

**STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18 UNTUK  
MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN DAN SUSUT DAYA  
JARINGAN 20 KV DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**



**OLEH**

**MUHAMMAD IMAM FARDIANSYAH**

**30601501800**

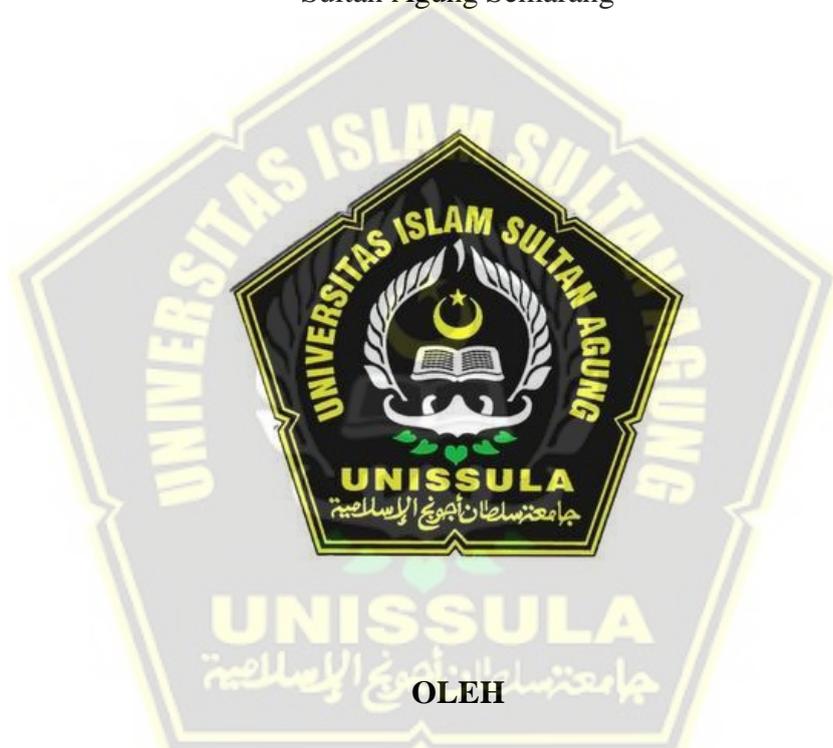
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2022**

**STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18  
UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN  
DAN SUSUT DAYA JARINGAN 20 KV  
DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam  
Sultan Agung Semarang



**OLEH  
MUHAMMAD IMAM FARDIANSYAH**

**30601501800**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2022**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Imam Fardiansyah  
NIM : 30601501800  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18 UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN DAN SUSUT DAYA JARINGAN 20kV DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 7 Januari 2022

takan  
  
1FAJX269616500

Muhammad Imam Fardiansyah

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

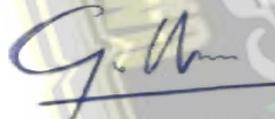
Laporan Tugas Akhir dengan judul “**STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18 UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN DAN SUSUT DAYA JARINGAN 20kV DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6**” ini disusun oleh:

Nama : Muhammad Imam Fardiansyah  
NIM : 30601501800  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Jum'at  
Tanggal : 7 Januari 2022

Pembimbing I

  
Gunawan, S.T., M.T.  
NIDN : 0607117101

Pembimbing II

  
Dedi Nugroho, S.T., M.T.  
NIDN : 0617126602

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



  
Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.  
NIDN : 0607018501

07/01/22

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18 UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN DAN SUSUT DAYA JARINGAN 20kV DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Jum'at  
Tanggal : 7 Januari 2022

**Tim Penguji**

**Tanda Tangan**

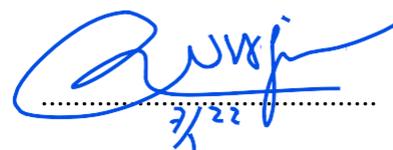
**Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T.**  
NIDN : 0628086501  
Ketua



**Ir. H. Sukarno Budi, M.T.**  
NIDN : 0619076401  
Penguji I



**Bustanul Arifin, S.T., M.T.**  
NIDN : 0614117701  
Penguji II



## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Imam Fardiansyah  
NIM : 30601501800  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknologi Industri  
Alamat Asal : Jl. Pontianak 1 No.9 11/10 Sukomulyo, Manyar, Gresik  
No. HP / Email : 085799730008 / [fardian@std.unissula.ac.id](mailto:fardian@std.unissula.ac.id)

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“STUDI PEMBANGUNAN PENYULANG KDS18 UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN DAN SUSUT DAYA JARINGAN 20kV DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 7 Januari 2022

takan  
  
72B7EAJX269616495

Muhammad Imam Fardiansyah

## KATA PENGANTAR

Segala puji kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap hati pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UNISSULA, yang telah mengesahkan tugas akhir ini.
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Gunawan, S.T M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Dedi Nugroho, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya dalam membimbing penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro UNISSULA, terima kasih atas semua jasa Bapak dan Ibu dosen.
5. Bapak Mustopa Rizal selaku Manager Bagian Jaringan PT. PLN (persero) ULP Kudus yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian.
6. Seluruh Pegawai dan Karyawan Bagian Jaringan PT. PLN (persero) ULP Kudus yang dengan semangat membantu proses penelitian ini.
7. Semua pihak yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusinya dalam membantu pelaksanaan penelitian ini.

Semoga segala bantuan yang sudah diberikan kepada penulis menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Semarang, 3 Januari 2021



Muhammad Imam Fardiansyah

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
ABSTRAKSI .....	xii
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat .....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	5
2.2.1 Pengenalan Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2.2 Sistem Distribusi.....	6
2.2.3 Aspek Perencanaan Jaringan Distribusi.....	8
2.2.4 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi .....	9
2.2.5 Jaringan Tegangan Menengah (JTM).....	13

2.2.6	Rugi Daya Saluran Listrik ( <i>Losses</i> ).....	16
2.2.7	Drop Tegangan ( <i>Drop Voltage</i> ).....	18
2.2.8	Analisis Aliran Daya.....	19
2.2.9	<i>Electric Transient and Analysis Program (ETAP)</i> .....	20
BAB III .....		27
3.1.	Model Penelitian .....	27
3.2.	Alat Yang Digunakan.....	29
3.3.	Prosedur Penelitian.....	29
3.4.	Diagram Alir Metode Penyelesaian Masalah .....	30
3.5.	Sumber Data.....	31
BAB IV .....		36
4.1.	Kondisi Sistem Saat Ini .....	36
4.2.	Kajian Kelayakan Operasi.....	39
4.3.	Analisa Penghantar Sebelum Penataan Beban .....	39
4.3.1.	Drop Tegangan .....	39
4.3.2.	Susut Daya .....	43
4.4.	Analisa Penghantar Sesudah Penataan Beban.....	47
4.4.1.	Drop Tegangan .....	47
4.4.2.	Susut daya .....	51
4.5.	Gambaran Umum Kondisi Penyulang Sebelum dan Sesudah Dilakukan Penataan Beban.....	54
BAB V.....		56
5.1.	Kesimpulan.....	56
5.2.	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA .....		58
ABSTRAKSI .....		53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elemen-Elemen Sistem Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2.2	Jaringan Distribusi Primer.....	7
Gambar 2.3	Jaringan Distribusi Sekunder .....	8
Gambar 2.4	Sistem Konfigurasi Dasar Jaringan Distribusi .....	9
Gambar 2.5	Konfigurasi Tulang Ikan (Fish Bone) .....	10
Gambar 2.6	Konfigurasi Kluster ( <i>Leap Frog</i> ) .....	10
Gambar 2.7	Konfigurasi Spindel.....	11
Gambar 2.8	Konfigurasi Fork .....	12
Gambar 2.9	Konfigurasi Spotload.....	12
Gambar 2.10	Konfigurasi Jala-jala .....	13
Gambar 2.11	Saluran Udara Tegangan Menengah .....	14
Gambar 2.12	Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM).....	15
Gambar 2.13	Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah.....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Laporan Akhir .....	31
Gambar 4.1	Single Line Diagram GI Kudus.....	37
Gambar 4.2	Simulasi Load Flow Penyulang KDS13.....	43
Gambar 4.3	Susut KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18 .....	45
Gambar 4.4	Simulasi Load Flow KDS13 Setelah Pembangunan KDS18 .....	50
Gambar 4.5	Susut KDS13 Pada Simulasi Etap Setelah Pembangunan KDS18 .	53

## DAFTAR TABEL

Table 3.1	Arus Hubung Singkat GI Kudus .....	32
Table 3.2	KHA Penghantar AAC dan AAAC.....	33
Table 3.3	Impedansi Penghantar AAAC.....	33
Table 3.4	Impedansi Kabel Tanah dengan Penghantar Alumunium.....	34
Table 3.5	Tahanan Penghantar Tegangan 20Kv .....	34
Tabel 4.1	Pembebanan Penyulang GI Kudus.....	38
Tabel 4.2	Drop Tegangan KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18 .....	40
Tabel 4.3	Drop Tegangan Total KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18	42
Tabel 4.4	Drop Tegangan KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18 Pada ETAP	42
Tabel 4.5	Nilai Tegangan Persection KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18 .	43
Tabel 4.6	Susut daya KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18.....	44
Tabel 4.7	Susut daya KDS13 Dengan Menggunakan ETAP Sebelum .....	46
Tabel 4.8	Drop Tegangan KDS13 Setelah Pembangunan KDS18 .....	47
Tabel 4.9	Tegangan Drop Total KDS13 Sesudah Pembangunan KDS18 .....	48
Tabel 4.10	Drop Tegangan Penyulang KDS18.....	49
Tabel 4.11	Drop Tegangan Total Penyulang KDS18 .....	49
Tabel 4.12	Drop Tegangan KDS13 Setelah Pembangunan KDS18 .....	49
Tabel 4.13	Nilai Tegangan KDS13 Setelah Pembangunan Penyulang KDS18	50
Tabel 4.14	Nilai Tegangan Persection KDS18 dengan Menggunakan ETAP	51
Tabel 4.15	Susut daya KDS13 Setelah Pembangunan KDS18.....	51
Tabel 4.16	Susut Penyulang KDS18.....	53
Tabel 4.17	Susut daya KDS13 Pada ETAP Sebelum Pembangunan KDS18	52
Tabel 4.18	Gambaran Umum KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18 .....	54
Tabel 4.19	Gambaran Umum KDS13 Setelah Pembangunan KDS18.....	55

## ABSTRAKSI

*Perkembangan Ketenagalistrikan di Indonesia saat ini setiap tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup masyarakat dan maraknya pembangunan pusat kegiatan publik sehingga mengakibatkan kebutuhan masyarakat akan energi tenaga listrik ikut meningkat. Dengan adanya peningkatan penggunaan energi tenaga listrik maka beban yang dipikul oleh sebuah penyulang ikut naik dan mengakibatkan menurunnya kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Banyak cara untuk mengatasi permasalahan terkait perbaikan kualitas tegangan. Solusi alternatif perbaikan tegangan dengan membangun sebuah penyulang baru.*

*Tugas akhir ini membahas tentang Studi Pembangunan Penyulang KDS18 untuk Perbaikan Kualitas Tegangan dan Susut daya Jaringan 20 Kv dengan metode perhitungan simulasi melalui program aplikasi yang disebut Electrical Transient and Analysis Program (ETAP) Versi 12.6. Parameter yang digunakan dalam menganalisa yaitu beban penyulang eksisting, spesifikasi teknis penghantar serta impedansi.*

*Hasil menunjukkan bahwa dengan pembangunan penyulang KDS18 mampu memperbaiki kualitas tegangan dari 18.4 Kv menjadi 20.4 Kv dan mampu menekan susut daya dari 326 KW menjadi 242 KW.*

***Kata Kunci : Kualitas Tegangan, Susut daya, Pembangunan Penyulang, ETAP***



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Susut daya listrik merupakan persoalan umum yang di dalam sistem penyaluran tenaga listrik khususnya pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Hal tersebut menjadi suatu persoalan yang dihadapi oleh PT. PLN (Persero) khususnya di wilayah UP3 Kudus dan sampai sekarang belum dapat terpecahkan sepenuhnya. Permasalahan yang dihadapi dilapangan adalah tingginya susut energi listrik dan susut tegangan yang melebihi dari ketentuan yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Ketenagalistrikan (DJK). Permasalahan tersebut berdampak dan merugikan konsumen maupun PLN.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan secara *teknis* maupun *nonteknis*. Akan tetapi perbaikan secara *nonteknis* hasilnya tidak akan optimal jika dibanding penanganan secara teknis. Peralnya perbaikan secara *nonteknis* berkaitan dengan manusia sebagai pengguna energi listrik yang jika dilakukan membutuhkan waktu yang sangat lama. Sehingga cara optimal untuk mengatasi persoalan ini adalah dengan cara teknis yaitu dengan salah satu cara dengan pembangunan jaringan baru atau perluasan jaringan.

Tugas Akhir ini membahas tentang perbaikan tegangan pada jaringan JTM dengan pembangunan penyulang baru. Parameter yang digunakan dalam membantu pembuatan Tugas Akhir ini yaitu Beban Penyulang, Panjang Penyulang, dan Jenis Konduktor. ETAP 12.6 digunakan untuk membantu dalam simulasi pelaksanaan Tugas Akhir. Tujuan yang di hasilkan dari pembahasan ini yaitu untuk mengetahui besarnya drop tegangan dan susut daya sebelum adanya jaringan baru dengan setelah adanya jaringan baru.

Berdasarkan uraian tersebut Tugas Akhir ini membahas tentang Studi Pembangunan Penyulang KDS18 untuk Memperbaiki Kualitas Tegangan dan Susut daya Jaringan 20Kv dengan menggunakan ETAP 12.6.

## **1.2. Perumusan Masalah**

- a. Memperbaiki pembebanan jaringan distribusi 20 kV Penyulang KDS13 dan Penyulang KDS18.
- b. *Drop* tegangan penyulang KDS13 sebelum dan sesudah pembangunan Penyulang KDS18.
- c. Susut daya yang ditimbulkan pada jaringan distribusi 20 kV sebelum dan sesudah dilakukan pembangunan *Penyulang* KDS18.

