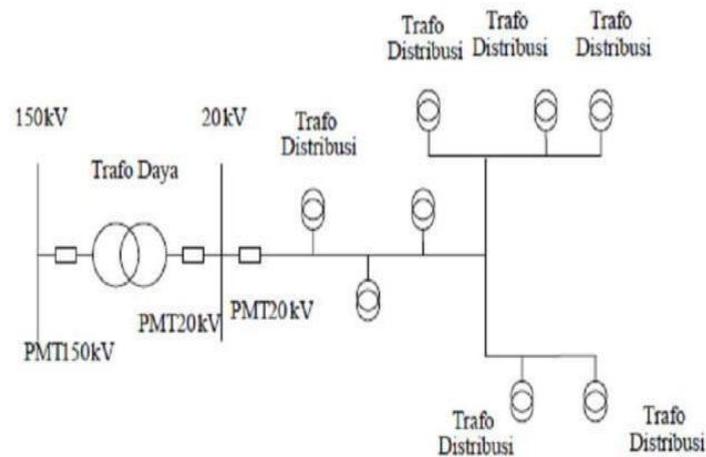
1. Transformator daya, berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan
2. Pemutus tegangan, berfungsi sebagai pengaman yaitu pemutus daya
3. Penghantar, berfungsi sebagai penghubung daya
4. Busbar, sebagai titik pertemuan antara trafo daya dengan peralatan lainnya
5. Gardu hubung, menyalurkan daya ke gardu distribusi tanpa mengubahtegangan.
6. Gardu distribusi, berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah

2.4 Jaringan Distribusi Primer Menurut Susunan Rangkaiannya

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (Tie Line), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel (Suhadi, 2008).

2.4.1 Jaringan Radial

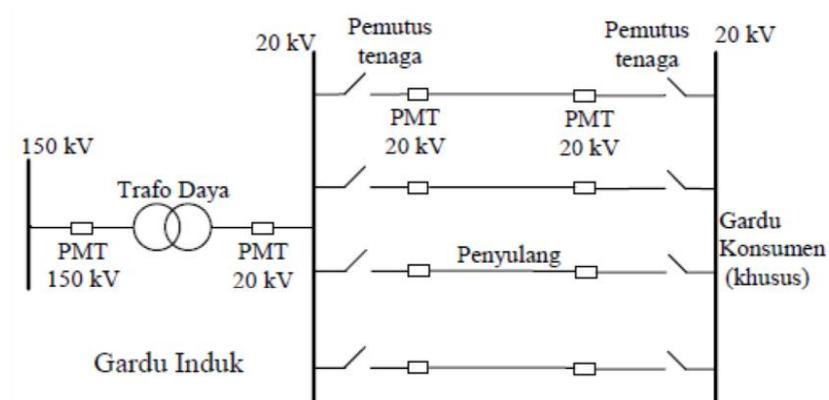
Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial (Suhadi, 2008).



Gambar 2.4. Skema jaringan (Suhadi, 2008).

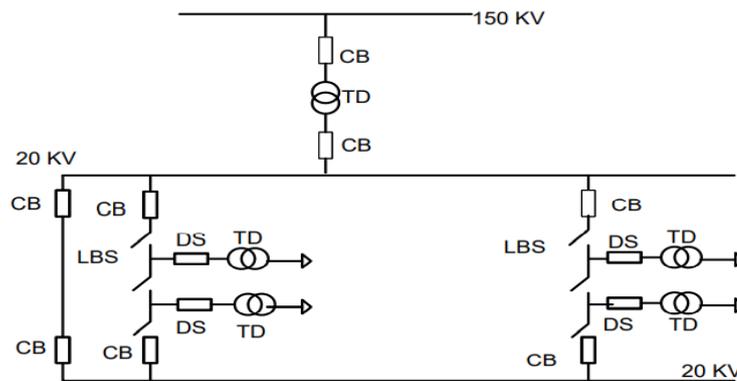
Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuhnya tegangan terbesar ada di ujung saluran (Suhadi, 2008).

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.3 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Suhadi, 2008).



Gambar 2.5 Skema Distribusi Tie line

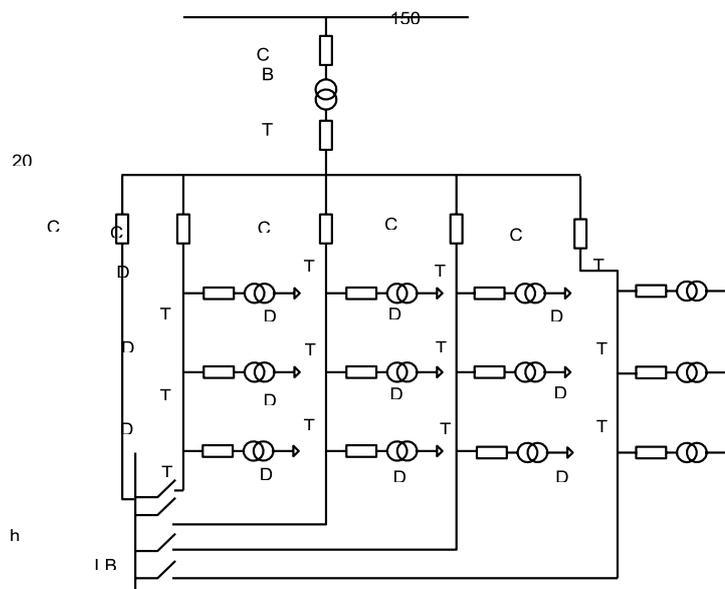
tengah penyulang biasanya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada jaringan tersebut (Bambang Winardi, Agung Warsito, and Meigy Restanaswari Kartika , 2015).



Gambar 2.7. Skema jaringan spindel

2.4.4 Sistem Cluster

Sistem ini mirip dengan sistem spindle. bedanya pada sistem cluster tidak digunakan gardu hubung atau gardu switching, sehingga express feeder dari gardu hubung ke tiap jaringan. *Express feeder* ini dapat berguna sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan (Suhadi, 2008).



Gambar 2.8 Skema jaringan cluster

2.5 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

Skutm merupakan jaringan kawat tidak berisolasi dan berisolasi. Bagian utamanya adalah tiang (beton, besi), Cross arm dan konduktor. Konduktor yang digunakan adalah aluminium (AAAC), berukuran 240 mm², 150 mm², 70 mm² dan 35 mm².

Skutm disebut saluran kabel udara tegangan menengah karena kawat hantarnya yang bertegangan menengah berada di udara Untuk mengurangi luasnya dampak pemadaman akibat gangguan dipasang fasilitas *Pole Top Switch / Air Break Switch*, Pemutus Balik Otomatis (PBO), Saklar Seksi Otomatis (SSO), *Fused Cut-Out* (FCO) pada posisi tertentu. Pemakaian saluran udara sebagai sistem distribusi daerah perkotaan dapat dilakukandengan memperpendek panjang saluran dan desain menjadi struktur “*Radial Open Loop*”.(Badaruddin1 , Heri Kiswanto2).

Saluran distribusi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antar menara atau tiang distribusi. Keuntungan dari saluran distribusi ini adalah lebih murah, mudah dalam perawatan, mudah dalam mengetahui letak gangguan, mudah dalam perbaikan, dan lainnya. Namun juga memiliki kekurangan atau kerugian antara lain : karena berada di ruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan lebih karena tersambar petir, dan gangguan-gangguan lainnya. Dari segiestetika/keindahan juga kurang sehingga saluran distribusi bukan pilihan yang ideal untuk saluran distribusi di dalam kota. Jaringan saluran udara baik untuk dipergunakan pada daerah dengan kepadatan beban yang rendah, karena disini harga pembelian hak jalan untuk hantaran udara relatif murah, disamping harga materialnya yang murah dibandingkan dengan jaringan kabel bawah tanah (Suswanto,2010).

2.6 Beban Sistem Distribusi

Dalam dunia kelistrikan, telah dikenal dua jenis beban, yaitu beban linear dan beban nonlinear.

2.6.1 Beban Linier

Beban linear adalah beban yang memberikan bentuk keluaran linear atau sama dengan bentuk masukan, artinya daya yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Beban linear terdiri dari tiga macam beban, yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif.

2.6.2 Beban Non Linier

Beban non linear adalah beban yang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan masukan, sehingga arus balik melalui kawat netral tidak sama dengan nol. Contoh beban non linear adalah saklar atau switch yang terbuat dari bahan semikonduktor, inverter, konverter dan peralatan elektronika lainnya. Beban non linear ini akan menghasilkan harmonisa pada kelipatan bilangan bulat ganjil frekuensi dasar.

2.7 Parameter Saluran

Seluruh saluran yang menggunakan penghantar dari suatu sistem tenaga listrik memiliki sifat – sifat listrik sebagai parameter saluran, seperti resistansi, induktansi, kapasitansi, dan konduktansi. Oleh karena saluran distribusi memiliki saluran yang tidak begitu panjang (kurang dari 80 km) dan menggunakan tegangan tidak lebih besar dari 69 kV, maka kapasitansi dan konduktansi sangat kecil dan dapat diabaikan.

Resistansi yang timbul pada saluran dihasilkan dari jenis penghantar yang memiliki tahanan jenis dan besar resistansi pada penghantar tergantung dari jenis material, luas penampang dan panjang saluran.

Induktansi timbul dari efek medan magnet di sekitar penghantar jika pada Penghantar terdapat arus yang mengalir. Parameter ini penting untuk pengembangan model saluran distribusi yang digunakan dalam analisa sistem tenaga.

2.8 Resistansi Saluran

Resistansi adalah tahanan pada suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang dapat menyebabkan kerugian daya. Dikenal dua macam tahanan, yaitu tahanan arus searah (RDC) dan tahanan arus bolak-balik (RAC).

Nilai tahanan arus searah dapat ditentukan dari persamaan:

$$R_{ac} = \rho \frac{l}{A} \Omega$$

Dimana :

ρ = Resistivitas penghantar

L = Panjang kawat

A = Luas penampang kawat

Sedangkan menurut AS. Pabla (1991) tahanan arus bolak-balik dapat diperoleh dari persamaan:

$$R_{ac} = R_{dc}(1 + Y_s + Y_p)$$

Dimana :

YS = skin effect

YP = proximity effect

Efek kulit atau skin effect adalah gejala pada arus bolak-balik, bahwa kerapatan arus dalam penampang konduktor tersebut semakin besar ke arah permukaan kawat. Tetapi bila ditinjau dari frekuensi kerja 50 Hz, maka efek kulit sangat kecil dan dapat diabaikan.

