

# Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Kendari New Penyulang Brimob Menggunakan Software ETAP 19.0.1. Pada Waktu Beban Puncak

Reynal Ardiansyah Kandeccing<sup>1</sup>, Mansur<sup>2</sup>, Sahabuddin Hay<sup>3</sup>, Samuel Jie<sup>4</sup>,

Yuni Aryani Koedoes<sup>5</sup>, Agustinus Lolok<sup>6</sup>, St. Nawal Jaya<sup>7</sup>

<sup>1-7</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Copresponent Author : [mansur@uho.ac.id](mailto:mansur@uho.ac.id)

**Abstract** — This research aims to determine power losses and energy losses in the Brimob feeder distribution channel at peak load times based on a comparison between manual calculations and simulations using etap 19.0.1 software. Using quantitative methods, this research will calculate power and energy losses in the channel during peak load based on data from measurements on the Brimob feeder. Then, as a comparison of the results obtained, a power and energy loss simulation will be carried out using Etap software based on the data available on the feeder. The research results obtained on the Brimob feeder concluded that for power loss analysis using the manual calculation method, a value of 121.49 kW was obtained with a presentation of 1.80% of the total power available on the Brimob feeder channel. Meanwhile, for calculations using ETAP 19.0.1 software, a total power loss of 192.3 kW was obtained with a presentation of 2.94% of the total power in the Brimob feeder channel. The results of manual calculations for energy losses obtained a total of 364.46 kWh, while the results of analysis using ETAP 19.0.1 software obtained a total of 576.90 kWh from a total of 98 transformers.

**Keywords** : Power loss, Energy Loss, Feeder, ETAP.

**Abstrak** — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui susut daya dan susut energi pada saluran distribusi penyulang brimob pada waktu beban puncak berdasarkan perbandingan antara perhitungan manual dan simulasi menggunakan Software etap 19.0.1. Dengan metode kuantitatif, penelitian ini akan menghitung susut daya dan energi pada saluran saat beban puncak berdasarkan data hasil pengukuran pada penyulang Brimob. Kemudian sebagai pembandingan hasil yang didapatkan akan dilakukan simulasi susut daya dan energi menggunakan software Etap berdasarkan data-data yang ada pada penyulang tersebut. Hasil penelitian yang diperoleh pada penyulang Brimob disimpulkan bahwa untuk analisis susut daya menggunakan metode perhitungan manual didapatkan nilai sebesar 121,49 kW dengan presentasi 1,80% dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob. Sedangkan untuk perhitungan dengan menggunakan software ETAP 19.0.1 didapatkan susut daya dengan total sebesar 192,3 kW dengan presentasi 2,94% dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob. Hasil perhitungan manual untuk susut energi didapatkan total sebesar 364,46 kWh, sedangkan hasil analisa menggunakan software ETAP 19.0.1 didapatkan total sebesar 576,90 kWh dari total 98 trafo.

**Kata Kunci** : Susut Daya, Susut Energi, Penyulang, ETAP.

## I. PENDAHULUAN

Sistem jaringan distribusi berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen. Untuk melayani wilayah perkotaan dan pedesaan, sistem jaringan

distribusi harus mempunyai kualitas yang memadai, karena tidak semua sumber listrik yang disalurkan oleh PLN dapat diterima oleh konsumen, akibat rugi-rugi daya berupa rugi-rugi daya [1].

Kehilangan daya merupakan suatu bentuk kehilangan energi listrik yang disebabkan oleh besarnya jumlah energi listrik yang disuplai oleh PLN dibandingkan dengan jumlah energi yang dijual kepada konsumen dan terganggunya efisiensi sistem distribusi listrik. Penyebab rugi-rugi listrik bisa disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jarak antar saluran listrik yang terlalu jauh, ketidakseimbangan beban, sambungan kabel beraliran listrik, dan lain sebagainya. Efisiensi yang baik akan tercapai jika kehilangan energi dapat ditekan sekecil mungkin [2].

Kerugian-kerugian pada sistem jaringan distribusi harus diperhitungkan, baik dalam perencanaan maupun pengoperasiannya, karena mempengaruhi biaya investasi. Secara umum rugi-rugi daya pada jaringan distribusi berkisar 5% (APEI, 2003). Oleh karena itu rugi-rugi pada sistem jaringan listrik perlu diperhitungkan dengan lebih cermat [1].

Mengingat pentingnya informasi besarnya rugi-rugi pada suatu jaringan distribusi, maka penulis menyajikan proposal tugas akhir yang berjudul “Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Kendari New Penyulang Brimob Menggunakan Software ETAP 19.0.1 Pada Waktu Beban Puncak”.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem ketenagalistrikan. Sistem distribusi ini berguna untuk mendistribusikan tenaga listrik dari sumber daya listrik yang besar (Bulk Power Source) ke konsumen [3]. Fungsi distribusi tenaga listrik adalah penyaluran atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan subsistem tenaga listrik yang terhubung langsung ke pelanggan, dimana tenaga listrik sebesar 20 kV pada busbar gardu induk disalurkan melalui penyulang distribusi ke gardu hub. atau dapat dihubungkan langsung ke konsumen. Dari gardu switching disalurkan ke gardu distribusi [4].

Gardu distribusi merupakan tempat untuk mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder. Gardu distribusi berfungsi melayani konsumen tegangan rendah dimana tegangan 20 kV diturunkan menjadi 380/220 volt pada trafo distribusi.

**B. Jaringan Distribusi Primer**

Jaringan distribusi primer mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk utama ke beberapa gardu distribusi. Jaringan ini terdiri dari saluran listrik primer yang berjalan dari rel listrik gardu induk ke area beban di sisi primer setiap gardu distribusi. Saluran distribusi primer dapat berupa jalur terbuka (Over Head Line) atau jalur bawah tanah (Under Ground Line) [5].

Over Head Line (Saluran udara dapat berupa kabel terbuka atau kabel udara). Sistem ini berguna untuk daerah dengan kepadatan beban rendah, seperti daerah pinggiran kota dan pedesaan, karena pasokan udaranya ekonomis. Manfaat yang dapat diperoleh dari penyampaian ini antara lain :

- Mudah bercabang untuk tujuan pengembangan beban
- Masalah sementara yang mudah diperbaiki
- Kontrol yang mudah jika terjadi kegagalan jaringan
- Tiang-tiang jaringan distribusi primer dapat juga digunakan untuk jaringan distribusi sekunder dan untuk keperluan transformasi atau gardu induk (gardu distribusi) sehingga secara keseluruhan harga pemasangannya ekonomis,

Jaringan di atas kepala menyalurkan listrik melalui kabel terbuka atau kabel yang digantung di tiang dengan peralatan isolasi. Selain itu juga mengurangi keindahan lingkungan karena saluran kabel yang tidak rata.

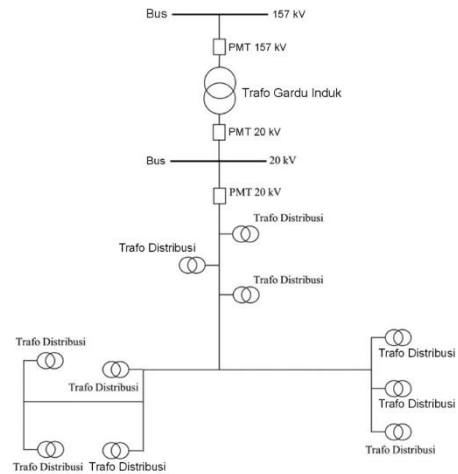
**C. Tipe Jaringan Distribusi Primer**

Dalam pelayanannya distribusi primer ini memiliki beberapa variasi bentuk, dimana masing-masing bentuk jaringan memiliki beberapa kelebihan. Jenis-jenis konfigurasi jaringan pada JTM (Jaringan Tegangan Menengah) antara lain.

**1. System Radial**

Sistem distribusi radial adalah sistem yang memiliki struktur yang sederhana, karena meliputi penyulang-penyulang atau rangkaian-rangkaian yang terpisah. Dari terminal JTM (Jaringan Tegangan Menengah) dipasang trafo distribusi yang menghubungkan dengan JTR (Jaringan Tegangan Rendah), Trafo berfungsi menurunkan tegangan dari tegangan JTM (Jaringan Tegangan Menengah) 20 kV

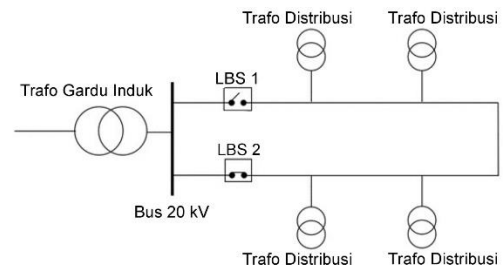
menjadi tegangan rendah 380 (3 fase)/220 (1 fase) volt (380/220 Volt) [6].



Gambar 1. JTM Sistem Radial (Sumber : Alecia Oktarina, 2021)

**2. System Tertutup (Loop)**

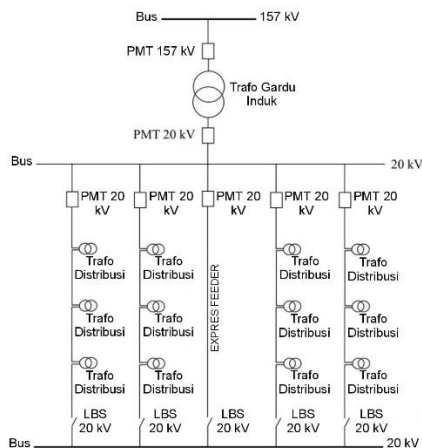
Sistem jaringan loop merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik [7].



Gambar 2. Sistem Loop (Sumber : Alecia Oktarina, 2021)

**3. System Spindel**

Jaringan distribusi spindel merupakan saluran kabel bawah tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya cocok di kota-kota besar. Sistem jaringan spindel biasanya terdiri atas maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani, dan satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban. Saluran penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan "working feeder" atau saluran kerja, sedangkan saluran yang dioperasikan tanpa beban dinamakan "express feeder"

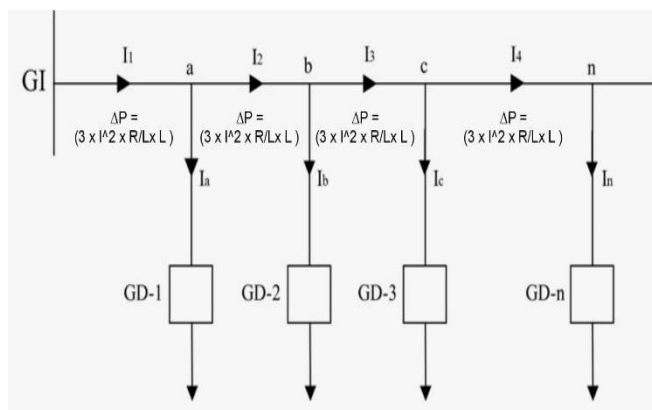


Gambar 3. Sistem Spindel  
(Sumber : Alecia Oktarina, 2021)

D. Susut Daya

Susut pada jaringan ini tergantung pada kondisi beban yang selalu berubah, sehingga untuk perhitungannya perlu dilakukan pada setiap kondisi beban khusus. Pada umumnya susut daya pada jaringan distribusi berkisar 5%. Dalam penelitian ini dibahas susut daya pada jaringan distribusi penyulang Brimob dan trafo distribusi pada penyulang Brimob.