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Di dalam penulisan laporan ini, penulis membatasi permasalahan pada:

- a. Permasalahan yang dibahas dibatasi hanya pada beban penyulang, drop tegangan, dan susut daya sebelum dan sesudah pembangunan *Penyulang* KDS18.
- b. Perhitungan sistem pembebanan, drop tegangan, dan susut daya pada jaringan distribusi sistem 20 kV dengan mensimulasikan mempergunakan *software* ETAP 12.6.
- c. Data pengukuran yang dipergunakan untuk disimulasikan pada *software* ETAP 12.6 adalah data Tahun2018.

## **1.4. Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penulisan laporan ini antara lain:

- a. Mampu menganalisa sistem pembebanan masing-masing *Penyulang* KDS13 dan KDS18 sebelum dan sesudah dilakukan pembangunan *Penyulang* baru KDS18 Dan Meningkatkan penjualan perusahaan
- b. Mampu menganalisa drop tegangan ujung masing-masing *Penyulang* KDS13 dan KDS18 sebelum dan sesudah dilakukan pembangunan

*Penyulang* baru KDS18 Dan Memperbaiki kualitas pelayanan disisi tegangan pada konsumen

- c. Mampu menganalisa besar susut daya KDS13 dan KDS18 setelah dilakukan pembangunan *Penyulang* baru KDS18 Dan Upaya penekanan susut secara tepat
- d. Mampu menganalisa rugi energi yang terjadi pada penyulang KDS13 dan KDS18 setelah dilakukan pembangunan *Penyulang* baru KDS18

### 1.5. Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut :

#### BAB I: Pendahuluan

Berisi tentang gambaran umum mengenai Skripsi berupa latar belakang masalah, rumusan dan batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi, dan sistematika penulisan laporan.

#### BAB II: Tinjauan Pustaka & Dasar Teori

Menerangkan tentang gambaran umum mengenai sistem tenaga listrik, konfigurasi sistem distribusi, jaringan distribusi Tegangan Menengah, sambungan tenaga listrik, gardu distribusi, transformator tenaga, daya dan faktor daya, sifat beban listrik, kerugian (*looses*) pada jaringan distribusi Tegangan Menengah, dan jatuh tegangan pada jaringan distribusi tenaga listrik.

#### BAB III:Metode Penelitian

Menguraikan tentang gambaran umum mengenai Single Line Diagram Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Kudus, Kondisi Pembebanan dan tegangan ujung penyulang, *Single Line Diagram* Jaringan Distribusi 20 kV pada Gardu Induk Kudus sebelum dan sesudah dilakukan pembangunan *Penyulang* KDS18,

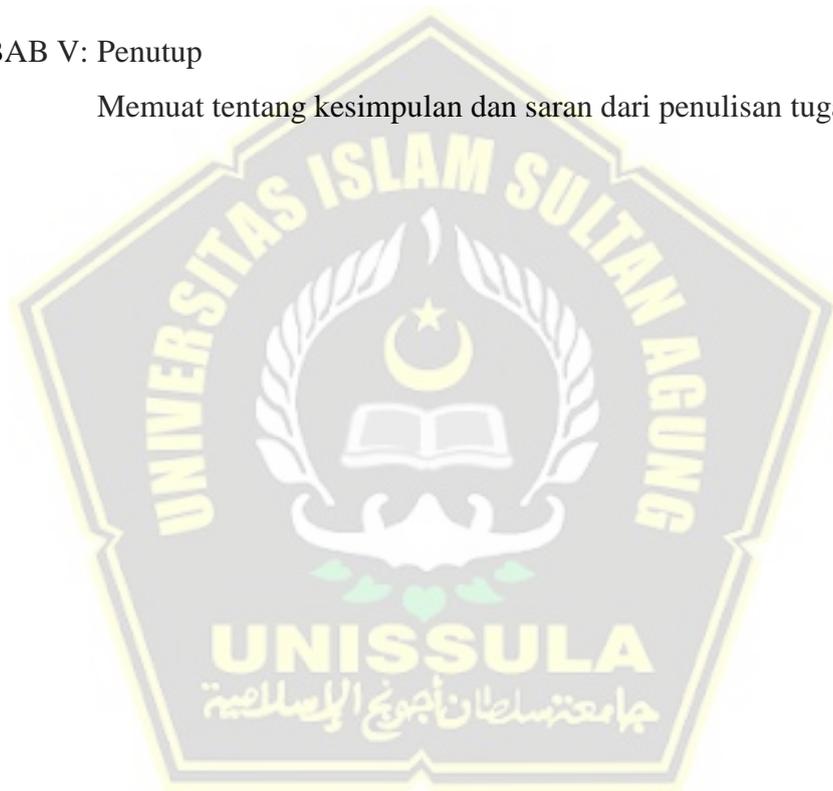
parameter berupa panjang jaringan per *section* dan jenis serta luas penampang penghantar per *section* masing-masing penyulang.

#### BAB IV: Hasil dan Pembahasan

Membahas tentang simulasi *Single Line Diagram (SLD)* Penyulang KDS18 pada *software* ETAP 12.6 dan analisa *Load Flow* pada *software* ETAP 12.6.

#### BAB V: Penutup

Memuat tentang kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir ini.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Penelitian tentang perbaikan kualitas tegangan 20 kv telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain :

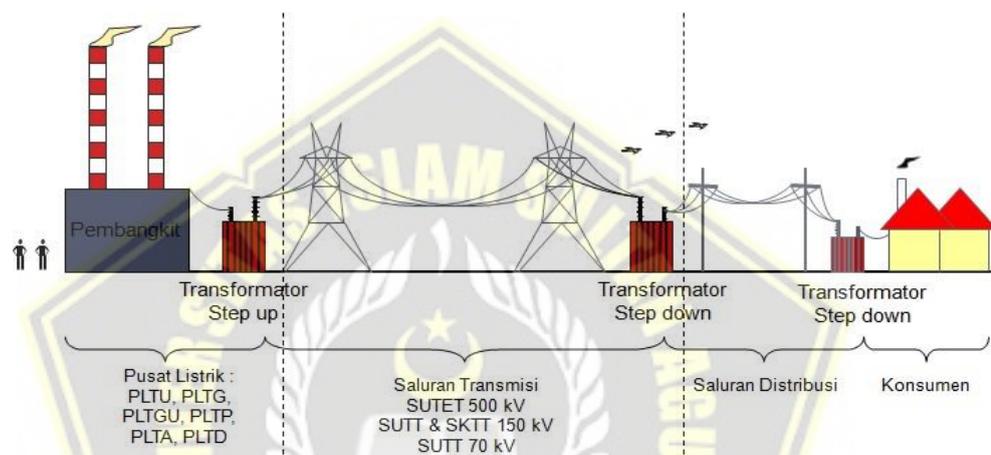
- a. Penelitian tentang Perbaikan Kualitas Tegangan dan Susut daya di PLN Rayon Koba Penyulang KB5 dengan metode pecah beban menunjukkan perbaikan dari semula 19,0 kV menjadi 19,3 kV. Dengan panjang penyulang 18,5 Kms dengan metode pecah beban panjang penyulang menjadi 9,3 Kms.
- b. Upaya Penurunan Losses dan Drop Tegangan Pada Penyulang PWI-9 dengan cara Melimpahkan beban ke Penyulang Baru PWI11 di PT PLN UP3 Semarang menghasilkan perbaikan dari 17,6 kv menjadi 20,2 kv. Beban penyulang PWI9 yang semula 441 A setelah beban dilimpahkan ke penyulang PWI11 menjadi 221 A.
- c. Perbaikan Susut daya dan Susut Tegangan di PLN Area Semarang Penyulang KLS6 Dengan Menggunakan ETAP 7.5.0. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan perbaikan dari 1,72% menjadi 1,62%. Beban yang dipikul penyulang KLS6 176A, setelah pembangunan penyulang baru beban KLS6 menjadi 116 A.

#### **2.2. Landasan Teori**

##### **2.2.1 Pengenalan Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu pembangkitan tenaga listrik, penyaluran tenaga listrik/ Transmisi dan pendistribusi tenaga listrik. Sistem tenaga listrik disebut dengan sistem tenaga atau disebut dengan sistem kelistrikan. Penamaan suatu sistem tenaga

biasanya menggunakan daerah Kawasan yang mendapat energi listrik misalnya Sistem Jawa Bali berarti sistem tenaga listrik yang mencakup Pulau Jawa, Madura dan Bali. Begitu juga pendistribusiannya misalnya jalur Kudus (KDS13) mencakup wilayah Kudus dan sekitarnya. Elemen – elemen dasar sistem tenaga adalah pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi , gardu induk transmisi, gardu induk distribusi dan jaringan distribusi 20Kv .Gambar 2.1 menampilkan ilustrasi hubungan antara elemen – elemen dasar sistem tenaga listrik.



**Gambar 2.1 Elemen-Elemen Sistem Tenaga Listrik**

## 2.2.2 Sistem Distribusi

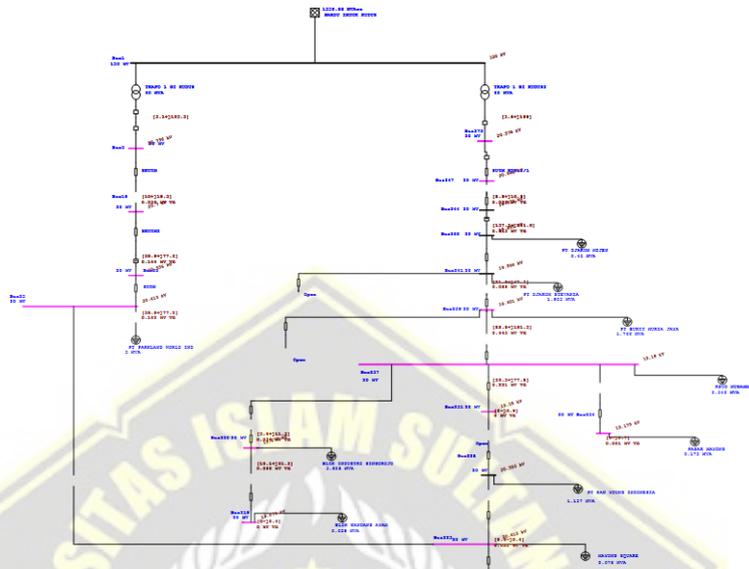
Distribusi tenaga listrik adalah tahap Terakhir dalam Penyaluran tenaga listrik. Proses distribusi Menyalurkan energi listrik dari sistem transmisi listrik menuju ke konsumen. Gardu Induk (GI) terhubung ke sistem transmisi dan menurunkan tegangan transmisinya dengan menggunakan trafo *step down*. Sistem distribusi ini dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu : [1]

### a. Distribusi Primer

Yaitu jaringan distribusi yang berawal dari jaringan transmisi yang kemudian diturunkan tegangannya di Gardu Induk (GI) menjadi



[2]. Konsumen tegangan ini biasanya menggunakan listrik 1 fasa, walaupun ada beberapa konsumen yang menggunakan listrik 3 fasa. Gambar 2.3 merepresentasikan bentuk jaringan distribusi sekunder.



**Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Sekunder**

### 2.2.3 Aspek Perencanaan Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) pada umumnya digunakan untuk daerah dengan jangkauan yang luas, daerah padat dengan beban yang relatif rendah atau daerah-daerah antara kota dan pedesaan. [2]

Biaya investasi saluran udara relatif lebih murah, mudah dalam pembangunannya serta mudah dalam pengoperasiannya akan tetapi lebih sering dalam hal pemeliharannya jika dibandingkan dengan jaringan distribusi Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM).

## 2.2.4 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi

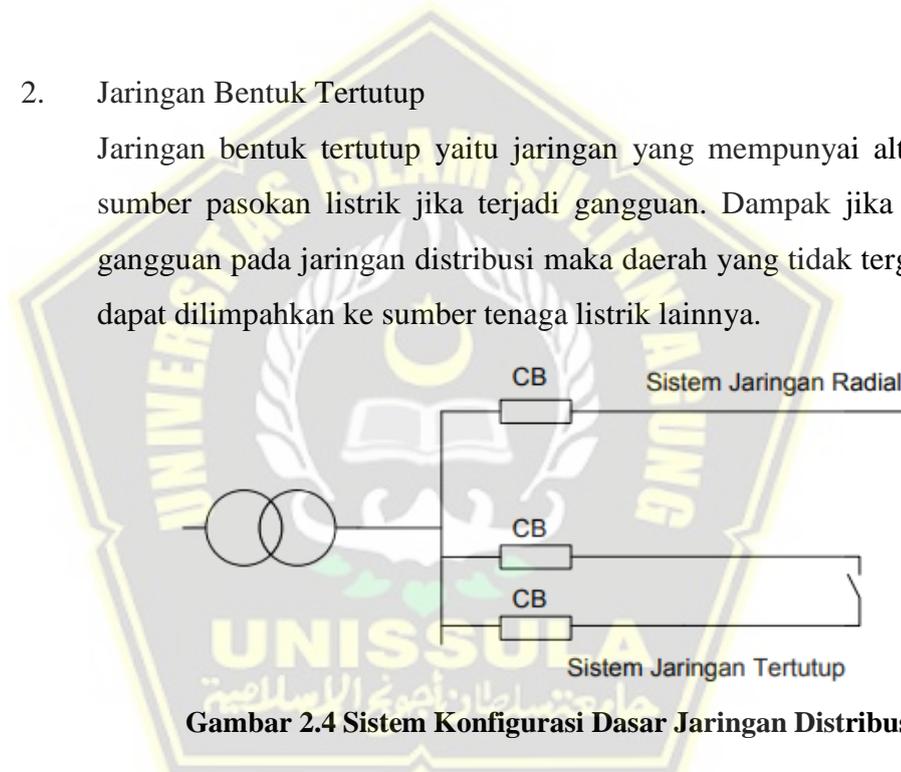
Secara umum jaringan distribusi memiliki 2 jenis sistem konfigurasi yaitu : [3]

### 1. Jaringan Radial

Jaringan radial yaitu jaringan yang hanya memiliki satu sumber Supplay listrik. Jika terjadi suatu gangguan listrik maka akan terjadi “black-out” atau daerah yang tidak terganggu, tidak dapat dilimpahkan ke Pusat beban Pelanggan.

### 2. Jaringan Bentuk Tertutup

Jaringan bentuk tertutup yaitu jaringan yang mempunyai alternatif sumber pasokan listrik jika terjadi gangguan. Dampak jika terjadi gangguan pada jaringan distribusi maka daerah yang tidak terganggu dapat dilimpahkan ke sumber tenaga listrik lainnya.



