

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Potensi Energi Listrik dari Sampah Surakarta**

Untuk menganalisa dan membahas potensi energi listrik dari sampah Solo di TPA Putri Cempo, penulis mencari data dari beberapa sumber yang *valid* sehingga objek yang diteliti menghasilkan tingkat akurasi hasil yang tinggi. Dalam pembahasan dan analisis ini, data yang penulis perlukan adalah dari berbagai sumber,

Dalam Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2016 tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Di Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Surakarta, Kota Surabaya, Dan Kota Makassar dalam (Pasal 2 Ayat (2) dan Pasal 3 ayat (2)) menyatakan bahwa dilakukan kerjasama antara Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Boyolali, Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Sragen, dan Kabupaten Klaten yang disebut Regional Surakarta, untuk memenuhi skala keekonomian untuk pembangkitan listrik berbasis sampah di Kota Surakarta. Penugasan atau penunjukan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan oleh Gubernur Jawa Tengah dan/atau Kepala Daerah Regional Surakarta dengan dikoordinasikan oleh Gubernur Jawa Tengah.

Dalam Diktat Teknik Lingkungan ITB (2008) menyatakan bahwa Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional =  $0,50 - 0,60 \text{ ton/m}^3$  untuk wilayah Indonesia. Dengan demikian kita dapat memprediksi berat sampah regional surakarta berdasarkan data Tabel 4.1., berat sampah dapat dianalisis sebagai berikut:

**Tabel 4.1.** Volume Rata-rata (m<sup>3</sup>) dan berat (Ton) Sampah Perhari  
Kabupaten/Kota Regional Surakarta

| Kabupaten/Kota                                   | Vol. Sampah Campuran (m <sup>3</sup> ) | Berat Sampah Camp. (Ton)<br>(1m <sup>3</sup> = 0,57 Ton) | Komposisi Sampah Org. (%) | Berat SmpH (Q)<br>Org. (Ton) |
|--|--|--|---------------------------|------------------------------|
| Karanganyar                                      | 315,00                                 | 179,55   | 63                        | 113,12                       |
| Bayolali   | 70,37                                  | 40,11  | 70                        | 28,08                        |
| Sragen   | 180,00                                 | 102,60   | 75                        | 76,95                        |
| Sukoharjo  | 250,00                                 | 142,5  | 80                        | 114,00                       |
| Klaten   | 150,00                                 | 85,5   | 65                        | 55,77                        |
| Wonogiri   | 199,00                                 | 113,43   | 41                        | 46,51                        |
| Kota Surakarta                                   | 252,00                                 | 143,64   | 61,95                     | 88,98                        |
| <b>Massa Total Sampah Organik (Q) (Ton/hari)</b> |  |  |                           | <b>523,41</b>                |

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten/Kota, 2011.

**4.1.1. Perhitungan jumlah dari *total solid* (TS), *volatile solid* (VS) dan produksi biogas dalam proses *anaerobik digestion*.**

$$T_S = 27,7 \% \times Q$$

$$M_S = 74,1\% \times T_S$$

$$M_{BS} = 0,676 \times M_S$$

Keterangan:

Q = jumlah potensi sampah dalam (kg/hari)

T<sub>S</sub> = nilai *total solid* dalam (kg/hari)

M<sub>S</sub> = Massa *Volatile Solid* dalam (kg/hari)

M<sub>BS</sub> = Massa prokduksi biogas dalam (kg/hari)

