

**LAPORAN PENELITIAN**

**ANALISA DROP TEGANGAN PADA FEEDER  
K 3 GARDU INDUK KUDUS**



**Di susun oleh :**


- 1. Ir. Ida Widihastuti, MT /220699012**
- 2. Dedi Nugroho, ST.MT/210603032**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Analisa Drop Tegangan Pada Feeder K 3 Gardu Induk Kudus  
b. Bidang Ilmu : Teknik Elektro
2. Ketua Peneliti  
Nama Lengkap : Ida Widiastuti  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Pangkat/Gol/NIK :  
Fakultas/Jurusan : Teknologi Industri/Teknik Elektro
3. Jumlah Anggota Peneliti : 1 Orang  
Nama anggota : Dedi Nugroho, ST.MT  
Lokasi Penelitian : Lab. Teknik Elektro / FTI Unissula  
Lama Penelitian : 2 bulan (Januari - Februari)  
Biaya Penelitian : Mandiri


Mengetahui,  
Dekan FTI Unissula



**DR. Hj. Sri Artini D.P., MSi**  
NIK.21069009


Semarang, 8 Maret 2020

Ketua Peneliti



**Ir. Ida Widiastuti, MT.**  
NIK. 220699012

Menyetujui  
Kepala LPPM Unissula



**DR. Heru Sulistyono, SE, M.Si**  
NIK : 210498032

## DAFTAR ISI

Lembar pengesahan .....	(ii)
Daftar isi .....	(iii)
Kata pengantar .....	(iv)
Abstrak .....	(v)
Bab I Pendahuluan .....	(1)
1.1 Latar belakang .....	(1)
1.2 Perumusan masalah .....	(2)
1.3 Pembatasan masalah .....	(2)
1.4 Tujuan dan manfaat penelitian .....	(2)
1.5 Sistematika penulisan .....	(2)
Bab II Landasan Teori .....	(4)
2.1 Sistem jaringan distribusi .....	(4)
2.2 Drop tegangan .....	(7)
Bab 3 Metode penelitian .....	(10)
3.1 Obyek penelitian .....	(10)
3.2 Data-data penelitian .....	(10)
3.3 Langkah – langkah penelitian .....	(11)
3.4 Diagram alur penelitian .....	(12)
Bab 4 Hasil dan Pembahasan .....	(13)
4.1 Drop Tegangan .....	(13)
4.4 Analisa dan Pembahasan .....	(18)
Bab 5 Kesimpulan .....	(20)
Daftar pustaka .....	(21)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesempatan dan kesehatan, sehingga penulisan laporan penelitian ini dapat diselesaikan meskipun masih banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik maupun saran untuk perbaikan laporan ini penulis nantikan dengan senang hati,

Laporan penelitian ini menyajikan hasil – hasil riset terhadap masalah drop tegangan pada feeder K 3 Gardu Induk Kudus yang disebabkan oleh tegangan sumber feeder sebesar 20,9 kV atau lebih tinggi 4,5% dibandingkan tegangan nominal sistem feeder yaitu 20 kV. Riset ini bertujuan untuk mengetahui dampaknya terhadap nilai drop tegangan pada seksi – seksi saluran feeder.

Harapan penulis semoga laporan hasil riset ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi. Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan riset dan penulisan laporan ini. Terimakasih.

02 Maret 2020

Penulis ,

Ir. Ida Widiastuti MT

## ***Abstrak***

*Feeder 3 Gardu Induk Kudus memiliki panjang feeder mencapai 16,62 km, oleh karena itu untuk mengantisipasi drop tegangan berlebihan maka sistem tegangan disisi pangkal feeder tersebut menggunakan tegangan 20,9 kV atau 4,5% dari tegangan standar PLN 20 kV. Untuk mengetahui unjuk kerja sistem tegangan tersebut terhadap drop tegangan di titik – titik tertentu sepanjang feeder maka diperlukan perhitungan drop tegangan.*

*Metode yang digunakan dalam riset ini adalah melakukan perhitungan drop tegangan disepanjang seksi – seksi feeder berdasarkan data – data ril diantaranya panjang seksi feeder, jenis, ukuran dan impedansi konduktor dan beban harian rata – rata feeder. Perhitungan dilakukan untuk kondisi real time dengan tegangan 20,9 kV dan perhitungan secara simulasi dengan asumsi tegangan sumber feeder 20 kV, mengacu pada tegangan nominal PLN untuk feeder primer.*

*Hasil simulasi memperlihatkan bahwa drop tegangan di titik ujung feder dengan tegangan real sumber 20,9 kV adalah 19,08 kV atau mengalami drop tegangan 8,88 %. Jika merujuk pada tegangan standar PLN untuk tegangan sistem 20 kV maka batas maksimum drop tegangan diizinkan adalah 5% atau 19 kV, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem feeder tersebut diatas telah mengalami kondisi kritis, meskipun masih dapat diizinkan, namun dampaknya beban – beban diujung feeder akan mengalami gangguan seperti ketidakstabilan tegangan karena tegangannya berada diambang kritis, oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk memperbaiki profil tegangan tersebut.*

*Keywords : feeder , Drop tegangan, Gardu Induk*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Drop tegangan pada sistem distribusi baik sistem distribusi tegangan menengah maupun tegangan rendah merupakan masalah penting dalam sistem penyaluran daya listrik ke konsumen listrik. Drop tegangan yang buruk dapat mengakibatkan permasalahan disisi konsumen seperti kerusakan peralatan – peralatan listrik, peralatan listrik bekerja tidak optimal, umur peralatan listrik menjadi pendek, panas lebih mesin-mesin listrik dan sebagainya, oleh karena itu drop tegangan selalu dibatasi nilai yang dizinkannya. Menurut standar SPLN No. 72 tahun 1987 bahwa batas drop tegangan yang diizinkan tidak melebihi 5% dari tegangan kerja nominalnya, hal ini bertujuan untuk melindungi konsumen listrik agar tidak merusak peralatan – peralatan listrik konsumen. Drop tegangan merupakan hilangnya tegangan disepanjang konduktor akibat nilai impedansi dari konduktor itu sendiri, semakin tinggi arus beban dan semakin panjang konduktor maka akan semakin tinggi pula nilai drop tegangan yang terjadi.