**Gambar 2.4 Sistem Konfigurasi Dasar Jaringan Distribusi**

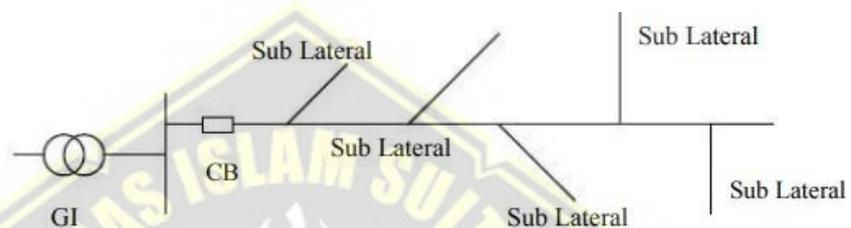
Gambar 2.4 merepresentasikan sistem konfigurasi dasar jaringan distribusi bentuk tertutup (*Loop*)

Berdasarkan kedua pola dasar konfigurasi sistem jaringan distribusi tersebut, maka dibuatlah konfigurasi-konfigurasi jaringan sesuai dengan Tujuan perencanaannya seperti berikut : [3]

### 1. Konfigurasi Tulang Ikan

Konfigurasi tulang ikan atau sering disebut *fish bone* adalah tipikal konfigurasi dari Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) yang

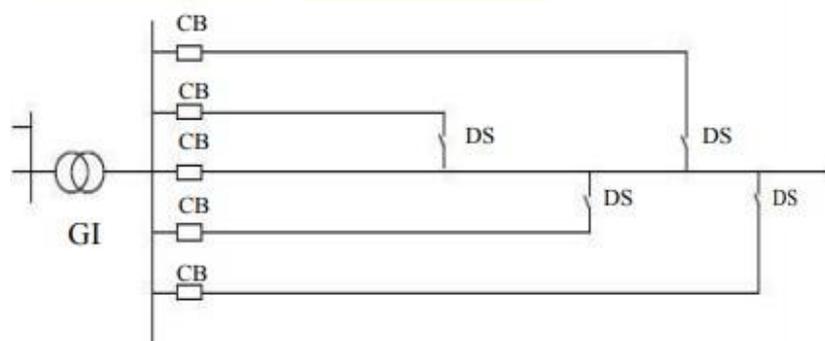
beroperasi secara radial. Pengurangan daerah terganggu dengan cara mengisolasi bagian atau wilayah yang terganggu dengan bantuan peralatan pemisah *Pole Top Switch (PTS)*, *Air Break Switch (ABSW)* dengan koordinasi relay atau sistem SCADA. Pemutus Balik Otomatis PBO (*Automatic Recloser*) dipasang pada saluran utama dan Saklar Seksi Otomatis SSO (*Automatic Sectionalizer*) pada titik percabangan. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk konfigurasi tulang ikan.



**Gambar 2.5 Konfigurasi Tulang Ikan (Fish Bone)**

2. Konfigurasi Kluster

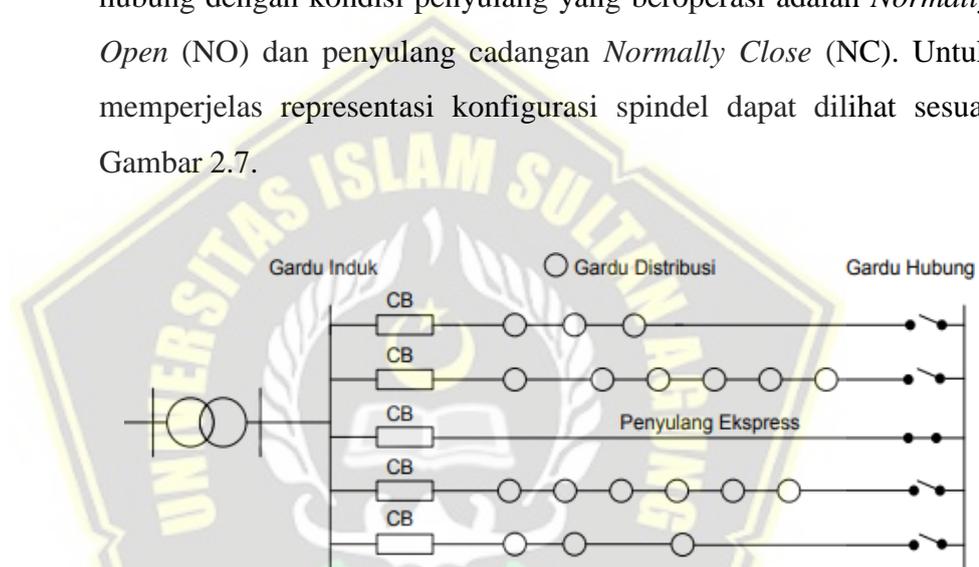
Konfigurasi kluster merupakan konfigurasi jaringan sistem distibusi yang sudah bertipical sistem tertutup, namun beroperasi secara radial (*Radial Open Loop*). Saluran alternatif merupakan penyulang *express* / penyulang cadangan dengan penggunaan luas penampang konduktor yang besar dibanding dengan penyulang lainnya. Visualisasi konfigurasi kluster dapat dilihat sesuai Gambar 2.6.



**Gambar 2.6 Konfigurasi Kluster (Leap Frog)**

### 3. Konfigurasi Spindel

Konfigurasi *spindel pada* umumnya digunakan pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). pada sistem konfigurasi seperti ini dikenal 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* dan *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Untuk penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *backup supply* jika terjadi gangguan di penyulang operasi aktif. Pada ujung setiap penyulang berakhir pada sebuah gardu yang disebut gardu hubung dengan kondisi penyulang yang beroperasi adalah *Normally Open* (NO) dan penyulang cadangan *Normally Close* (NC). Untuk memperjelas representasi konfigurasi spindel dapat dilihat sesuai Gambar 2.7.

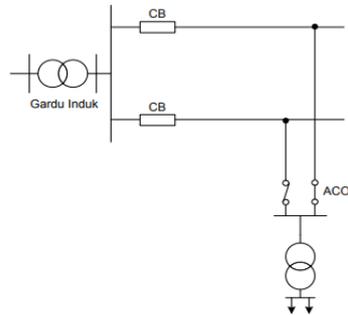


**Gambar 2.7 Konfigurasi Spindel**

### 4. Konfigurasi Fork

Konfigurasi yang satu ini memungkinkan untuk satu gardu distribusi di *supply* dari 2 feeder yang berbeda dengan selang waktu pemadaman sangat singkat (*Short Break Time*). Jika penyulang utama atau penyulang operasi terjadi gangguan, maka beban dapat di *supply* dari penyulang cadangan secara efektif dan dalam waktu yang singkat menggunakan fasilitas *Automatic Change Over Switch* (ACOS) sehingga pelanggan tidak mengalami padam bahkan kedip sedikitpun. Percabangan dapat dilakukan dengan cara sadapan *Tee-Off* (TO) dari saluran udara ataupun saluran kabel tanah melalui

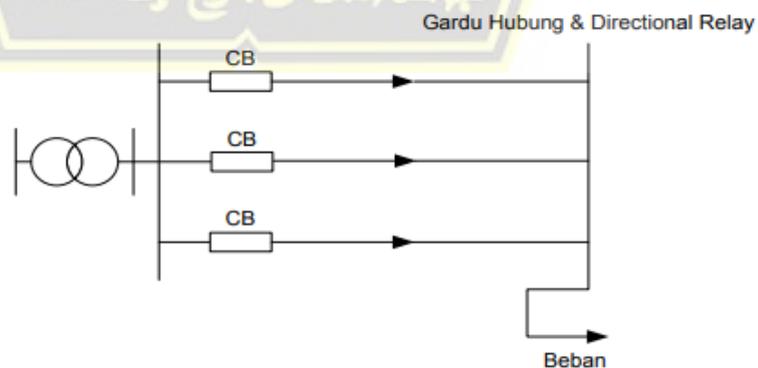
gardu distribusi. Gambar 2.8 menunjukkan sistem konfigurasi bentuk *fork*.



**Gambar 2.8 Konfigurasi Fork**

5. Konfigurasi Spotload

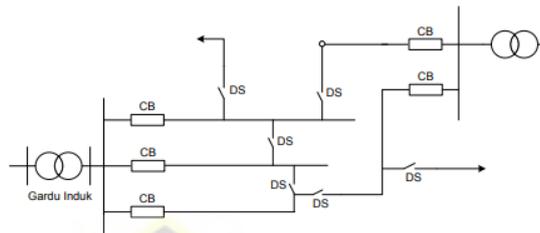
Konfigurasi Spotload terdiri dari beberapa penyulang beroperasi secara paralel dari sumber gardu induk yang berujung pada gardu distribusi yang sama. Konfigurasi jenis ini biasanya digunakan jika beban pada pelanggan melebihi kemampuan hantar arus sebuah penyulang. Dimana salah satu penyulang berfungsi sebagai *backup* yang berguna untuk mempertahankan kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Sistem konfigurasi *spotload* harus dilengkapi dengan *relayah* (*Directional Relay*) pada gardu hubung. Konfigurasi spotload dapat di representasikan sesuai Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Konfigurasi Spotload**

## 6. Konfigurasi Jala-jala

Konfigurasi jala-jala umumnya digunakan pada daerah padat dengan beban tinggi. Sehingga memungkinkan pasokan tenaga listrik untuk di supply dari berbagai sumber gardu induk ke titik beban.



**Gambar 2.10 Konfigurasi Jala-jala**

Gambar 2.10 menunjukkan sistem konfigurasi bentuk jala-jala dimana satu penyulang dapat dibackup dengan penyulang lainnya.

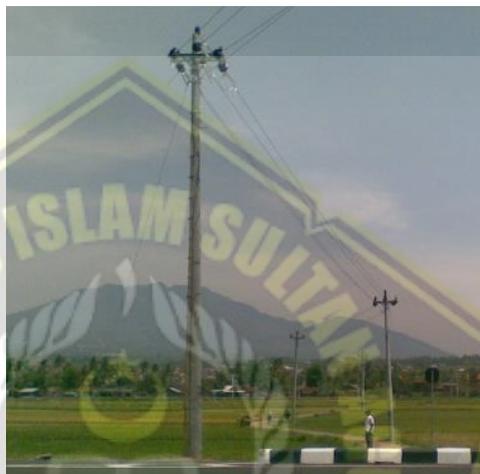
### 2.2.5 Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) berfungsi untuk mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk menuju gardu distribusi. Jaringan ini dikenal dengan penyulang atau *feeder*. [2] Tegangan menengah yang digunakan PT. PLN adalah 11,5 KV untuk fasa – netral dan 20 KV untuk antar fasa. Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

#### 1. Saluran Udara Tegangan Menengah

Jaringan distribusi tenaga listrik jenis Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) umumnya beroperasi secara radial dengan jangkauan luas, biaya yang murah dan keandalan kontinuitas penyaluran tingkat-2. Untuk meminimalisir dampak pemadaman akibat gangguan tenaga listrik dipasang fasilitas-fasilitas *Air Break Switch* (ABSW), PBO, SSO, FCO pada posisi tertentu. Penggunaan Saluran Udara sebagai sistem distribusi untuk daerah perkotaan dapat dilakukan dengan cara memperpendek panjang saluran dan didesain menjadi sistem “*Radial Open Loop*”. Penggunaan penghantar dengan bahan

berisolasi dapat mengurangi dampak akibat gangguan *temporer* dan pemasangan kawat petir dapat mengurangi gangguan yang disebabkan sambaran petir tidak langsung sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat terjaga. Jenis konduktor yang digunakan adalah aluminium (AAAC) dengan luas penampang  $240\text{mm}^2$ ,  $150\text{mm}^2$  dan  $70\text{mm}^2$ . Untuk memvisualisasikan gambar dilapangan bentuk Saluran Udara Tegangan Menengah dapat melihat Gambar 2.11.



**Gambar 2.11 Saluran Udara Tegangan Menengah**

## 2. Saluran Kabel Tegangan Menengah

Jaringan distribusi tenaga listrik jenis Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) umumnya digunakan pada kondisi-kondisi khusus seperti daerah padat dengan beban tinggi, estetika tata kota, pelanggan kritis dan permintaan khusus. Kabel yang digunakan adalah kabel dengan isolasi *Cross Linked Polyethylene* (XLPE) [2]. Kabel ini ditanam langsung pada kedalaman tertentu dan diberi semacam pelindung terhadap pengaruh mekanis dari luar. Kabel tanah jenis ini memiliki isolasi yang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan tembus yang ditimbulkan. Jika dibanding dengan saluran udara tegangan menengah maka kabel tanah memiliki keuntungan yang diantaranya, tidak mudah mengalami gangguan akibat cuaca atau binatang, tidak merusak estetika kota dan pemeliharaannya hampir

tidak ada. Akan tetapi penggunaan kabel tanah pada jaringan tegangan menengah membutuhkan biaya investasi yang sangat mahal dan pencarian titik gangguan yang sangat sulit apabila terjadi gangguan. Gambar 2.12 mengilustrasikan saluran kabel tegangan menengah pada saat proses pembangunan.



**Gambar 2.12 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)**

### 3. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

Jaringan distribusi tenaga listrik jenis Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) merupakan kombinasi antara Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dengan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) [2]. Dengan menggunakan kabel berisolasi penuh yang dipilin atau sering dikenal Medium Voltage Twisted Insulated Cable (MVTIC) maka jaringan jenis ini tidak mudah mengalami gangguan baik oleh cuaca, binatang maupun pohon. Biaya investasi yang diperlukan untuk pemasangan konstruksi jenis ini relatif lebih murah jika dibanding dengan SKTM dan lebih mahal dibanding SUTM. Gangguan yang sering terjadi pada konstruksi jenis ini biasanya bersifat permanent dan pencarian titik gangguan lebih sulit jika dibandingkan SUTM.



**Gambar 2.13 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah**

Gambar 2.13 menampilkan proses perbaikan termanating saluran kabel udara tegangan menengah, dimana dari ilustrasi dari gambar tersebut dapat dibedakan jenis SUTM dan SKUTM.