Diketahui Potensi Sampah Regional Surakarta (Q): 523,41 Ton/hari

Maka:

$$T_S = 27,7\% \times Q$$

$$T_S = 27,7\% \times 523,41 \text{ Ton/hari} = 144,98 \text{ Ton/hari} \text{ maka,}$$

$$M_S = 74,1\% \times T_S$$

$$= 74,1\% \times 144,98 \text{ Ton/hari} = 107,43 \text{ Ton/hari),}$$

Dari hasil diatas, kita dapat menentukan produksi massa gas metan setiap hari di regional surakarta,

$$M_{BS} = 0,676 \times M_S$$

$$= 0,676 \times 107,43 \text{ Ton/hari} = 72,63 \text{ Ton/hari.}$$

#### **4.1.2. Perhitungan Jumlah Gas Metan yang Dihasilkan**

$$M_{GM} = 60\% \times M_{BS}$$

Keterangan:

$$M_{GM} = \text{Massa gas metan (kg/hari)}$$

$$M_{BS} = \text{Massa produksi biogas (kg/hari)}$$

Diketahui Massa Produksi Biogas ( $M_{BS}$ ): 72,63 (Ton/hari) maka,

$$M_{GM} = 60\% \times M_{BS}$$

$$= 60\% \times 72,63 \text{ Ton/hari} = 43,58 \text{ Ton/hari.}$$

Jadi perproduksi massa gas metan dari gas biogas adalah 66,68 (Ton/hari).

### 4.1.3. Jumlah Energi yang Dibangkitkan dari Gas Metan

Tabel 4.2. Data Konversi Energi

| Konversi Energi            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 Kg Gas Metan             | $6,13 \times 10^7 \text{ J}$ |
| 1 kWh                      | $3,6 \times 10^6 \text{ J}$  |
| 1 m <sup>3</sup> gas metan | 9,39 kWh                     |

Sumber: Sulistyono (2010)

$$\begin{aligned} \text{Diketahui } V_{GM} &= 43,58 \text{ Ton/hari maka,} \\ \text{Produksi Energi (J/h)} &= 43,58 \times 6,13 \times 10^7 = 267,15 \times 10^{10} \text{ J/hari} \\ \text{Produksi Daya (kW)} &= \frac{267,15 \times 10^{10}}{3,6 \times 10^6 \times 24} = 3,03 \times 10^4 \text{ kW.} \end{aligned}$$

Keterangan: 24 adalah waktu (jam) dalam 1 hari.

Dalam penelitian ini penulis menerapkan penggunaan Pembangkit Listrik *Gas Turbine (Electricity Generation)* karena biaya dan kapasitas daya yang dibangkitkan juga cukup besar. Dalam aplikasinya, turbin gas biasa digunakan untuk kapasitas daya 1 MW hingga 100 MW.

Dalam berbagai penelitian besar daya yang dapat dibangkitkan oleh Turbin gas adalah 24% - 35% dari dari potensi daya sampah. Dalam penelitian ini penulis menerapkan nilai efisiensi 30%, sehingga dapat kita tentukan dayanya berikut ini:

$$\begin{aligned} P &= 30\% \times \text{Produksi Daya Sebelum Dibangkitkan} \\ &= 30\% \times 30,3 \text{ MW} = 10,1 \text{ MW.} \end{aligned}$$

Jadi daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin gas sebesar 10,1 MW.

### 4.2. Pengaruh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Terhadap estimasi pertumbuhan kebutuhan listrik

Dalam menganalisa pengaruh PLTSA terhadap pertumbuhan beban Area Sureakarta maka, harus dilakukan analisa besar potensi energi listrik yang bisa dibangkitkan oleh mesin gas atau generator. Tahap selanjutnya yaitu, menganalisa pertumbuhan kebutuhan energi listrik dalam hal ini, penulis menerapkan metode

DKL 3.01, yaitu metode berdasarkan penggunaan energi sektoral (publik, industri, komersil, rumah tangga).