Saluran distribusi primer merupakan penyulang untuk menyalurkan daya listrik dari gardu induk (GI) ke gardu distribusi (GD). Secara sederhana saluran distribusi primer diilustrasikan pada gambar



Gambar 4. Saluran Distribusi Primer  
(Sumber : Khairul Abrar dan Jainuddin, 2019)

- Ket :  
 GI = Gardu Induk  
 GD = Gardu Distribusi  
 I = Arus (Amper)

Arus mengalir pada penghantar dengan resistansi yang menyebabkan terjadinya susut pada penghantar tersebut sehingga daya yang dikirim dari gardu induk ke konsumen akan berkurang. Besarnya susut akibat resistansi penghantar untuk setiap fasanya dinyatakan sebagai (Kurt 1990) [8].

$$\Delta P_{sal} = (3 \times I^2 \times \frac{R}{L} \times L).$$

Dimana:

- $\Delta P_{sal}$  = Susut daya pada saluran feeder (Watt)
- I = Arus beban (Amper)
- R = Resistansi penghantar (Ohm/Km)
- L = Panjang penghantar (Km)

Data pada beban pada Sisi tegangan rendah diperoleh dari pengukuran masing-masing gardu distribusi dan diukur setiap fasa, yaitu arus beban (ITR), tegangan beban (VTR). Sementara data beban pada sisi tegangan menengah diperoleh dari transformasi nilai pada sisi tegangan rendah terhadap perbandingan tegangan pengenal transformator [8].

$$I_{TM} = \frac{V_2}{V_1} \times I_{TR} \text{ (Amper)}$$

Dimana:

- $I_{TM}$  = Arus beban dilihat dari sisi tegangan menengah (Amper)
- $I_{TR}$  = Arus beban dilihat dari sisi tegangan rendah (Amper)
- $V_1$  = Tegangan primer trafo (20 kV)
- $V_2$  = Tegangan sekunder trafo (400 V)

Data mengenai susut besi dan tembaga diperoleh dari katalog atau standar susut tersebut untuk transformator tiga fasa [8].

Arus nominal transformator

$$I_n = \frac{K_{trafo}}{\sqrt{3} \times V_1} \text{ (Amper)}$$

Keterangan:

- $I_n$  = Arus nominal transformator (Ampere)
- $K_{trafo}$  = Kapasitas transformator (kVA)
- $V_1$  = Tegangan primer Trafo (20 kV)

Susut transformator

$$\Delta P_{trafo} = \frac{I_{tm}}{I_n} \times P_{trafo} \text{ (W)}$$

- $I_{tm}$  = Susut Transmator (Watt)  
 $I_n$  = Susut Besi (Watt)  
 $P_{trado}$  = Susut Trafo Pada Katalog (Watt)

### E. Susut Energi

Susut energi pada suatu sistem adalah selisih energi yang masuk ke sistem tersebut dengan energi yang keluar dari sistem. Pada aplikasinya Susut sering juga dilihat dari segi daya. Untuk sistem distribusi dan transmisi dengan level tegangan yang tetap dapat juga dilihat dari segi tegangan atau sering disebut susut tegangan [9].

Susut energi terbagi atas susut penghantar dan susut pada trafo :

#### 1. Susut Pada Penghantar

Konduktor ideal seharusnya tidak memiliki hambatan. Namun pada kenyataannya setiap benda memiliki hambatan terhadap listrik. Begitupula konduktor yang dipakai untuk penghantar arus pada jaringan distribusi. Susut daya pada penghantar berbanding lurus dengan hambatan dan kuadrat arus yang mengalir. Susut daya ini sering disebut daya disipasi pada penghantar. Nilai tegangan jatuh pada penghantar adalah hasil kali hambatan dan arus yang mengalirinya [10].

#### 2. Susut Pada Trafo

Trafo distribusi menyumbang susut pada Jaringan. Susut pada trafo meliputi Susut tembaga, dan susut inti besi [10].

Menghitung susut energi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_{Losses} = \Delta P \times t \text{ (kWh)}$$

Dimana:

- $W_{Losses}$  = Susut energi (kWh)  
 $\Delta P$  = Susut Daya Total (kW)  
 $t$  = Waktu (S)

### F. ETAP Power Station

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time [11]. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem

pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan [12]. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama [13] :

- Virtual Reality Operasi
- Total Integration Data
- Simplicity in Data Entry

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya. Untuk membuat simulasi aliran daya, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain:

- Data Transformator
- Data Kawat Penghantar
- Data Beban
- Data Bus

## III. METODE PENELITIAN

### A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan setelah seminar proposal disetujui, dan dijadwalkan dimulai pada bulan September 2023 sampai selesai. Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Kendari New, kelurahan Watubangga, Kecamatan Baruga, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara.

### B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Laptop Lenovo
2. Memory Flashdisk
3. Handphone
4. Multi Tester Dan Tang Ampere

### C. Pengumpulan Data

#### 1. Survei

Survei adalah melakukan kunjungan atau pengamatan langsung di PT. PLN (Persero) ULP Wua-wua, untuk mengetahui kondisi real dan mendapatkan data-data yang diperlukan. Adapun data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian tentang Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Penyulang Brimob adalah sebagai berikut:

- Diagram satu garis
- Jenis penghantar
- Panjang penghantar

- Diameter penghantar
- Jumlah trafo distribusi
- Data trafo distribusi meliputi kapasitas trafo, tegangan, impedansi dan tap
- Arus beban yang terpakai pada penyulang

2. Observasi

Observasi bertujuan mengamati perubahan dan hal-hal yang terjadi pada saat pengumpulan data.

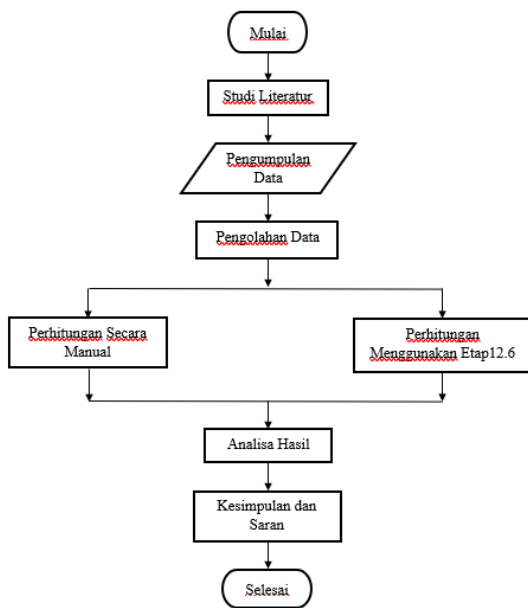
3. Study Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari buku-buku, jurnal, artikel dan lain-lain yang berfungsi sebagai referensi yang berhubungan judul penelitian ini.

D. Analisa Data

Proses untuk memahami dan menganalisa data yang diperoleh dari proses pengambilan data. Proses ini dapat mengetahui apakah suatu sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak. Dalam proses ini digunakan perhitungan manual dan menggunakan software ETAP 19.0.1 dengan tujuan untuk membandingkan dari kedua perhitungan tersebut.

E. Digaram Alur Penelitian

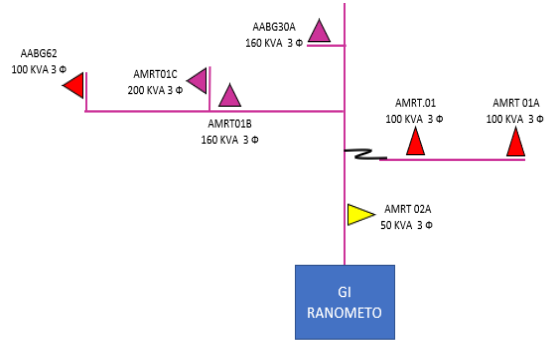


Gambar 5. Diagram Alur Penelitian (Sumber Penulis : 2024)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Jaringan Penyulang Brimob

1. Data Singeline Diagram Penyulang Brimob



Gambar 6. Singeline Diagram Penyulang Brimob (Sumber: Penulis, 2024)

2. Data Beban Puncak Penyulang Brimob

Tabel 1. Data Pembebanan Penyulang Brimob

| No | TRAFO     | Arus TR (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|-----------|-------------|--------------------|
| 1  | AMRT 02 A | 20,67       | 0,04               |
| 2  | AMRT 01 B | 135,7       | 0,95               |
| 3  | AMRT 01 C | 238,7       | 0,12               |
| 4  | AABG 62   | 77          | 0,24               |
| 5  | AMRT 01   | 106         | 0,28               |
| 6  | AMRT 01 A | 107,3       | 0,26               |
| 7  | AABG 30 A | 157,7       | 0,15               |
| 8  | AABG 30   | 104,8       | 0,09               |
| 9  | AABG 30 B | 141,3       | 0,5                |
| 10 | AABG 30 C | 69          | 0,15               |
| 11 | AABG 49   | 62          | 0,41               |
| 12 | AABG 27   | 100,8       | 0,95               |
| 13 | AABG 27 A | 132         | 0,64               |
| 14 | AABG 27 B | 170         | 0,26               |
| 15 | AABG 27 C | 69,33       | 0,35               |
| 16 | EAKD 14   | 8,33        | 0,06               |
| 17 | EAKD 13   | 106         | 0,42               |
| 18 | EAKD 12   | 109         | 0,18               |
| 19 | EAKD 12 A | 82,33       | 0,05               |
| 20 | EAKD 11   | 73,67       | 0,18               |
| 21 | EAKD 04   | 47,33       | 0,77               |
| 22 | EAKD 10   | 46          | 0,35               |
| 23 | EAKD 09   | 13,33       | 0,48               |

| No | TRAFO      | Arus TR (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|------------|-------------|--------------------|
| 24 | EAKD 08    | 29          | 0,58               |
| 25 | EAKD 07    | 27          | 0,1                |
| 26 | EAKD 06    | 111         | 0,88               |
| 27 | EAKD 07 A  | 14          | 1,06               |
| 28 | EAKD 07 B  | 33          | 0,63               |
| 29 | EAKD 07 C  | 88          | 0,69               |
| 30 | EAKD 02    | 79          | 0,49               |
| 31 | EAKD 03    | 13          | 0,04               |
| 32 | EAKD 01    | 131,7       | 0,23               |
| 33 | AABG 31    | 69,67       | 0,22               |
| 34 | AABG 44    | 175         | 0,4                |
| 35 | AABG 124 A | 26          | 0,25               |
| 36 | AABG 124   | 95          | 0,33               |
| 37 | AABG 50    | 16          | 0,22               |
| 38 | AABG 17 B  | 97          | 0,39               |
| 39 | AABG 33    | 60          | 0,18               |
| 40 | AABG 33 A  | 57          | 0,28               |
| 41 | AABG 02 B  | 121         | 2,11               |
| 42 | AABG 01    | 117         | 0,48               |
| 43 | AABG 013   | 102,7       | 0,45               |
| 44 | AABG 13 A  | 184,3       | 0,01               |
| 45 | AABG 01 B  | 66          | 0,15               |
| 46 | AABG 05    | 43          | 0,56               |
| 47 | AABG 66    | 39          | 0,12               |
| 48 | AABG 01 A  | 141         | 0,19               |
| 49 | AAWW 11    | 34          | 0,73               |
| 50 | AAWW 03 A  | 74          | 1,17               |
| 51 | AABG 15    | 81          | 0,69               |
| 52 | AABG 14    | 110         | 0,32               |
| 53 | AABG 14 B  | 48          | 0,7                |
| 54 | AABG 14 A  | 89,33       | 0,01               |
| 55 | AABG 15 A  | 107,7       | 0,29               |
| 56 | AAKM 18    | 106         | 0,73               |
| 57 | AAKM 19    | 175         | 0,19               |
| 58 | AAKM 20    | 187         | 0,29               |
| 59 | AAKM 21    | 149         | 0,35               |
| 60 | AAKM 21    | 109         | 0,02               |
| 61 | AAKM 22 B  | 9,33        | 0,05               |
| 62 | AAKM 22 C  | 98          | 0,15               |
| 63 | AAKM 22 A  | 12,6        | 0,05               |
| 64 | AAKM 22    | 139         | 0,46               |
| 65 | AAKM 200   | 132         | 0,4                |
| 66 | AAKM 39 A  | 75          | 0,55               |
| 67 | AAKM 39 A  | 58          | 0,48               |
| 68 | AAPS 40    | 9,3         | 1,25               |
| 69 | AAPS 08    | 182         | 0,19               |
| 70 | AAPS 09    | 128         | 0,71               |
| 71 | AAPS 37    | 204         | 0,37               |

| No | TRAFO     | Arus TR (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|-----------|-------------|--------------------|
| 72 | AAPS 23   | 40,7        | 0,35               |
| 73 | AAPS 22   | 78,7        | 0,63               |
| 74 | AAPS 07   | 200         | 0,21               |
| 75 | AAPS 20B  | 47          | 0,46               |
| 76 | AAPS 20 A | 6           | 0,16               |
| 77 | AAPS 20   | 92          | 0,16               |
| 78 | AAKM 07 B | 92,3        | 0,43               |
| 79 | AAKM 07 A | 11          | 0,21               |
| 80 | AAKM 07   | 259,3       | 0,11               |
| 81 | AAKM 10   | 146,3       | 0,58               |
| 82 | AAKM 105  | 233         | 0,11               |
| 83 | AAKM 5    | 214         | 0,16               |
| 84 | AAKM 5A   | 65,3        | 0,17               |
| 85 | AAKM 06 A | 171         | 0,11               |
| 86 | AAKM 09   | 16          | 0,16               |
| 87 | AAKM 08 A | 14,7        | 0,02               |
| 88 | AAKM 08   | 135         | 0,12               |
| 89 | AAKM 13 A | 92          | 0,32               |
| 90 | AAKM 13 B | 85,3        | 0,1                |
| 91 | AAKM 13   | 306,7       | 0,08               |
| 92 | AAKM 11   | 237         | 0,39               |
| 93 | AAKM 53   | 178,3       | 0,04               |
| 94 | AAKM 54   | 185,7       | 0,46               |
| 95 | AAKM 12   | 131         | 0,35               |
| 96 | AAKM 62   | 90,7        | 0,36               |
| 97 | AAKM 14 A | 134         | 0,18               |
| 98 | AAKM 14   | 223         | 0,06               |