Efek sekitar adalah pengaruh dari kawat lain yang berbeda disamping kawat pertama yang ditinjau sehingga distribusi fluks tidak simetris lagi. Tetapi bila radius konduktor kecil terhadap jarak antara kedua kawat maka efek sekitar ini sangat kecil dan dapat diabaikan.

Kenaikan resistansi karena pembentukan lilitan diperkirakan mencapai 1% untuk penghantar dengan tiga serat dan 2% untuk penghantar dengan lilitan konsentris. Jika suhu dilukiskan pada sumbu tegak dan resistansi pada sumbu mendatar maka titik pertemuan perpanjangan garis dengan sumbu suhu dimana resistansinya sama dengan nol adalah suatu konstanta untuk bahan logam bersangkutan,

maka tahanan searahnya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+t_2}{T+t_1} \quad (2.3)$$

Dimana :

R1= resistansi penghantar pada suhu t1 (temperatur sebelum operasi konduktor)

R2= resistansi penghantar pada suhu t2 (temperatur operasi konduktor)

t1 = temperatur awal (°C)

t2 = temperatur akhir (°C)

T = konstanta yang ditentukan oleh grafik.

Nilai-nilai konstanta T adalah sebagai berikut:

T = 234,5 untuk tembaga dengan konduktivitas 100%

T = 241 untuk tembaga dengan konduktivitas 97,3%

T = 228 untuk aluminium dengan konduktivitas 61%

2.9 Reaktansi Saluran

Untuk menentukan besarnya induktansi saluran pada jaringan distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L = \left(0,5 + 4,6 \log \frac{D-r}{r} \right) \times 10^{-7} H/m$$

Dimana D adalah jarak antara konduktor dan r adalah radius masing-masing konduktor tersebut. Bila letak konduktor tidak simetris, maka D pada persamaan diatas perlu diganti dengan :

$$D = \sqrt[2]{D_{12}D_{23}D_{31}} \quad (2.5)$$

Untuk menghitung nilai r penghantar menggunakan persamaan :

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{A/\pi} \quad (2.6)$$

Nilai reaktansi induktif saluran dapat dicari dengan menggunakan persamaan bawah ini :

$$XL = 2\pi.f.L \quad (2.7)$$

Dimana :

XL = Reaktansi induktif saluran (Ω/km)

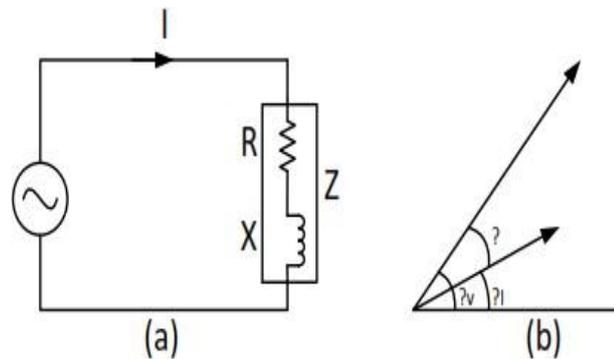
2Δ = Sudut arus bolak balik

F = Frekuensi sistem (50 Hz)

L = Induktansi dari konduktor (H/km)

2.10 Daya Listrik

Apabila suatu sumber listrik atau arus bolak-balik (AC) diterapkan pada komponen impedansi kompleks $Z = R + jx$ dimana $X = 2\pi fL$ seperti ditampilkan pada gambar 2.9 (a), menghasilkan fasor tegangan $V = |v|\angle\theta$ dan fasor arus $I = |I|\angle\theta$, dalam nilai efektif (rms) seperti digambarkan



Gambar 2.11 Tegangan AC yang diterapkan pada beban dan diagram fasor (a)

Rangkaian R dan X (b) Rangkaian I dan V

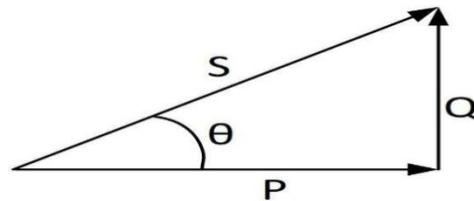
Ungkapan daya pada rangkaian diatas adalah perkalian tegangan dan VI^* arus yang menghasilkan,

$$VI^* = |V||I|\angle\theta$$

$$VI^* = |V||I|\angle\theta \quad VI^* = |V||I|\cos\theta + j|V||I|\sin\theta$$

Persamaan diatas menentukan kuantitas daya kompleks dimana bagian realnya merupakan daya nyata P dan bagian imajineranya merupakan daya reaktif Q sedangkan θ merupakan sudut daya

Menurut Smith (1992) konsep daya kompleks memberikan pendekatan lain untuk pemecahan persoalan rangkaian arus AC. Perhitungan yang mengikuti kaidah aljabar kompleks, teknik vektor dan metode grafik dapat diterapkan seperti ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12.Segitiga Daya Kompleks

Selanjutnya daya kompleks ditandai dengan S dan diberikan melalui

$$S = VI^*$$

$$S = P + jQ$$

Magnitud dari S ,

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Persamaan diatas merupakan daya terlihat (apparent power), satuannya dalam volt-ampere dan satuan besarnya dalam kVA atau MVA. Daya terlihat memberikan indikasi langsung dari energi listrik dan digunakan sebagai suatu rating satuan perangkat daya. Dari uraian diatas maka daya listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yakni daya semu, daya aktif (nyata) dan daya reaktif.

2.10.1 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang melewati suatu saluran penghantar yang ada pada jaringan transmisi maupun distribusi atau hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ini umumnya tertera di kWh meter. Dimana daya semu ini dibentuk oleh besaran tegangan yang dikalikan dengan besaran arus.

$$\text{Untuk } 1 \phi : S = V\phi \cdot I\phi \quad (2.13)$$

$$\text{Untuk } 3 \phi : S = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot V_2 \quad (2.14)$$

2.10.2 Daya Aktif

Daya aktif (daya nyata) adalah daya yang dipakai untuk menggerakkan berbagai macam seperti : gerakan motor listrik atau mekanik. Daya aktif ini merupakan pembentuk dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

$$\text{Untuk } 1 \phi : P = V\phi \cdot I\phi \cdot \cos\phi$$

$$\text{Untuk } 3\phi : P = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot V_L \cdot \cos\phi$$

Dimana :

P = daya aktif (watt)

V = tegangan yang ada (KV)

I = besar arus yang mengalir (A)

$\cos\phi$ = faktor kerja (standard PLN 0,85)

2.10.3 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang tidak terpakai dalam suatu sistem tenaga listrik. Adanya daya reaktif juga sering dipengaruhi oleh beban induktif atau kapasitif suatu rangkaian listrik.

$$\text{Untuk } 1 \phi : P = V\phi \cdot I\phi \cdot \sin\phi$$

$$\text{Untuk } 3 \phi : P = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot V_L \cdot \sin\phi$$

Dimana :

Q = daya reaktif (VAR)

$\sin\phi$ = faktor kerja (tergantung besarnya ϕ)

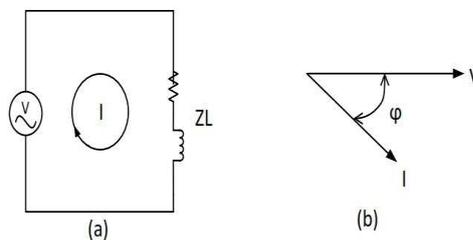
2.11 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dalam satuan watt dan daya reaktif dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR) dari daya yang disalurkan oleh pusat-pusat pembangkit ke beban. Nilai faktor daya ini mempengaruhi jumlah arus yang mengalir pada saluran untuk suatu beban yang sama.

Faktor daya salah satunya disebabkan oleh penggunaan peralatan pada pelanggan yang menyimpang dari syarat-syarat penyambungan yang telah ditetapkan dan dapat mengakibatkan pengaruh balik terhadap saluran, antara lain faktor daya yang rendah dan ketidakseimbangan beban.

Rendahnya faktor daya disebabkan karena melebarnya sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor dayayang terlalu rendah mengakibatkan rugi yang sangat besar pada saluran. Pergeseran sudut fasa antara arus dan tegangan ditentukan oleh sifat impedansi beban (resistif, induktif, kapasitif) yang dihubungkan dengan sumber arus bolak- balik tersebut. Apabila beban mempunyai impedansi yang bersifat resistif, maka arus dan tegangan sefasa atau besarnya pergeseran sudut fasa sama dengan nol. Dengan demikian faktor daya sama dengan satu (unity power factor).

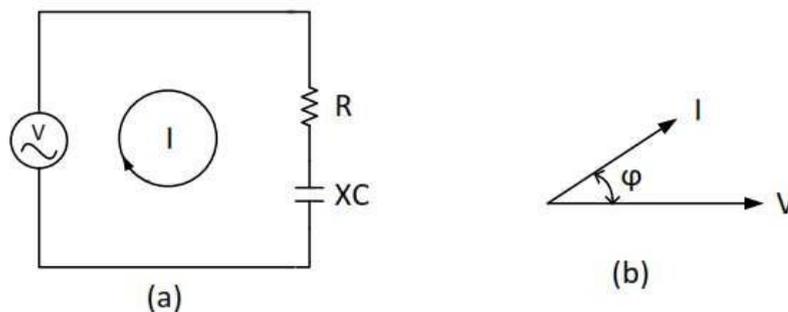
Impedansi beban bersifat induktif, vektor arus (I) terbelakang dari vektor tegangan (V), kondisi tersebut disebut faktor daya tertinggal (lagging power factor), seperti ditunjukkan dalam Gambar (2.9) Sedangkan untuk impedansi beban yang bersifat kapasitif, vektor arus (I) mendahului vektor tegangan (V),



Gambar 2.13 Faktor Daya Tertinggal (a) Rangkaian R dan L (b) Diagram vektor I dan lagging terhadap V

Rumus faktor daya tertinggal yaitu :

$$\text{FaktorDaya}(\text{powerfactor}) = \frac{P}{S} = \frac{V.I.\sin\phi}{V.I} = \sin\phi$$



Gambar 2.14 FaktorDayaMendahului (a) RangkaianRdanC (b) Diagram Vektor I dan *leading* terhadap V

$$\text{Faktor Daya (power factor)} = \frac{P}{S} = \frac{V.I.\sin\phi}{V.I} = \sin$$

a) Jenis kabel SKUTM dapat dilihat pada tabel.