#### 4.2.1. Estimasi Pertumbuhan Beban (2017-2026) Menggunakan Metode DKL 3.01

**Tabel 4.3.** Jumlah Pelanggan per Sektor APJ Surakarta

| Tahun | Rumah Tangga | Bisnis | Industri | Publik | Rasio Elektrifikasi (%) |
|-------|--------------|--------|----------|--------|-------------------------|
| 2015  | 1.139.681    | 48.117 | 1.336    | 31.924 | -                       |
| 2016  | 1.170.900    | 53.861 | 1.461    | 33.414 | 95,91                   |

**Sumber:** PLN APJ Surakarta, 2016.

**Tabel 4.4.** Jumlah Energi Terjual (kWh)

| Tahun | Rumah Tangga  | Bisnis      | Industri      | Publik      | Total         |
|-------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| 2015  | 1.439.308.441 | 444.992.403 | 2.247.777.050 | 240.385.290 | 4.372.463.184 |
| 2016  | 1.529.355.279 | 487.996.012 | 2.375.092.098 | 265.824.580 | 4.645.301.072 |

**Sumber:** PLN APJ Surakarta, 2016

**Tabel 4.5.** Jumlah Penduduk, Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Sektor Industri

| Kab./Kota Lingkup APJ Surakarta | Jumlah Penduduk |           | (PDRB) (Ribu Rupiah) |               |
|---------------------------------|-----------------|-----------|----------------------|---------------|
|                                 | Tahun           |           | Tahun                |               |
|                                 | 2015            | 2016      | 2015                 | 2016          |
| Surakarta                       | 512.207         | 514.212   | 2.748.121,10         | 2.959.727,19  |
| Karanganyar                     | 856.181         | 863.975   | 6.414.504,10         | 6.761.526,81  |
| Sukoharjo                       | 864.245         | 871.387   | 8.045.937,72         | 8.285.661,50  |
| Sragen                          | 878.983         | 882.198   | 8.192.457,37         | 9.397.105,29  |
| Wonogiri                        | 948.976         | 951.928   | 2.983.255,55         | 3.331.761,32  |
| Total                           | 4.060.592       | 4.083.700 | 28.384.275,84        | 30.735.782,11 |

**Sumber:** BPS Provinsi Jawa Tengah, 2016

#### 4.2.1.a) Pertumbuhan Kebutuhan Energi Listrik Layanan APJ Surakarta

Pertumbuhan jumlah penduduk pada umumnya akan meningkatkan penggunaan energi listrik di suatu daerah, hal ini terjadi karena peningkatan jumlah penduduk mengindikasikan perkembangan sektor (industri, publik, bisnis, rumah tangga).

Berdasarkan populasi penduduk yang ada di Kabupaten/Kota wilayah layanan APJ Surakarta dan pertumbuhannya setiap tahun maka, akan dapat diprediksikan jumlah penduduk pada tahun berikutnya. Persamaan yang bisa digunakan ialah persamaan:

$$P_t = P_{t-1} (1 + \Delta_{t-1})$$

Dimana :

$P_t$  = besar jumlah penduduk yang di prediksi pada tahun t

$P_{t-1}$  = besar jumlah penduduk yang di prediksi pada tahun t-1

$\Delta_{t-1}$  = besar pertumbuhan penduduk pada sebelum tahun t yang akan diprediksi (%).

Estimasi pertumbuhan penduduk Kabupaten/Kota wilayah layanan APJ surakarta didapat berdasarkan pedoman jumlah penduduk beberapa tahun terakhir seperti yang tercantum dalam Tabel 4.5.

$$\begin{aligned}\Delta_{2016} &= \frac{P_{2016} - P_{2015}}{P_{2015}} \times 100\% \\ \Delta_{2016} &= \frac{4.083.700 - 4.060.592}{4.060.592} \times 100\% = 0,569\%\end{aligned}$$

Dengan tingkat pertumbuhan penduduk 2016 tersebut maka, kita dapat memprediksi jumlah penduduk pada tahun 2017 dengan menggunakan persamaan yang berikut:

$$\begin{aligned}P_{2017} &= P_{2016} (1 + \Delta_{2016}) \\ P_{2017} &= 4.083.700 (1 + 0,569\%) \\ &= 4.106.978\end{aligned}$$