### **2.2.6 Rugi Daya Saluran Listrik (*Losses*)**

Rugi daya atau losses adalah berkurang atau hilangnya pasokan daya listrik pada proses pengiriman daya listrik dari supply dalam hal ini gardu induk sampai kepada beban (konsumen) pada suatu penghantar [3]. Rugi daya saluran timbul karena adanya komponen resistansi dan reaktansi saluran dalam bentuk rugi daya aktif dan rugi daya reaktif. Rugi daya aktif yang timbul pada komponen resistansi akan terdisipasi atau hilang dalam bentuk energi. Sedangkan untuk rugi daya reaktif akan dikembalikan ke sistem dalam bentuk medan magnet atau medan listrik. Rugi daya untuk saluran distribusi 3 fasa dinyatakan oleh Persamaan (2.1).

$$P_L = 3 I^2 R_4 \quad (1)$$

dengan

$P_L$  = Susut Daya ( Wat t)

$R$  = Tahanan Kawat Per Fasa (  $\Omega$ /Km )

$4$  = Panjang Saluran ( Km )

$I$  = Arus beban (A)

Rugi daya atau losses seperti pada yang terlampir diatas dihitung atas dasar  $I$  (arus) pada waktu tertentu. Berdasarkan SPLN 1:1978 sebuah Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan kriteria susut daya yang dapat diizinkan tidak boleh lebih dari 2 %.

Effisiensi atau daya guna saluran adalah perbandingan antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan. Adapun effisiensi dinyatakan oleh Persamaan (2) dan (3).

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_R}{P_S + P_L} \times 100\% \quad (3)$$

dengan :

$P_R$  = Daya yang diterima ( Watt )

$P_S$  = Daya yang dikirimkan ( Watt )

$\eta$  = Effisiensi Daya (%)

$P_L$  = Rugi rugi daya ( kW )

Untuk mencari nilai effisiensi dibutuhkan nilai daya yang diterima oleh komsumen. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai daya yang diterima konsumen di tampilkan pada persamaan (4)

$$P_S = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (4)$$

### 2.2.7 Drop Tegangan (*Drop Voltage*)

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar [4]. Drop tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang suatu penghantar. Besaran drop tegangan dinyatakan baik dalam persen (%) atau dalam besaran volt (V). Besarnya batas atas dan batas bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Pada saluran arus bolak balik besarnya tergantung pada impedansi serta admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Rugi tegangan dapat dinyatakan dengan rumus Persamaan (4).

$$\Delta V = I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L \quad (5)$$

dengan :

$$I = \text{Arus (A)}$$

$$R = \text{Tahanan Rangkaian } (\Omega)$$

$$X = \text{Reaktansi Rangkaian } (\Omega)$$

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan drop tegangan ( $\Delta V$ ) adalah selisih antara tegangan kirim ( $V_s$ ) dengan tegangan terima ( $V_r$ ), maka drop tegangan dapat dinyatakan dengan rumus persamaan (6).

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (6)$$

dengan :

$$\Delta V = \text{Drop Tegangan (V)}$$

$$V_s = \text{Tegangan Kirim (V)}$$

$$V_r = \text{Tegangan Terima (V)}$$

Persentase drop tegangan dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100 \quad (7)$$

### 2.2.8 Analisis Aliran Daya

Aliran daya adalah studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi. Aliran daya berfungsi untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan [1].

Dalam penyaluran energi listrik dari gardu induk ke pelanggan akan mengalami kerugian yang disebabkan oleh banyak hal salah satunya adalah jatuh tegangan. Jatuh tegangan disebabkan oleh jauhnya jarak antara beban dengan pusat penyaluran yang pada jaringan distribusi yang dalam hal ini berada di gardu induk.

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan analisis yang mengungkapkan kinerja suatu sistem tenaga listrik dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja. Hasil utama dari aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan, daya nyata dan daya reaktif yang ada pada setiap bus saluran. Hasil dari analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya losses, alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban. Sehingga analisis aliran daya menjadi sebuah patokan dalam menentukan lokasi dan *sizing distributed generation* yang akan dipasang.

Analisis aliran daya sangat diperlukan karena sepanjang waktu akan adanya penambahan beban, penambahan pembangkit, hubungan interkoneksi dengan sistem yang lain dan hubungan jaringan transmisi baru. Pengaruh yang terjadi akibat itu semua dapat dilihat setelah dilakukannya analisis aliran daya.

Dalam analisis aliran daya terdapat 3 jenis bus, yaitu [1] :

- Bus Referensi atau Slack Bus

Bus referensi adalah bus yang dipergunakan sebagai dasar pada sistem dengan besar dan sudut fase yang tetap. Bus referensi ini

menambah kekurangan daya antara beban total dengan daya yang di salurkan yang disebabkan oleh kerugian pada jaringan.

- Bus Beban atau (P – Q) bus

Pada bus beban nilai dari daya aktif dan daya reaktif tetap. Nilai dari besar dan sudut fasa tegangan tidak diketahui.

- Bus Generator atau (Q – V) bus

Pada bus generator daya aktif dan nilai tegangan bernilai tetap. Sedangkan sudut daya dan besar daya reaktif dihitung, besar Batasan daya reaktif juga ditentukan oleh sebelumnya.

Dalam penyelesaian analisis aliran daya terdapat 3 metode yang dapat digunakan. Pada Tugas Akhir ini, untuk melakukan analisis aliran daya pada keadaan sebelum maupun sesudah pembangunan penyulang KDS 18 digunakan metode Newton-Raphson. Metode ini digunakan karena jumlah iterasi metode Newton-Raphson lebih sedikit. Selain itu, metode Newton-Raphson cocok digunakan untuk jumlah bus berapa saja. Dan untuk mencapai konvergen metode Newton-Raphson lebih stabil walaupun jumlah busnya banyak. Untuk toleransi simpangan daya maksimum metode Newton-Raphson memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

### **2.2.9 Electric Transient and Analysis Program (ETAP)**

ETAP(*Electric Transient and Analysis Program*) Adalah suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik [2]. Perangkat ini mampu bekerja pada keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau dipergunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya juga bermacam-macam antara lain yaitu fitur yang digunakan untuk menganalisis pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini pada awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di AS (Amerika Serikat)

yang selanjutnya di Proyeksikan menjadi 2 System monitoring manajemen system secara *real time*, simulasi, system, dan optimasi system tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek system tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur system pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, *starting* motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan system harmonisasi. Sistem tenaga listrik memiliki masing masing elemen rangkaian yang dapat di kelola langsung dari diagram satu garis dan atau jalur system pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

ETAP *Power Station* memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram / diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan 3 konsep utama:

a. Virtual Realiti Operasi

Sistem operational yang ada pada program ini sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika mengoperasikan membuka atau menutup sebuah circuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

b. Total Integration Data

ETAP *Power Station* menyatukan informasi sistem elektrik, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, Pada elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui *raceways* yang dilalui oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk

satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisis aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short-circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan ampacity deratting suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

c. **Simplicity in Data Entri**

ETAP *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di entri sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.

### **2.2.9 Power Quality / Kualitas Daya Listrik**

Kualitas daya adalah ukuran seberapa baik sistem mendukung operasi beban yang andal. Gangguan daya atau “power quality event” dapat melibatkan tegangan, arus, atau frekuensi [5]. Gangguan daya dapat berasal dari sistem tenaga konsumen, beban konsumen atau utilitas.

Identifikasi kualitas daya listrik perlu dilakukan untuk melakukan perbaikan atau peningkatan kualitas daya. Beberapa permasalahan pada kualitas daya listrik antara lain :

a. **Tegangan Turun**

Penyebab terjadinya penurunan Tegangan antara lain adanya kenaikan beban atau penggunaan motor kapasitas besar. Gejala ini berakibat pada terganggunya rangkaian sensing pada computer dan control, serta terdapat beberapa peralatan yang tidak dapat bekerja dengan baik.

b. **Tegangan Swell**

Peningkatan nilai Tegangan pada kisaran 110 – 189 % dalam w 0,5 siklus hingga kurang dari satu menit. Penyebab kejadian ini antara lain kegagalan sistem, switching load dan switching kapasitor. Akibat dari gejala swell adalah rusaknya peralatan karena kegagalan isolasi.

c. Transien

Penyimpangan sesaat yang tidak Harapkan dari tegangan supply atau arus beban.

d. Harmonik

Merupakan distorsi sinusoidal periodic Tegangan suplai atau arus beban yang disebabkan oleh beban non lin linier. Dampak dari distorsi harmonic adalah over heating pada motor berbeban, gangguan pada relay dan rusaknya isolasi.

e. Distorsi Tegangan

Bentuk gelombang arus mengandung distorsi periodic yang bersifat sinusoidal yang tidak merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi pasokan mendasar.

f. Ketidakseimbangan Tegangan

Adanya perbedaan Tegangan pada masing-masing phasa pada sistem tiga phasa, dimana sudut normal antar phasa adalah  $120^0$

### **2.2.10 Sistem Satuan Per Unit**

Sistem per unit merupakan metode atau cara untuk memudahkan perhitungan-perhitungan dan analisa sistem tenaga listrik. Nilai – nilai yang dinyatakan dalam system per unit (pu) ini adalah nilai yang sebenarnya terjadi dibagi dengan suatu nilai dasar [1]. Nilai dasar ini diambil dari sembarang nilai yang dipilih dalam besaran yang sama.

Dalam analisa system daya nilai-nilai yang harus dihitung pun cukup besar apabila tetap menggunakan satuan – satuan biasa. Sehingga memungkinkan terjadinya kesulitan atau kesalahan dalam perhitungan. Maka dari itu, diperlukan sebuah metode untuk mengatasi masalah tersebut. Terdapat dua metode yang bisa digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu menggunakan persentase dan satuan per unit. Kedua metode perhitungan tersebut, baik dengan persentase maupun dengan satuan per unit, lebih sederhana disbanding menggunakan langsung nilai-nilai ampere, ohm, dan volt yang sebenarnya.

Definisi satuan per unit untuk suatu nilai yang dimana perbandingan nilai tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam decimal [4]. Atau dengan kata lain satuan per unit merupakan system pernskalaan guna mempermudah kalkulasi atau proses perhitungan dalam menganalisa sebuah system jaringan listrik. Besaran – besaran system dalam satuan masing – masing, tegangan dalam volt, arus dalam ampere, impedansi dalam ohm, ditransformasukan ke dalam besaran tak berdimensi yaitu per – unit (disingkat pu).

Pada mulanya transformasi ke dalam per – unit dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan, namun dengan perkembangan penggunaan computer maksud penyederhanaan itu dudah kurang berarti lagi. Pernyataan dalam per unit sangat bermanfaat terutama bagi system yang memiliki beberapa bagian yang dihubungkan oleh trafo dan memiliki level tegangan yang berbeda.

Nilai per unit dari suatu besaran merupakan rasio dari besaran tersebut dengan suatu besaran basis. Besaran basis ini berada pada satuan yang sama dengan satuan besaran aslinya sehingga nilai per unit besaran itu menjadi tidak memiliki satuan atau dimensi.

$$\text{nilai per – unit} = \frac{\text{Nilai sebenarnya suatu besaran}}{\text{Besaran dasar atau acuan dalam satuan yang sama}}$$

### ***2.2.11 Kualitas Tegangan Listrik***

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus, atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energy listrik (Roger C. Dugan, 2004). Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan didistribusikan, dimana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplay daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan itu sendiri. (Roger C. Dugan, 2004).

Perubahan beban pada system dan pada saat pengoperasian dapat menyebabkan perubahan tegangan durasi panjang. Gejala perubahan tegangan durasi panjang mempunyai waktu penyimpangan terhadap frekuensi dayanya selama lebih dari 1 menit. Jenis dari gejala variasi durasi panjang ada 3 yaitu interruption, undervoltage dan overvoltage.

#### **a. Overvoltage**

Overvoltage atau tegangan lebih adalah suatu gejala peningkatan nilai tegangan rms bolak-balik sebesar lebih dari 110% pada frekuensi daya untuk waktu lebih dari 1 menit [6]. Over voltage biasanya akibat operasi pensaklaran beban (misalnya switching dari sebuah beban besar atau kapasitor bank). Overvoltage dapat dihasilkn oleh terlalu lemahnya pengaturan tegangan yang dikehendaki terhadap system tenaga listrik tersebut atau kendali terhadap tegangan tidak Stabil. Kesalahan pengaturan pada trap changer transformer juga dapat menyebabkan tegangan lebih atau overvoltages pada system tenaga listrik

b. Undervoltage

Under voltage adalah suatu Kejadian penurunan tegangan rms bolak-balik sebesar kurang dari 90% dari nilai tegangan nominal pada frekuensi daya untuk durasi lebih dari 1 menit. Under voltage adalah hasil dari suatu Kejadian kembalinya keadaan over voltage menuju keadaan normalnya. Sebuah operasi pensaklaran beban atau memutuskan bank kapasitor dapat menyebabkan undervoltage, sampai keadaan di mana peralatan pengaturan tegangan pada sistem tegangan tersebut dapat Membuat kembali pada toleransi nilai tegangan yang standar. Keadaan overload atau beban lebih pada rangkaian dapat mengakibatkan penurunan tegangan atau under voltage

c. Interruption

Pada saat tegangan suplay dari sebuah sistem tenaga menjadi nol untuk jangka waktu lebih dari 1 menit, maka gejala perubahan tegangan ini disebut interupsi atau pemadaman berkelanjutan. Gangguan tegangan yang terjadi lebih dari 1 menit merupakan gangguan permanen yang membutuhkan Peran tenaga teknisi untuk memperbaiki sistem tenaga tersebut, agar kembali menjadi normal seperti sebelum terjadinya gangguan. Istilah pemadaman berkelanjutan (sustained interruption) mengacu pada fenomena yang terjadi sistem tenaga listrik tertentu dan secara umum tidak ada hubungannya dengan penggunaan istilah Outage. Istilah outage lebih menerangkan keluarnya komponen dari sistem tenaga listrik, di mana hal ini lebih berhubungan dengan kehandalan Jaringan dari suatu sistem tenaga listrik