NO	Jenis Kabel SKUTM
1	SPLN 43-5-2:1995 – Kabel pilin udara berisolasi XLPE dan berselubung PVC berpegantungan penghantar baja dengan tegangan pengenalan 12/20 (24) kV.

Tabel 2.1, Jenis Kabel SKUTM



Gambar 2.9 Kabel Udara Tegangan Menengah

2.12 Rugi-Rugi Daya (losses)

Dalam teori listrik arus bolak balik penjumlahan daya dilakukan secara vektoris, yang dibentuk vektornya merupakan segitiga siku-siku, yang dikenal dengan segitiga daya. Sudut θ merupakan sudut pergeseran fasa, semakin besar sudut nya, semakin besar Daya Semu (S), dan semakin besar pula Daya Reaktif (Q), sehingga faktor daya nya ($\cos \theta$) semakin kecil. Perbandingan antara besar daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya ($\cos \theta$), θ adalah sudut yang dibentuk antara daya aktif dan daya semu.

$$PF (\cos\theta) = \frac{P(\text{watt})}{S(\text{VA})}$$

Seperti diketahui, kerugian daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran tersebut.

Rugi– rugi dapat dinyatakan sebagai berikut :

- Rugi daya nyata = $I^2 \cdot R$ (watt)
- Rugi daya reaktif = $I^2 \cdot X$ (watt)
- Rugi daya semu = $\sqrt{(I^2 \cdot R) + (I^2 \cdot X)}$

Besarnya rugi daya pada beban 1 fasa dan 3 fasa dapat dituliskan adalah

$$P_{L.S1\phi} = I_{1\phi}^2 R(\text{watt})$$

Dan

$$P_{L.S3\phi} = \sqrt{3} \cdot I_{3\phi}^2 R(\text{watt})$$

Jika substitusikan persamaan diatas menjadi :

$$\frac{P_{L.S1\phi}}{P_{L.S3\phi}} = 2.0$$

Dalam analisis aliran daya ini rugi- rugi daya juga bisa dikatakan sebagai Harmonisa, Harmonisa dihasilkan oleh beban tidak linier seperti televisi, komputer, microwave, lampu–lampu flourescent yang menggunakan ballas elektronik dan lain-lain. Kandungan harmonisa yang terdapat pada beban tidak linier menyebabkan kualitas daya listrik menjadi buruk dan mutu daya listrik menjadi menurun. Laptop merupakan salah satu beban tidak linier yang menghasilkan harmonisa. Laptop salah satu perangkat elektronika penghasil harmonisa, harmonisa yang timbul dapat menyebabkan gelombang arus yang sinusoidal menjadi terdistorsi atau tidak sinusoidal. Efek dari harmonisa yang ditimbulkan dapat menyebabkan panas yang berlebih pada perangkat elektronika yang dimilikinya, dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan tiga jenis beban dengan merk berbeda pada laptop tersebut, harmonisa yang dihasilkan oleh laptop tidak sesuai dengan standar IEC, dengan harmonisa yang dihasilkannya berbeda–beda, dimana THD mencapai 175% dengan THDi yang beragam. (Pasaribu, Harmonisa, 2021/6/15)

2.13 Rugi Tegangan (Drop Voltage)

Suatu jaringan distribusi primer dikatakan kondisi tegangannya buruk apabila pada jaringan tersebut variasi tegangannya turun atau naik lebih dari tinggi dari harga yang diizinkan, sehingga mempengaruhi peralatan-peralatan listrik konsumen.

Dan bahkan kadang- kadang dalam perancangan suatu jaringan sistem distribusi pada pembangkit listrik PLTD, PLTU dll, pada umumnya tidak didesain sesuai standart sehingga pada saat pendistribusian energi tidak optimal. Penerapan metode yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai permasalahan didalam sistem pendistribusian, yang mengakibatkan timbulnya drop tegangan dan rugi-rugi pada penghantar. Hal tersebut menjadi dasar dilakukannya analisis drop tegangan dan rugi-rugi daya pada penghantar di PT PLN (Persero) atau ULP suatu tempat sehingga diperoleh sistem distribusi jaringan listrik yang optimal dan terkendali. (Noorly Evalina, 2018)

Timbulnya penurunan tegangan pada jaringan diakibatkan oleh adanya rugi tegangan pada jaringan/saluran atau peralatan yang membangun sistem jaringan distribusi primer tersebut. Besarnya rugi tegangan pada jaringan distribusi primer didefinisikan sebagai selisih tegangan antara sisi pangkal pengirim (V_s) dengan tegangan pada sisi ujung penerima (V_R), atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Delta V = V_s - V_R$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{rugi tegangan} \\ V_s &= \text{tegangan pada sisi pangkal pengirim} \\ V_R &= \text{tegangan pada sisi ujung penerima} \end{aligned}$$

Berdasarkan rangkaian ekivalen saluran dapat digambarkan diagram vektor arus dan tegangan untuk beban dengan sudut daya tertinggal (lagging) seperti pada gambar berikut ini :

Besar persentase rugi tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan persamaan :

$$\%V_{rugi} = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\%$$

Sedangkan untuk besarnya rugi tegangan untuk jaringan dalam volt dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Untuk saluran distribusi 1 fasa :

$$\Delta V(1\emptyset) = (I \cdot R \cos\varphi + I \cdot X \sin\varphi)$$

Untuk saluran distribusi 3 fasa :

$$\Delta V(3\emptyset) = (I \cdot R \cos\varphi + I \cdot X \sin\varphi)$$

Keterangan :

ΔV	=	Rugi Tegangan (Volt)
V_s	=	Tegangan awal (Volt)
I	=	Arus (Ampere)
V_r	=	Tegangan akhir (Volt)
R	=	Resistansi (Ohm)
$\cos \varphi$	=	Faktor daya
X	=	Reaktansi (Ohm)
$\sin \varphi$	=	Sudut reaktansi

2.14 Perhitungan Jatuh Tegangan

Pada pembahasan ini akan diuraikan tentang perhitungan jatuh tegangan pada penghantar jaringan distribusi, diambil perhitungan jatuh tegangan pada feeder Gardu Induk. Adapun yang akan dihitung disini adalah dari saluran sampai ke trafo terjauh dari GI, yaitu dari saluran utama tiga fasa 20 KV.

$$\begin{aligned} VD &= r \int_0^L i dx \cos\emptyset + \int_0^L i dx \sin\emptyset \\ &= r i \frac{L}{2} \cos\emptyset + x i \frac{L}{2} \sin\emptyset \\ &= \frac{Lr}{2} I \cos\emptyset + \frac{Lx}{2} I \sin\emptyset \end{aligned}$$

Dengan $\cos \emptyset$ dan $\sin \emptyset$ adalah faktor daya.

Faktor daya pada penghantar akan kita hitung berdasarkan data yang ada yaitu data beban lepas dari GI ke distribusi jaringan (Data I). Pada suatu rangkaian seri yang sederhana $Z = R + jx$ dengan mengingat $I \cdot Z$ sama dengan V , maka untuk beban 3 fase:

$$P = \sqrt{3I_L^2} \cdot Z_L \cdot \cos\phi = \sqrt{3V_L^2} \cdot I_L \cdot \cos\phi$$

$$Q = \sqrt{3I_L^2} \cdot Z_L \cdot \sin\phi = \sqrt{3V_L^2} \cdot I_L \cdot \sin\phi$$

Kemudian dengan mengingat bahwa $R = Z \cos \phi$, dan $X = Z \sin \phi$, maka didapatkan:

$$P = \sqrt{3I_L^2} \cdot R_L \text{ dan } Q = \sqrt{3I_L^2} \cdot X_L$$

Selanjutnya didapatkan rumus faktor daya

$$\cos\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$$

Selanjutnya menghitung arus percabangan 3ϕ , dimana diketahui data-datanya dari PLN Gardu Induk Pangkalan Berandan, maka arus percabangan 3ϕ ini adalah $I_{cab\ 3\phi} = \text{total-kVA}/\text{tegangan pole}$.

2.15 ETAP 12.6.0

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat didalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

ETAP (Electrical Transient Analisis Program) juga merupakan salah satu software yang dapat digunakan untuk perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik. Dengan menggunakan software ETAP Power Station akan dapat menganalisis sistem tenaga listrik yang sangat luas.

ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Arnerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007). ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain : aliran daya, hubung singkat, starting motor, trancient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi.

ETAP Powerstation memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama :

2.15.1 Fitur Lengkap ETAP

1. Network Analysis

- Arc Flash
- Short Circuit
- Device Coordination & Sequence Of Operation
- Load Flow
- Load Analyzer
- Motor Acecelaration
- Harmonics
- Transient Stability
- Parameter Estimation
- Panel Systems
- Switching Sequence Management

2. Cable System

- Cable Ampacity & Sizing
- Cable Pulling
- Load Flow
- U/G Duct Banks
- Thermal Analysis

3. DC System

- Load Flow & Short Circuit
- Battery System
- Control System

4. Transmission & Distribution

- Transmission Line
- Sag & Tension
- Multi-Phase System
- Unbalanced Load Flow
- Optimal Power Flow
- Capacitor Placement
- Reliability Assessment
- Ground Grid Systems
- Wind Turbine Generator
- GIS Map

5. Real – Time Solution

- Monitoring & Trending
- State Estimator
- Event Playback
- Remote Control & Automation
- Energy Accounting
- Real-Time Simulation
- Load Forecasting
- Intelligent Load Shedding
- Automatic Generation Control
- Substation Automation

BAB 3 METOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 6 bulan terhitung dari tanggal 23 Maret 2021 sampai 23 September 2021. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), pengumpulan data saluran kabel udara tegangan menengah dan saluran kabel tanah tegangan menengah.

3.1.2. Tabel Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1.	Kajian Literatur						
2.	Penyusunan Proposal Penelitian						
3.	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
4.	Pengumpulan Data						
5.	Survey Tempat Lokasi Penelitian di PLN ULP Rayon Kota Fajar						
6.	Analisa Data						
7.	Seminar Hasil						
8.	Sidang Akhir						

1.2 Tempat

Penelitian dilaksanakan di area kerja PT PLN (Persero) ULPRAYON KOTA FAJAR KT01 MENGGAMAT Kab. Aceh Selatan. Jalan Teuku Merah Adam No 42, Kluet Utara, Kabupaten Aceh Selatan, Provinsi Aceh.