Untuk perhitungan 2018 dan seterusnya menggunakan prinsip yang sama,

$$\begin{aligned}\Delta_{2017} &= \frac{P_{2017} - P_{2016}}{P_{2016}} \times 100\% \\ \Delta_{2018} &= \frac{4.106.978 - 4.083.700}{4.083.700} \times 100\% = 0,569\%.\end{aligned}$$

Maka kita dapat memprediksi jumlah penduduk 2018,

$$P_{2018} = P_{2017} (1 + \Delta_{2017})$$

$$P_{2018} = 4.106.978 (1 + 0,570\%) = 4.130.388$$

Untuk tahun 2019 hingga tahun 2025 perhitungan menggunakan cara yang sama.

#### 4.2.1.b) Prediksi Penggunaan Energi Sektor Rumah Tangga

Prediksi pertumbuhan energi listrik di sektor rumah tangga dapat menggunakan persamaan berikut:

$$E_{RT} = \text{Pel. Rt} \times \text{UKR}_{(t-1)}$$

Keterangan:

$E_{RT}$  = besar konsumsi energi rumah tangga pada tahun t

Pel. Rt = jumlah pelanggan rumah tangga pada tahun t

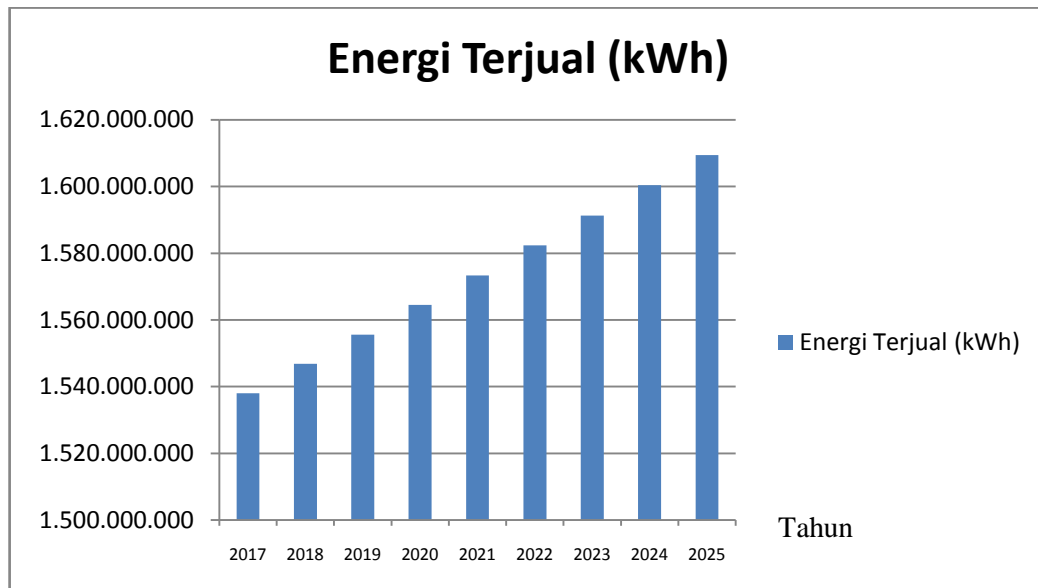
UKR = besar rata-rata konsumsi energi listrik per rumah tangga

Persamaan diatas menyatakan bahwa pertumbuhan jumlah penduduk adalah sebanding dengan pertumbuhan penggunaan energi listrik dari tahun ke tahun. Perhitungan pertumbuhan jumlah penduduk 2016 adalah 0,569 %, nilai pertumbuhan penduduk tersebut untuk tahun-tahun selanjutnya (2017-2025) diasumsikan konstan. Oleh sebab itu, prediksi penggunaan energi sektor rumah tangga 2017-2025 dapat dihitung berdasarkan data penggunaan energi listrik 2016 di tabel 4.3.