Feeder K 3 merupakan sistem distribusi primer yang bersumber dari Gardu Induk Kudus. Panjang saluran ini cukup panjang mencapai 16,62 km dengan ujung terakhir terhubung pada PT. TSMI yang berada di Ds. Bakung RT 01 / RW 05 Mijen kabupaten Demak. Berdasarkan identifikasi awal bahwa ada masalah ketidakstabilan tegangan yang dirasakan oleh konsumen yang berada dititik ujung feeder tersebut, sementara berdasarkan pengukuran diketahui tegangan di sisi pangkal dari feeder, terukur tegangan sebesar 20,9 kV atau 4,5% lebih tinggi dari tegangan nominal 20 kV, berdasarkan hal tersebut perlu dikaji dampak dari tegangan sistem tersebut terhadap drop tegangan pada masing – masing seksi saluran pada feeder K 3 tersebut diatas. Dengan riset ini maka akan diperoleh hasil – hasil tegangan pada masing – masing feeder sehingga dapat digunakan sebagai data acuan jika terjadi penambahan beban atau pengembangan feeder tersebut dikemudian hari.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh kenaikan tegangan disisi sumber feeder terhadap distribusi drop tegangan pada masing – masing seksi saluran, dan apakah masih dalam batasan yang diizinkan, begitupula jika ada penambahan beban , atau penambahan panjang feeder masikah dapat memenuhi batasan yang diperbolehkan oleh standar SPLN.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Data arus beban didasarkan pada nilai rata-rata arus beban harian yang mengalir pada feeder K 3 GI kudus.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui drop – drop tegangan pada masing – masing seksi saluran feeder K 3 GI Kudus sehubungan dengan panjangnya saluran distribusi ini dan tingkat tegangan sumber yang lebih tinggi 4,5% dari tegangan nominalnya. Manfaat penelitian disini adalah data – data hasil perhitungan dan simulasi dapat dipakai sebagai acuan untuk pengembangan atau penambahan beban – beban baru di sepanjang feeder tersebut.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan memahami permasalahan yang akan dibahas maka Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini secara ringkas membahas latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan serta sistematika laporan penelitian

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini membahas teori-teori penunjang yang diperlukan dalam penelitian ini berupa macam – macam feeder distribusi dan teori tentang kalkulasi drop tegangan

**BAB III            METODE PENELITIAN**

Pada bab ini membahas mengenai obyek, data – data, langkah – langkah dan diagram alur penelitian

**BAB IV            HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini memuat paparan hasil penelitian, analisis dan pembahasan

**BAB V            PENUTUP**

Pada bab ini meliputi kesimpulan dan saran dari pembahasan yang telah disajikan pada bab sebelumnya.



## BAB II

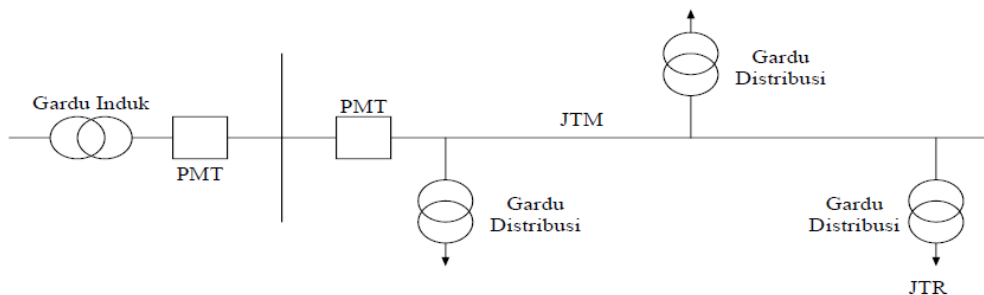
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi primer memiliki beberapa variasi bentuk, dimana masing-masing bentuk jaringan memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada umumnya terdapat empat bentuk dasar dari sistem jaringan distribusi primer yaitu sebagai berikut:

##### 1. Sistem jaringan radial

Sistem jaringan radial umumnya banyak digunakan pada daerah yang memiliki kerapatan beban rendah karena hanya mengalirkan tenaga listrik pada satu arah saja yang bersumber dari suatu pusat tenaga ke suatu daerah pemakaian dengan memakai satu maupun beberapa kawat penghantar.