3.3 Bahan dan Alat

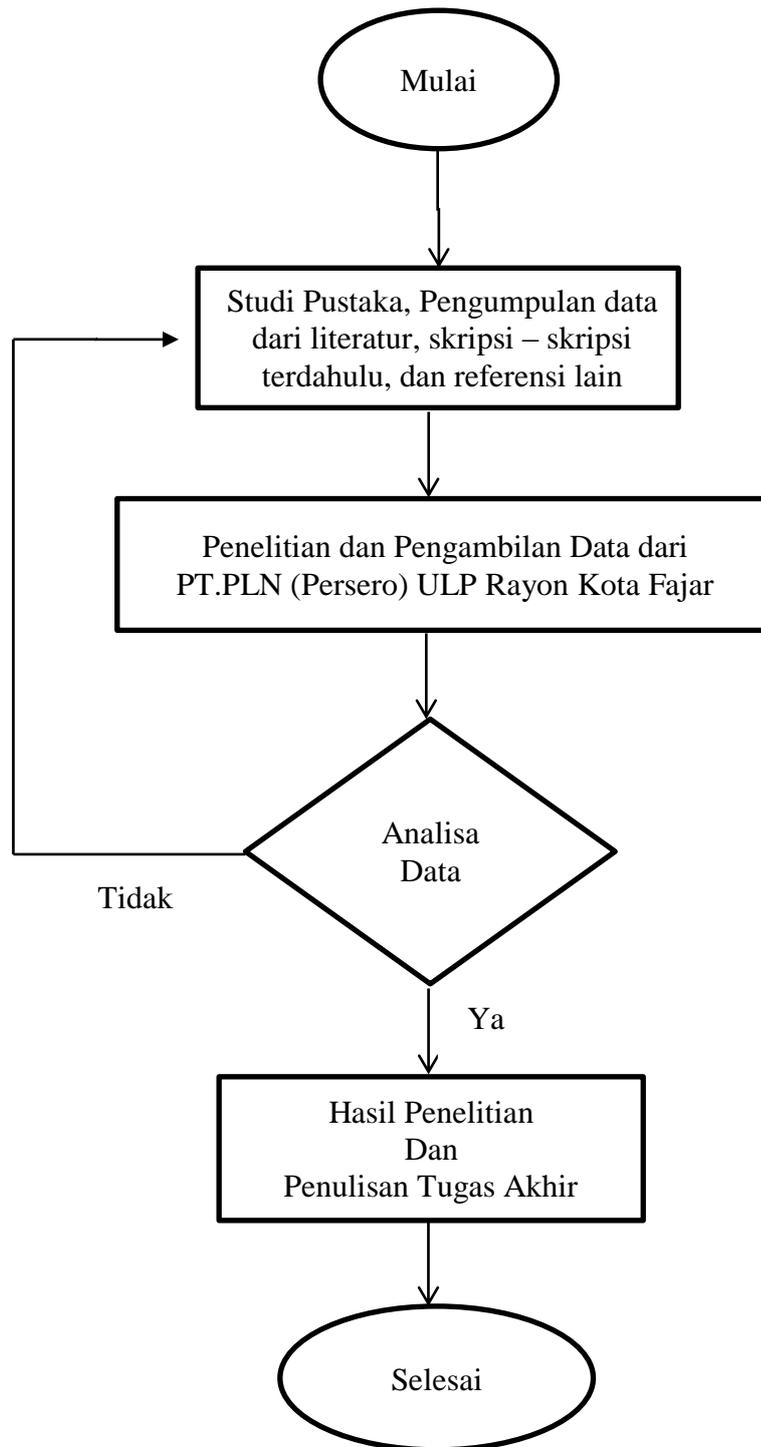
Untuk melakukan penelitian ini bahan dan alat yang digunakan adalah :

1. Saluran kabel udara tegangan menengah dan saluran kabel tanah tegangan menengah
2. Laptop lenovo dengan prosesor AMD A8
3. Etap 12.6.0
4. Penyimpanan data praktis
5. alat ukur kelistrikan
6. Kendaraan bermotor

3.4 Metode Penelitian

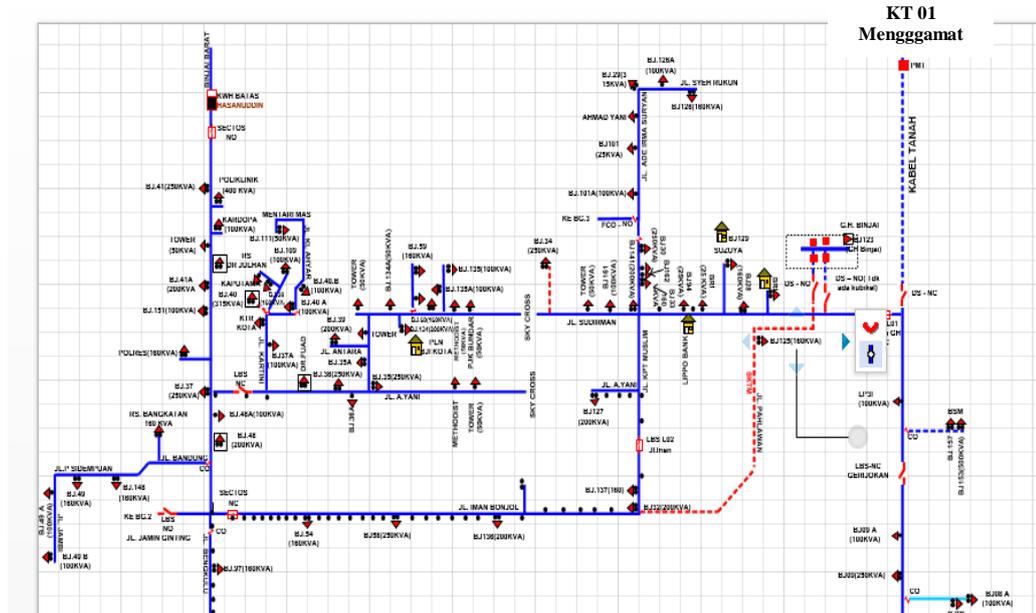
Dalam Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara pengumpulan data dari lapangan untuk selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan sistem analisis deskriptif dan perhitungan berdasarkan teori. Serta melakukan simulasi pada aplikasi software etap 12.6.0 Dalam penelitian ini, terlebih dahulu diperlukan beberapa data untuk dianalisis. Setelah itu menganalisis data data tersebut untuk mengetahui seberapa besar selisih data perbandingan antara SKUTM dan SKTM. Metode analisis deskriptif di gunakan sebagai perhitungan pada penelitian ini . Pada metode simulasi ini, data yang sudah dikumpulkan selanjutnya diolah menggunakan aplikasi etap 12.6.0 untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari data lapangan, sehingga dapat diterapkan hasil dari penelitian ini pada keadaan yang sebenarnya dari simulasi ini di harapkan mengetahui ke efektivitasan pada saluran SKUTM dan SKTM dan dapat sebagai referensi agar kontruksi jaringan pada system distribusi lebih efisiensi. sehingga mengurangi anggaran kontruksi pembangunan jaringan.

3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.12 Bagan Alir Penelitian

Pada gambar 4.1 adalah gambar single line diagram yang digunakan untuk perancangan pembuatan simulasi susut daya di penulang BG.08 menggunakan etap 12.6.0



Gambar 4. 2 Single Line Diagram KT01 SKUTM ULP Kota Fajar

Pada Gambar Data Panjang Penghantar Dalam menghitung susut daya .panjang jaringan atau panjang konduktor dalam suatu penyulang sangatlah berpengaruh karena semakin panjang jaraknya maka akan semakin besar losses yang terjadi pada suatu jaringan. Berikut adalah data panjang penghantar per-section:

Tabel4.1 DataPanjangSaluranPenyulang ULP KT01

Section	PanjangSaluran(kms)
1	0,346
2	0,136
3	0,92
4	2,73

Kawat penghantar atau konduktor yang digunakan pada jaringan dipenyulang MG 01 adalah penghantar dengan jenis Aluminium Alloy.

Table 4.2 data Panjang saluran penyulang KT01

Section	Panjang Saluran (Kms)
1	6

Kawat penghantar atau konduktor yang digunakan pada jaringan dipenyulang KT 01 adalah penghantar dengan jenis Aluminium Alloy

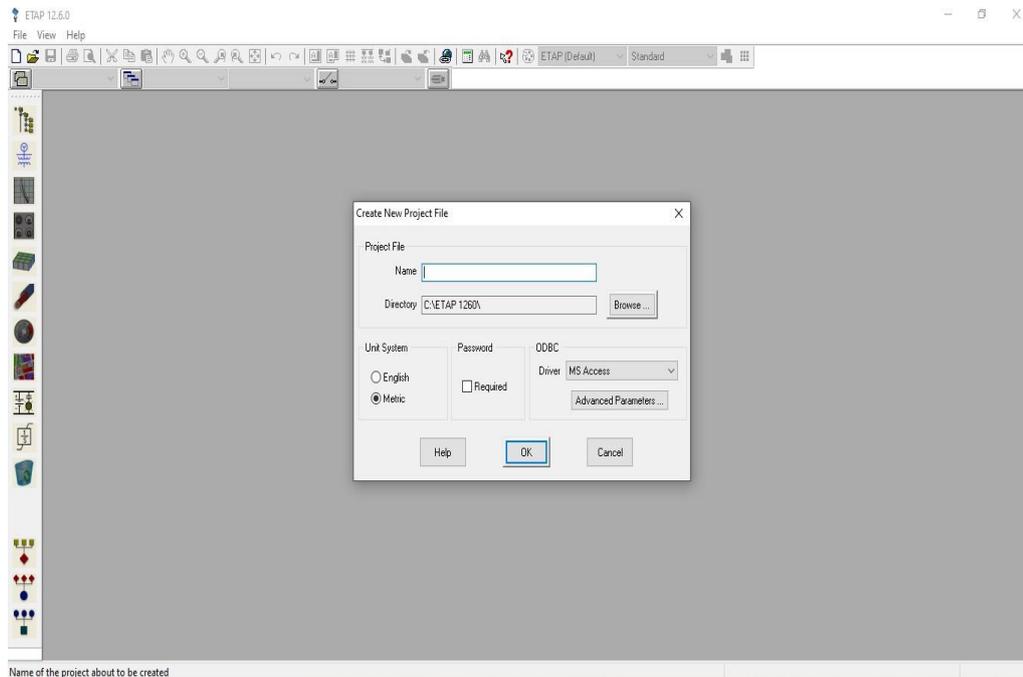
Table 4.3 Conductor (AAAC). Berikut adalah daftar impedansi pada kabel AAAC yaitu :