(Sumber : Data PLN, 2023)

Setelah dilakukan perubahan dari daya sisi TR ke daya sisi TM dengan menggunakan perhitungan berikut:

Arus TM Saluran Trafo AMRT 02 A

$$\begin{aligned}
 I_{TM} &= \frac{V_2}{V_1} \times I_{TR} \\
 &= \frac{0,4}{20} \times 20,67 \text{ A} \\
 &= 0,4134 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Data Arus Sisi Tegangan Menengah

| No | TRAFO     | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|-----------|-------------|--------------------|
| 1  | AMRT 02 A | 0,4134      | 0,04               |
| 2  | AMRT 01 B | 2,7134      | 0,95               |
| 3  | AMRT 01 C | 4,7734      | 0,12               |
| 4  | AABG 62   | 1,54        | 0,24               |

| No | TRAFO      | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|------------|-------------|--------------------|
| 5  | AMRT 01    | 2,12        | 0,28               |
| 6  | AMRT 01 A  | 2,1466      | 0,26               |
| 7  | AABG 30 A  | 3,1534      | 0,15               |
| 8  | AABG 30    | 2,0954      | 0,09               |
| 9  | AABG 30 B  | 2,8266      | 0,5                |
| 10 | AABG 30 C  | 1,38        | 0,19               |
| 11 | AABG 49    | 1,24        | 0,38               |
| 12 | AABG 27    | 2,0154      | 0,95               |
| 13 | AABG 27 A  | 2,64        | 0,64               |
| 14 | AABG 27 B  | 3,4         | 0,26               |
| 15 | AABG 27 C  | 1,3866      | 0,35               |
| 16 | EAKD 14    | 0,1666      | 0,06               |
| 17 | EAKD 13    | 2,12        | 0,42               |
| 18 | EAKD 12    | 2,18        | 0,18               |
| 19 | EAKD 12 A  | 1,6466      | 0,05               |
| 20 | EAKD 11    | 1,4734      | 0,18               |
| 21 | EAKD 04    | 0,9466      | 0,54               |
| 22 | EAKD 10    | 0,92        | 0,35               |
| 23 | EAKD 09    | 0,2666      | 0,48               |
| 24 | EAKD 08    | 0,58        | 0,58               |
| 25 | EAKD 07    | 0,54        | 0,1                |
| 26 | EAKD 06    | 2,22        | 0,88               |
| 27 | EAKD 07 A  | 0,28        | 1,06               |
| 28 | EAKD 07 B  | 0,66        | 0,63               |
| 29 | EAKD 07 C  | 1,76        | 0,69               |
| 30 | EAKD 02    | 1,58        | 0,72               |
| 31 | EAKD 03    | 0,26        | 0,04               |
| 32 | EAKD 01    | 2,6334      | 0,23               |
| 33 | AABG 31    | 1,3934      | 0,03               |
| 34 | AABG 44    | 3,5         | 0,23               |
| 35 | AABG 124 A | 0,52        | 0,16               |
| 36 | AABG 124   | 1,9         | 0,33               |
| 37 | AABG 50    | 0,32        | 0,22               |
| 38 | AABG 17 B  | 1,94        | 0,39               |
| 39 | AABG 33    | 1,2         | 0,15               |
| 40 | AABG 33 A  | 1,14        | 0,28               |
| 41 | AABG 02 B  | 2,42        | 2,14               |
| 42 | AABG 01    | 2,34        | 0,16               |
| 43 | AABG 013   | 2,0534      | 0,25               |
| 44 | AABG 13 A  | 3,6866      | 0,25               |
| 45 | AABG 01 B  | 1,32        | 0,2                |
| 46 | AABG 05    | 0,86        | 0,15               |
| 47 | AABG 66    | 0,78        | 0,03               |
| 48 | AABG 01 A  | 2,82        | 0,03               |
| 49 | AAWW 11    | 0,68        | 0,98               |
| 50 | AAWW 03 A  | 1,48        | 1,17               |
| 51 | AABG 15    | 1,62        | 0,69               |
| 52 | AABG 14    | 2,2         | 0,32               |
| 53 | AABG 14 B  | 0,96        | 0,16               |
| 54 | AABG 14 A  | 1,7866      | 0,38               |
| 55 | AABG 15 A  | 2,1534      | 0,45               |
| 56 | AAKM 18    | 2,12        | 0,05               |
| 57 | AAKM 19    | 3,5         | 0,42               |
| 58 | AAKM 20    | 3,74        | 0,15               |
| 59 | AAKM 21    | 2,98        | 0,3                |

| No | TRAFO     | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) |
|----|-----------|-------------|--------------------|
| 60 | AAKM 21   | 2,18        | 0,21               |
| 61 | AAKM 22 B | 0,1866      | 0,63               |
| 62 | AAKM 22 C | 1,96        | 0,15               |
| 63 | AAKM 22 A | 0,252       | 0,05               |
| 64 | AAKM 22   | 2,78        | 0,46               |
| 65 | AAKM 200  | 2,64        | 0,6                |
| 66 | AAKM 39 A | 1,5         | 0,3                |
| 67 | AAKM 39 A | 1,16        | 0,48               |
| 68 | AAPS 40   | 0,186       | 1,5                |
| 69 | AAPS 08   | 3,64        | 0,19               |
| 70 | AAPS 09   | 2,56        | 0,41               |
| 71 | AAPS 37   | 4,08        | 0,16               |
| 72 | AAPS 23   | 0,814       | 0,24               |
| 73 | AAPS 22   | 1,574       | 0,48               |
| 74 | AAPS 07   | 4           | 0,68               |
| 75 | AAPS 20B  | 0,94        | 0,46               |
| 76 | AAPS 20 A | 0,12        | 0,16               |
| 77 | AAPS 20   | 1,84        | 0,16               |
| 78 | AAKM 07 B | 1,846       | 0,92               |
| 79 | AAKM 07 A | 0,22        | 0,21               |
| 80 | AAKM 07   | 5,186       | 0,11               |
| 81 | AAKM 10   | 2,926       | 0,4                |
| 82 | AAKM 105  | 4,66        | 0,29               |
| 83 | AAKM 5    | 4,28        | 0,16               |
| 84 | AAKM 5A   | 1,306       | 0,17               |
| 85 | AAKM 06 A | 3,42        | 0,11               |
| 86 | AAKM 09   | 0,32        | 0,16               |
| 87 | AAKM 08 A | 0,294       | 0,02               |
| 88 | AAKM 08   | 2,7         | 0,12               |
| 89 | AAKM 13 A | 1,84        | 0,32               |
| 90 | AAKM 13 B | 1,706       | 0,1                |
| 91 | AAKM 13   | 6,134       | 0,08               |
| 92 | AAKM 11   | 4,74        | 0,39               |
| 93 | AAKM 53   | 3,566       | 0,04               |
| 94 | AAKM 54   | 3,714       | 0,05               |
| 95 | AAKM 12   | 2,62        | 0,05               |
| 96 | AAKM 62   | 1,814       | 0,14               |
| 97 | AAKM 14 A | 2,68        | 1,11               |
| 98 | AAKM 14   | 4,46        | 0,06               |
|    | Total     | 198,33      | 34,99              |

(Sumber : Penulis, 2023)

**B. Analisa Susut Daya Pada Penyulang Brimob**

**1. Perhitungan Susut Daya Saluran Brimob**

Pada penyulang Brimob ini, terdiri dari beberapa jenis Penghantar yaitu:

Tabel 3. Jenis Penghantar (Konduktor) Penyulang Brimob

| No. | Jenis Penghantar | Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) | Panjang Penghantar (Km) | Resistansi (R) |
|-----|------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|
|-----|------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|

|   |                  |     |        |      |
|---|------------------|-----|--------|------|
| 1 | Aluminium (XLPE) | 150 | 10,926 | 0,22 |
| 2 | Aluminium (XLPE) | 70  | 23,164 | 0,46 |
| 3 | Aluminium (XLPE) | 240 | 1,9    | 0,13 |

(Sumber : Data PLN, 2023)

Berikut ini adalah perhitungan susut daya aktif pada saat beban puncak berdasarkan data hasil pengukuran.

Saluran Trafo AMRT 02 A

$$\begin{aligned} \Delta P &= (3 \times I^2 \times \frac{R}{L} \times L \text{ (XPLE 240mm}^2\text{)}) \\ &= (3 \times 0,4134^2 \text{ A} \times 0,13 \text{ Ohm/Km} \times 0,04 \text{ Km}) \\ &= 0,0027 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dijadikan ke kW} &= 0,0027 \text{ W} : 1000 \\ &= 0,0000027 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Susut Daya Saluran

| No | TRAFO     | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) | ΔPsaluran (kW) |
|----|-----------|-------------|--------------------|----------------|
| 1  | AMRT 02 A | 0,4134      | 0,04               | 0,0000027      |
| 2  | AMRT 01 B | 2,7134      | 0,95               | 0,0027278      |
| 3  | AMRT 01 C | 4,7734      | 0,12               | 0,0010664      |
| 4  | AABG 62   | 1,54        | 0,24               | 0,000222       |
| 5  | AMRT 01   | 2,12        | 0,28               | 0,0004908      |
| 6  | AMRT 01 A | 2,1466      | 0,26               | 0,0004672      |
| 7  | AABG 30 A | 3,1534      | 0,15               | 0,0005817      |
| 8  | AABG 30   | 2,0954      | 0,09               | 0,0001541      |
| 9  | AABG 30 B | 2,8266      | 0,5                | 0,001558       |
| 10 | AABG 30 C | 1,38        | 0,19               | 0,0001114      |
| 11 | AABG 49   | 1,24        | 0,38               | 0,0008459      |
| 12 | AABG 27   | 2,0154      | 0,95               | 0,0015049      |
| 13 | AABG 27 A | 2,64        | 0,64               | 0,0017396      |
| 14 | AABG 27 B | 3,4         | 0,26               | 0,0011722      |
| 15 | AABG 27 C | 1,3866      | 0,35               | 0,0002624      |
| 16 | EAKD 14   | 0,1666      | 0,06               | 0,0000006      |
| 17 | EAKD 13   | 2,12        | 0,42               | 0,0047362      |
| 18 | EAKD 12   | 2,18        | 0,18               | 0,0003336      |
| 19 | EAKD 12 A | 1,6466      | 0,05               | 0,0000529      |
| 20 | EAKD 11   | 1,4734      | 0,18               | 0,0061524      |
| 21 | EAKD 04   | 0,9466      | 0,54               | 0,0002691      |
| 22 | EAKD 10   | 0,92        | 0,35               | 0,0001155      |
| 23 | EAKD 09   | 0,2666      | 0,48               | 0,0000133      |
| 24 | EAKD 08   | 0,58        | 0,58               | 0,0000761      |