# BAB III

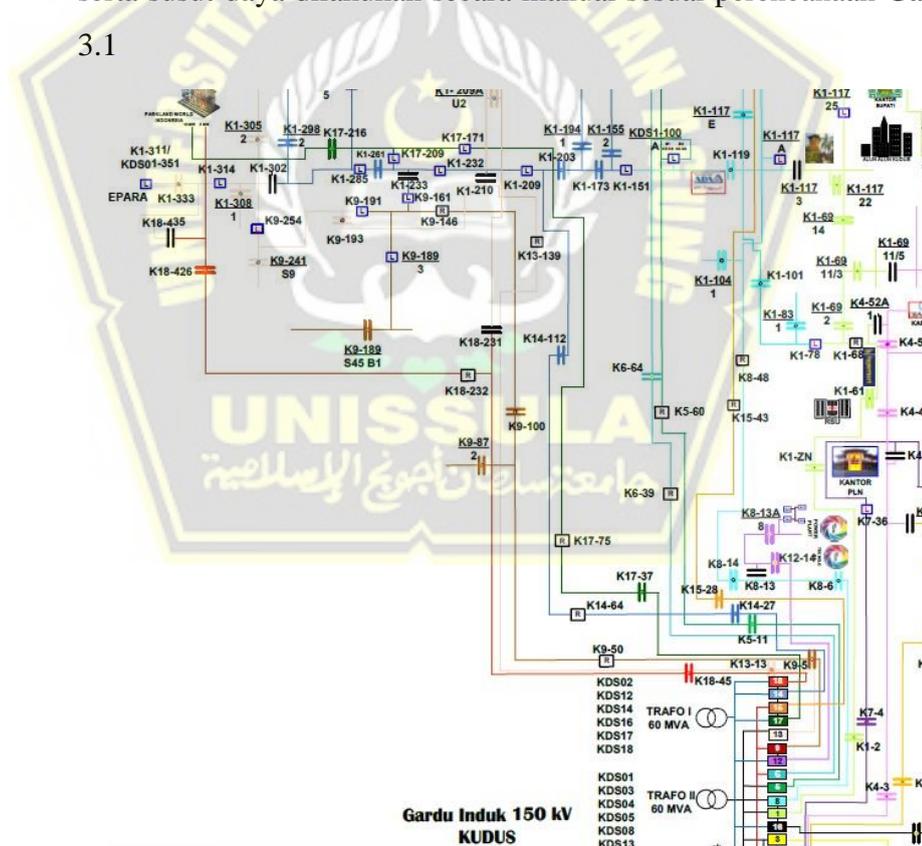
## METODE PENELITIAN

### 3.1. Model Penelitian

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan 2 model perhitungan analisa untuk memperbaiki kualitas tegangan dengan cara pembangunan penyulang baru KDS18 di GI Kudus.

#### 1. Dengan menggunakan model perhitungan manual

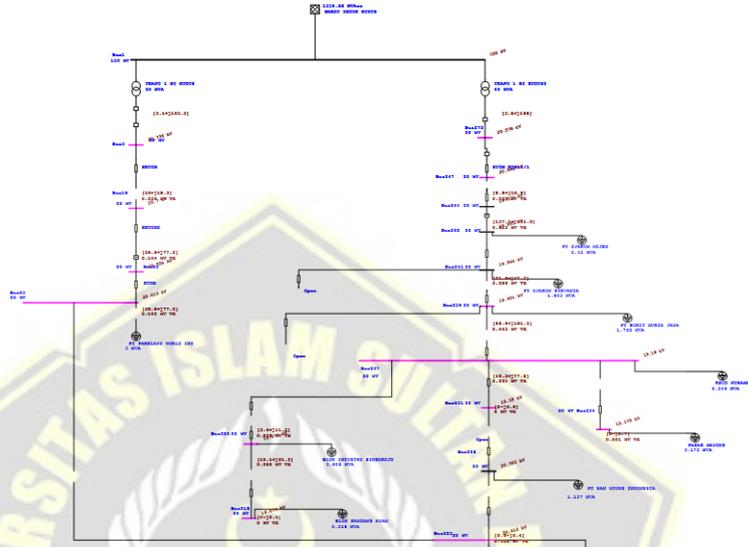
Berdasarkan teori yang telah diperoleh, perhitungan drop tegangan serta susut daya dilakukan secara manual sesuai perencanaan Gambar 3.1



Gambar 3.1 Metode Perhitungan Manual

## 2. Dengan menggunakan model perhitungan simulasi ETAP

Dengan bantuan ETAP, perhitungan simulasi pembangunan jaringan KDS18 dengan maksud menganalisa drop tegangan dan susut daya dapat dilaksanakan sesuai medel Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Metode Perhitungan Simulasi ETAP

Dasar yang digunakan dalam analisa mengacu pada data perusahaan tahun 2018.

Tugas Akhir dilakukan dengan mensimulasikan menggunakan software ETAP 12.6, software yang digunakan akan mensimulasikan peralatan tenaga listrik ketika KDS18 beroperasi dan data yang diperoleh dari hasil simulasi berupa jatuh tegangan dan susut daya yang timbul setelah penyulang KDS18 beroperasi.

Penggunaan software ETAP dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan nilai jatuh tegangan di setiap beban, perhitungan losses yang terjadi pada penyulang serta jenis metode analisis aliran daya yang digunakan. Pada software ETAP 12.6 terdapat 2 metode analisis aliran daya, yaitu metode Gauss Seidel dan Metode Newton Raphson. Serta pada software ETAP jumlah iterasi yang digunakan dapat ditentukan

sehingga untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat bisa menggunakan Metode Newton Raphson dengan jumlah iterasi maksimal 9.999.

Pada Tugas Akhir ini, peneliti memilih metode Newton Raphson dengan jumlah iterasi maksimal 9.999. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai dengan tingkat error lebih kecil.

### **3. Perbandingan Nilai Kualitas Daya Sebelum dan Sesudah Pembangunan Penyulang KDS 18.**

Proses perbandingan nilai kualitas daya sebelum dan sesudah pembangunan penyulang KDS 18 dilakukan dengan menghitung nilai jatuh tegangan, nilai beban, rugi daya pada penyulang KDS 13 kondisi normal dengan menggunakan software ETAP dan perhitungan manual. Kemudian, merancang pembangunan penyulang KDS 18. Setelah pembagian beban antara penyulang KDS 13 dengan penyulang KDS 18 dilakukan perhitungan nilai jatuh Tegangan, nilai beban dan nilai rugi daya yang terjadi menggunakan software ETAP dan perhitungan manual. Hasil perhitungan akan dibandingkan untuk melihat perubahan kualitas daya sehingga tujuan dari perencanaan pembangunan penyulang KDS 18 dapat tercapai.

#### **3.2. Alat Yang Digunakan**

- 1 Unit PC Komputer
- Perangkat lunak ETAP versi 12.6
- Perangkat Ms Word
- Perangkat Ms Excel

#### **3.3. Prosedur Penelitian**

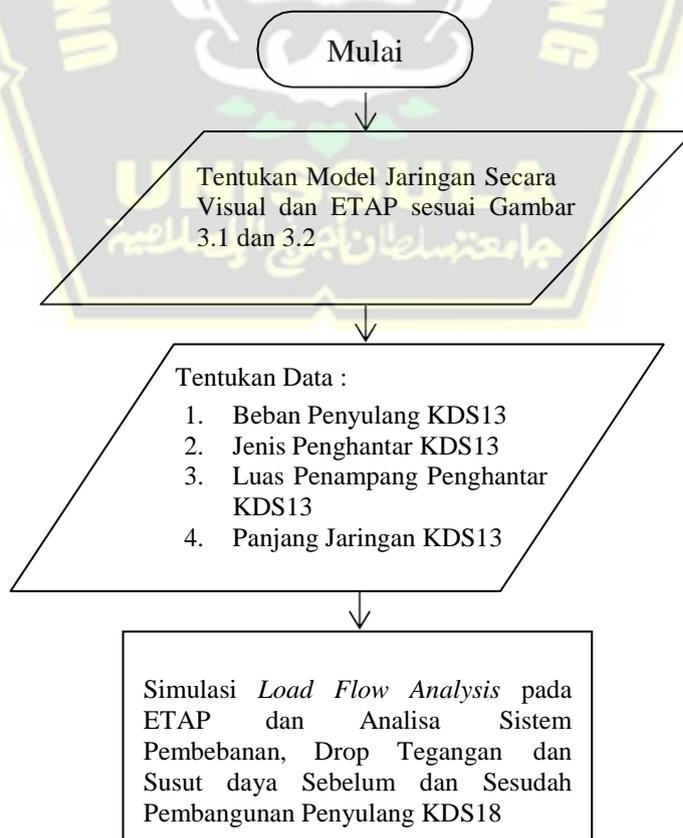
Dalam melaksanakan penelitian ini prosedur yang digunakan antara lain :

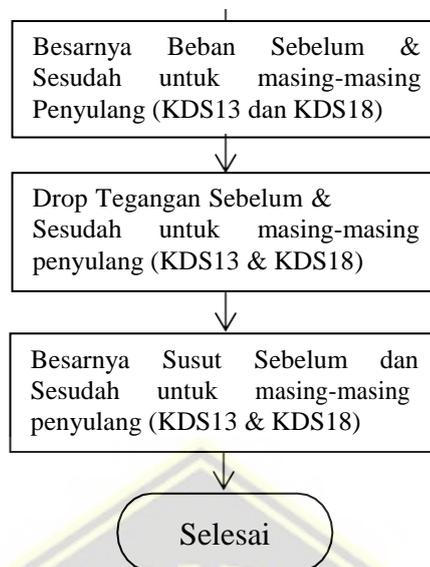
1. Menghitung beban persection penyulang KDS13
2. Mendata jenis dan luas penampang penghantar penyulang KDS13.

3. Menghitung jarak persection penyulang KDS13
4. Menggambar penyulang KDS13 sebelum dan sesudah pembangunan penyulang KDS18
5. Memasukan data berupa beban, jenis dan luas penampang serta jarak pada ETAP
6. Melakukan analisis aliran daya dengan menggunakan metode Newton Raphson dengan jumlah iterasi maksimal 9.999
7. Melakukan perbandingan nilai tegangan ujung dan total rugi daya sebelum dan sesudah pembangunan penyulang kds 18.

### 3.4. Diagram Alir Metode Penyelesaian Masalah

Dalam melaksanakan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pelaksanaan yang tersusun secara runtut untuk mendapatkan data dan hasil analisa pembebanan dan evaluasi susut daya di GI Jekulo khususnya Penyulang KDS13 dan KDS18. Secara garis besar diagram alir digambarkan seperti gambar 3.1





**Gambar 3.3 Diagram Alir Pengerjaan Laporan Akhir**

### 3.5. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah sumber subjek darimana data didapatkan. Sumber data terbagi menjadi 2 yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dengan mengamati kondisi dilapangan, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada.

#### 1. Data Primer

Data primer yang digunakan pada penelitian ini didapat dengan cara melakukan pengamatan langsung kelapangan dengan Melaksanakan pengukuran beban dan mendata asset perusahaan dalam hal ini data yang difokuskan ke asset perusahaan penyulang KDS13. Adapun data perusahaan penyulang KDS13 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Table 3.1 Data Penyulang KDS13**

No	Alat Switching	Section	Panjang Penghantar	MVA	Arus	cos	Pelanggan PLN
1	PMT KDS13	1		0	0	0,8	-
2	K13-13	2	0.7	0	0	0,8	-
3	K13-139	3	6.93	0.45	13	0,8	PT Djarum Mijen
4	K13-139/13	3.1	0.7	1.905	55	0,8	PT Djarum Stefania
5	K13-193	4	2.97	1.766	51	0,8	PT Bukit Muria Jaya
6	K13-254	5	3	0.346	10	0,8	RSUD Muhammadiyah
7	K13-254/S9	6	0.5	0.173	5	0,8	Pasar Mayong
8	K13-305/2	7	2.8	5.928	120	0,8	Blok Industri Singorojo
9	K13-305/52	8	2.8	0.039	4	0,8	Blok Kandang Ayam
10	K13-314	9	0.5	2.078	60	0,8	PT Han Young Indonesia
11	K13-333	10	1	1.157	33	0,8	Mayong Square

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data-data yang berkaitan dengan konduktor sebagai penghantar jaringan tegangan menengah dan arus hubung singkat trafo GI Kudus sesuai Tabel 3.2

**Table 3.2 Arus Hubung Singkat GI Kudus**

Tegangan	Arus Hubung Singkat	X/R
3 Phasa	6094,807	6,512489
1 Phasa	1459,761	5,109488

Untuk menentukan Kemampuan Hantar Arus (KHA) dari penghantar suatu penyulang mangacu pada SPLN No.64 Tahun 1985 seperti tabel 3.3 [5]

**Table 3.3 KHA Penghantar AAC dan AAAC**

<b>Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>KHA untuk penghantar AAC (A)</b>	<b>KHA untuk penghantar AAAC (A)</b>
16	110	105
25	145	135
35	180	170
50	225	210
70	270	255
95	340	320
120	390	365
150	455	425
185	520	490
240	625	585

Tabel 3.3 dihitung dengan memperhatikan kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Kecepatan angin 0,6 m/s
2. Suhu keliling akibat sinar matahari 35°C
3. Suhu penghantar maksimum 80°C
4. Jika tidak ada angin maka KHA dapat dikali 0,7 kali

Untuk menentukan besarnya resistansi arus bolak-balik suatu penghantar mengacu pada SPLN No.64 Tahun 1985 untuk sistem pentanahan netral 500 Ohm seperti tabel 3.4 ,3.5 dan 3.6 [5]

**Table 3.4 Impedansi Penghantar AAAC**

<b>Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Jari Jari (mm)</b>	<b>Urat</b>	<b>GMR (mm)</b>	<b>Impedansi Urutan Positif (Ohm/km)</b>	<b>Impedansi Urutan Nol (Ohm/km)</b>
16	2,2562	7	1,63	1,8382 + j 0,4035	1,9862 + j 1,6910
25	2,8204	7	2,0476	1,1755 + j 0,3895	1,3245 + j 1,6770
35	3,3371	7	2,4228	0,8403 + j 0,3791	0,9883 + j 1,6666
50	3,9887	7	2,8959	0,5882 + j 0,03677	0,7362 + j 1,6552
70	4,7192	7	3,4263	0,4203 + j 0,3572	0,5682 + j 1,6447

95	5,4979	19	4,1674	0,3096 + j 0,3464	0,4576 + j 1,6339
120	6,1791	19	4,6837	0,2451 + j 0,3375	0,3931 + j 1,6250
150	6,9084	19	5,2365	0,1961 + j 0,3375	0,3441 + j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1590 + j 0,3239	0,3070 + j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1225 + j 0,3157	0,2705 + j 1,6032