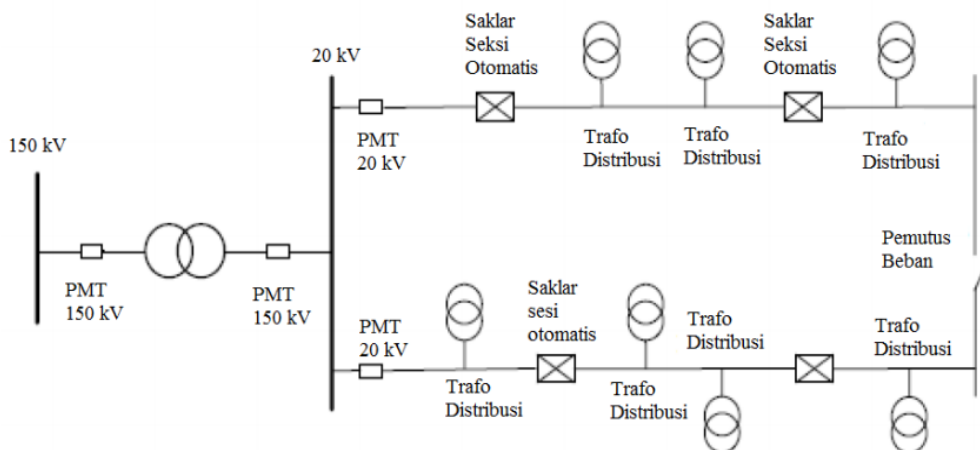


Gambar 2.1 Sistem Jaringan Radial

Pada sistem jaringan radial memiliki keandalan yang rendah dan pelaksanaan pengoperasiannya mudah. Pada sistem ini memiliki satu jalur ke beban sehingga apabila terjadi gangguan di pangkal jaringan maka semua beban pada jaringan tersebut akan kehilangan daya. Salah satu kelemahan sistem jaringan radial adalah kontinuitas pelayanan kurang baik dan keandalannya rendah serta drop tegangan yang terjadi besar, terutama untuk beban yang terdapat pada ujung saluran.

## 2. Sistem jaringan lingkaran (Loop Network)

Sistem jaringan lingkaran umumnya digunakan pada daerah-daerah dengan kerapatan beban tinggi seperti wilayah industri maupun perkantoran. Sistem ini memiliki beberapa sumber pengisian (substation) untuk mengalir beberapa daerah pemakai dan membentuk rangkaian tertutup. Pada jaringan tersebut apabila terjadi suatu gangguan pada bagian penghantar, maka tiap daerah masih bisa menerima energi listrik. Dengan adanya beberapa sumber pengisian maka pada sistem jaringan lingkaran sistem keandalannya lebih tinggi, metode pengoperasian cukup mudah serta dapat mengurangi jatuh tegangan sehingga memperkecil rugi – rugi jaringan. Gambar jaringan lingkaran (Loop Network) diperlihatkan pada

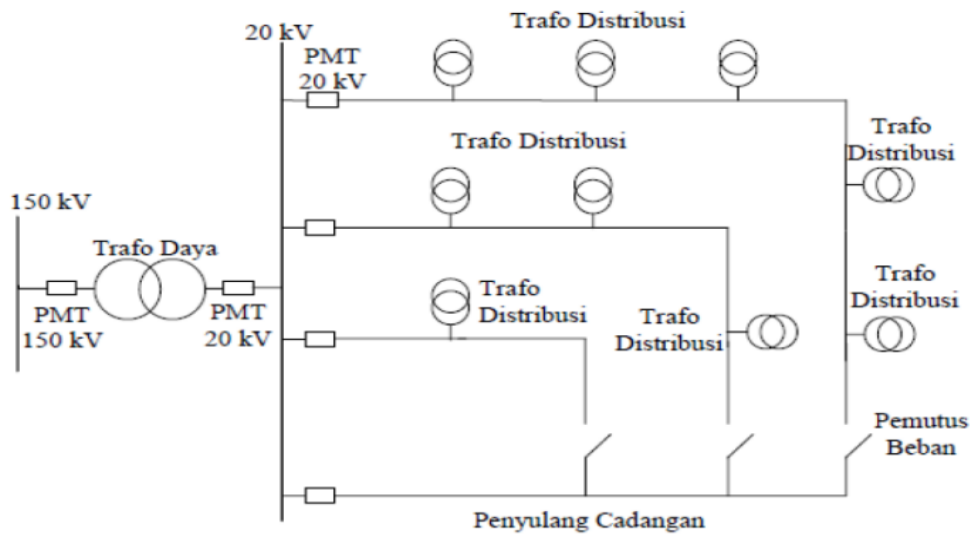


gambar 2.2 berikut :

Gambar 2.2 Sistem Jaringan Loop

## 3. Sistem Cluster

Sistem jaringan listrik ini pada sistem cluster tidak menggunakan gardu hubung atau gardu switching, sehingga express feeder bisa terhubung langsung dengan setiap penyulang. express feeder ini dapat berguna sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan.