| No | TRAFO      | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) | ΔPsaluran (kW) |
|----|------------|-------------|--------------------|----------------|
| 25 | EAKD 07    | 0,54        | 0,1                | 0,0000114      |
| 26 | EAKD 06    | 2,22        | 0,88               | 0,0016914      |
| 27 | EAKD 07 A  | 0,28        | 1,06               | 0,0000324      |
| 28 | EAKD 07 B  | 0,66        | 0,63               | 0,000107       |
| 29 | EAKD 07 C  | 1,76        | 0,69               | 0,0008336      |
| 30 | EAKD 02    | 1,58        | 0,72               | 0,0004771      |
| 31 | EAKD 03    | 0,26        | 0,04               | 0,0000011      |
| 32 | EAKD 01    | 2,6334      | 0,23               | 0,0006221      |
| 33 | AABG 31    | 1,3934      | 0,03               | 0,0001666      |
| 34 | AABG 44    | 3,5         | 0,23               | 0,001911       |
| 35 | AABG 124 A | 0,52        | 0,16               | 0,0000264      |
| 36 | AABG 124   | 1,9         | 0,33               | 0,0004646      |
| 37 | AABG 50    | 0,32        | 0,22               | 0,0000088      |
| 38 | AABG 17 B  | 1,94        | 0,39               | 0,0005724      |
| 39 | AABG 33    | 1,2         | 0,15               | 0,0001011      |
| 40 | AABG 33 A  | 1,14        | 0,28               | 0,0001419      |
| 41 | AABG 02 B  | 2,42        | 2,14               | 0,0048192      |
| 42 | AABG 01    | 2,34        | 0,16               | 0,001025       |
| 43 | AABG 013   | 2,0534      | 0,25               | 0,00074        |
| 44 | AABG 13 A  | 3,6866      | 0,25               | 0,000053       |
| 45 | AABG 01 B  | 1,32        | 0,2                | 0,0001019      |
| 46 | AABG 05    | 0,86        | 0,15               | 0,0001615      |
| 47 | AABG 66    | 0,78        | 0,03               | 0,0000285      |
| 48 | AABG 01 A  | 2,82        | 0,03               | 0,0005893      |
| 49 | AAWW 11    | 0,68        | 0,98               | 0,0001316      |
| 50 | AAWW 03 A  | 1,48        | 1,17               | 0,0009995      |
| 51 | AABG 15    | 1,62        | 0,69               | 0,0007062      |
| 52 | AABG 14    | 2,2         | 0,32               | 0,000604       |
| 53 | AABG 14 B  | 0,96        | 0,16               | 0,0002516      |
| 54 | AABG 14 A  | 1,7866      | 0,38               | 0,0000124      |
| 55 | AABG 15 A  | 2,1534      | 0,45               | 0,0005245      |
| 56 | AAKM 18    | 2,12        | 0,05               | 0,0012796      |
| 57 | AAKM 19    | 3,5         | 0,42               | 0,0009077      |
| 58 | AAKM 20    | 3,74        | 0,15               | 0,001582       |
| 59 | AAKM 21    | 2,98        | 0,3                | 0,0012122      |
| 60 | AAKM 21    | 2,18        | 0,21               | 0,0000371      |
| 61 | AAKM 22 B  | 0,1866      | 0,63               | 0,0000007      |
| 62 | AAKM 22 C  | 1,96        | 0,15               | 0,0002247      |
| 63 | AAKM 22 A  | 0,252       | 0,05               | 0,0000012      |
| 64 | AAKM 22    | 2,78        | 0,46               | 0,0013865      |
| 65 | AAKM 200   | 2,64        | 0,6                | 0,0010873      |
| 66 | AAKM 39 A  | 1,5         | 0,3                | 0,0004826      |
| 67 | AAKM 39 A  | 1,16        | 0,48               | 0,0002519      |
| 68 | AAPS 40    | 0,186       | 1,5                | 0,0000169      |
| 69 | AAPS 08    | 3,64        | 0,19               | 0,0009818      |
| 70 | AAPS 09    | 2,56        | 0,41               | 0,0018147      |
| 71 | AAPS 37    | 4,08        | 0,16               | 0,0024021      |
| 72 | AAPS 23    | 0,814       | 0,24               | 0,0000904      |



| No    | TRAFO     | Arus TM (A) | Panjang Kawat (Km) | ΔPsaluran (kW) |
|-------|-----------|-------------|--------------------|----------------|
| 73    | AAPS 22   | 1,574       | 0,48               | 0,0006087      |
| 74    | AAPS 07   | 4           | 0,68               | 0,0013104      |
| 75    | AAPS 20B  | 0,94        | 0,46               | 0,0001585      |
| 76    | AAPS 20 A | 0,12        | 0,16               | 0,0000009      |
| 77    | AAPS 20   | 1,84        | 0,16               | 0,0002113      |
| 78    | AAKM 07 B | 1,846       | 0,92               | 0,0005715      |
| 79    | AAKM 07 A | 0,22        | 0,21               | 0,0000004      |
| 80    | AAKM 07   | 5,186       | 0,11               | 0,0011538      |
| 81    | AAKM 10   | 2,926       | 0,4                | 0,0019366      |
| 82    | AAKM 105  | 4,66        | 0,29               | 0,0009316      |
| 83    | AAKM 5    | 4,28        | 0,16               | 0,0011431      |
| 84    | AAKM 5A   | 1,306       | 0,17               | 0,0001131      |
| 85    | AAKM 06 A | 3,42        | 0,11               | 0,0005018      |
| 86    | AAKM 09   | 0,32        | 0,16               | 0,0000064      |
| 87    | AAKM 08 A | 0,294       | 0,02               | 0,0000007      |
| 88    | AAKM 08   | 2,7         | 0,12               | 0,0003412      |
| 89    | AAKM 13 A | 1,84        | 0,32               | 0,0004225      |
| 90    | AAKM 13 B | 1,706       | 0,1                | 0,0001135      |
| 91    | AAKM 13   | 6,134       | 0,08               | 0,0011739      |
| 92    | AAKM 11   | 4,74        | 0,39               | 0,0034173      |
| 93    | AAKM 53   | 3,566       | 0,04               | 0,0001984      |
| 94    | AAKM 54   | 3,714       | 0,05               | 0,0024746      |
| 95    | AAKM 12   | 2,62        | 0,05               | 0,000937       |
| 96    | AAKM 62   | 1,814       | 0,14               | 0,000462       |
| 97    | AAKM 14 A | 2,68        | 1,11               | 0,0005042      |
| 98    | AAKM 14   | 4,46        | 0,06               | 0,0004655      |
| Total |           |             |                    | 0,0754958      |

(Sumber : Penulis, 2023)

2. Perhitungan Susut Daya Pada Trafo Distribusi Penyulang Brimob

Perhitungan susut trafo didapat dari penjumlahan susut masing-masing trafo distribusi. Susut trafo yang dimaksud disini adalah susut inti besi (ΔPfe) dan susut tembaga (ΔPcu). Susut inti besi dianggap konstan karena susut inti besi tidak dipengaruhi pembebanan trafo, sedangkan susut tembaga trafo besarnya tergantung pada arus beban trafo. Susut inti besi dan susut tembaga didapatkan dari name plate trafo berdasarkan kapasitasnya tanpa dibedakan dari merk trafo. Adapun tabel susut inti besi dan susut tembaga trafo sebagai berikut:

Tabel 5. Susut Inti Besi Dan Susut Tembaga Trafo Berdasarkan Katalog

| No | Capacity | Susut Inti Besi | Susut Tembaga | Total Losses |
|----|----------|-----------------|---------------|--------------|
|    | (kVA)    | Watt            | Watt          | Watt         |
| 1  | 25       | 75              | 425           | 500          |
| 2  | 50       | 150             | 800           | 950          |
| 3  | 100      | 300             | 1600          | 1900         |
| 4  | 160      | 400             | 2000          | 2400         |
| 5  | 200      | 480             | 2500          | 2980         |
| 6  | 250      | 600             | 3000          | 3600         |
| 7  | 400      | 930             | 4600          | 5530         |
| 8  | 1000     | 2300            | 12300         | 14600        |

(Sumber : TRAFINDO)

➤ Perhitungan Arus Nominal Trafo

Arus nominal trafo diperoleh dengan membagi kapasitas trafo dengan akar 3 dikali tegangan primer.

Trafo AMRT 02 A

$$I_n = \frac{K_{trafo}}{\sqrt{3} \times V_1} = \frac{50.000}{\sqrt{3} \times 20.000} = 1,44 A$$

Tabel 6. Arus Nominal dan Resistansi Tembaga

| No | Kapasitas Trafo (VA) | Arus Nominal (A) |
|----|----------------------|------------------|
| 1  | 25000                | 0,72             |
| 2  | 50000                | 1,44             |
| 3  | 100000               | 2,89             |
| 4  | 160000               | 4,62             |
| 5  | 200000               | 5,77             |
| 6  | 250000               | 7,22             |
| 7  | 400000               | 11,55            |
| 8  | 1000000              | 28,87            |

(Sumber : Penulis, 2023)

➤ Perhitungan Susut Trafo

Susut trafo diperoleh melalui pembagian arus TM dengan arus nominal dikali total susut trafo.

Trafo AMRT 02 A

$$\begin{aligned} \Delta P_{trafo} &= \frac{I_{tm}}{I_n} \times P_{trafo} \text{ (W)} \\ &= \frac{0,4134}{1,44} \times 950 \text{ W} \\ &= 272,73 \text{ W} \end{aligned}$$

Dijadikan ke kW

$$\begin{aligned} &= 272,73 \text{ W} : 1000 \\ &= 0,27 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tabel 7. Susut Trafo

| No | Kode Gardu | Daya (kVA) | ΔPtrafo (kW) |
|----|------------|------------|--------------|
| 1  | AMRT02A    | 50         | 0,27         |
| 2  | AMRT01B    | 160        | 1,41         |
| 3  | AMRT01C    | 200        | 2,47         |
| 4  | AABG62     | 100        | 1,01         |
| 5  | AMRT01     | 100        | 1,39         |
| 6  | AMRT01A    | 100        | 1,41         |
| 7  | AABG30A    | 160        | 1,64         |
| 8  | AABG30     | 160        | 1,09         |
| 9  | AABG30B    | 160        | 1,47         |
| 10 | AABG30C    | 100        | 0,91         |
| 11 | AABG49     | 100        | 0,82         |
| 12 | AABG27     | 100        | 1,32         |
| 13 | AABG27A    | 160        | 1,37         |
| 14 | AABG27B    | 200        | 1,76         |
| 15 | AABG27C    | 100        | 1,84         |
| 16 | EAKD14     | 25         | 0,12         |
| 17 | EAKD13     | 100        | 1,39         |
| 18 | EAKD12     | 100        | 1,43         |
| 19 | EAKD12A    | 100        | 1,08         |
| 20 | EAKD11     | 100        | 0,97         |
| 21 | EAKD04     | 100        | 0,62         |
| 22 | EAKD10     | 100        | 0,6          |
| 23 | EAKD09     | 25         | 0,19         |
| 24 | EAKD08     | 50         | 0,38         |
| 25 | EAKD07     | 50         | 0,36         |
| 26 | EAKD06     | 100        | 1,76         |
| 27 | EAKD07A    | 25         | 1,19         |
| 28 | EAKD07B    | 50         | 0,44         |
| 29 | EAKD07C    | 100        | 1,16         |
| 30 | EAKD02     | 100        | 1,04         |
| 31 | EAKD03     | 25         | 0,18         |
| 32 | EAKD01     | 160        | 1,37         |
| 33 | AABG31     | 100        | 0,92         |
| 34 | AABG44     | 200        | 1,81         |
| 35 | AABG124A   | 50         | 0,35         |
| 36 | AABG124    | 100        | 1,26         |
| 37 | AABG50     | 50         | 0,21         |
| 38 | AABG17B    | 100        | 1,28         |
| 39 | AABG33     | 100        | 1,79         |
| 40 | AABG33A    | 100        | 0,75         |
| 41 | AABG02B    | 160        | 3,02         |