Luas Penampang (mm ²)	Jari ² mm	Urat	GMR (mm ²)	Impedansi Urutan Positif(Ohm/km)	Impedansi Urutan Nol(Ohm/km)
16	2.2563	7	1.6380	2,0161+j0,4036	2,1641+j1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903+j0,3895	1,4384+j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217+j0,3790	1,0697+j1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452+j0,3678	0,7932+j1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608+j0,3572	0,6088+j1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096+j0,3449	0,4876+j1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688+j 0,3376	0,4168+j1,6324
150	6,9084	19	5,2365	0,2162+j0,3305	0,3631+j1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744+j0,3239	0,3224+j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344+j0,3158	0,2824+j1,6034

4.2. Menentukan Presentasi Susut Daya Menggunakan Etap 12.6

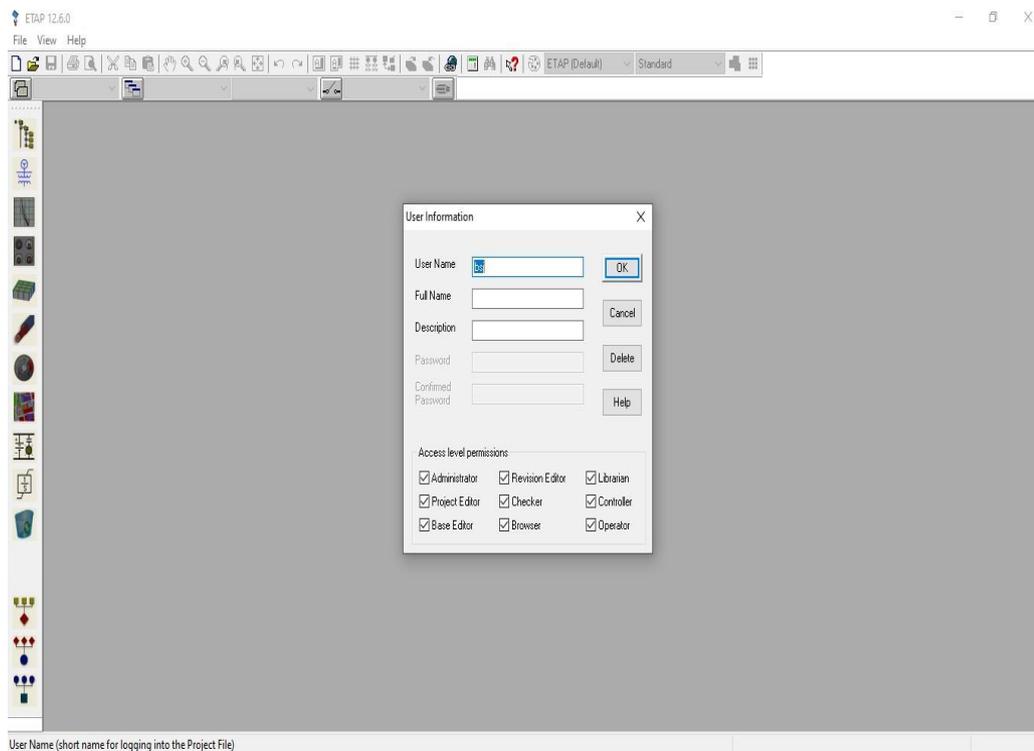
Dalam menentukan persentase susut daya, penulis menggunakan software etap 12.6. Hasil perhitungan dilakukan dengan cara membuat simulasi jaringan pada penyulang KT 01 dan BG 1 dari data sesungguhnya yang nantinya akan didapatkan hasil pembebanan serta nilai persentase dari susut daya pada penyulang tersebut. Langkah – langkah yang dilakukan untuk menghitung persentase nilai susut daya dalam aplikasi etap adalah sebagai berikut :

1. Memberi nama file



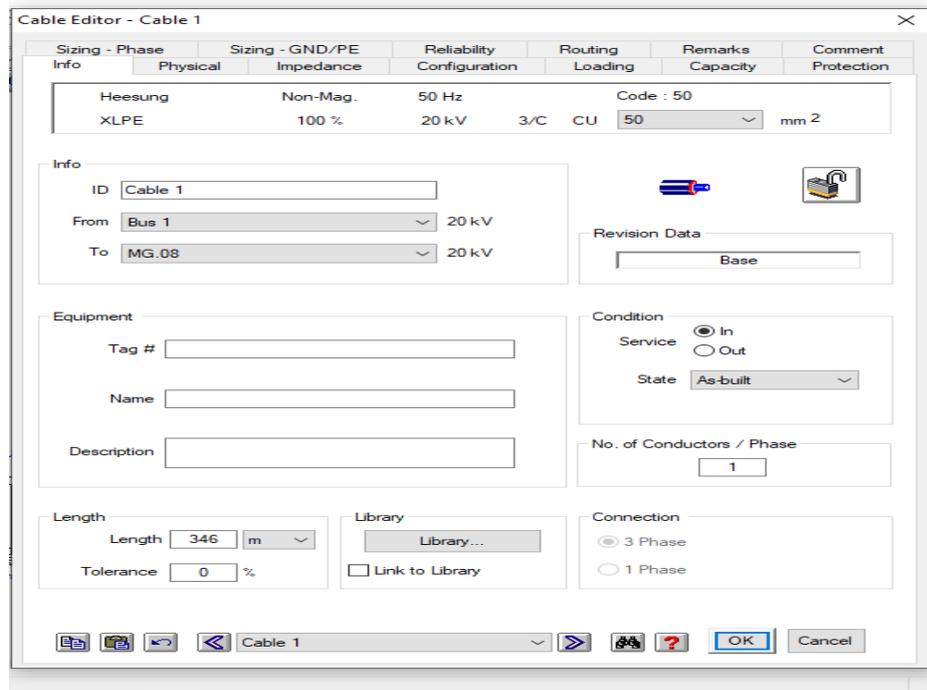
Gambar 4.3 Memberi nama file

2. Meng-input data jaringan yang akan disimulasikan sebesar 20 KV



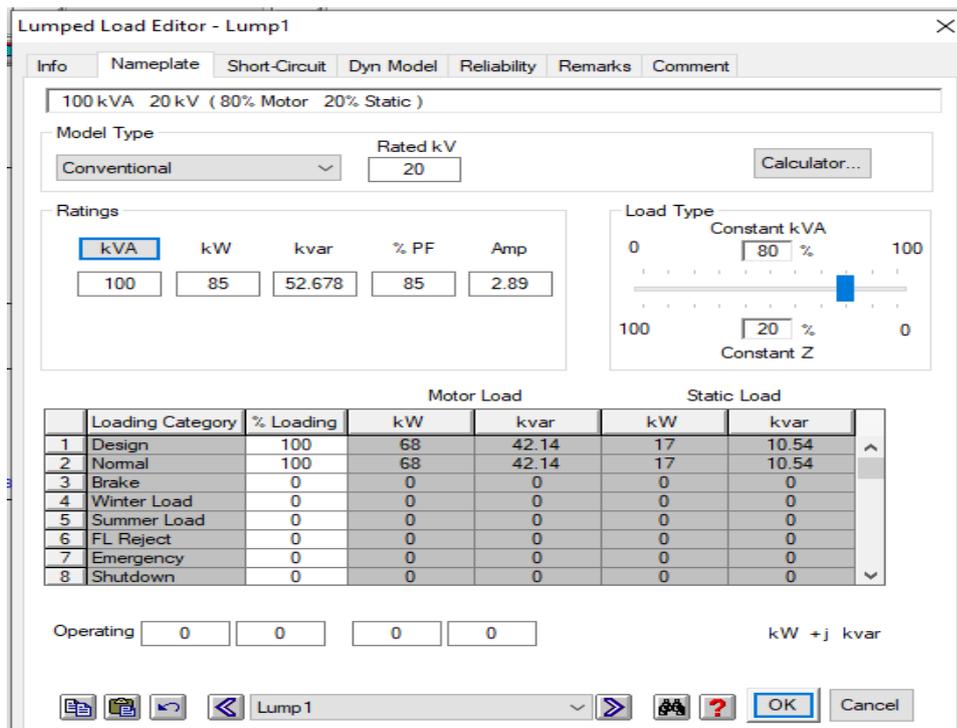
Gambar 4.4 Meng-input data jaringan yang akan disimulasikan sebesar 20 KV

3. Memasukkan jenis penghantar yang digunakan yaitu AAAC, serta diameter penghantar 50mm² pada etap.



Gambar 4.5 Meng-input data jaringan yang akan disimulasikan sebesar 20 KV

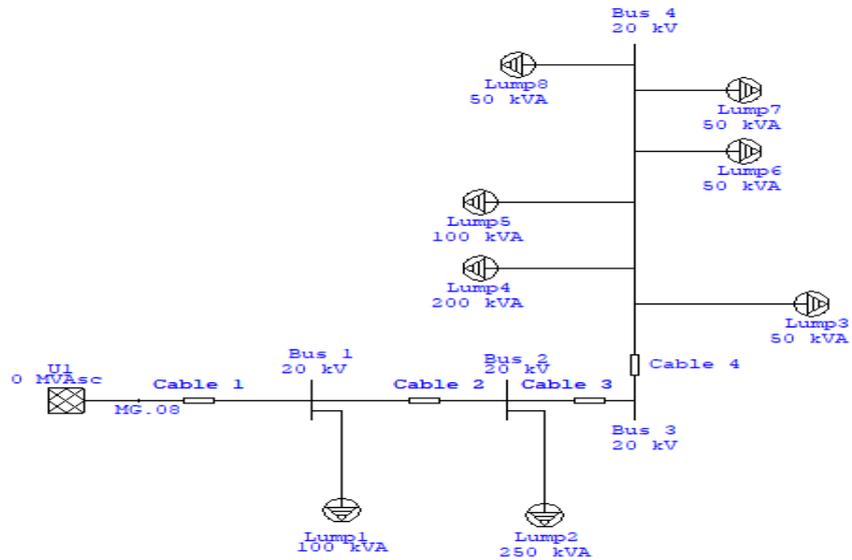
4. Memasukkan data beban dari penyulang dan data-data lainnya yang penting.



Gambar 4.6 tampilan etap memasukkan data parameter lainnya yang kita butuhkan.