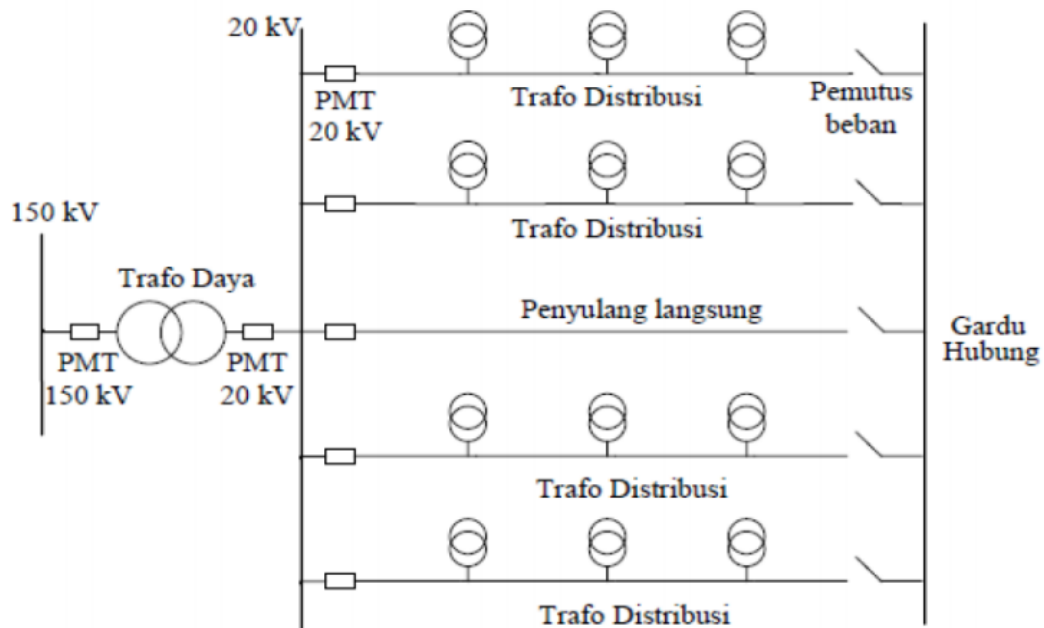
Gambar 2.3 Sistem Jaringan Cluster

#### 4. Sistem Spindel

Sistem spindle merupakan pengembangan dari sistem jaringan radial dan lingkaran. Pada sistem ini menggunakan 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (standby atau express feeder) dan penyulang operasi (working feeder). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai back-up supply jika terjadi gangguan pada penyulang operasi, sehingga sistem ini tergolong sistem yang handal. Sistem ini sudah memperhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah konsumen atau beban sampai beberapa tahun ke depan, sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama, akan tetapi investasi pembangunannya juga memerlukan biaya investasi lebih besar. Proteksinya tergolong sederhana dan mirip dengan sistem loop. Pada bagian tengah jaringan pada umumnya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai titik manuver ketika terjadi gangguan pada jaringan tersebut.

Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya diperbolehkan maksimal 50%. Berdasarkan konsep spindel jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85%. Hal ini dimungkinkan agar penyulang cadangan mampu

ketika mendapat pelimpahan dari seluruh penyulang operasi dalam system tersebut. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi penyulang operasi “NO” (Normally Open), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi “NC” (Normally Close)



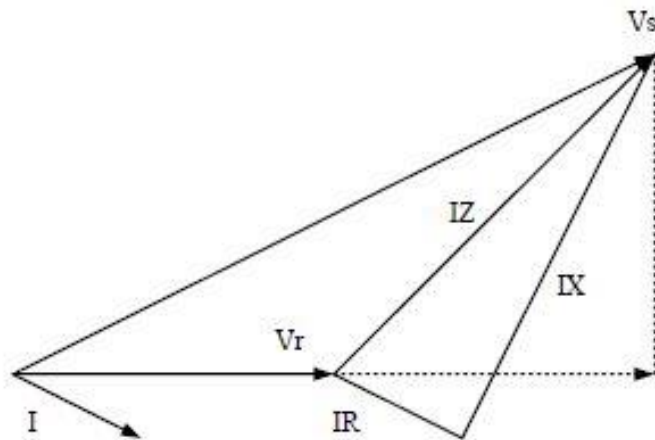
Gambar 2.4 Sistem Jaringan Spindel

## 2.2 Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Besarnya drop tegangan dapat dinyatakan baik dalam bentuk satuan volt atau persen. Panjang sebuah jaringan tegangan menengah (JTM) dapat didesain dengan mempertimbangkan drop tegangan (Voltage Drop). Drop tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran distribusi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim ( $V_s$ ) dan tegangan pada sisi terima ( $V_r$ ).

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2.1)$$

Berikut diagram phasor pada saluran distribusi:



Gambar 2.5 Diagram Phasor Saluran Distribusi

Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran distribusi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Berdasarkan dari standar SPLN 1 : 1978, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya. Besarnya rugi tegangan pada saluran distribusi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung).

Pada gambar 2.5 dapat dilihat bahwa persamaan tegangan yang mendasari diagram phasor tersebut adalah:

$$V_s = V_r + I (R \cos \theta + jX \sin \theta) \quad (2.2)$$

Karena  $I (R \cos \theta + jX \sin \theta)$  sama dengan  $IZ$ , maka persamaan menjadi:

$$V_s = V_r + IZ \text{ atau } V_s - V_r = IZ \quad (2.3)$$

Sehingga  $\Delta V = IZ$  (2.4)

$$\Delta V = I(R \cos \theta + jX \sin \theta) \quad (2.5)$$

Untuk panjang saluran L maka :

$$\Delta V = I.L(R \cos \theta + jX \sin \theta) \quad (2.6)$$

Besar persentase susut tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana :

$\Delta V$  = Drop Tegangan (Volt)

$\% \Delta V$  = Persentase Drop Tegangan (%)

$V_s$  = Tegangan Sumber (Volt)

$R$  = Resistansi Jaringan ( $\Omega/\text{km}$ )

$jX$  = Reaktansi Jaringan ( $\Omega/\text{km}$ )

$I$  = Arus Saluran (A)