| No | Kode Gardu | Daya (kVA) | ΔPtrafo (kW) |
|----|------------|------------|--------------|
| 42 | AABG01     | 160        | 1,22         |
| 43 | AABG13     | 100        | 1,35         |
| 44 | AABG13A    | 250        | 1,84         |
| 45 | AABG01B    | 100        | 0,87         |
| 46 | AABG05     | 100        | 0,57         |
| 47 | AABG66     | 50         | 0,51         |
| 48 | AABG01A    | 160        | 1,47         |
| 49 | AAWW11     | 50         | 0,45         |
| 50 | AAWW03A    | 100        | 0,97         |
| 51 | AABG15     | 100        | 1,07         |
| 52 | AABG14     | 100        | 1,45         |
| 53 | AABG14B    | 50         | 0,74         |
| 54 | AABG14A    | 100        | 1,17         |
| 55 | AABG15A    | 100        | 1,42         |
| 56 | AAKM18     | 160        | 1,1          |
| 57 | AAKM19     | 250        | 1,75         |
| 58 | AAKM20     | 200        | 1,94         |
| 59 | AAKM21     | 160        | 1,55         |
| 60 | AAKM21A    | 160        | 1,23         |
| 61 | AAKM22B    | 25         | 0,13         |
| 62 | AAKM22C    | 100        | 1,29         |
| 63 | AAKM22A    | 25         | 0,18         |
| 64 | AAKM22     | 160        | 1,65         |
| 65 | AAKM200    | 160        | 1,37         |
| 66 | AAKM39A    | 100        | 0,99         |
| 67 | AAKM39     | 100        | 0,77         |
| 68 | AAPS40     | 25         | 0,13         |
| 69 | AAPS08     | 160        | 2,49         |
| 70 | AAPS09     | 160        | 1,33         |
| 71 | AAPS37     | 200        | 2,51         |
| 72 | AAPS23     | 100        | 0,53         |
| 73 | AAPS22     | 100        | 1,03         |
| 74 | AAPS07     | 200        | 2,07         |
| 75 | AAPS20B    | 100        | 0,62         |
| 76 | AAPS20A    | 25         | 0,08         |
| 77 | AAPS20     | 100        | 1,41         |
| 78 | AAKM07B    | 100        | 2,21         |
| 79 | AAKM07A    | 25         | 0,15         |
| 80 | AAKM07     | 250        | 2,89         |
| 81 | AAKM10     | 400        | 2,6          |
| 82 | AAKM105    | 250        | 2,32         |
| 83 | AAKM5      | 200        | 2,21         |
| 84 | AAKM5A     | 100        | 0,86         |
| 85 | AAKM06A    | 200        | 1,77         |
| 86 | AAKM09     | 25         | 0,32         |
| 87 | AAKM08A    | 25         | 0,2          |
| 88 | AAKM08     | 200        | 1,39         |
| 89 | AAKM13A    | 160        | 0,96         |
| 90 | AAKM13B    | 100        | 1,12         |
| 91 | AAKM13     | 1000       | 3,1          |
| 92 | AAKM11     | 400        | 2,27         |
| 93 | AAKM53     | 200        | 1,84         |
| 94 | AAKM54     | 200        | 1,92         |
| 95 | AAKM12     | 200        | 1,36         |
| 96 | AAKM62     | 100        | 1,19         |

| No    | Kode Gardu | Daya (kVA) | $\Delta P_{trafo}$ (kW) |
|-------|------------|------------|-------------------------|
| 97    | AAKM14A    | 160        | 1,4                     |
| 98    | AAKM14     | 250        | 2,23                    |
| Total |            |            | 121,41                  |

(Sumber : Penulis, 2023)

➤ Susut Daya Total

Susut daya total merupakan penjumlahan dari susut transformator distribusi dan susut saluran yang ada.

Tabel 8. Susut Daya Total

| No | KODE GARDU | $\Delta P_{trafo}$ (kW) | $\Delta P_{saluran}$ (kW) | $\Delta P_{total}$ (kW) |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1  | AMRT02A    | 0,27                    | 0,0000027                 | 0,27                    |
| 2  | AMRT01B    | 1,41                    | 0,0027278                 | 1,41                    |
| 3  | AMRT01C    | 2,47                    | 0,0010664                 | 2,47                    |
| 4  | AABG62     | 1,01                    | 0,000222                  | 1,01                    |
| 5  | AMRT01     | 1,39                    | 0,0004908                 | 1,39                    |
| 6  | AMRT01A    | 1,41                    | 0,0004672                 | 1,41                    |
| 7  | AABG30A    | 1,64                    | 0,0005817                 | 1,64                    |
| 8  | AABG30     | 1,09                    | 0,0001541                 | 1,09                    |
| 9  | AABG30B    | 1,47                    | 0,001558                  | 1,47                    |
| 10 | AABG30C    | 0,91                    | 0,0001114                 | 0,91                    |
| 11 | AABG49     | 0,82                    | 0,0008459                 | 0,82                    |
| 12 | AABG27     | 1,32                    | 0,0015049                 | 1,32                    |
| 13 | AABG27A    | 1,37                    | 0,0017396                 | 1,37                    |
| 14 | AABG27B    | 1,76                    | 0,0011722                 | 1,76                    |
| 15 | AABG27C    | 1,84                    | 0,0002624                 | 1,84                    |
| 16 | EAKD14     | 0,12                    | 0,0000006                 | 0,12                    |
| 17 | EAKD13     | 1,39                    | 0,0047362                 | 1,39                    |
| 18 | EAKD12     | 1,43                    | 0,0003336                 | 1,43                    |
| 19 | EAKD12A    | 1,08                    | 0,0000529                 | 1,08                    |
| 20 | EAKD11     | 0,97                    | 0,0061524                 | 0,98                    |
| 21 | EAKD04     | 0,62                    | 0,0002691                 | 0,62                    |
| 22 | EAKD10     | 0,6                     | 0,0001155                 | 0,60                    |
| 23 | EAKD09     | 0,19                    | 0,0000133                 | 0,19                    |
| 24 | EAKD08     | 0,38                    | 0,0000761                 | 0,38                    |
| 25 | EAKD07     | 0,36                    | 0,0000114                 | 0,36                    |
| 26 | EAKD06     | 1,76                    | 0,0016914                 | 1,76                    |
| 27 | EAKD07A    | 1,19                    | 0,0000324                 | 1,19                    |
| 28 | EAKD07B    | 0,44                    | 0,000107                  | 0,44                    |
| 29 | EAKD07C    | 1,16                    | 0,0008336                 | 1,16                    |
| 30 | EAKD02     | 1,04                    | 0,0004771                 | 1,04                    |
| 31 | EAKD03     | 0,18                    | 0,0000011                 | 0,18                    |
| 32 | EAKD01     | 1,37                    | 0,0006221                 | 1,37                    |
| 33 | AABG31     | 0,92                    | 0,0001666                 | 0,92                    |
| 34 | AABG44     | 1,81                    | 0,001911                  | 1,81                    |
| 35 | AABG124A   | 0,35                    | 0,0000264                 | 0,35                    |
| 36 | AABG124    | 1,26                    | 0,0004646                 | 1,26                    |
| 37 | AABG50     | 0,21                    | 0,0000088                 | 0,21                    |

| No | KODE GARDU | $\Delta P_{trafo}$ (kW) | $\Delta P_{saluran}$ (kW) | $\Delta P_{total}$ (kW) |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 38 | AABG17B    | 1,28                    | 0,0005724                 | 1,28                    |
| 39 | AABG33     | 1,79                    | 0,0001011                 | 1,79                    |
| 40 | AABG33A    | 0,75                    | 0,0001419                 | 0,75                    |
| 41 | AABG02B    | 3,02                    | 0,0048192                 | 3,02                    |
| 42 | AABG01     | 1,22                    | 0,001025                  | 1,22                    |
| 43 | AABG13     | 1,35                    | 0,00074                   | 1,35                    |
| 44 | AABG13A    | 1,84                    | 0,000053                  | 1,84                    |
| 45 | AABG01B    | 0,87                    | 0,0001019                 | 0,87                    |
| 46 | AABG05     | 0,57                    | 0,0001615                 | 0,57                    |
| 47 | AABG66     | 0,51                    | 0,0000285                 | 0,51                    |
| 48 | AABG01A    | 1,47                    | 0,0005893                 | 1,47                    |
| 49 | AAWW11     | 0,45                    | 0,0001316                 | 0,45                    |
| 50 | AAWW03A    | 0,97                    | 0,0009995                 | 0,97                    |
| 51 | AABG15     | 1,07                    | 0,0007062                 | 1,07                    |
| 52 | AABG14     | 1,45                    | 0,000604                  | 1,45                    |
| 53 | AABG14B    | 0,74                    | 0,0002516                 | 0,74                    |
| 54 | AABG14A    | 1,17                    | 0,0000124                 | 1,17                    |
| 55 | AABG15A    | 1,42                    | 0,0005245                 | 1,42                    |
| 56 | AAKM18     | 1,1                     | 0,0012796                 | 1,10                    |
| 57 | AAKM19     | 1,75                    | 0,0009077                 | 1,75                    |
| 58 | AAKM20     | 1,94                    | 0,001582                  | 1,94                    |
| 59 | AAKM21     | 1,55                    | 0,0012122                 | 1,55                    |
| 60 | AAKM21A    | 1,23                    | 0,0000371                 | 1,23                    |
| 61 | AAKM22B    | 0,13                    | 0,0000007                 | 0,13                    |
| 62 | AAKM22C    | 1,29                    | 0,0002247                 | 1,29                    |
| 63 | AAKM22A    | 0,18                    | 0,0000012                 | 0,18                    |
| 64 | AAKM22     | 1,65                    | 0,0013865                 | 1,65                    |
| 65 | AAKM200    | 1,37                    | 0,0010873                 | 1,37                    |
| 66 | AAKM39A    | 0,99                    | 0,0004826                 | 0,99                    |
| 67 | AAKM39     | 0,77                    | 0,0002519                 | 0,77                    |
| 68 | AAPS40     | 0,13                    | 0,0000169                 | 0,13                    |
| 69 | AAPS08     | 2,49                    | 0,0009818                 | 2,49                    |
| 70 | AAPS09     | 1,33                    | 0,0018147                 | 1,33                    |
| 71 | AAPS37     | 2,51                    | 0,0024021                 | 2,51                    |
| 72 | AAPS23     | 0,53                    | 0,0000904                 | 0,53                    |
| 73 | AAPS22     | 1,03                    | 0,0006087                 | 1,03                    |
| 74 | AAPS07     | 2,07                    | 0,0013104                 | 2,07                    |
| 75 | AAPS20B    | 0,62                    | 0,0001585                 | 0,62                    |
| 76 | AAPS20A    | 0,08                    | 0,0000009                 | 0,08                    |
| 77 | AAPS20     | 1,41                    | 0,0002113                 | 1,41                    |
| 78 | AAKM07B    | 2,21                    | 0,0005715                 | 2,21                    |
| 79 | AAKM07A    | 0,15                    | 0,000004                  | 0,15                    |
| 80 | AAKM07     | 2,89                    | 0,0011538                 | 2,89                    |
| 81 | AAKM10     | 2,6                     | 0,0019366                 | 2,60                    |
| 82 | AAKM105    | 2,32                    | 0,0009316                 | 2,32                    |
| 83 | AAKM5      | 2,21                    | 0,0011431                 | 2,21                    |
| 84 | AAKM5A     | 0,86                    | 0,0001131                 | 0,86                    |
| 85 | AAKM06A    | 1,77                    | 0,0005018                 | 1,77                    |
| 86 | AAKM09     | 0,32                    | 0,0000064                 | 0,32                    |
| 87 | AAKM08A    | 0,2                     | 0,0000007                 | 0,20                    |
| 88 | AAKM08     | 1,39                    | 0,0003412                 | 1,39                    |

| No | KODE GARDU | $\Delta P_{trafo}$ (kW) | $\Delta P_{saluran}$ (kW) | $\Delta P_{total}$ (kW) |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 89 | AAKM13A    | 0,96                    | 0,0004225                 | 0,96                    |
| 90 | AAKM13B    | 1,12                    | 0,0001135                 | 1,12                    |
| 91 | AAKM13     | 3,1                     | 0,0011739                 | 3,10                    |
| 92 | AAKM11     | 2,27                    | 0,0034173                 | 2,27                    |
| 93 | AAKM53     | 1,84                    | 0,0001984                 | 1,84                    |
| 94 | AAKM54     | 1,92                    | 0,0024746                 | 1,92                    |
| 95 | AAKM12     | 1,36                    | 0,000937                  | 1,36                    |
| 96 | AAKM62     | 1,19                    | 0,000462                  | 1,19                    |
| 97 | AAKM14A    | 1,4                     | 0,0005042                 | 1,40                    |
| 98 | AAKM14     | 2,23                    | 0,0004655                 | 2,23                    |
|    | TOTAL      |                         |                           | 121,49                  |