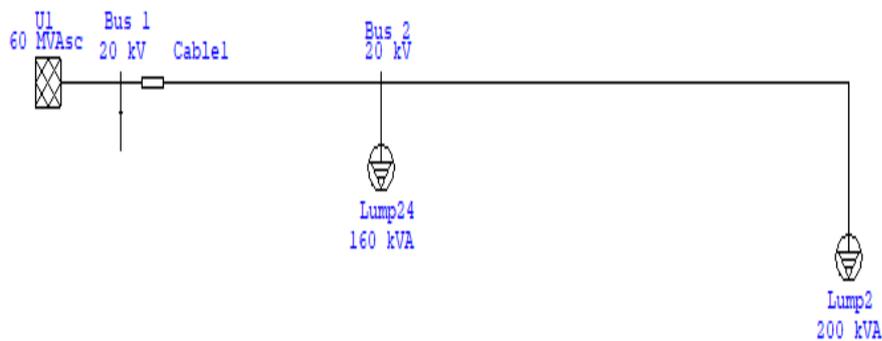
5. lalu kita bisa mendapatkan hasil dari simulasi yang kita inginkan.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang SKUTM KT01 sebelum dirun :



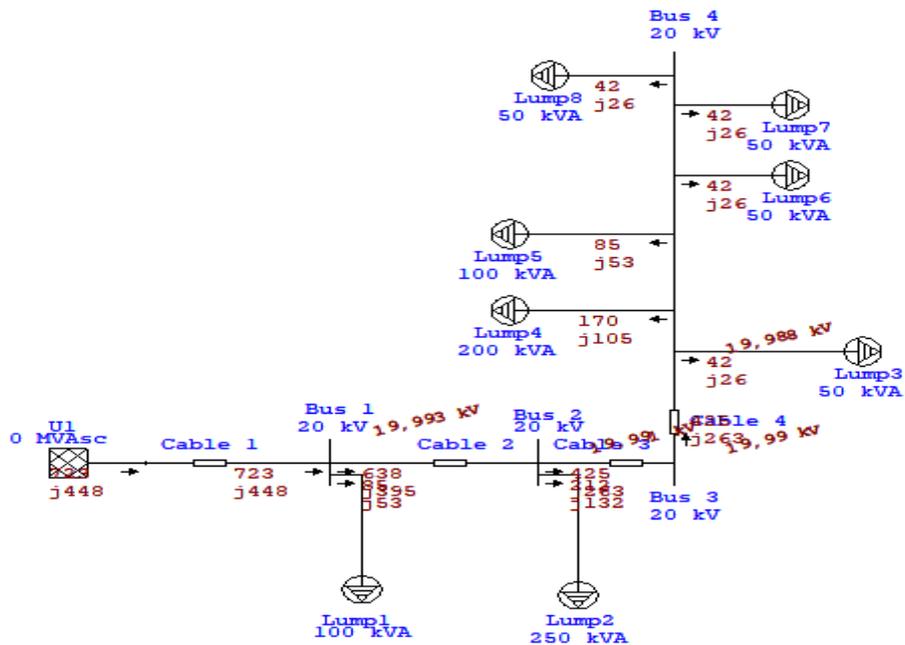
Gambar 4.7 Simulasi sebelum di run

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang SKTM KT01 sebelum dirun (eksekusi).



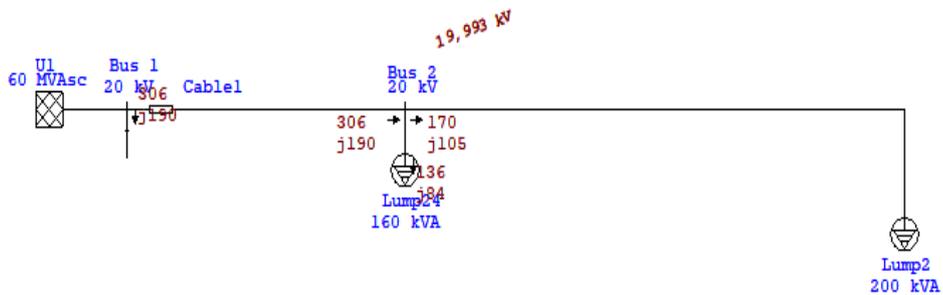
Gambar 4.8 Hasil Simulasi dari Penyulang KT01 SKUTM ULP Kota Fajar setelah di Run (eksekusi)

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang KT01 setelah dirun Dengan menunjukkan % susut daya yang terjadi.



Gambar 4.9 single line diagram di run (*eksekusi*) SKTM KT01

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang KT01 setelah dirun dengan menunjukkan % susut daya yang terjadi.

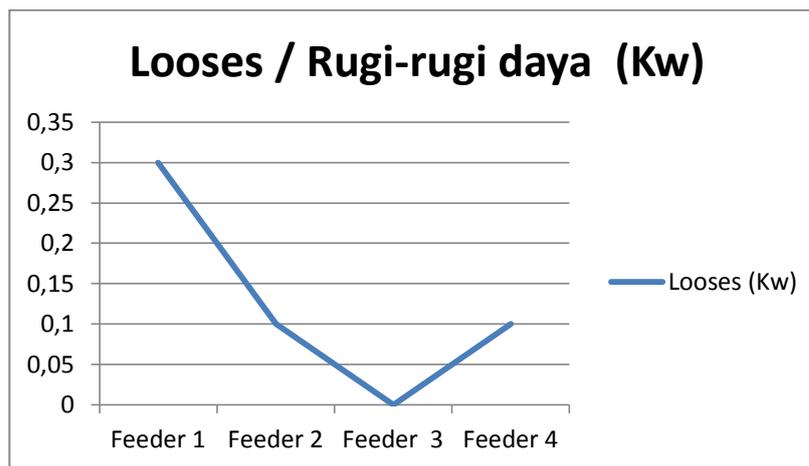


Gambar 4.10 single line diagram SKUTM KT-01 Menggamat setelah di run (*eksekusi*)

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang KT-01 setelah di Run dengan menunjukkan susut daya yang terjadi di jaringan SKUTM:

Tabel 4.4 hasil simulasi SKUTM KT01 MENGGAMAT

No	Losses (Kw)
Feeder 1	0,3
Feeder 2	0,1
Feeder 3	0
Feeder 4	0,1



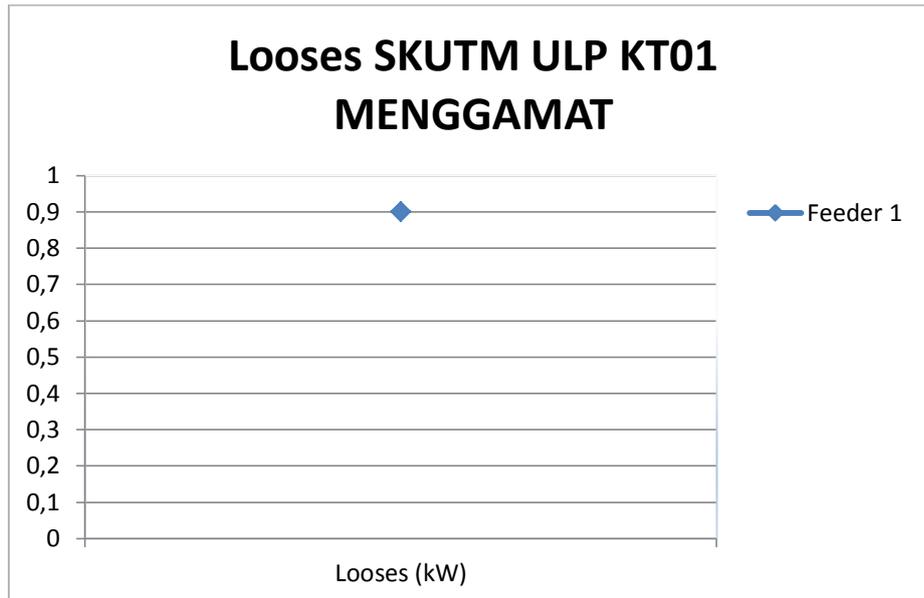
Gambar 4.11 Grafik Hasil Simulasi SKUTM KT01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar Kab. Aceh Selatan

Dari hasil perhitungan melalui simulasi etap 12.6 didapatbahwa susutdaya yang terjadi pada penyulang KT01 terbesar yaitu 0,5 kW ada kasus ini termasuk dalam kondisi wajar susut daya yang terjadi.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari penyulang KT01 setelah dirun dengan menunjukkan susut daya yang terjadi di jaringan SKUTM.

Table 4,5 hasil simulasi SKUTM ULP Kota Fajar KT 01 Menggamat

NO	Losses (Kw)
Feeder 1	0,96



Gambar 4.12 Grafik Hasil Simulasi SKUTM ULP Kota Fajar KT 01 Menggamat

Berdasarkan penyajian table 4.3 dan gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa susut daya terbesar pada penyulang KT01 adalah pada bus 1 yaitu 0,3 kW nilai ini masih di bawah kritikal limit(5%). Sedangkan susut daya terkecil terjadi pada bus 3 kW.hal ini disebabkan Tidak ada beban pada bustersebut kecil dan jarak ke gardu induk ULP Kota Fajar lebih dekat dibandingkan sejumlah bus – bus yang lain.