**Tabel 4.5.** Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik (GWh) Sektor Rumah Tangga

| Tahun | Jumlah Penduduk | Pelanggan RT | Energi Terjual (kWh) |
|-------|-----------------|--------------|----------------------|
| 2017  | 4.106.936       | 1.177.567,3  | 1.538.063.660        |
| 2018  | 4.130.304       | 1.184.267,6  | 1.546.815.243        |
| 2019  | 4.153.806       | 1.191.006,1  | 1.555.616.621        |
| 2020  | 4.177.441       | 1.197.782,9  | 1.564.468.080        |
| 2021  | 4.201.211       | 1.204.598,3  | 1.573.369.903        |
| 2022  | 4.225.115       | 1.211.452,5  | 1.582.322.278        |
| 2023  | 4.249.156       | 1.218.345,7  | 1.591.325.793        |

| Tahun | Jumlah Penduduk | Pelanggan RT | Energi Terjual (kWh) |
|-------|-----------------|--------------|----------------------|
| 2024  | 4.273.334       | 1.225.278    | 1.600.380.436        |
| 2025  | 4.297.650       | 1.232.249,9  | 1.609.486.601        |



**Gambar 4.1.** Grafik Prediksi Pertumbuhan Penggunaan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga

#### 4.2.1.c) Prediksi Penggunaan Energi Sektor Bisnis atau Komersil

Perhitungan perkiraan kebutuhan energi listrik pada pelanggan sektor Komersil dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$EP_t = [ EP_{t-1} (1+G_t) ]$$

Dimana parameter-parameter yang digunakan:

1. Besar jumlah pelanggan rumah tangga (pel Rt)
2. Besar jumlah pelanggan komersil (pel.K)
3. Perbandingan pelanggan komersil terhadap pelanggan rumah tangga (RPK)
4. Tingkat pertumbuhan penggunaan energi listrik sektor komersil ( $G_t$ ) .

Untuk memprediksi pertumbuhan penggunaan energi listrik sektor komersil maka terlebih dahulu mencari nilai perbandingan antara pelanggan komersil terhadap pelanggan rumah tangga, guna memprediksi jumlah pelanggan komersil



baru. Dengan mengasumsi bahwa rasio antara pelanggan dengan pelanggan rumah tangga relatif sama.

$$RPK = \frac{Pel.K_{2016}}{Pel.Rt_{2016}} = \frac{53.861}{1.170.900} = 0,046$$

Jumlah pelanggan komersil 2017 hingga 2015 dihitung dengan cara mengalikan rasio pelanggan komersil dan pelanggan rumah tangga terhadap pelanggan rumah tangga tahun prediksi.

$$\begin{aligned} Pel.K_{2017} &= Pel.R_{2017} \cdot RPK \\ &= 1.177.567,3 \times 0,046 \\ &= 54.167,69. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pel.K_{2018} &= Pel.R_{2018} \cdot RPK \\ &= 1.184.267,6 \times 0,046 \\ &= 54.167,69. \end{aligned}$$

Perhitungan pelanggan komersil atau bisnis menerapkan cara dan langkah-langka yang sama sehingga nilai prediksi pada tahun 2019-2025 dapat dicari menggunakan software aplikasi.

Nilai tingkat pertumbuhan energi listrik sektor bisnis dapat ditentukan berdasarkan data penggunaan listrik sektor bisnis pada tahun 2015 dan 2016 dari PT. PLN APJ Surakarta.

$$G_{2016} = \frac{EK_{2016}}{EK_{2015}} - 1 = \left( \frac{487.996.012}{444.992.403} - 1 \right) \times 100\% = 9,6638994\%$$

Untuk tahun 2017 hingga 2015 persentase pertumbuhan pelanggan sektor bisnis sama seperti tahun 2016.