$L$  = Panjang Saluran

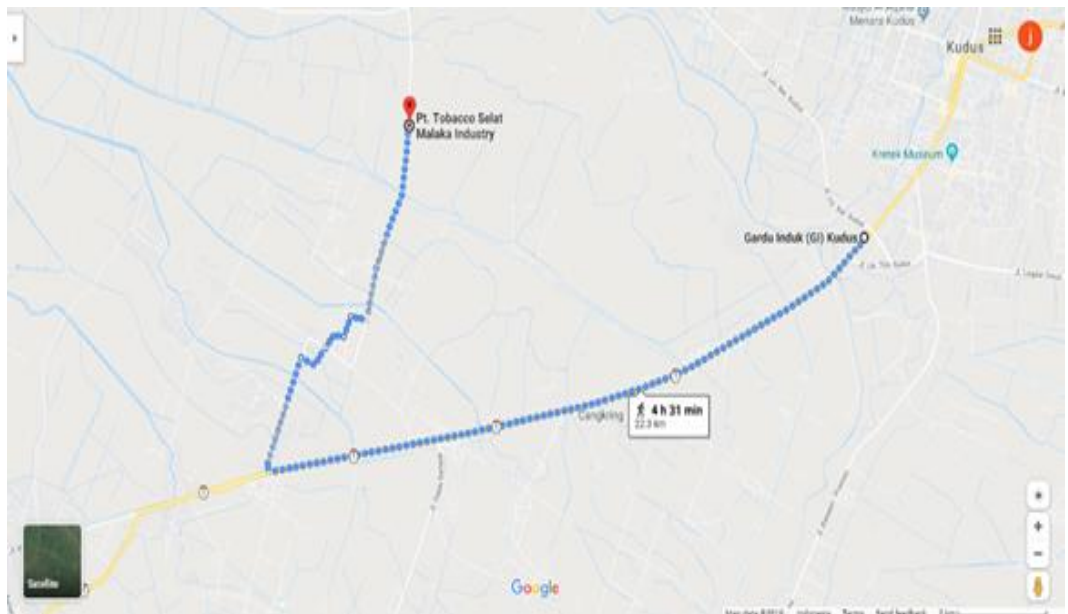
Formula pendekatan untuk menghitung drop tegangan :

$$\Delta V = I.L(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (2.8)$$

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Obyek Penelitian

Jaringan tegangan menengah 20 kV feeder Kudus 03 Gardu Induk Kudus UPT Demak yang memiliki kapasitas  $3 \times 60$  MVA . Gambar 3.1 memperlihatkan panjang feeder yang dimulai dari GI kudus dengan titik akhi di PT. Tobacco Selat Malaka Industri



Gambar 3.1 feeder 3 Gardu Induk Kudus

### 3.2 Data - data Penelitian

Data – data penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data spesifikasi feeder K3 meliputi panjang masing – masing seksi saluran, resistansi dan induktansi konduktor, ukuran dan jenis konduktor feeder, data arus pada masing – masing seksi saluran, dan tegangan sumber. Data – data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 data seksi , konduktor dan arus feeder

No	Section	Arus (A)	Panjang (Kms)	Ukuran Penampang (mm <sup>2</sup> )	Tegangan Kirim (kV)
1	GI KDS03 ke K3-45	117	2,475	3 x 240	20,9
2	GI KDS03 ke K3-49	121	2,695	3 x 240	20,9
3	GI KDS03 ke K3-89	142	4,895	3 x 240	20,9
4	GI KDS03 ke K3-139	170	7,645	3 x 240	20,9
5	GI KDS03 ke K3-165	182	9,075	3 x 240	20,9
6	GI KDS03 ke K3-210/2	278	11,660	3 x 240	20,9
7	GI KDS03 ke K3-210/23/1	323	12,870	3 x 70	20,9
8	GI KDS03 ke K3-210/92	356	16,610	3 x 70	20,9

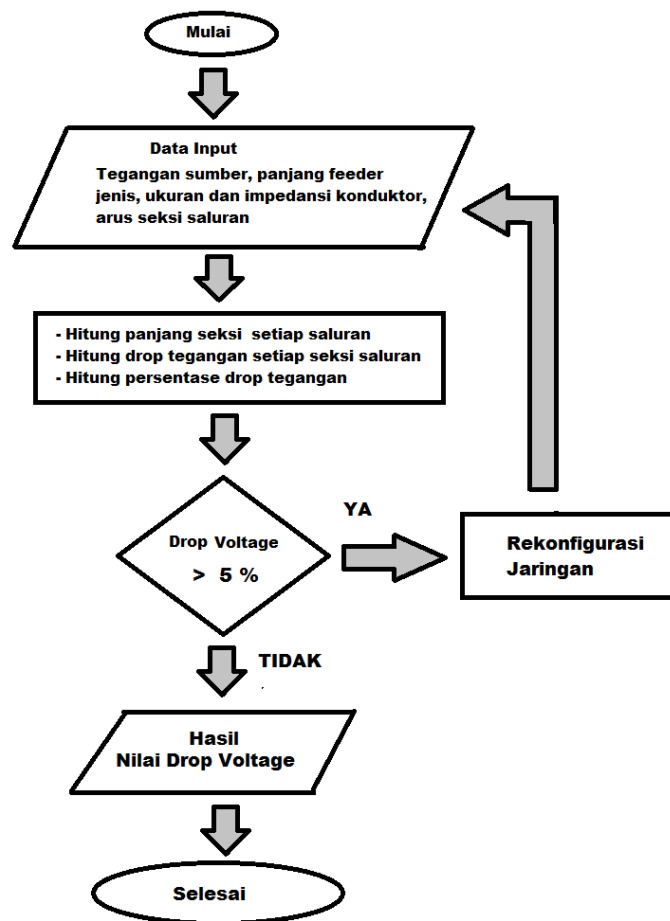
### 3.3 Langkah – langkah Penelitian

Untuk melakukan pelaksanaan penelitian, berikut ini tahapan penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Menghitung panjang dari setiap seksi saluran
2. Menghitung drop tegangan pada setiap seksi saluran
3. Menghitung tegangan disisi setiap seksi saluran
4. Menghitung persentase drop tegangan
5. Membandingkan hasil perhitungan drop tegangan tersebut dengan standar yang diizinkan ( apakah sesuai standar )
6. Jika tidak rekonfigurasi jaringan
7. Jika ya, Menghitung persentase kenaikan tegangan pada masing – masing seksi jika tegangan referensi nominal diambil tegangan standar PLN yaitu 20 kV
8. Membandingkan hasil kenaikan tegangan tersebut dengan nilai standar batas maksimum kenaikan tegangan yang diizinkan
9. Menganalisis dan menyimpulkan unjuk kerja feeder tersebut