**Table 3.5 Impedansi Kabel Tanah dengan Penghantar Aluminium**

A (mm <sup>2</sup> )	R (ohm/km)	L (mH/km)	C (mf/km)	Impedansi Urutan Positif (ohm/km)	Impedansi Urutan Nol (ohm/km)
150	0,206	0,33	0,26	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312
240	0,125	0,31	0,31	0,125 + j 0,097	0,275 + j 0,029
300	0,1	0,3	0,34	0,100 + j 0,094	0,250 + j 0,282

**Table 3.6 Tahanan Penghantar Tegangan 20Kv**

Σ Penghantar	Penghantar		Tahanan Maks pada DC temp 20C (ohm/km)	Tahanan pada AC temp 90C (ohm/km)	Saat Operasi		Maks Kapasitas arus temp 30C		Arus Hub Singkat selama 1 detik (kA)	Teg nom. Prcbn (kV/5 min)
	Luas Penghantar (mm <sup>2</sup> )	Jenis Penghantar			L (mH/km)	C (mF/km)	Dalam tanah (A)	Di udara (A)		
3	35	CU	0,524	0,668	0,52	0,131	164	173	5,01	30
		AL	0,868	1,113	0,52	0,131	127	139	3,29	30
3	50	CU	0,387	0,494	0,497	0,143	194	206	7,15	30
		AL	0,641	0,822	0,497	0,143	148	161	4,7	30
3	70	CU	0,268	0,342	0,467	0,162	236	257	10,01	30
		AL	0,443	0,568	0,467	0,162	179	204	6,58	30
3	95	CU	0,193	0,247	0,445	0,18	183	313	13,59	30
		AL	0,32	0,411	0,445	0,18	214	242	8,93	30
3	120	CU	0,153	0,196	0,43	0,195	322	360	17,16	30
		AL	0,253	0,325	0,43	0,195	246	292	11,28	30
3	150	CU	0,124	0,159	0,414	0,213	362	410	21,45	30
		AL	0,206	0,265	0,414	0,213	264	313	14,1	30

3	185	CU	0,0991	0,128	0,414	0,227	409	469	26,46	30
		AL	0,164	0,211	0,414	0,227	308	365	17,39	30
3	240	CU	0,0754	0,098	0,382	0,263	474	553	34,32	30
		AL	0,125	0,162	0,382	0,263	358	425	22,56	30
3	300	CU	0,0601	0,079	0,376	0,276	533	629	42,9	30
		AL	0,1	0,13	0,376	0,276	398	481	28,2	30



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Kondisi Sistem Saat Ini

Wilayah Kudus Jl. Kudus- Jepara yang merupakan daerah pusat industri, dimana di daerah tersebut terdapat banyak sekali pabrik dan industri. Jenis pelanggan industri yang ada di wilayah tersebut antara lain :

1. PT Djarum Mijen
2. PT Djarum Stefania
3. PT Bukit Muria Jaya
4. RSUD Muhammadiyah
5. Pasar Mayong
6. Blok Industri Singorojo
7. Blok Kandang Ayam
8. PT Han Young Indonesia
9. Mayong Square

Kawasan tersebut disuplay dari penyulang KDS13 dengan beban penyulang adalah sebesar 402 Ampere terhitung pada Desember 2019 yang terhubung pada GI Kudus. Gardu Induk Kudus untuk saat ini memiliki 3 (dua) unit trafo daya 150/20 KV dengan kapasitas :

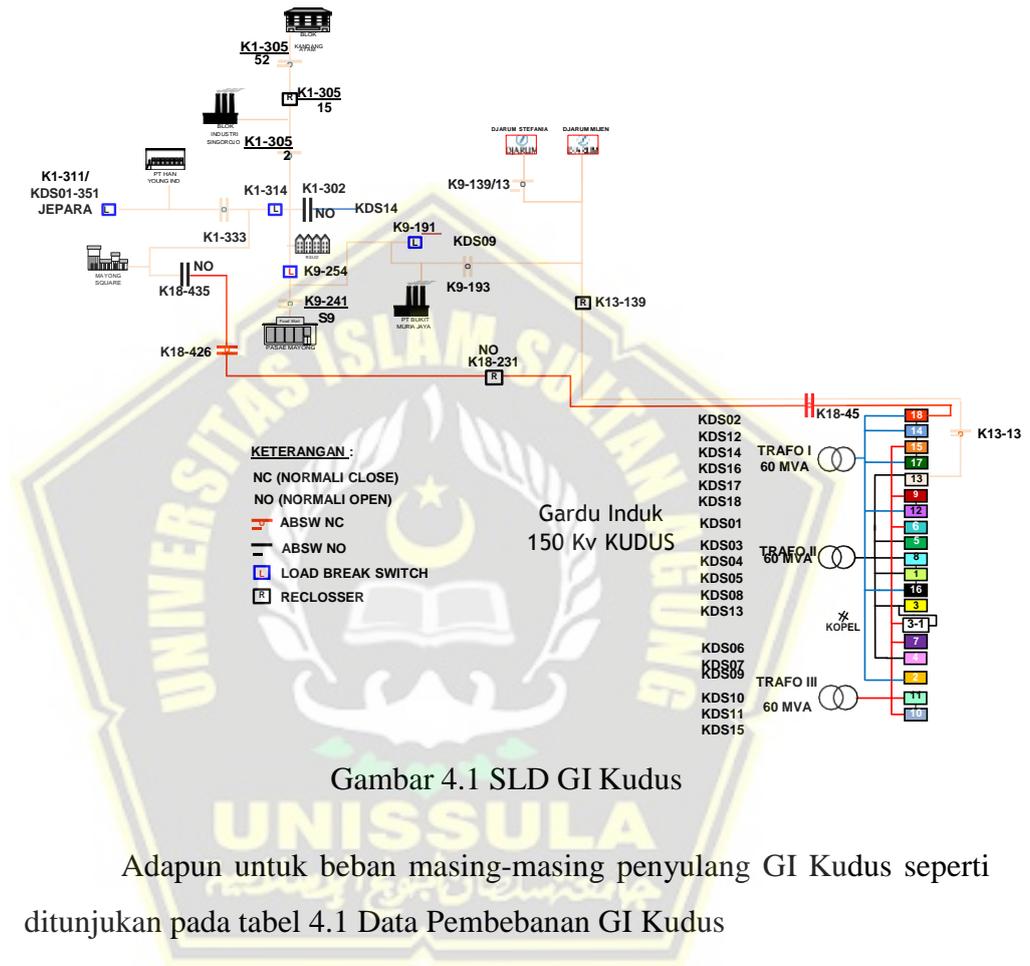
1. Trafo I 60MVA dengan 6 Penyulang outgoing 20 KV; dan
2. Trafo II 60 MVA dengan 6 Penyulang outgoing 20 KV; dan
3. Trafo III 60 MVA dengan 6 Penyulang outgoing 20 KV.

Beban masing masing trafo pada Gardu Induk Kudus berdasarkan data pengukuran beban di bulan Desember 2019 adalah sebagai berikut :

1. Trafo I GI Kudus : 18,8 MW (33%) tertinggi.

2. Trafo II GI Kudus : 30,7 MW (53,9%) tertinggi.
3. Trafo III GI Kudus : 30,7 MW (53,9%) tertinggi.

Untuk lebih memperjelas kondisi GI Kudus dapat dilihat seperti Gambar 4.1



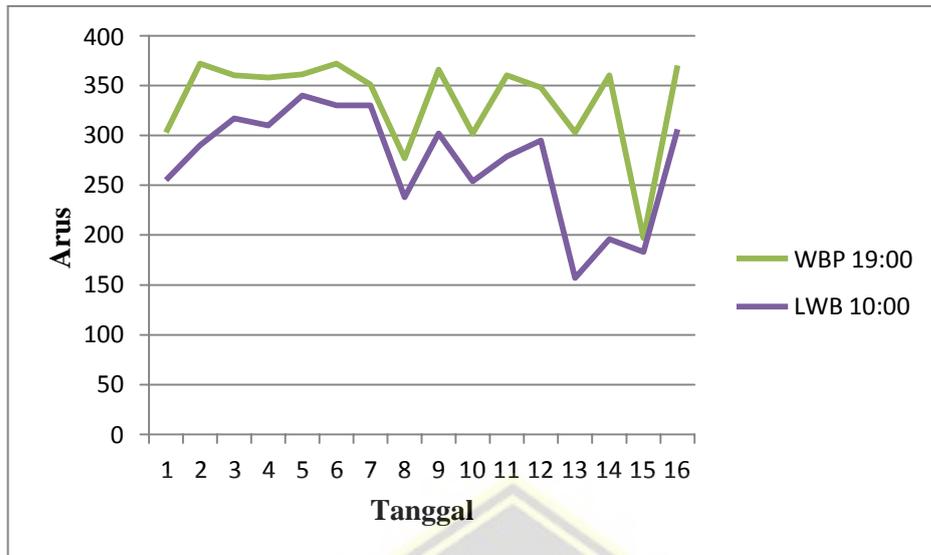
Gambar 4.1 SLD GI Kudus

Adapun untuk beban masing-masing penyulang GI Kudus seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 Data Pembebanan GI Kudus

**Tabel 4.1 Pembebanan Penyulang GI Kudus**

Gardu Induk	Trafo	MVA	Feeder	Beban Penyulang				Tegangan	
				JAM 10:00		JAM 19:00		10:00	19:00
				Tertinggi Mencapai	Tertinggi Normal	Tertinggi Mencapai	Tertinggi Normal	kV	kV
KUDUS	1	60	KDS14	269	298	214	260	20.0	20.0
KUDUS	1	60	KDS12	263	261	241	238	20.0	20.0
KUDUS	1	60	KDS17	227	228	6	4	20.0	20.0
KUDUS	1	60	KDS18	95	90	102	94	20.0	20.0
KUDUS	1	60	KDS02	205	186	214	194	20.0	20.0
KUDUS	1	60	KDS16	190	227	247	295	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS01	319	288	330	305	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS03	333	339	359	364	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS05	173	172	263	263	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS08	109.2	120.2	66.4	81.8	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS13	351	325	299	266	20.0	20.0
KUDUS	2	60	KDS04	167	142	150	115	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS06	218	225	306	314	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS07	207	219	224	255	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS09	167	174	130	130	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS11	157	179	213	242	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS10	208	172	184	132	20.0	20.0
KUDUS	3	60	KDS15	147	151	27	24	20.0	20.0

Untuk karakteristik beban penyulang KDS13 adalah pelanggan industri dengan beban puncak pada bulan Desember 2019 sebesar 351 A. pada pengukuran beban pukul 10.00 dan 19.00 dapat dilihat sesuai Gambar 4.2



**Gambar 4.2 Karakteristik Beban Penyulang KDS13**

#### 4.2. Kajian Kelayakan Operasi

Kajian Kelayakan Operasi (KKO) pembangunan penyulang KDS18 sepanjang 21,3 Km. Penyulang KDS18 akan mengambil beban dari Penyulang KDS13 sebesar 93 A atau 3,235 MVA. Pada kondisi saat ini beban penyulang KDS13 sebesar 351 A atau 13,842 MVA melebihi beban yang diijinkan yaitu 250 A. Beban yang diijinkan untuk dipikul sebuah penyulang 250 A dimaksudkan untuk menjaga keandalan penyulang tersebut apabila terjadi gangguan dapat dilimpahkan sepenuhnya ke penyulang lain tanpa menimbulkan gangguan *overload* akibat manuver jaringan.

#### 4.3. Analisa Penghantar Sebelum Penataan Beban

##### 4.3.1. Drop Tegangan

Berdasarkan data teknis pada penghantar di Penyulang KDS13 yaitu menggunakan penghantar jenis AAAC dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup>, maka untuk menentukan besarnya nilai resistansi arus bolak-balik dari penghantar mengacu pada Tabel 3.4 Impedansi Penghantar AAAC

Tegangan 20KV. Untuk menghitung besarnya drop tegangan menggunakan rumus persamaan(2.4)

Diketahui nilai arus pada penghantar jaringan tegangan menengah KDS 13 dari beban sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 I_{\text{section 1}} &= 351 \text{ A} \\
 \text{Penghantar} &= \text{AAAC } 240\text{mm}^2 \\
 \text{Panjang Penghantar} &= 21,9 \text{ Km} \\
 Z &= 0,1225 + j 0,3157 \Omega/\text{km} \\
 \cos \varphi &= 0,8 \\
 \varphi &= 36,869^\circ \\
 \sin \varphi &= 0,6
 \end{aligned}$$

Dari data diatas kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) perhitungan drop tegangan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L \\
 \Delta V &= \sqrt{3} \times 351 \times (0,1225 \times 0,8 + 0,3157 \times 0,6) 21,9 \text{ V} \\
 \Delta V &= 607,95 (0,098 + 0,18942) 21,9 \text{ V} \\
 \Delta V &= 607,95 \times (0,28742 \times 21,9) \text{ V} \\
 \Delta V &= 2.209,36 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung drop tegangan pada penyulang KDS13 dapat menggunakan software dengan rumus seperti diatas. Hasil simulasi perhitungan drop tegangan menggunakan software microsoft excel dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Drop Tegangan KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18

Section	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	Cos $\phi$	Sin $\phi$	$\Delta$ ( )
1	13	6,93	0,1225	0,3157	0,8	0,6	25,89
2	55	0,7	0,1225	0,3157	0,8	0,6	19,17
2.1	51	2,97	0,1225	0,3157	0,8	0,6	75,41
3	10	3	0,1225	0,3157	0,8	0,6	14,93
4	5	0,5	0,1225	0,3157	0,8	0,6	1,24
4.a	120	2,8	0,1225	0,3157	0,8	0,6	167,27
4.1	4	2,8	0,1225	0,3157	0,8	0,6	5,58
4.2	60	0,5	0,1225	0,3157	0,8	0,6	14,93
5	33	1	0,1225	0,3157	0,8	0,6	16,43

Setelah diketahui nilai drop tegangan sesuai Tabel 4.2 maka tegangan terima dapat diketahui dengan menggunakan rumus persamaan (6)

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$2.209,37 V = 20.200 V - V_r$$

$$V_r = 18.090,63 V$$

Persentase jatuh tegangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7).