Prakiraan jumlah konsumsi energi listrik dapat ditentukan berdasarkan data jumlah energi yang dipakai di sektor bisnis yang bersumber dari PT. PLN APJ Surakarta, dan setiap tahun mengalami pertumbuhan 9,664%.

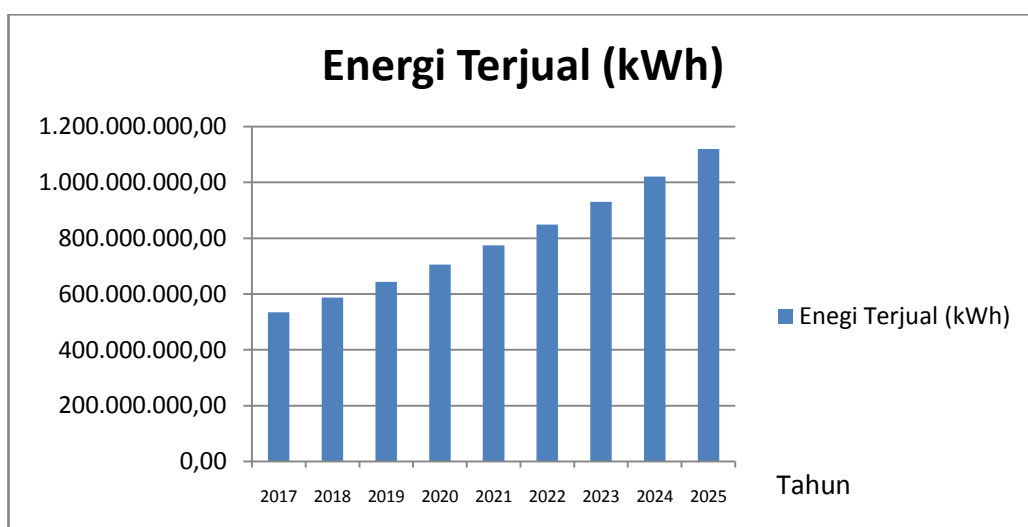
$$\begin{aligned} EK_{2017} &= EK_{2016} (1+G_{2016}) \\ &= 487.996.021 (1 + 9,664\%) \\ &= 535.155.465,5 \text{ kWh} \\ EK_{2018} &= EK_{2017} (1+G_{2017}) \\ &= 535.155.465,5 (1 + 9,664\%) \end{aligned}$$

= 586.872.351,4 kWh

Untuk perhitungan prediksi jumlah penggunaan energi listrik sektor bisnis tahun 2019 hingga 2025 menerapkan langkah-langkah dan cara-cara yang sama. Pada tabel 4.6. dan gambar 4.2. akan menyajikan data dan grafik prakiraan jumlah penggunaan energi listrik sektor industri.

**Tabel 4.6.** Data jumlah Pelanggan Sektor Rumah Tangga, Bisnis dan Jumlah Penggunaa Energi Listrik Sektor Bisnis.

| Tahun | Pelanggan R. Tangga | Pelanggan Bisnis | Energi Sek. Bisnis |
|-------|---------------------|------------------|--------------------|
| 2017  | 1.177.567,3         | 54.168,0958      | 535.155.465,5      |
| 2018  | 1.184.267,6         | 54.476,3096      | 586.872.351,4      |
| 2019  | 1.191.006,1         | 54.786,2806      | 643.587.105        |
| 2020  | 1.197.782,9         | 55.098,0134      | 705.782.715,4      |
| 2021  | 1.204.598,3         | 55.411,5218      | 773.988.847        |
| 2022  | 1.211.452,5         | 55.726,815       | 848.786.350,5      |
| 2023  | 1.218.345,7         | 56.043,9022      | 930.812.209,6      |
| 2024  | 1.225.278           | 56.362,788       | 1.020.764.965      |
| 2025  | 1.232.249,9         | 56.683,4954      | 1.119.410.664      |



**Gambar 4.2.** Grafik Prakiraan Penggunaan Energi Listrik Sektor Komersil atau Bisnis Tahun 2017 hingga 2025

#### 4.2.1.d) Prediksi Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri

Untuk menghitung proyeksi kebutuhan energi listrik sektor industri dapat dilakukan cara dan langkah-langkah sebagai berikut,

$$EI_t = \left[ EI_{t-1} \left( 1 + \frac{G_t \cdot e_i}{100} \right) \right]$$

Perhitungan perkiraan kebutuhan energi listrik pada pelanggan sektor industri dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter.