### 3.4 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.2 diagram alur penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Drop Tegangan

Pada bab ini akan dihitung dan dianalisa drop tegangan pada penyulang Kudus 03 yang memiliki panjang total 16,62 km terbagi atas 8 seksi saluran. Dalam menganalisa drop tegangan ini pengaruh dari panjang hantaran TM (Tegangan Menengah), besar arus persection dan juga menganalisa ukuran hantaran kabel yang berpengaruh terhadap resistansi dan reaktansinya.

Energi listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) UP3 Demak sebagian disuplai dari Gardu Induk Kudus yang mempunyai tiga transformator tenaga step down yang menurunkan tegangan dari tegangan transmisi 150 kV ke tegangan menengah 20 kV yang ketiganya mempunyai kapasitas daya 60 MVA.

Sebelum menghitung drop tegangan maka kita perlu tahu data penyulang Kudus 03, berikut adalah data dari PT PLN (Persero) UP3 Demak mengenai panjang jaringan, besaran arus, ukuran penampang dan tegangan kirim.

Tegangan disisi feeder K 3 GI Kudus adalah 20,9 kV , hal ini digunakan untuk mengurangi drop tegangan berlebihan pada sisi pelanggan.

Tabel 4.1 Arus dan panjang pengahantar (Kms)

No	Section	Arus (A)	Panjang (Kms)	Ukuran Penampang (mm <sup>2</sup> )	Panjang Seksi saluran
1	GI KDS03 ke K3-45	117	2,475	3 x 240	2,475
2	K3-45 ke K3-49	121	2,695	3 x 240	0,22
3	K3-49 ke K3-89	142	4,895	3 x 240	2,2
4	K3-89 ke K3-139	170	7,645	3 x 240	2,75
5	K3-139 ke K3-165	182	9,075	3 x 240	1,43
6	K3-165 ke K3-210/2	278	11,660	3 x 240	2,585
7	K3-210/2 ke K3-210/23/1	323	12,870	3 x 70	1,21
8	K3-210/23/1 ke K3-210/92	356	16,610	3 x 70	3,75

Perhitungan tegangan drop berdasarkan data pengukuran yang dihitung dari titik sumber sampai ke titik yang dihitung (titik beban) sesuai dengan panjang penyulang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} I x L x (R \cos \theta + X \sin \theta) / 1000$$

Besaran persentasi drop tegangan pada hantaran distribusi tegangan menengah dapat dihitung dengan :

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

Keterangan :

$\Delta V$  = Drop Tegangan (Volt)

$\% \Delta V$  = Persentase Drop Tegangan (%)

$V_s$  = Tegangan Sumber (Volt)

$R$  = Resistansi Jaringan ( $\Omega/\text{km}$ )

$jX$  = Reaktansi Jaringan ( $\Omega/\text{km}$ )

$I$  = Arus Saluran (A)

$L$  = Panjang Saluran (Kms)

$\sin \theta = 0,526$  dan  $\cos \theta = 0,85$

### Perhitungan drop tegangan per section

1. Section GI KDS03 sampai dengan K3-45 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} I x L x ( R \cos \theta + X \sin \theta ) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} 117 x 2,475 x ((0,1344 x 0,85) + (0,3158 x 0,52)) / 1000$$

$$\Delta V = 0,14 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan terima } (V_s) = 20,9 - 0,14 = 20,76 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan ( $\% \Delta V$ )

$$\% \Delta V = (20,9 - 20,76) / 20,9 x 100 \%$$

$$\% \Delta V = 0,67 \%$$

2. Section K3-45 sampai dengan K3-49 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} I x L x ( R \cos \theta + X \sin \theta ) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \ 121 \times 0,22 \times ((0,1344 \times 0,85) + (0,3158 \times 0,52)) / 1000$$

$$\Delta V = 0,0128 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan terima (Vs)} = 20,76 - 0,0128 = 20,74 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = (20,9 - 20,74) / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 0,76 \%$$

3. Section K3-49 sampai dengan K3-89 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} \ I \times L \times ( R \cos\theta + X \sin\theta ) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \ 142 \times 2,2 \times ((0,1344 \times 0,85) + (0,3158 \times 0,52)) / 1000$$

$$\Delta V = 0,1507 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 20,74 - 0,1507 = 20,59 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = (20,9 - 20,59) / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 1,48 \%$$

4. Section K3-89 sampai dengan K3-139 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} \ I \times L \times ( R \cos\theta + X \sin\theta ) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \ 170 \times 2,75 \times ((0,1344 \times 0,85) + (0,3158 \times 0,52)) / 1000$$

$$\Delta V = 0,225$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 20,59 - 0,225 = 20,37 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = (20,9 - 20,37) / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 2,5 \%$$

5. Section K3-139 sampai dengan K3-165 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} \ I \times L \times ( R \cos\theta + X \sin\theta ) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \ 182 \times 1,43 \times ((0,1344 \times 0,85) + (0,3158 \times 0,52)) / 1000$$

$$\Delta V = 0,126 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 20,37 - 0,126 = 20,24 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = (20,9 - 20,24) / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 3,14\%$$