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

$$\Delta V = \frac{20,3 KV - 18,09KV}{20,3 KV} \times 100$$

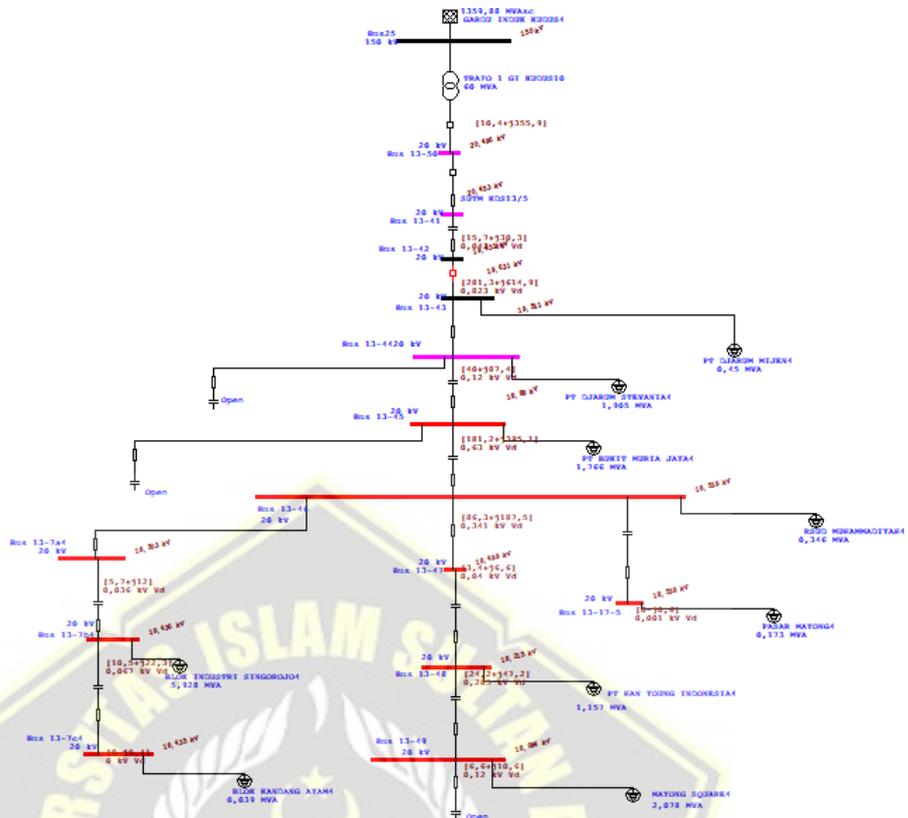
$$\Delta V = 10,87 \%$$

hasil simulasi perhitungan drop tegangan pada Penyulang KDS13 dapat dilihat pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3 Drop Tegangan Total KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18  
Berdasarkan Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP**

Section	Tegangan (KV)		Beban (A)	Drop Tegangan (KV)	% Drop Tegangan
	Pangkal	Ujung			
1	20,3	20,3	0	0	0%
2	20,3	19,89	13	0,41	2,05%
2.1	19,72	19,21	55	0,51	2,55%
3	19,61	19,503	51	0,107	0,54%
4	19,103	18,98	10	0,123	0,62%
4.a	18,88	18,805	5	0,075	0,38%
4.1	18,88	18,512	120	0,368	1,84%
4.2	18,512	18,497	4	0,015	0,08%
5	18,88	18,509	60	0,371	1,86%
6	18,509	18,31	33	0,199	1,00%
<b>Total</b>				<b>2.563</b>	<b>12,81%</b>

Jadi tegangan di penyulang KDS13 sebelum pembangunan penyulang KDS18 sebesar 12,812% dengan tegangan ujung penyulang 18,315 KV.



**Gambar 4.3 Simulasi Load Flow Penyulang KDS 13**

Pada simulasi Gambar 4.3 diperoleh tegangan ujung pada Penyulang KDS 13 sebesar 18,31 KV dimana untuk nilai tegangan tersebut sudah melebihi batas kualitas tegangan pelayanan yaitu -10% s.d +5% dari tegangan nominal 20 KV (SPLN No.72 tahun 1987 ayat 19).

#### 4.3.2. Susut Daya

Untuk menghitung nilai susut daya suatu penyulang dapat menggunakan persamaan 1.

Tabel 4.6 merupakan hasil simulasi perhitungan susut daya pada microsoft excel dengan menggunakan rumus seperti diatas.

**Tabel 4.4 Susut daya KDS 13 Sebelum Pembangunan KDS 18**

No.	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	Resistansi ( $\Omega$ )	Susut daya (KWatt)
1	13	6,93	0,125	24,2
2	55	0,7	0,125	181,2
3	51	2,97	0,125	86,3
4	10	3	0,125	10,5
5	5	0,5	0,125	5,7
6	120	2,8	0,125	281,3
7	4	2,8	0,125	10,4
8	60	0,5	0,125	40
9	33	1	0,125	15,7
Total				655,3

Menghitung presentase susut penyulang KDS 13 sebelum pembangunan penyulang KDS 18 dapat menggunakan persamaan rumus 2 . Akan tetapi sebelum menggunakan persamaan tersebut perlu diketahui daya yang dihasilkan / yang dikirim ke konsumen dengan menggunakan persamaan (4)

$$P_s = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_s = \sqrt{3} \times 20.000 \times 351 \times 0,8$$

$$P_s = 9.727.197,34 \text{ watt}$$

Kemudian, didapat nilai efisiensi penyulang KDS 13 dengan menggunakan persamaan (2)

$$\eta = \frac{655.300}{9.727.197,34} \times 100\%$$

$$\eta = 6,73 \%$$

Susut daya yang terjadi di penyulang KDS 13 sebesar 1.011.788,21 Watt dengan presentase losses sebesar 4,36%. Dari

perhitungan simulasi susut yang dilakukan diperoleh potensi kerugian energi selama 1 tahun adalah sebagai berikut :

$$P = 655.300 \text{ KW} \times 8.760 \text{ h}$$

$$P = 5.740.428 \text{ KWh}$$

Gambar 4.4 menunjukkan simulasi susut pada aplikasi ETAP.

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Line338	4.930	3.071	-4.919	-3.048	10.5	22.3	92.5	92.2	0.34
Line339	-4.930	-3.071	4.936	3.083	5.7	12.0	92.5	92.7	0.18
Line337	0.032	0.020	-0.032	-0.020	0.0	-0.4	92.2	92.2	0.00
Line340	-0.143	-0.089	0.143	0.088	0.0	-0.6	92.7	92.7	0.01
SUTM KDS13/5	-11.798	-8.836	11.814	8.866	15.7	30.3	102.3	102.5	0.21
KDS13-13 s.d KDS13-4	11.798	8.836	-11.517	-8.221	281.3	614.9	102.3	98.2	4.11
Line332	11.137	7.986	-11.097	-7.898	40.0	87.4	98.2	97.6	0.60
Line334	9.493	6.905	-9.312	-6.510	181.2	395.1	97.6	94.4	3.15
Line333	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-0.7	97.6	96.1	0.00
Line336	8.138	5.243	-8.052	-5.055	86.3	187.5	94.4	92.7	1.70
Line335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.1	94.4	93.0	0.00
Line341	2.687	1.707	-2.683	-1.700	3.4	6.6	92.7	92.5	0.20
Line342	2.683	1.700	-2.659	-1.653	24.2	47.2	92.5	91.1	1.42
Line343	1.709	1.064	-1.703	-1.054	6.6	10.6	91.1	90.5	0.60
Line344	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-1.3	90.5	89.1	0.00
TRAF0 1 GI KUDUS10	-11.814	-8.866	11.824	9.222	10.4	355.9	102.5	100.0	0.98
					665.3	1766.7			

**Gambar 4.4 Susut KDS 13 Sebelum Pembangunan KDS 18**

Simulasi pada aplikasi ETAP sesuai gambar 4.2 menunjukkan bahwa susut jaringan penyulang KDS 13 nilai susut hanya mengacu pada line dikarenakan kajian kelayakan hanya membandingkan susut yang ada di penyulang KDS 13.

**Tabel 4.5 Susut daya KDS 13 Dengan Menggunakan ETAP Sebelum Pembangunan KDS 18**

No.	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	Susut daya (KWatt)
1	13	6,93	24,2
2	55	0,7	181,2
3	51	2,97	86,3
4	10	3	10,5
5	5	0,5	5,7
6	120	2,8	281,3
7	4	2,8	10,4
8	60	0,5	40
9	33	1	15,7
Total			655,3

Rumus Perhitungan Susut menggunakan persamaan (4)

$$P_s = \sqrt{3} \times 20.000 \times 351 \times 0,8$$

$$P_s = 9.727.197,34 \text{ watt}$$

Rumus Perhitungan Effisiensi menggunakan persamaa (2).

$$\eta = \frac{655.300}{9.727.197,34} \times 100\%$$

$$\eta = 6,73\%$$

dari tabel 4.7 maka dapat diketahui total susut penyulang KDS 13 yaitu sebesar 655,3 KW dengan prosentase susut daya sebesar 6,73%. Berdasarkan rumus dan simulasi ETAP hasil perhitungan tersebut masih dibawah standart SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu sebesar 10%. Dari perhitungan simulasi susut dengan menggunakan ETAP yang dilakukan diperoleh potensi kerugian energi selama 1 tahun adalah sebagai berikut :

$$P = 655,3 \text{ KW} \times 8.760 \text{ h}$$

$$P = 5.740.428 \text{ KWh}$$

#### 4.4. Analisa Penghantar Sesudah Penataan Beban

##### 4.4.1. Drop Tegangan

Diketahui nilai arus pada penghantar jaringan tegangan menengah dari beban sebagai berikut

$$\begin{aligned} I_{\text{section 1}} &= 258 \text{ A} \\ \text{Penghantar} &= \text{AAAC } 240\text{mm}^2 \\ \text{Panjang Penghantar} &= 13 \text{ Km} \\ Z &= 0,1225 + j 0,3157 \Omega/\text{km} \\ \cos \varphi &= 0,8 \\ \varphi &= 36,869^\circ \\ \sin \varphi &= 0,6 \end{aligned}$$

Dari data diatas kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 258 \times (0,1225 \times 0,8 + 0,3157 \times 0,6) \times 13$$

$$\Delta V = 258 \times (0,098 + 0,18942) \times 13$$

$$\Delta V = 1372,44 \text{ V}$$

Untuk menghitung drop tegangan pada penyulang KDS 13 dapat menggunakan software dengan rumus seperti diatas. Berikut tabel hasil simulasi perhitungan drop tegangan menggunakan software microsoft excel.

**Tabel 4.6 Drop Tegangan KDS 13 Setelah Pembangunan KDS 18**

Section	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	Cos $\phi$	Sin $\phi$	$\Delta V$ (Volt)
1	13	6,93	0,1225	0,3157	0,8	0,6	25,89
2	55	0,7	0,1225	0,3157	0,8	0,6	19,17
2.1	51	2,97	0,1225	0,3157	0,8	0,6	75,41
3	10	3	0,1225	0,3157	0,8	0,6	14,93

4	5	0,5	0,1225	0,3157	0,8	0,6	1,24
4.a	120	2,8	0,1225	0,3157	0,8	0,6	167,27
4.1	4	2,8	0,1225	0,3157	0,8	0,6	5,58

Setelah diketahui nilai drop tegangan sesuai Tabel 4.8 maka tegangan terima dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 6.

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$1372,44 V = 20.000 V - V_r$$

$$V_r = 20.000 - 1372,44 V$$

$$V_r = 18,627 KV$$

Persentase jatuh tegangan dapat dihitung menggunakan persamaan (7)

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

$$\Delta V = \frac{20 KV - 18,627 KV}{20 KV} \times 100$$

$$\Delta V = 6,86 \%$$

Tabel 4.9 merupakan hasil simulasi perhitungan drop tegangan pada Penyulang KDS 13.

**Tabel 4.7 Tegangan Drop Total Penyulang KDS 13 Menggunakan ETAP Sesudah Pembangunan Penyulang KDS 18**

Section	Tegangan (KV)		Beban (A)	Drop Tegangan (V)	% Drop Tegangan
	Pangkal	Ujung			
1	20	20	0	0	0,00%
2	20	19,91	13	0,088	0,44%
2.1	19,912	19,76	55	0,148	0,74%
3	19,764	19,44	51	0,326	1,65%
4	19,438	19,31	10	0,129	0,66%
4.a	19,309	19,23	5	0,081	0,42%
4.1	19,16	18,84	120	0,32	1,67%
4.2	18,84	18,627	4	0,24	1,27%

Total	1,332	6,86%
-------	-------	-------

Jadi tegangan di penyulang KDS13 setelah pembangunan penyulang KDS18 sebesar 6,86% dengan tegangan ujung penyulang 18,627 KV.

Sedangkan drop tegangan yang dimiliki penyulang baru KDS 18 dengan menggunakan persamaan sama dengan perhitungan drop tegangan di penyulang KDS13 maka diperoleh drop tegangan sebagai berikut :

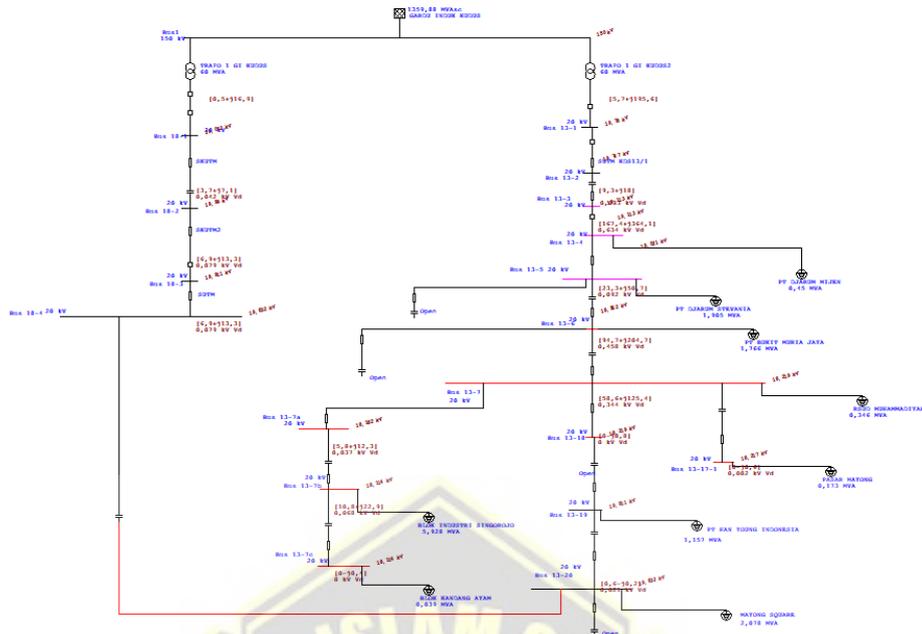
**Tabel 4.8 Drop Tegangan Penyulang KDS 18**

Section	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	Cos $\phi$	Sin $\phi$	$\Delta V$ (Volt)
1	60	2,7	0,1225	0,3157	0,8	0,6	198
2	33	4,15	0,1225	0,3157	0,8	0,6	30

**Tabel 4.9 Drop Tegangan Total Penyulang KDS 18**

Section	Tegangan (KV)		Beban (A)	Drop Tegangan (V)	% Drop Tegangan
	Pangkal	Ujung			
1.1	20,03	19,832	60	198	1,189%
1.2	19,832	19,801	30	31	0,151%
		Total		229	1,34%

Pada Tabel 4.10 dan 4.11 menunjukkan drop tegangan masing-masing penyulang. Jadi drop tegangan di penyulang KDS 18 sebesar 1,34% dengan tegangan ujung penyulang 19,801 KV.