(Sumber : Penulis, 2023)

Menurut SPLN No.72 Tahun 1987 besarnya nilai susut daya yang diperbolehkan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai susut daya tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu 5 %. Berdasarkan perhitungan jumlah daya total hasil pengukuran pada saluran penyulang Brimob adalah sebagai berikut:

$$P_{Tot} = \sqrt{3} \times I \times V_{LL} \times \cos \phi$$

$$P_{Tot} = 1,732 \times 198,33 \times 20000 \times 0,98$$

$$P_{Tot} = 6733033,3 \text{ W}$$

Di ubah kesatuan kW

$$P_{Tot} = \frac{6733033,3}{1000}$$

$$P_{Tot} = 6733 \text{ kW}$$

Adapun presentasi susut daya dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\Delta P_{tot}}{P_{Tot}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{121,49}{6.733} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = 1,80\%$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan jumlah susut daya yang terjadi di saluran penyulang Brimob adalah 121,49 kW dimana dari nilai ini didapatkan angka persentase sebesar 1,80% dari jumlah daya total pada saluran penyulang Brimob yang bernilai 6733 kW. Oleh karena itu, susut daya yang terjadi pada saluran penyulang Brimob tidak melebihi dari

batas toleransi yang ditetapkan oleh SPLN No. 72 Tahun 1987 dimana batas toleransinya sebesar 5%.

#### ➤ Perhitungan Susut Energi Listrik Pada Penyulang Brimob

Susut energi listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :  $W_{Losses} = \Delta P \times t$   
Perhitungan susut energi listrik per hari dengan waktu atau jam pemakaian sebesar 3 jam per hari, perhitungan susut energi pada saat beban puncak adalah sebagai berikut:

Saluran Trafo AMRT 02 A

$$W_{Losses} = \Delta P_{tot} \times t$$

$$= 0,27 \text{ kW} \times 3$$

$$= 0,81 \text{ kWh}$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Susut Energi Listrik (kWh) Saat Beban Puncak Di Penyulang Brimob.

| No | TRAFO     | Susut Energi (kWh) |
|----|-----------|--------------------|
| 1  | AMRT 02 A | 0,81               |
| 2  | AMRT 01 B | 4,24               |
| 3  | AMRT 01 C | 7,41               |
| 4  | AABG 62   | 3,03               |
| 5  | AMRT 01   | 4,17               |
| 6  | AMRT 01 A | 4,23               |
| 7  | AABG 30 A | 4,92               |
| 8  | AABG 30   | 3,27               |
| 9  | AABG 30 B | 4,41               |
| 10 | AABG 30 C | 2,73               |
| 11 | AABG 49   | 2,46               |
| 12 | AABG 27   | 3,96               |
| 13 | AABG 27 A | 4,12               |
| 14 | AABG 27 B | 5,28               |
| 15 | AABG 27 C | 5,52               |
| 16 | EAKD 14   | 0,36               |
| 17 | EAKD 13   | 4,18               |
| 18 | EAKD 12   | 4,29               |
| 19 | EAKD 12 A | 3,24               |
| 20 | EAKD 11   | 2,93               |
| 21 | EAKD 04   | 1,86               |
| 22 | EAKD 10   | 1,80               |
| 23 | EAKD 09   | 0,57               |
| 24 | EAKD 08   | 1,14               |
| 25 | EAKD 07   | 1,08               |
| 26 | EAKD 06   | 5,29               |
| 27 | EAKD 07 A | 3,57               |
| 28 | EAKD 07 B | 1,32               |
| 29 | EAKD 07 C | 3,48               |
| 30 | EAKD 02   | 3,12               |
| 31 | EAKD 03   | 0,54               |
| 32 | EAKD 01   | 4,11               |
| 33 | AABG 31   | 2,76               |



D. Hasil Analisis Susut Daya dan Susut Energi Pada Penyulang Brimob Menggunakan Software ETAP

Setelah melakukan analisis kesusutan daya dan energi pada bus dengan menggunakan software ETAP 19.0.1. Hasil analisis dapat dilihat pada berikut:

Tabel 10. Hasil Analisis Menggunakan Software ETAP

| No | Branch ID | MW     | Mvar   | MW     | Mvar   | Losses |      | From | To   | in Vmag |
|----|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|---------|
|    |           |        |        |        |        | kW     | kvar |      |      |         |
| 1  | Cable86   | -0.049 | -0.001 | 0.049  | 0.001  | 0.0    | 0.0  | 98.2 | 98.2 | 0.00    |
| 2  | Cable87   | 0.000  | -0.008 | 0.000  | 0.000  | 0.0    | -7.6 | 98.2 | 98.2 | 0.00    |
| 3  | Cable88   | -0.278 | -0.005 | 0.278  | 0.005  | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.00    |
| 4  | Cable89   | -0.031 | 0.000  | 0.031  | 0.000  | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.00    |
| 5  | Cable90   | 0.246  | 0.005  | -0.246 | -0.005 | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.01    |
| 6  | Cable91   | 0.214  | 0.004  | -0.214 | -0.004 | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.01    |
| 7  | Cable92   | -0.009 | 0.000  | 0.009  | 0.000  | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.00    |
| 8  | Cable93   | 0.205  | 0.004  | -0.205 | -0.004 | 0.0    | 0.0  | 99.2 | 99.2 | 0.01    |
| 9  | EAKD 02   | -0.053 | 0.000  | 0.053  | 0.001  | 0.6    | 1.0  | 97.9 | 99.1 | 1.21    |
| 10 | EAKD 03   | 0.009  | 0.000  | -0.009 | 0.000  | 0.1    | 0.1  | 99.1 | 98.3 | 0.80    |
| 11 | EAKD 10   | 0.031  | 0.000  | -0.031 | 0.000  | 0.2    | 0.3  | 99.2 | 98.5 | 0.70    |
| 12 | EAKD 11   | 0.051  | 0.001  | -0.050 | 0.000  | 0.6    | 0.9  | 99.3 | 98.2 | 1.15    |
| 13 | EAKD 12   | 0.075  | 0.002  | -0.073 | 0.000  | 1.3    | 1.9  | 99.4 | 97.7 | 1.70    |
| 14 | EAKD 12A  | 0.057  | 0.001  | -0.056 | 0.000  | 0.7    | 1.1  | 99.4 | 98.1 | 1.28    |
| 15 | EAKD 13   | -0.071 | 0.000  | 0.072  | 0.002  | 1.2    | 1.7  | 97.7 | 99.4 | 1.63    |
| 16 | EAKD 14   | 0.006  | 0.000  | -0.006 | 0.000  | 0.0    | 0.0  | 99.5 | 99.0 | 0.51    |
| 17 | EAKD01    | 0.089  | 0.002  | -0.088 | 0.000  | 1.1    | 1.7  | 99.0 | 97.7 | 1.26    |
| 18 | EAKD04    | 0.033  | 0.000  | -0.032 | 0.000  | 0.2    | 0.4  | 99.2 | 98.5 | 0.74    |
| 19 | EAKD06    | 0.075  | 0.002  | -0.074 | 0.000  | 1.3    | 1.9  | 99.2 | 97.5 | 1.71    |
| 20 | EAKD07    | 0.018  | 0.000  | -0.018 | 0.000  | 0.1    | 0.2  | 99.2 | 98.4 | 0.82    |
| 21 | EAKD07A   | 0.009  | 0.000  | -0.009 | 0.000  | 0.1    | 0.1  | 99.2 | 98.3 | 0.85    |
| 22 | EAKD07B   | -0.023 | 0.000  | 0.023  | 0.000  | 0.2    | 0.4  | 98.1 | 99.2 | 1.04    |
| 23 | EAKD07C   | 0.060  | 0.001  | -0.059 | 0.000  | 0.8    | 1.2  | 99.2 | 97.8 | 1.35    |
| 24 | EAKD08    | -0.020 | 0.000  | 0.020  | 0.000  | 0.2    | 0.3  | 98.3 | 99.2 | 0.90    |
| 25 | EAKD09    | 0.009  | 0.000  | -0.009 | 0.000  | 0.1    | 0.1  | 99.2 | 98.4 | 0.83    |
|    |           |        |        |        |        | 192.3  |      |      |      |         |

(Sumber : Penulis, 2024)

1. Susut Daya Total Dan Susut Energi Menggunakan Etap 19.0.1

Susut daya total merupakan penjumlahan dari susut transformator distribusi dan susut saluran yang ada. Sementara itu susut energy merupakan perkalian waktu terhadap susut daya total.

Tabel 11. Susut Daya Total Dan Susut Energi Menggunakan Etap 19.0.1

| No | KODE GARDU | ΔPtrafa (kW) | ΔPsaluran (kW) | ΔPtotal (kW) | Susut Energi (kWh) |
|----|------------|--------------|----------------|--------------|--------------------|
| 1  | AMRT02A    | 0            | 0,7            | 0,7          | 2,1                |
| 2  | AMRT01B    | 1,2          | 11,1           | 12,3         | 36,9               |
| 3  | AMRT01C    | 2,7          | 0              | 2,7          | 8,1                |
| 4  | AABG62     | 0,6          | 0              | 0,6          | 1,8                |
| 5  | AMRT01     | 1,2          | 1,5            | 2,7          | 8,1                |
| 6  | AMRT01A    | 1,2          | 0              | 1,2          | 3,6                |