4.3. Menentukan Presentasi susut daya Secara Manual

Berikut adalah cara menghitung manual jatuh susut daya SKUTM di jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan persamaan $\Delta P = I^2 \cdot z \cdot l$

Dimana :

Δp = Susut Daya (Watt)

I^2 = Arus yang disuplai dari Gardu Induk (A)

Z = Impedansi (Ω/m)

L = Panjang Saluran (m)

Untuk menghitung Rugi Daya Total menggunakan persamaan :

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_R + \Delta P_s + \Delta P_T$$

Dimana : ΔP_{tot} = Rugi Daya Total (Watt)

ΔP_R = Rugi Daya Fasa R

ΔP_S = Rugi Daya Fasa S

ΔP_T = Rugi Daya Fasa T

Cable 1

R = 6

S = 16

T = 32

Impedansi = $0,6452 + j 0,3678$

Panjang saluran = 0,346 km

Cable 2

R = 5,7

S = 15,8

T = 31,7

L = 0,136 km

Cable 1

Fasa R

$$P_R = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$P_R = 6^2 \cdot (0,6452 + j 0,3678) \cdot 0,346$$

$$P_R = 36 \cdot (0,2232392 + j 0,1272588)$$

$$P_R = 8,0366112 + j 4,5813168$$

$$P_R = 9,251 < 29,686^\circ$$

Fasa S

$$P_S = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$P_S = 16^2 \cdot (0,6452 + j 0,3678)$$

$$P_S = 256 \cdot (0,2232392 + j 0,1272588)$$

$$P_S = 57,1492352 + j 32,5782528$$

$$P_S = 65,783 < 29,686^\circ$$

Fasa T

$$P_T = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$P_T = 32^2(0,6432 + j 0,3678)$$

$$P_T = 1024 (0,2232392 + j 0,1272588)$$

$$P_T = 228,5969408 + j 130,3130112$$

$$P_T = 263,131$$

$$P_{total} = P_T + P_S + P_R$$

$$= 9,251 + 65,783 + 263,131$$

$$= 338,165w$$

$$= 0,388165 kw$$

Cable 2

Fasa R

$$P_R = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 5,7^2 \cdot (0,6452 + j 0,3678) \cdot 0,136$$

$$= 32,44(0,0877472 + j 0,0500208)$$

$$= 2,846519168 + j 1,622674752$$

$$= 3,277 < 29,686^\circ$$

Fasa S

$$P_S = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 15,8^2(0,6452 + j 0,3678) \cdot 0,136$$

$$= 249,64(0,0877472 + j 0,0500208)$$

$$= 21,905211008 + j 12487192512$$

$$= 25,214 < 29,686^\circ$$

Fasa T

$$P_T = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 31,7^2(0,6452 + j 0,3678) \cdot 0,136$$

$$= 1004,89 (0,0877472 + j 0,500208)$$

$$= 88,176283808 + j 50,265401712$$

$$= 101,497 < 29,686^\circ$$

$$\begin{aligned}
P_{total} &= P_R + P_S + P_T \\
&= 3,277 + 25,214 + 101,497 \\
&= 129,988 \text{ w} \\
&= 0,129988 \text{ kw}
\end{aligned}$$

Cable 3 SKUTM

Fasa R

$$\begin{aligned}
P &= I^2 \times Z \times L \\
&= 5,5^2 (0,6452 + J0,3678) 0,092 \\
&= 30,25 (0,0593584 + J0,0338376) \\
&= 1,7955916 < 29,686^\circ
\end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned}
P &= I^2 \times Z \times L \\
&= 243,36 (0,0593584 + J0,0338376) \\
&= 14,44546 + J8,234718 \\
&= 16,628 < 29,686^\circ
\end{aligned}$$

Fasa T

$$\begin{aligned}
P &= I^2 \times Z \times L \\
&= 998,56 \cdot (Z \cdot L) \\
&= 59,27292 + J33,78887 \\
&= 68,227 < 29,686^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{total} &= 2,067 + 16,628 + 68,227 \\
&= 0,086 \text{ KW}
\end{aligned}$$

Cable 4 SKUTM

Fasa R

$$\begin{aligned} P &= I^2 \times Z \times L \\ &= 28,09(0,109684 + j0,062526) \\ &= 3,08102356 + j1,75635534 \\ &= 3,546 < 29,686^\circ \end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned} P &= I^2 \times Z \times L \\ &= 268,96(0,109684 + j0,062526) \\ &= 29,50060 + j16,816993 \\ &= 33,957 < 29,686^\circ \end{aligned}$$

Fasa T

$$\begin{aligned} P &= I^2 \times Z \times L \\ &= 979,69(0,109684 + j0,062526) \\ &= 107,456318 + j161,2560969 \\ &= 123,64 < 29,686^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T &= 3,546 + 33,957 + 123,69 \\ &= 161,143 \\ &= 0,161143 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Berikut adalah cara menghitung manual jatuh susut daya SKUTM di jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan persamaan $\Delta P = I_2 \cdot z \cdot l$

Dimana : $\Delta p =$ Susut Daya (Watt)

$I_2 =$ Arus yang disuplai dari Gardu Induk (A)

$Z =$ Impedansi (Ω/m)

$L =$ Panjang Saluran (m)

Untuk menghitung Rugi Daya Total menggunakan persamaan :

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_R + \Delta P_S + \Delta P_T$$

Dimana :

$$\Delta P_{\text{tot}} = \text{Rugi Daya Total (Watt)}$$

$$\Delta P_R = \text{Rugi Daya Fasa R}$$

$$\Delta P_S = \text{Rugi Daya Fasa S}$$

$$\Delta P_T = \text{Rugi Daya Fasa T}$$

Cable SKUTM

Cable 1

$$R = 7$$

$$S = 18$$

$$T = 34$$

$$L = 6000\text{m}$$

$$\text{Impedansi} = 0,6452 + j 0,3678$$

Fasa R

$$\begin{aligned} P_R &= I^2 \cdot Z \cdot L \\ &= 7^2 (0,6452 + j0,3678) \cdot 6 \\ &= 49 (3,8712 + j2,2068) \\ &= 189,6888 + j108,1332 \\ &= 218,345 < 29,686^\circ \end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned} P_S &= I^2 \cdot Z \cdot L \\ &= 18^2 (0,6452 + j0,3678) \cdot 6 \\ &= 324 (3,8712 + j2,2068) \\ &= 1,254,2688 + j715,0032 \\ &= 1,443,752 < 29,686^\circ \end{aligned}$$

Fasa T

$$P_T = I^2 \cdot Z \cdot L$$

$$= 34^2 (0,6452 + j0,3678) \cdot 6$$

$$= 1156 (3,8712 + j2,2068)$$

$$= 4.475,1072 + j2,551.0608$$

$$= 5,151,164 \angle 29,686^\circ$$

$$T_T = 218,345 + 1.1443,752 + 5151,164$$

$$= 6,81 \text{ Kw}$$

Tabel 4.6 Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual pada penyulang SKUTM KT 01.

Rugi rugi daya		Selisih
Hasil Simulasi	Perhitungan Manual	
0,5Kw	0,746	0,246 kW

Tabel 4.6 Hasil Simulasi menggunakan ETAP dan Perhitungan Manual SKUTM KT01 Menggamat

Berdasarkan nilai tabel diatas untuk mengetahui dan memudahkan perhitungan ini, maka diambil beberapa asumsi, yaitu :

- 1) Suhu untuk Resistansi (R) semua saluran sama yaitu 60°C. suhu tertinggi pada penghantar telanjang (SUTM, SPLN 87 : 1991).
- 2) Factor daya untuk semua saluran dianggap sama yaitu 0,8 (standar SPLN 72 1987 spesifikasi desain untu JTM dan JTR),
 - a) Menghitung tahanan kawat jenis AAC 35 mm².

Mencari besaran tahanan menggunakan persamaan (8)

$$Rt_2 = Rt_1 \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} [\Omega/\text{km}]$$

Untuk nilai dari Rt₁ (lampiran 5), sedangkan nilai T₀, t₁, t₂, lihat pada Tabel 2.1 mengenai Tahanan Penghantar.

Maka didapatkanlah Rumus Perhitungan Secara Manualnya sebagai berikut :

$$Rt_2 = Rt_1 \frac{T_0+t_2}{T_0+t_1} [\Omega/\text{km}]$$

$$\begin{aligned} Rt_2 &= 0,985 \times \frac{228,1+60}{228,1+20} [\Omega/\text{km}] \\ &= 0,958 \times 1,161 \\ &= 1,11\Omega/\text{km} \end{aligned}$$

Ketika hasil sudah diketahui maka untuk mendapatkan nilai Rac dilakukan dengan Factor koreksi (K=1,02), menggunakan Persamaan (9) dengan Perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Rac &= K \times Rt_2 [\Omega/\text{km}] \\ &= 1,02 \times 1,11 \\ &= 1,13\Omega/\text{km} \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai reaktansi (X) dalam perhitungan Menggunakan persamaan (14) untuk penghantar jenis AAAC 35 mm² dengan jumlah urat 7, dengan nilai $\alpha = 0,726$ lihat pada table 2.2 dan jarak antara penghantar (D= 0,85 m, A = 35 mm² dengan Rac = 1,13 Ω/km

$$\begin{aligned} GMD &= \sqrt[3]{D_{1,2} \times D_{2,3} \times D_{1,3}} \\ &= \sqrt[3]{0,85 \times 0,85 \times 1,7} \\ &= 1,070 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GMR &= \alpha \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \\ &= 0,726 \times \sqrt{\frac{35}{3,14}} \\ &= 2,41\text{mm}^2 = 2,41 \times 10^{-6}\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$= 2,41 \text{ mm}^2 = 2,41 \times 10^{-7} \ln \frac{\text{GMD}}{\text{GMR}} \Omega / \text{km}$$

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

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1,070}{2,41 \times 10^{-6}} \Omega / \text{km}$$

$$= 2,6 \times 10^{-6} \Omega / \text{m} = 2,6 \times 10^{-3} \Omega / \text{km}$$

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

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 2,6 \times 10^{-3}$$

$$= 0,81 \Omega / \text{km}$$

Dengan mengikuti serupa dengan perhitungan diatas maka hasil untuk resistansi untuk ukuran luas penampang pada konduktor lainnya bias di lihat pada table 4.7

Tabel 4.7 Jenis-jenis Kawat Penghantar SKUTM KT 01 Menggamat ULP Kota Fajar

No	Jenis Kawat	R (Ω / km)	XL (Ω / km)
1	AAAC 35 mm ²	1,13	0,81
2	AAAC 70mm ²	0,518	0,791
3	AAAC 95 mm ²	0,392	0,78
4	AAAC 120mm ²	0,346	0,772

b) Perhitungan Jatuh Tegangan

Untuk Mencari besar Jatuh tegangan yang terjadi maka digunakan persamaan (15)

$$\Delta V (\%) = \frac{100 (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \sum_{i=1}^n S_i \cdot li [\%]}{VS^2}$$

1) Perhitungan Jumlah Tegangan Untuk Penyulang KT 01 Menggamat

Jatuh tegangan antara GI. Kota Fajar dan Sawang Diketahui :

Jenis Penghantar : AAAC 120 mm²

Panjang Penghantar : 0,156 km

Beban (S) : 8,1 kVA

Tegangan = 20 kV = 20.000 V

$$\Delta V (\%) = \frac{100 (R \cos \phi R + X \sin \phi R)}{VS2} \sum_{i=1}^n si. li [\%]$$

$$\Delta V (\%) = \frac{100 (0,346 \times 0,8) + (0,77 \times 0,6)}{VS2} \times 8,1 \times 0,156$$

$$\Delta V (\%) = \frac{100 (0,346 \times 0,8) + (0,77 \times 0,6)}{VS2} \times 8,1 \times 0,156$$

$$\Delta V (\%) = \frac{100 ((0,27 + 0,463))}{400} \times 1,263$$

$$= 0,184 \times 1,263$$

$$= 0,232 \%$$

$$\Delta V = 0,232 \times \frac{20.000}{100} = 46,47 \text{ V}$$

Dengan perhitungan yang sama maka dapat di peroleh hasil pada penyulang KT 01 Menggamat dapat di peroleh hasil pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Jatuh Tegangan Pada Penyulang ULP Rayon Kota Fajar