6. Section K3-165 sampai dengan K3-210/2 adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} 278 \times 2,585 \times ((0,1344 \times 0,85) + (0,3158 \times 0,52))/1000$$

$$\Delta V = 0,346$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 20,24 - 0,346 = 19,89 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = 20,9 - 19,89 / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 4,83 \%$$

7. Section K3-210/2 sampai dengan K3-210/23/1 adalah sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} 323 \times 1,21 \times ((0,4608 \times 0,85) + (0,3572 \times 0,52))/1000$$

$$\Delta V = 0,19 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 19,89 - 0,19 = 19,70 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

$$\% \Delta V = 20,9 - 19,70 / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 5,7 \%$$

8. Section K3-210/23/1 sampai dengan K3-210/92 adalah ::

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta) / 1000$$

$$\Delta V = \sqrt{3} 356 \times 3,75 \times ((0,4608 \times 0,85) + (0,3572 \times 0,52))/1000$$

$$\Delta V = 0,643 \text{ kV}$$

$$\text{Tegangan Terima (Vr)} = 19,7 - 0,643 = 19,06 \text{ kV}$$

Menghitung persentase drop tegangan (%  $\Delta V$ )

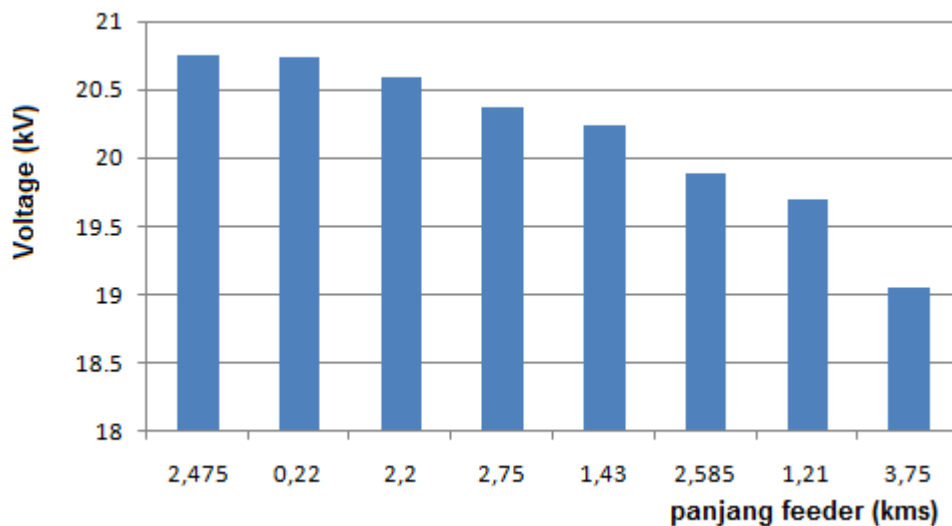
$$\% \Delta V = 20,9 - 19,06 / 20,9 \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 8,82 \%$$

Hasil perhitungan secara lengkap diperlihatkan dalam table 4.2 yang memperlihatkan hubungan antara panjang jarak seksi saluran, tegangan disisi terima dan drop tegangan

Tabel 4.2 Hasil perhitungan drop tegangan Kudus 03

No	Section	Jarak (Kms)	kV Terima (kV)	Drop Voltage $\Delta V$ (kV)	Drop voltage $\Delta V$ (%)
1	GI KDS03 ke K3-45	2,475	20,75	0,14	0,67
2	K3-45 ke K3-49	0,22	20,74	0,128	0,76
3	K3-49 ke K3-89	2,2	20,59	0,1507	1,48
4	K3-89 ke K3-139	2,75	20,37	0,225	2,4
5	K3-139 ke K3-165	1,43	20,24	0,073	3,14
6	K3-165 ke K3-210/2	2,585	19,89	0,346	4,83
7	K3-210/2 ke K3-210/23/1	1,21	19,7	0,19	5,7
8	K3-210/23/1 ke K3-210/92	3,75	19,06	0,643	8,82



Gambar 4.1 grafik jarak feeder dari GI terhadap tegangan

## 4.2 Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa drop tegangan diujung feeder yang memiliki panjang total 16,62 km tersebut mencapai 8,82% dengan tegangan di ujung feeder 19,06 kV. Apakah tegangan tersebut masih dalam keadaan aman. Jika kita berpedoman pada standard SPLN bahwa drop tegangan yang diperbolehkan maksimum adalah 5% dari tegangan nominalnya, maka jika standard PLN untuk tegangan menengah adalah 20 kV, maka 5% drop tegangan dari 20 kV adalah 1 kV, dengan demikian :

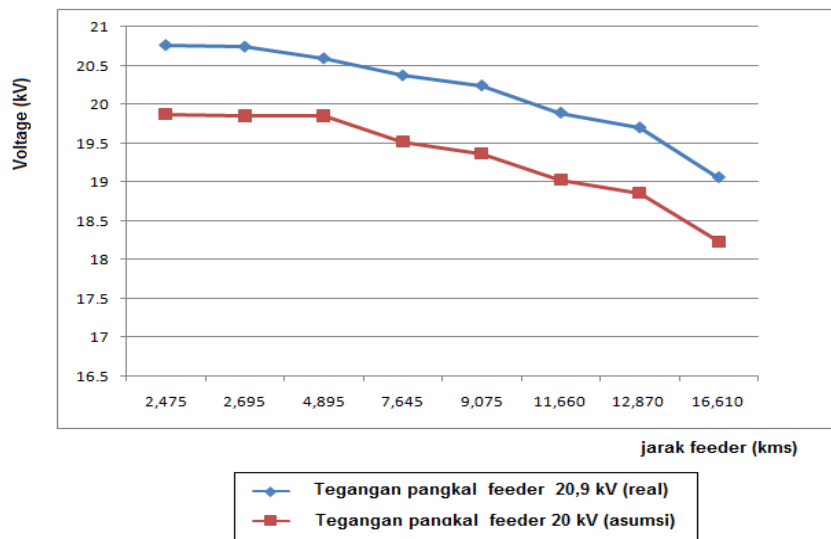
$$\text{Tegangan maksimal diizinkan} = 20 - (5/100) \times 20 = 19 \text{ kV.}$$