| No | KODE GARDU | $\Delta P_{trafo}$ (kW) | $\Delta P_{saluran}$ (kW) | $\Delta P_{total}$ (kW) | Susut Energi (kWh) |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| 7  | AABG30A    | 0,8                     | 1,9                       | 2,7                     | 8,1                |
| 8  | AABG30     | 0,7                     | 1,3                       | 2                       | 6                  |
| 9  | AABG30B    | 1,3                     | 0                         | 1,3                     | 3,9                |
| 10 | AABG30C    | 0,5                     | 0                         | 0,5                     | 1,5                |
| 11 | AABG49     | 0,4                     | 3,6                       | 4                       | 12                 |
| 12 | AABG27     | 1                       | 1,1                       | 2,1                     | 6,3                |
| 13 | AABG27A    | 1,1                     | 0,1                       | 1,2                     | 3,6                |
| 14 | AABG27B    | 1,5                     | 0                         | 1,5                     | 4,5                |
| 15 | AABG27C    | 0,5                     | 0                         | 0,5                     | 1,5                |
| 16 | EAKD14     | 0                       | 1,2                       | 1,2                     | 3,6                |
| 17 | EAKD13     | 1,2                     | 8                         | 9,2                     | 27,6               |
| 18 | EAKD12     | 1,3                     | 0,9                       | 2,2                     | 6,6                |
| 19 | EAKD12A    | 0,7                     | 0                         | 0,7                     | 2,1                |
| 20 | EAKD11     | 0,6                     | 3,2                       | 3,8                     | 11,4               |
| 21 | EAKD04     | 0,2                     | 4                         | 4,2                     | 12,6               |
| 22 | EAKD10     | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 23 | EAKD09     | 0,1                     | 0                         | 0,1                     | 0,3                |
| 24 | EAKD08     | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 25 | EAKD07     | 0,1                     | 0                         | 0,1                     | 0,3                |
| 26 | EAKD06     | 1,3                     | 0                         | 1,3                     | 3,9                |
| 27 | EAKD07A    | 1,1                     | 0                         | 1,1                     | 3,3                |
| 28 | EAKD07B    | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 29 | EAKD07C    | 0,8                     | 0                         | 0,8                     | 2,4                |
| 30 | EAKD02     | 0,6                     | 7,6                       | 8,2                     | 24,6               |
| 31 | EAKD03     | 0,1                     | 0                         | 0,1                     | 0,3                |
| 32 | EAKD01     | 1,1                     | 3,5                       | 4,6                     | 13,8               |
| 33 | AABG31     | 0,5                     | 2,8                       | 3,3                     | 9,9                |
| 34 | AABG44     | 1,6                     | 5,7                       | 7,3                     | 21,9               |
| 35 | AABG124A   | 0,2                     | 3,4                       | 3,6                     | 10,8               |
| 36 | AABG124    | 1                       | 4,5                       | 5,5                     | 16,5               |
| 37 | AABG50     | 0,1                     | 2,9                       | 3                       | 9                  |
| 38 | AABG17B    | 0,9                     | 0                         | 0,9                     | 2,7                |
| 39 | AABG33     | 1,4                     | 0,4                       | 1,8                     | 5,4                |
| 40 | AABG33A    | 0,3                     | 0                         | 0,3                     | 0,9                |
| 41 | AABG02B    | 2,9                     | 14,6                      | 17,5                    | 52,5               |
| 42 | AABG01     | 0,9                     | 0,1                       | 1                       | 3                  |
| 43 | AABG13     | 1,1                     | 0                         | 1,1                     | 3,3                |
| 44 | AABG13A    | 1,4                     | 0                         | 1,4                     | 4,2                |
| 45 | AABG01B    | 0,4                     | 0                         | 0,4                     | 1,2                |
| 46 | AABG05     | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 47 | AABG66     | 0,3                     | 0                         | 0,3                     | 0,9                |

| No | KODE GARDU | $\Delta P_{trafo}$ (kW) | $\Delta P_{saluran}$ (kW) | $\Delta P_{total}$ (kW) | Susut Energi (kWh) |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| 48 | AABG01A    | 1,3                     | 0                         | 1,3                     | 3,9                |
| 49 | AAWW11     | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 50 | AAWW03A    | 0,6                     | 0                         | 0,6                     | 1,8                |
| 51 | AABG15     | 0,7                     | 0                         | 0,7                     | 2,1                |
| 52 | AABG14     | 1,2                     | 1,4                       | 2,6                     | 7,8                |
| 53 | AABG14B    | 0,5                     | 2,7                       | 3,2                     | 9,6                |
| 54 | AABG14A    | 0,8                     | 0                         | 0,8                     | 2,4                |
| 55 | AABG15A    | 1,1                     | 4,7                       | 5,8                     | 17,4               |
| 56 | AAKM18     | 0,7                     | 0,5                       | 1,2                     | 3,6                |
| 57 | AAKM19     | 1,2                     | 1                         | 2,2                     | 6,6                |
| 58 | AAKM20     | 1,7                     | 0                         | 1,7                     | 5,1                |
| 59 | AAKM21     | 1,4                     | 0                         | 1,4                     | 4,2                |
| 60 | AAKM21A    | 0,7                     | 0                         | 0,7                     | 2,1                |
| 61 | AAKM22B    | 0                       | 0,1                       | 0,1                     | 0,3                |
| 62 | AAKM22C    | 0,9                     | 0,2                       | 1,1                     | 3,3                |
| 63 | AAKM22A    | 0,1                     | 0,1                       | 0,2                     | 0,6                |
| 64 | AAKM22     | 1,3                     | 0,5                       | 1,8                     | 5,4                |
| 65 | AAKM200    | 1,1                     | 0                         | 1,1                     | 3,3                |
| 66 | AAKM39A    | 0,5                     | 0,2                       | 0,7                     | 2,1                |
| 67 | AAKM39     | 0,3                     | 0                         | 0,3                     | 0,9                |
| 68 | AAPS40     | 0                       | 0,7                       | 0,7                     | 2,1                |
| 69 | AAPS08     | 2                       | 0,1                       | 2,1                     | 6,3                |
| 70 | AAPS09     | 0,9                     | 0,1                       | 1                       | 3                  |
| 71 | AAPS37     | 2                       | 0,1                       | 2,1                     | 6,3                |
| 72 | AAPS23     | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 73 | AAPS22     | 1,6                     | 0                         | 1,6                     | 4,8                |
| 74 | AAPS07     | 1,9                     | 0                         | 1,9                     | 5,7                |
| 75 | AAPS20B    | 0,2                     | 0                         | 0,2                     | 0,6                |
| 76 | AAPS20A    | 0                       | 0                         | 0                       | 0                  |
| 77 | AAPS20     | 0,8                     | 0                         | 0,8                     | 2,4                |
| 78 | AAKM07B    | 1,8                     | 2,2                       | 4                       | 12                 |
| 79 | AAKM07A    | 0                       | 1                         | 1                       | 3                  |
| 80 | AAKM07     | 2,7                     | 0,5                       | 3,2                     | 9,6                |
| 81 | AAKM10     | 2,5                     | 0,7                       | 3,2                     | 9,6                |
| 82 | AAKM105    | 2,1                     | 0,4                       | 2,5                     | 7,5                |
| 83 | AAKM5      | 2,2                     | 0,5                       | 2,7                     | 8,1                |
| 84 | AAKM5A     | 0,4                     | 0,4                       | 0,8                     | 2,4                |
| 85 | AAKM06A    | 1,5                     | 0,2                       | 1,7                     | 5,1                |
| 86 | AAKM09     | 0,1                     | 0,3                       | 0,4                     | 1,2                |
| 87 | AAKM08A    | 0,1                     | 0                         | 0,1                     | 0,3                |
| 88 | AAKM08     | 0,9                     | 0,2                       | 1,1                     | 3,3                |

| No    | KODE GARDU | ΔPtrafo (kW) | ΔPsaluran (kW) | ΔPtotal (kW) | Susut Energi (kWh) |
|-------|------------|--------------|----------------|--------------|--------------------|
| 89    | AAKM13A    | 0,5          | 0,3            | 0,8          | 2,4                |
| 90    | AAKM13B    | 0,7          | 0              | 0,7          | 2,1                |
| 91    | AAKM13     | 0,6          | 0              | 0,6          | 1,8                |
| 92    | AAKM11     | 1,4          | 0,1            | 1,5          | 4,5                |
| 93    | AAKM53     | 1,6          | 0              | 1,6          | 4,8                |
| 94    | AAKM54     | 1,6          | 0,1            | 1,7          | 5,1                |
| 95    | AAKM12     | 0,9          | 0              | 0,9          | 2,7                |
| 96    | AAKM62     | 0,8          | 0              | 0,8          | 2,4                |
| 97    | AAKM14A    | 1            | 0              | 1            | 3                  |
| 98    | AAKM14     | 1,9          | 0              | 1,9          | 5,7                |
| TOTAL |            |              |                | 192,3        | 576,90             |

(Sumber : Penulis, 2024)

Menurut SPLN No.72 Tahun 1987 besarnya nilai susut daya yang diperbolehkan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai susut daya tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu 5 %.

Perhitungan jumlah daya total pada saluran penyulang Brimob adalah sebagai berikut:

$$P_{Tot} = \sqrt{3} \times I \times V_{LL} \times \cos \phi$$

$$P_{Tot} = 1,732 \times 198,33 \times 20000 \times 0,98$$

$$P_{Tot} = 6733033,3 \text{ W}$$

Di ubah kesatuan kW

$$P_{Tot} = \frac{6733033,3}{1000}$$

$$P_{Tot} = 6733 \text{ kW}$$

Adapun presentasi susut daya dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\Delta P}{P_{Tot}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{192,3}{6,733} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = 2,85\%$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan jumlah susut daya yang terjadi di saluran penyulang Brimob menggunakan Etap adalah 192,3 kW dimana dari nilai ini didapatkan angka persentase sebesar 2,85% dari jumlah daya total pada saluran penyulang Brimob yang bernilai 6733 kW. Oleh karena itu, susut daya yang terjadi pada saluran penyulang Brimob tidak melebihi dari batas toleransi yang ditetapkan oleh SPLN No. 72 Tahun 1987 dimana batas toleransinya sebesar 5%.

*E. Perbandingan Perhitungan Susut Daya dan Susut Energi Secara Manual dan dengan Menggunakan Etap 19.0.1*

Perbandingan perhitungan Susut Daya dan Susut Energi Secara manual dan dengan menggunakan software etap 19.0.1 maka di dapatkan hasil :

Tabel 12. Perbandingan Perhitungan Susut Daya dan Susut Energi Secara Manual dan dengan Menggunakan Etap 19.0.1

| No | KODE GARDU | ΔPtotal (kW) Manual | ΔPtotal (kW) Etap 19.0.1 | Susut Energi (kWh) Manual | Susut Energi (kWh) Etap 19.0.1 |
|----|------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1  | AMRT02A    | 0,27                | 0,7                      | 0,81                      | 2,1                            |
| 2  | AMRT01B    | 1,41                | 12,3                     | 4,24                      | 36,9                           |
| 3  | AMRT01C    | 2,47                | 2,7                      | 7,41                      | 8,1                            |
| 4  | AABG62     | 1,01                | 0,6                      | 3,03                      | 1,8                            |
| 5  | AMRT01     | 1,39                | 2,7                      | 4,17                      | 8,1                            |
| 6  | AMRT01A    | 1,41                | 1,2                      | 4,23                      | 3,6                            |
| 7  | AABG30A    | 1,64                | 2,7                      | 4,92                      | 8,1                            |
| 8  | AABG30     | 1,09                | 2                        | 3,27                      | 6                              |
| 9  | AABG30B    | 1,47                | 1,3                      | 4,41                      | 3,9                            |
| 10 | AABG30C    | 0,91                | 0,5                      | 2,73                      | 1,5                            |
| 11 | AABG49     | 0,82                | 4                        | 2,46                      | 12                             |
| 12 | AABG27     | 1,32                | 2,1                      | 3,96                      | 6,3                            |
| 13 | AABG27A    | 1,37                | 1,2                      | 4,12                      | 3,6                            |
| 14 | AABG27B    | 1,76                | 1,5                      | 5,28                      | 4,5                            |
| 15 | AABG27C    | 1,84                | 0,5                      | 5,52                      | 1,5                            |
| 16 | EAKD14     | 0,12                | 1,2                      | 0,36                      | 3,6                            |
| 17 | EAKD13     | 1,39                | 9,2                      | 4,18                      | 27,6                           |
| 18 | EAKD12     | 1,43                | 2,2                      | 4,29                      | 6,6                            |