Penyulang	Jenis Penampang (mm ²)	Panjang Penghantar (KM)	Vs (KV)	ΔV (%)	ΔV (k)	VR
KT01 Menggamat	AAAC 70,95,120	8,6	20	11,51 %	2,303	17,697
KT02 Kota Fajar	AAAC 70,95,129	6,5	20	8,66 %	1,023	11,068
KT03 Kandang	AAAC 35,70,95	7,5	20	9,66 %	1,923	18,06
KT 04 Terbangan	AAAC 70,95,120	12,67	20	10,185	2,037	17,963

c) *Susut Daya Listrik*

1) Susut daya listrik untuk penyulang KT 01 Menggamat

Untuk mencari besar susut daya listrik yang terjadi pada penyulang KT01 Menggamat, maka kita menggunakan Persamaan (2).

$$P_{\text{Susut}} = I^2 \cdot R_{\text{kawat}}$$

Diasumsikan bahwa :

$$I = \frac{\Delta v}{R_{ac}}$$

Perhitungan susut daya antara GI Taruna dan Sawang

Diketahui :

Jenis dan Luas Penampang : AAAC 120 mm²

Panjang Penghantar : 0,156 KM = 156 KM

Jatuh Tegangan : 0,232 % = 46,47 V

$$\rho = 0,0287 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$P_{\text{Susut}} = I^2 \cdot R_{\text{kawat}}$$

$$I = \frac{\Delta v}{R_{ac}} = \frac{46,47}{0,34} = 136,67 \text{ A}$$

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$= 0,0287 \times \frac{156}{120} = 0,03731 \Omega$$

$$P_{\text{Susut}} = 136,67^2 \times 0,03731 = 696,96 \text{ Watt}$$

Dengan perhitungan yang sama maka dapat di peroleh hasil pada table 4.9

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Susut Daya Listrik Pada Penyulang KT 01

Menggamat ULP Kota Fajar Aceh Selatan

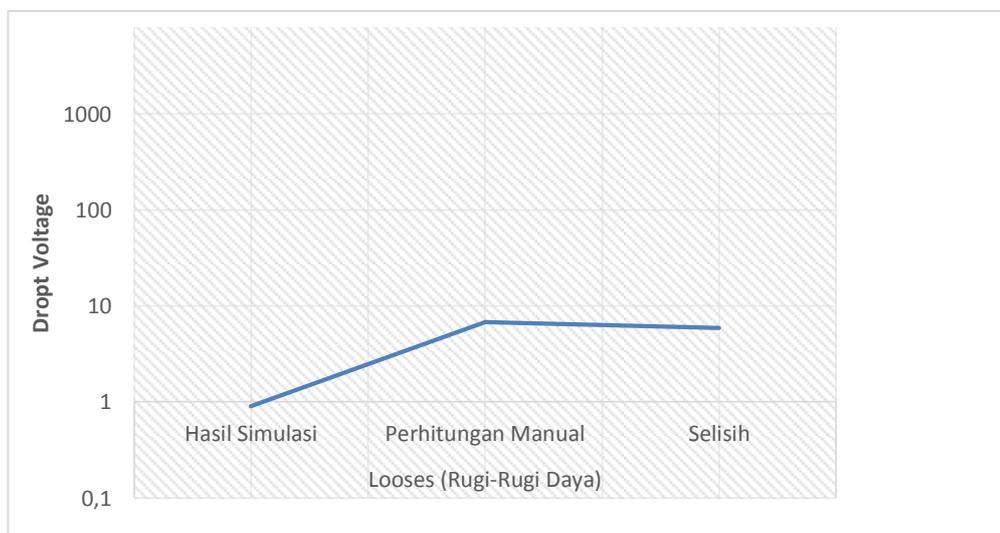
Penyulang		Jenis Penampang (mm ²)	Panjang (m)	Susut Daya (KW)
Awal	Akhir			
GI Taruna	KT 01 MENGAMAT	AAAC 120	156	696,96
KT01 MENGAMAT	Kota Fajar	AAAC 95	960	137,712
Kota Fajar	KT 04 Terbangan	AAAC 120	196	716
KT 04 Terbangan	Tapak Tuan	AAAC 70	297	363,657

Sehingga dari table diatas dapat kita simpulkan besarnya susut daya (Watt) perhitungan secara Manual pada KT 01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar Aceh Selatan dengan Jenis Penampang AAAC 120 dan Panjang Kawat 156 adalah sebesar 696.96 Watt atau 0,696 (KW)

Dengan Mengikuti Tabel diatas yang serupa dengan perhitungan susut daya pada penyulang KT1 Menggamat Maka Untuk Susut Daya Pada Penyulang KT 02 Kota Fajar, KT 03 Kandang dan KT 04 Terbangan Maka untuk hasilnya dapat di lihat pada table 4.10

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Susut Daya Listrik Pada Penyulang KT 01 Menggamat, ULP Kota Fajar Aceh Selatan

Penyulang	Jenis Penampang (mm ²)	Panjang Peghantar (m)	Susut Daya (kW)
KT02 Kota Fajar	AAAC 70,95,120	8.600	627,033
KT03 Kandang	AAAC 70,95,120	7.500	237,672
KT04 Terbangan	AAAC 35,70,95	33.670	1.431,493



Gambar 4.13 Grafik Hasil Perhitungan antara Simulasi dengan Perhitungan Manual SKUTM KT01

Tabel 4.7 Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual pada penyulang SKTM KT 01

Rugi rugi daya		Selisih
Hasil Simulasi	Perhitungan Manual	
0,9 KW	0,69 KW	0,21 KW

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Perhitungan Manual pada Penyulang KT01 Menggamat

Berdasarkan hasil table diatas selisih perbandingan antara hasil simulasi dengan perhitungan manual tidak jauh berbeda hanya saja di simulasi mendapatkan Rugi – rugi daya sebesar 0,9 KW sedangkan pada hasil perhitungan manual mendapatkan 0,69 KW maka dari itu kita mendapatkan selisihnya hanya sebesar 0,21 KW.

Sedangkan di keterangan table hasil simulasi yang lain Simulasi dengan perhitungan manual SKUTM adalah 0,246 kW sedangkan SKTM 5,91 kW, hal ini menunjukkan selisih yang sangat kecil, pada jaringan SKUTM sedangkan pada jaringan SKUTM terjadi sangat besar.

Selisih tersebut terjadi karena dalam perhitungan manual tidak memperhitungkan factor suhu kabel yang dapat mempengaruhi nilai impedansi saluran dan dengan selisih yang sangat kecil ini maka dapat di anggap selisih diabaikan dan hasil simulasi menjadi hasil yang valid.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu : Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil simulasi dan analisa system distribusi 20 KV pada Penyulang KT 01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar dengan menggunakan etap 12.6 dapat disimpulkan bahwa presentasi susut daya tertinggi adalah sebesar 0,9 kW.
2. Sedangkan berdasarkan Perhitungan susut daya secara manual susut daya pada penyulang KT 01 adalah sebesar 696,96 Watt atau sebesar 0,69 KW selisihnya tidak begitu jauh berbeda bila dibandingkan dengan hasil simulasi yang hanya sebesar 0,9 KW yakni hanya mendapat selisih sebesar 0,21 KW.
3. Adapun Perhitungan Jumlah Jatuh Tegangan Pada setiap Penyulang KT01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar Jaringan Distribusi 20 KV dengan menggunakan perhitungan Manual Adalah Sebesar 46,47 V sedangkan menggunakan simulasi ETAP mendapat nilai hanya sebesar 19,63 V.

5.2 SARAN

1. Perlu dilakukan update data rutin untuk setiap penyulang agar susut daya yang terjadi pada SKUTM KT01 Menggamat tidak menjadi terlalu besar.
2. Berdasarkan analisis yang telah di lakukan maka untuk kedepannya dapat dilakukan analisis dropt tegangan pada system distribusi listrik pada penyulang KT01 Menggamat ULP Rayon Kota Fajar Kabupaten Aceh Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

Pasra, N., Makkulau, A., & Adnan,

M. H. (2018). Gangguan Yang Terjadi Pada Sistem Jointing Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV. *JURNAL ILMIAH SUTET*, 8(1), 1-12.

Kume, J. T., Lisi, F., & Silimang, S. (2016). Analisa Gangguan Hubung Singkat Saluran Kabel Bawah Tanah Tegangan 20 kV Penyulang SL 3 GI Teling Manado. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(4), 46-52.

Salim, A., Sultan, A. R., & Akmal, A. (2016). Analisis Perbandingan Sistem Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) Dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM). *Jurnal Teknologi Elekterika*, 13(2), 195-212.

Hendra, F., Yusmartato, Y., Nasution, R., & Pelawi, Z. (2020). Analisa Kemampuan Hantar Arus Kabel Bawah Tanah Dari GI Titi Kuning ke GI Jln. Listrik. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(1), 18-23.

Hayusman, L. M., Hidayat, T., Saleh, C., Wartana, I. M., & Herbasuki, T. (2017). PELATIHAN SOFTWARE ETAP (ELECTRICAL TRANSIENT ANALYZER PROGRAM) BAGI SISWA DAN GURU SMK NASIONAL MALANG. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 7(1), 7-11.

Winardi, B., Warsito, A., & Kartika, M. R. (2015). Analisa Perbaikan Susut Teknis dan Susut Tegangan Pada Penyulang KLS 06 di GI Kalisari dengan menggunakan Software Etap 7.5. 0. *Transmisi*, 17(3), 135-140.

Suhadi dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I. Buku Ajar SMK. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Suhadi dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid III. Buku Ajar SMK.

Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Noorly Evalina, I. R. (2018). Analisis Tahanan Kabel Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Pada PLTMH Bintang Asih. *Semnastek* , 96-101.

Noorly Evalina, F. I. (2021). Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 WP dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin. *Prosiding Semnastek 2021* , 62-65.

Pasaribu, F. I. (2021/6/15). Beban Non Linier dan Analisa Harmonisa. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi* , 29-34.

Pasaribu, F. I. (2021/6/15). Harmonisa. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi* , 29-34.

Rimbawati Rimbawati, A. A. (2019/2/21). Peningkatan Kapasitas Daya Listrik pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro bintang asih guna memenuhi kebutuhan penerangan. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT* ,909-917.