Sekarang jika memperhatikan hasil perhitungan untuk feeder tersebut yang mencapai drop tegangan 8,8%, maka seharusnya sudah melampaui batasan yang standard diizinkan, namun hal yang perlu digaris bawahi adalah tegangan system bersumber pada tegangan 20,9 kV atau 4,5% diatas tegangan nominal 20 kV, dan drop tegangan 8,8% tersebut menyebabkan tegangan diujung feeder tinggal 19,06 kV. Dengan membandingkan antara tegangan diujung feeder (19,06 kV) dengan tegangan standard PLN untuk system 20 kV (19 kV), maka dapat ditarik garis kesimpulan bahwa drop tegangan tersebut masih dapat diperbolehkan namun dengan catatan bahwa keadaan drop tegangan tersebut sudah dalam keadaan kritis, sehingga tidak dapat ditambah beban – beban baru pada feeder tersebut atau perpanjangan feeder.

Selanjutnya disimulasikan perhitungan drop tegangan jika diasumsikan bahwa sisi tegangan sumber feeder adalah 20 kV sebagai pembanding dengan tegangan sumber secara real yaitu 20,9 kV. Hasil – hasil perhitungan drop tegangan ini diperlihatkan dalam table 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 hasil perhitungan tegangan pada seksi saluran dengan asumsi tegangan GI adalah 20 kV

No	Section	Jarak (Kms)	kV Terima (kV)	Drop Voltage $\Delta V$ (kV)	Drop voltage $\Delta V$ (%)
1	GI KDS03 ke K3-45	2,475	19,87	0,134	0,67
2	K3-45 ke K3-49	0,22	19,85	0,152	0,76
3	K3-49 ke K3-89	2,2	19,85	0,296	1,48
4	K3-89 ke K3-139	2,75	19,52	0,48	2,4
5	K3-139 ke K3-165	1,43	19,37	0,628	3,14
6	K3-165 ke K3-210/2	2,585	19,03	0,966	4,83
7	K3-210/2 ke K3-210/23/1	1,21	18,86	1,14	5,7
8	K3-210/23/1 ke K3-210/92	3,75	18,24	1,764	8,82



Gambar 4.2 Grafik perbandingan tegangan vs jarak feeder dari GI antara tegangan real GI 20,9 kV dan tegangan asumsi 20 kV

Berdasarkan gambar 4.2 yang membandingkan antara tegangan pangkal feeder 20,9 kV (real) terlihat titik kritis berada diujung saluran yaitu pada jarak 16,6 kms sedangkan jika menggunakan tegangan pangkal feeder 20 kV maka titik kritis berada pada jarak 11,66 kms saja.



## **KESIMPULAN**

1. Feeder K 3 Kudus memiliki panjang 16,62 km dengan tegangan disisi sumber 20,9 kV atau 4,5% diatas tegangan nominal standard PLN 20 kV menyebabkan drop tegangan sebesar 8,88% disisi ujung feeder tersebut dengan tegangan 19,06 kV. Merujuk pada standard PLN yang menyatakan bahawa batas drop tegangan yang diizinkan adalah 5%, maka dengan memperhatikan standard tegangan nominal PLN 20 kV yang berarti tegangan maksimum diizinkan adalah 19 kV. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tegangan di ujung feeder K 3 Kudus sebesar 19,06 kV masih dapat diizinkan namun telah berada pada batas ambang kondisi kritis.
2. Dengan nilai kritis tersebut maka penambahan beban – beban baru dan pengembangan jaringan tidak lagi dimungkinkan, beban – beban yang berada pada ujung feeder dapat saja mengalami gangguan seperti ketidakstabilan tegangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Susilo, “Analisis Perbaikan Drop Tegangan Pada GI 20 kV Dengan Metode Pelimpahan Beban(Studi kasus GI Kalisari Dan GI Krapyak Wilayah Rayon Semarang Barat),” p. 80, 2017.
- [2] Suswanto, “konsep dasar jaringan,” *konsep dasar Jar. Distrib.*, 2009.
- [3] PLN P3B JAWA BALI, “PEMBAGIAN SISTEM PENYALURAN TENAGA LISTRIK.”
- [4] B. L.Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [5] TONI, “Gardu Induk,” <http://tonidosen.blogspot.com/2017/08/mata-kuliah.html>. .
- [6] M. Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. 2006.
- [7] S.Lily, “Analisa Rugi-rugi Daya Pada Jaringan Distribusi,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, 2015.
- [8] D. Di and P. T. Pln, “Analisa Rugi â Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 64–71, 2015.
- [9] PT.PLN (Persero), *Peraturan SPLN No.72 Tahun 1987*. .
- [10] R.Prabowo, “Simulasi Aliran Daya Pemasangan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi 12,5 kV Standar IEE 18 Bus Dengan Menggunakan Software Etap Power Station 4.0.0,” 2012.