| No | KODE GARDU | $\Delta P_{total}$ (kW) Manual | $\Delta P_{total}$ (kW) Etap 19.0.1 | Susut Energi (kWh) Manual | Susut Energi (kWh) Etap 19.0.1 |
|----|------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 19 | EAKD12A    | 1,08                           | 0,7                                 | 3,24                      | 2,1                            |
| 20 | EAKD11     | 0,98                           | 3,8                                 | 2,93                      | 11,4                           |
| 21 | EAKD04     | 0,62                           | 4,2                                 | 1,86                      | 12,6                           |
| 22 | EAKD10     | 0,60                           | 0,2                                 | 1,80                      | 0,6                            |
| 23 | EAKD09     | 0,19                           | 0,1                                 | 0,57                      | 0,3                            |
| 24 | EAKD08     | 0,38                           | 0,2                                 | 1,14                      | 0,6                            |
| 25 | EAKD07     | 0,36                           | 0,1                                 | 1,08                      | 0,3                            |
| 26 | EAKD06     | 1,76                           | 1,3                                 | 5,29                      | 3,9                            |
| 27 | EAKD07A    | 1,19                           | 1,1                                 | 3,57                      | 3,3                            |
| 28 | EAKD07B    | 0,44                           | 0,2                                 | 1,32                      | 0,6                            |
| 29 | EAKD07C    | 1,16                           | 0,8                                 | 3,48                      | 2,4                            |
| 30 | EAKD02     | 1,04                           | 8,2                                 | 3,12                      | 24,6                           |
| 31 | EAKD03     | 0,18                           | 0,1                                 | 0,54                      | 0,3                            |
| 32 | EAKD01     | 1,37                           | 4,6                                 | 4,11                      | 13,8                           |
| 33 | AABG31     | 0,92                           | 3,3                                 | 2,76                      | 9,9                            |
| 34 | AABG44     | 1,81                           | 7,3                                 | 5,44                      | 21,9                           |
| 35 | AABG124A   | 0,35                           | 3,6                                 | 1,05                      | 10,8                           |
| 36 | AABG124    | 1,26                           | 5,5                                 | 3,78                      | 16,5                           |
| 37 | AABG50     | 0,21                           | 3                                   | 0,63                      | 9                              |
| 38 | AABG17B    | 1,28                           | 0,9                                 | 3,84                      | 2,7                            |
| 39 | AABG33     | 1,79                           | 1,8                                 | 5,37                      | 5,4                            |
| 40 | AABG33A    | 0,75                           | 0,3                                 | 2,25                      | 0,9                            |
| 41 | AABG02B    | 3,02                           | 17,5                                | 9,07                      | 52,5                           |
| 42 | AABG01     | 1,22                           | 1                                   | 3,66                      | 3                              |
| 43 | AABG13     | 1,35                           | 1,1                                 | 4,05                      | 3,3                            |
| 44 | AABG13A    | 1,84                           | 1,4                                 | 5,52                      | 4,2                            |
| 45 | AABG01B    | 0,87                           | 0,4                                 | 2,61                      | 1,2                            |
| 46 | AABG05     | 0,57                           | 0,2                                 | 1,71                      | 0,6                            |
| 47 | AABG66     | 0,51                           | 0,3                                 | 1,53                      | 0,9                            |
| 48 | AABG01A    | 1,47                           | 1,3                                 | 4,41                      | 3,9                            |
| 49 | AAWW11     | 0,45                           | 0,2                                 | 1,35                      | 0,6                            |
| 50 | AAWW03A    | 0,97                           | 0,6                                 | 2,91                      | 1,8                            |
| 51 | AABG15     | 1,07                           | 0,7                                 | 3,21                      | 2,1                            |
| 52 | AABG14     | 1,45                           | 2,6                                 | 4,35                      | 7,8                            |
| 53 | AABG14B    | 0,74                           | 3,2                                 | 2,22                      | 9,6                            |
| 54 | AABG14A    | 1,17                           | 0,8                                 | 3,51                      | 2,4                            |
| 55 | AABG15A    | 1,42                           | 5,8                                 | 4,26                      | 17,4                           |
| 56 | AAKM18     | 1,10                           | 1,2                                 | 3,30                      | 3,6                            |
| 57 | AAKM19     | 1,75                           | 2,2                                 | 5,25                      | 6,6                            |
| 58 | AAKM20     | 1,94                           | 1,7                                 | 5,82                      | 5,1                            |
| 59 | AAKM21     | 1,55                           | 1,4                                 | 4,65                      | 4,2                            |
| 60 | AAKM21A    | 1,23                           | 0,7                                 | 3,69                      | 2,1                            |
| 61 | AAKM22B    | 0,13                           | 0,1                                 | 0,39                      | 0,3                            |
| 62 | AAKM22C    | 1,29                           | 1,1                                 | 3,87                      | 3,3                            |
| 63 | AAKM22A    | 0,18                           | 0,2                                 | 0,54                      | 0,6                            |
| 64 | AAKM22     | 1,65                           | 1,8                                 | 4,95                      | 5,4                            |
| 65 | AAKM200    | 1,37                           | 1,1                                 | 4,11                      | 3,3                            |
| 66 | AAKM39A    | 0,99                           | 0,7                                 | 2,97                      | 2,1                            |
| 67 | AAKM39     | 0,77                           | 0,3                                 | 2,31                      | 0,9                            |
| 68 | AAPS40     | 0,13                           | 0,7                                 | 0,39                      | 2,1                            |
| 69 | AAPS08     | 2,49                           | 2,1                                 | 7,47                      | 6,3                            |
| 70 | AAPS09     | 1,33                           | 1                                   | 4,00                      | 3                              |
| 71 | AAPS37     | 2,51                           | 2,1                                 | 7,54                      | 6,3                            |
| 72 | AAPS23     | 0,53                           | 0,2                                 | 1,59                      | 0,6                            |
| 73 | AAPS22     | 1,03                           | 1,6                                 | 3,09                      | 4,8                            |

| No    | KODE GARDU | $\Delta P_{total}$ (kW) Manual | $\Delta P_{total}$ (kW) Etap 19.0.1 | Susut Energi (kWh) Manual | Susut Energi (kWh) Etap 19.0.1 |
|-------|------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 74    | AAPS07     | 2,07                           | 1,9                                 | 6,21                      | 5,7                            |
| 75    | AAPS20B    | 0,62                           | 0,2                                 | 1,86                      | 0,6                            |
| 76    | AAPS20A    | 0,08                           | 0                                   | 0,24                      | 0                              |
| 77    | AAPS20     | 1,41                           | 0,8                                 | 4,23                      | 2,4                            |
| 78    | AAKM07B    | 2,21                           | 4                                   | 6,63                      | 12                             |
| 79    | AAKM07A    | 0,15                           | 1                                   | 0,45                      | 3                              |
| 80    | AAKM07     | 2,89                           | 3,2                                 | 8,67                      | 9,6                            |
| 81    | AAKM10     | 2,60                           | 3,2                                 | 7,81                      | 9,6                            |
| 82    | AAKM105    | 2,32                           | 2,5                                 | 6,96                      | 7,5                            |
| 83    | AAKM5      | 2,21                           | 2,7                                 | 6,63                      | 8,1                            |
| 84    | AAKM5A     | 0,86                           | 0,8                                 | 2,58                      | 2,4                            |
| 85    | AAKM06A    | 1,77                           | 1,7                                 | 5,31                      | 5,1                            |
| 86    | AAKM09     | 0,32                           | 0,4                                 | 0,96                      | 1,2                            |
| 87    | AAKM08A    | 0,20                           | 0,1                                 | 0,60                      | 0,3                            |
| 88    | AAKM08     | 1,39                           | 1,1                                 | 4,17                      | 3,3                            |
| 89    | AAKM13A    | 0,96                           | 0,8                                 | 2,88                      | 2,4                            |
| 90    | AAKM13B    | 1,12                           | 0,7                                 | 3,36                      | 2,1                            |
| 91    | AAKM13     | 3,10                           | 0,6                                 | 9,30                      | 1,8                            |
| 92    | AAKM11     | 2,27                           | 1,5                                 | 6,82                      | 4,5                            |
| 93    | AAKM53     | 1,84                           | 1,6                                 | 5,52                      | 4,8                            |
| 94    | AAKM54     | 1,92                           | 1,7                                 | 5,77                      | 5,1                            |
| 95    | AAKM12     | 1,36                           | 0,9                                 | 4,08                      | 2,7                            |
| 96    | AAKM62     | 1,19                           | 0,8                                 | 3,57                      | 2,4                            |
| 97    | AAKM14A    | 1,40                           | 1                                   | 4,20                      | 3                              |
| 98    | AAKM14     | 2,23                           | 1,9                                 | 6,69                      | 5,7                            |
| Total |            | 121,49                         | 192,3                               | 364,46                    | 576,90                         |

(Sumber : Penulis, 2024)

## V. PENUTUP

### A. kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Hasil analisis susut daya aktif menggunakan perhitungan manual yaitu didapatkan total sebesar 121,49 kW dengan presentasi 1,80% dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob. Sedangkan hasil analisis menggunakan simulasi ETAP didapatkan susut daya aktif sebesar 192,3 kW dengan presentasi 2,85% dari daya total yang ada pada saluran penyulang Brimob.
2. Hasil analisis susut energi menggunakan perhitungan manual yaitu didapatkan total sebesar 364,46 kWh, sedangkan hasil analisa menggunakan software ETAP 19.0.1 didapatkan susut energi sebesar 576,90 kWh dari total 98 trafo.

### B. Saran

Sesudah melakukan perhitungan dan analisa menggunakan simulasi ETAP, saran dari penulis untuk penelitian ini adalah susut daya listrik dan susut energi tidak dapat dihilangkan akan tetapi dapat dikurangi atau diminimalkan dengan cara memperkecil tahanan atau hambatan penghantar dengan memperbesar luas penampang penghantarnya, yaitu dengan melakukan perubahan berkala pada kawat penghantar 70 mm<sup>2</sup> ke kawat penghantar dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup>.

### DAFTAR ACUAN

- [1] H. L. Latupeirissa, H. M. Muskita, and T. J. Tahalele, "Analisa Susut Daya Pada Sistem Distribusi Jaringan Tegangan Menengah," *J. Simetrik*, vol. 10, no. 1, p. 313, 2020, doi: 10.31959/js.v10i1.242.
- [2] D. Desmira, "Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus: di PT. Krakatau Daya listrik)," *Energi & Kelistrikan*, vol. 12, no. 2,

- pp. 80–89, 2020, doi: 10.33322/energi.v12i2.1079.
- [3] S. RCD, “ANALISIS SUSUT DAYA DAN ENERGI PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (Persero) RAYON PANAKKUKANG,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 16 (1), no. 1, pp. 43–47, 2019.
- [4] D. Maulana, D. Nugroho, and B. Sukoco, “Analisa Susut Daya dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20 kV pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang,” *Pros. Konf. Ilm. Mhs. Unissula 2*, pp. 382–389, 2019.
- [5] A. Yahya, “Rekonfigurasi Jaringan JP5 ke JP14 Untuk Memperbaiki Drop Tegangan,” Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, 2021. [Online]. Available: <https://eprints.unisnu.ac.id/id/eprint/493/>
- [6] R. Hayati, “Analisis Kebutuhan Daya pada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Radial A-119,” vol. 6, no. 1, pp. 118–121, 2022.
- [7] A. Oktarina, “KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK PADA PENYULANG NAKULA DI PT PLN (PERSERO) ULP SUKARAMI MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 19.0.1,” *POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*, 2021. [Online]. Available: <http://eprints.polsri.ac.id/12051/>
- [8] KHAIRUL ABRAR and JAINUDDIN, “Analisis Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara Dan Kabel,” *Sains dan Teknol. EMAS*, vol. 17, no. November 2009, 2019.
- [9] S. N. Rahmadhani, “EVALUASI EFEKTIVITAS PENGENDALIAN INTERNAL PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI SISTEM 20 kV (kilo Volt) STUDI KASUS: PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara,” *J. Akunt. DAN BISNIS J. Progr. Stud. Akunt.*, vol. 4, no. 2, p. 24, 2018, doi: 10.31289/jab.v4i2.1816.
- [10] S. Anisah, “Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Express Trienggadeng Daerah Kerja PT PLN (Persero) Area Sigli Rayon Meureudu Dengan Simulasi E-Tap,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 2–7, 2018, doi: 10.31289/jesce.v2i1.1916.
- [11] R. Rifal, S. B. Utomo, and M. Haddin, “Analisis Perhitungan Susut-Susut Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Tambak Lorok – Bawen dengan menggunakan Etap 12.6.0,” *Pros. Konf. Ilm. Mhs. Unissula Klaster Eng.*, vol. 0, no. 0, pp. 234–243, 2020, [Online]. Available: <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimuen/article/view/8592>
- [12] K. Nizam, “ANALISIS PERBAIKAN KUALITAS DAYA MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANGLUMUMBA PT. PLN NGAGEL SURABAYA,” *Univ. Negeri Surabaya*, vol. 08, no. 03, 2019.
- [13] Y. Marniati, “Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV Pada Gardu Induk Bungaran Dengan ETAP 12.6,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 79–92, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133712.