**Gambar 4.5 Simulasi Load Flow Penyulang KDS 13 Setelah Pembangunan Penyulang KDS 18**

Pada simulasi Gambar 4.5 diperoleh tegangan ujung pada Penyulang KSD 13 sebesar 18,627 KV dimana untuk nilai tegangan tersebut masih dalam batas kualitas tegangan pelayanan yaitu -10% s.d +5% dari tegangan nominal 20 KV (SPLN No.72 tahun 1987 ayat 19).

**Tabel 4.10 Nilai Tegangan Persection KDS 13 Setelah Pembangunan Penyulang KDS 18 dengan Menggunakan ETAP**

Section	Tegangan (KV)		Beban (A)	Drop Tegangan (V)	% Drop Tegangan
	Pangkal	Ujung			
1	20	20	0	0	0,00%
2	20	20	0,15	0	0,00%
2.1	19,85	19,64	0,21	0,21	1,06%
3	19,64	19,29	0,35	0,35	1,78%
4	19,29	19,03	0,26	0,26	1,35%
4.a	19,03	18,903	0,127	0,127	0,67%
4.1	18,903	18,631	0,272	0,272	1,44%
4.2	18,631	18,592	0,039	0,039	0,21%
	Total			1,258	6,51%

Drop tegangan penyulang KDS13 setelah pembangunan penyulang KDS18 dengan simulasi ETAP sebesar 6,51% dengan besar tegangan ujung penyulang KDS 13 adalah 18,592 KV.

Sedangkan nilai drop tegangan penyulang KDS 18 dengan menggunakan simulasi ETAP sebesar 1,52% dengan tegangan ujung penyulang KDS18 adalah 19,811KV

**Tabel 4.11 Nilai Tegangan Persection KDS 18 dengan Menggunakan ETAP**

Section	Tegangan (KV)		Beban (A)	Drop Tegangan (V)	% Drop Tegangan
	Pangkal	Ujung			
1	20	20	0	0	0,00%
2	20	20	33	9	0,45%
3	19,91	19,811	60	179	0,90%
	Total			269	1,52%

#### 4.4.2. Susut daya

Untuk menghitung nilai susut daya suatu penyulang dapat menggunakan persamaan 1.

Tabel 4.15 menunjukkan hasil simulasi perhitungan susut daya penyulang KDS 13 setelah pembangunan penyulang KDS 18 pada microsoft excel dengan menggunakan rumus seperti diatas.

**Tabel 4.12 Susut daya KDS 13 Setelah Pembangunan KDS 18**

No.	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	Susut daya (KWatt)
1	13	6,93	24,2
2	55	0,7	181,2
3	51	2,97	86,3
4	10	3	10,5
5	5	0,5	5,7
6	120	2,8	281,3
7	4	2,8	10,4
	Total		375,6

Menghitung presentase susut penyulang KDS 13 setelah pembangunan KDS 18 dapat menggunakan persamaan rumus 7. Akan tetapi sebelum menggunakan persamaan tersebut perlu diketahui daya yang dihasilkan / yang dikirim ke konsumen dengan menggunakan persamaan (4)

$$P_s = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_s = \sqrt{3} \times 20.000 \times 212 \times 0,8$$

$$P_s = 7.149.905 \text{ watt}$$

Kemudian, menghitung nilai efisiensi dapat dicari menggunakan persamaan (2)

$$\eta = \frac{P_R}{P_s} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{375.600}{7.149.905} \times 100\%$$

$$\eta = 5,21\%$$

Susut daya yang terjadi di penyulang KDS 13 sebesar 375.600 Watt dengan presentase losses sebesar 5,21%.

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TRAF0 1 GI KUDUS2	8.823	6.763	-8.818	-6.568	5.7	195.6	100.0	98.9	1.10
SUTM KDS13/1	8.818	6.568	-8.808	-6.550	9.3	18.0	98.9	98.7	0.16
KDS13-13 s.d KDS13-139	8.808	6.550	-8.641	-6.185	167.4	364.1	98.7	95.6	3.17
Line265	8.265	5.952	-8.241	-5.902	23.3	50.7	95.6	95.1	0.46
Line258	6.653	4.918	-6.558	-4.713	94.7	204.7	95.1	92.8	2.29
Line263	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-0.7	95.1	95.1	0.00
Line254	5.391	3.454	-5.333	-3.328	58.6	125.4	92.8	91.1	1.72
Line256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	-0.1	92.8	92.8	0.00
Line239	4.906	3.065	-4.900	-3.053	5.8	12.3	91.1	90.9	0.18
Line248	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-0.8	91.1	91.1	0.00
Line252	0.142	0.088	-0.142	-0.088	0.0	-0.6	91.1	91.1	0.01
Line236	4.900	3.053	-4.890	-3.030	10.8	22.9	90.9	90.6	0.34
Line234	0.032	0.019	-0.032	-0.020	0.0	-0.4	90.6	90.6	0.00
					375.6	991.2			

**Gambar 4.6 Susut KDS 13 Pada Simulasi Etap Setelah Pembangunan Penyulang KDS 18**

Simulasi pada aplikasi ETAP sesuai gambar 4.6 menunjukkan bahwa susut jaringan penyulang KDS 13 nilai susut hanya mengacu pada line dikarenakan kajian kelayakan hanya membandingkan susut yang ada di penyulang KDS 13.

Untuk penyulang KDS 18 dengan menggunakan perhitungan susut seperti pada perhitungan diatas, maka diperoleh susut daya sesuai Tabel 4.16

**Tabel 4.13 Susut Penyulang KDS 18 dengan Perhitungan Manual**

No.	Arus (A)	Panjang Penghantar (Km)	Resistansi (Ω)	Susut daya (Watt)
1.1	33	4,15	0,125	1.694,76
1.2	60	2,7	0,125	5.602,50
		Total		7.297,26

$$P_s = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$P_s = \sqrt{3} \times 20.000 \times 93 \times 08$$

$$P_s = 2.577.291,6 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_R}{P_s} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{7.297,26}{2.577.291,6} \times 100\%$$

$$\eta = 0,28\%$$

Susut daya yang terjadi di penyulang KDS 18 sebesar 7.297,26 Watt dengan presentase losses sebesar 0,28%. Dari perhitungan simulasi susut yang dilakukan diperoleh potensi kerugian energi selama 1 tahun adalah sebagai berikut :

$$P = 7.297,26 \text{ KW} \times 8.760 \text{ h}$$

P = 638,83 KWh

Branch Losses Summary Report

CKI / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
TRAFO 1 GI KUDUS	2.759	1.746	-2.759	-1.729	0.5	16.9	100.0	100.2	2.20
Line243	-0.980	-0.606	0.980	0.606	0.6	-0.2	99.1	99.2	0.11
Line246	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-1.4	99.1	101.1	0.00
Line241	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.0	-1.6	99.2	101.2	0.00
SKUTM	2.759	1.729	-2.755	-1.722	3.7	7.1	100.2	99.9	0.21
SKUTM2	2.755	1.722	-2.748	-1.709	13.3	13.3	99.9	99.6	0.40
SUTM	2.748	1.709	-2.741	-1.695	2.4	13.3	99.6	99.2	0.39
					8,5	47,4			

**Gambar 4.7 Susut Penyulang KDS 18 Pada Simulasi ETAP**

Simulasi pada aplikasi ETAP sesuai gambar 4.6 menunjukkan bahwa susut jaringan penyulang KDS 18 nilai susut hanya mengacu pada line dikarenakan kajian kelayakan hanya membandingkan susut yang ada di penyulang KDS 18.

**4.5. Gambaran Umum Kondisi Penyulang Sebelum dan Sesudah Dilakukan Penataan Beban**

Kondisi penyulang sebelum dilakukan penataan beban yang terdiri dari beban puncak, drop tegangan, dan susut daya sesuai tabel 4.18

**Tabel 4.14 Gambaran Umum KDS13 Sebelum Pembangunan KDS18**

Nama Penyulang	Metode	Sebelum Penataan Beban					
		Arus Beban Puncak Malam (A)	Drop Tegangan (v)	Drop Tegangan (%)	Susut daya (kW)	Susut daya (%)	Rugi Energi (Kwh)
KDS 13	Perhitungan	351	2.209,36	10,87	655,3	6,73	5.740.428
	Simulasi Etap	351	2.563,0	12,812	655,3	6,73	5.740.428
KDS 18	Perhitungan	-	-	-	-	-	-
	Simulasi Etap	-	-	-	-	-	-

Pada tabel 4.18 dapat terlihat penyulang KDS 13 sebelum dilakukan penataan beban setelah pembangunan penyulang KDS 18 dengan menggunakan perhitungan kondisi beban dan tegangan mengalami drop

tegangan sebesar 10,87% dan memiliki susut sebesar 6,73%. Jika dibandingkan dengan menggunakan simulasi ETAP drop tegangan yang terjadi pada penyulang KDS 13 adalah sebesar 12,812% dan susut sebesar 6,73%.

**Tabel 4.15 Gambaran Umum KDS13 Setelah Pembangunan KDS 18**

Nama Penyulang	Metode	Arus Beban Puncak Malam (A)	Drop Tegangan (v)	Sebelum Penataan Beban			
				Drop Tegangan (%)	Susut daya (kW)	Susut daya (%)	Rugi Energi (Kwh)
KDS 13	Perhitungan	258	1.372,44	6,86	375,6	5,21	3.290.256
	Simulasi Etap	258	1.408,0	7,25	375,6	5,21	3.290.256
KDS 18	Perhitungan	93	229	1,34	7,2	0,28	63.921,72
	Simulasi Etap	93	269	1,52	8,5	0,32	65.097,21

Pada tabel 4.19 dapat terlihat penyulang KDS 13 setelah dilakukan penataan beban setelah pembangunan penyulang KDS18 dengan menggunakan perhitungan kondisi beban dan tegangan mengalami drop tegangan sebesar 6,86% dan memiliki susut sebesar 5,21%. Jika dibandingkan dengan menggunakan simulasi ETAP drop tegangan yang terjadi pada penyulang KDS 13 adalah sebesar 7,25% dan susut sebesar 5,21%. Sedangkan untuk penyulang KDS18 secara perhitungan mengalami drop tegangan sebesar 1,34% dan susut daya 0,28% terdapat selisih untuk simulasi ETAP yaitu drop tegangan sebesar 1,52% dan susut daya sebesar 0,117%.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kajian kelayakan terkait pembangunan penyulang KDS18 dinyatakan layak untuk diteruskan berdasarkan hasil analisa :

1. Beban maksimal penyulang KDS13 sebelum pembangunan penyulang KDS18 sebesar 351 A menjadi 258 A, sedangkan untuk beban penyulang KDS18 sebesar 93 A.
2. Drop tegangan pada penyulang KDS 13 sebelum dibangun penyulang KDS18 sebesar 10,87% atau sebesar 2.209,36 V namun setelah pembangunan KDS18 mengalami drop sebesar 5,21% atau sebesar 1.372,44 V. Sedangkan untuk penyulang KDS18 mengalami drop tegangan sebesar 1,34% atau sebesar 299 V.
3. Susut daya penyulang KDS 13 sebelum pembangunan penyulang KDS 18 sebesar 655,3 kW atau sebesar 6,73% setelah dilakukan pembangunan KDS 18 susut daya mengalami penurunan menjadi 375,6 kW atau sebesar 5,21%.
4. Rugi daya yang terjadi sebelum pembangunan penyulang KDS 18 adalah 5.740.256 Kwh pertahun dan setelah pembangunan penyulang KDS 18 menjadi 3.290.256 Kwh
5. Pembangunan penyulang KDS 18 ternyata dapat memperbaiki kualitas tegangan dan susut daya pada penyulang KDS 13 berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP.

## 5.2. Saran

Pembangunan penyulang KDS 18 guna memperbaiki kualitas tegangan dan susut teknis penyulang KDS13 harus dilakukan



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Joseph K, Electrical Utility Engginerring Reference Book Volume 3 Distribution Systems, East Pittsburgh, Pennsylvania: Westinghouse Electric Corporation, 1959.
- [2] A. J. Pansini, Guide To Electrical Power Distribution System, India: The Fairmont Press, 2005.
- [3] S. W, Electric Power Distributin System Engineering, California, 1976.
- [4] d. E. E. Julen Kartoni S, Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20Kv, 2016.
- [5] H. W. d. K. R. A. Bambang Winardi, Perbaikan Losses dan Drop Tegangan Penyulang PWI-9 dengan Melimpahkan Beban ke Penyulang Baru PWI-11 Di PT. PLN (Persero) UP3 Semarang, 2016.
- [6] A. d. T. H. Wahyu Belfias Eka Putra Daya, Analisa Pecah Beban Penyulang KB5 di PLN Rayon Koba Untuk Perbaikan Tegangan dan Susut, 2017.
- [7] A. W. d. M. R. K. Bambang Winardi, Analisa Perbaikan Susut daya dan Susut Tegangan Pada Penyulang KLS 6 di GI Kalisari dengan Menggunakan Software ETAP 7.5.0, 2015.
- [8] Perusahaan Umum Listrik Negara, SPLN 64 : 1985. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1985.