1. Jumlah pelanggan industri (Pel.I<sub>t</sub>)
2. Tingkat pertumbuhan PDRB sektor industri (G<sub>t</sub>)
3. Nilai elastisitas pelanggan sektor industri (e<sub>i</sub>)

Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan PDRB Sektor industri dapat ditentukan berdasarkan data pada tabel 4.5.

$$\begin{aligned} G_{2016} &= \frac{G_{2016} - G_{2015}}{G_{2015}} \times 100\% \\ &= \frac{28.384.275,84 - 30.735.782,11}{30.735.782,11} \times 100\% = 8,23\% \end{aligned}$$

Besar jumlah pelanggan industri pada tahun 2017 (Pel.I 2017) dapat dihitung dari jumlah pelanggan industri 2016 yang sebesar 1.461 dan tingkat pertumbuhan PDRB pada tahun 2016 (G<sub>2016</sub>) sebesar 8,23%. Diasumsikan bahwa nilai pertumbuhan PDRB untuk 2017 hingga 2017 adalah sama, maka dari data dan persamaan diatas dapat dihitung nilai Pelanggan industri berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pel.I}_{2017} &= \text{Pel.I}_{2016} (1 + G_{2016}) \\ &= 1.461 (1 + 0,0823) \\ &= 1.581,24 \text{ pelanggan} \\ \text{Pel.I}_{2018} &= \text{Pel.I}_{2017} (1 + G_{2018}) \\ &= 1.581,24 (1 + 0,0823) \\ &= 1.711,29 \text{ pelanggan} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan jumlah pelanggan sektor industri tahun 2019 hingga 2025 menggunakan langkah-langkah dan cara-cara yang sama.

Besar nilai elastisitas pelanggan industri pada tahun 2016 dapat dihitung menggunakan data konsumsi daya pada tahun 2015 sebesar 2.247.777.050 kWh dan data konsumsi energi listrik sektor industri pada tahun 2016 sebesar 2.375.092.098 kWh.

$$\begin{aligned} e_1 &= \left( \frac{EI_{2016}}{EI_{2015}} - 1 \right) \frac{100}{G_{2016}} \\ &= \left( \frac{2.375.092.098}{2.247.777.050} - 1 \right) \frac{100}{8,23} = 0,688 \end{aligned}$$

Besar elastisitas pelanggan industri untuk tahun 2017 hingga 2025 diasumsikan sama, untuk prediksi penggunaan energi listrik sektor industri tahun 2017 hingga tahun 2025 dapat menggunakan parameter-parameter berikut yang meliputi:

1. Tingkat pertumbuhan PDRB sektor industri pada tahun ( $G_{2016}$ )= 8,23%
2. Besar nilai elastisitas pelanggan Industri ( $e_1$ ) = 0,688
3. Besar penggunaan energi listrik sektor industri tahun 2016 ( $EI_{2016}$ ) = 2.375.092.098 kWh.

$$\begin{aligned} EI_{2017} &= \left[ EI_{2016} \left( 1 + \frac{e_1 \cdot G_{2017}}{100} \right) \right] \\ &= \left[ 2.375.092.098 \text{ kWh} \left( 1 + \frac{0,688 \cdot 8,23}{100} \right) \right] \\ &= 2.509.575.513 \text{ kWh} \end{aligned}$$

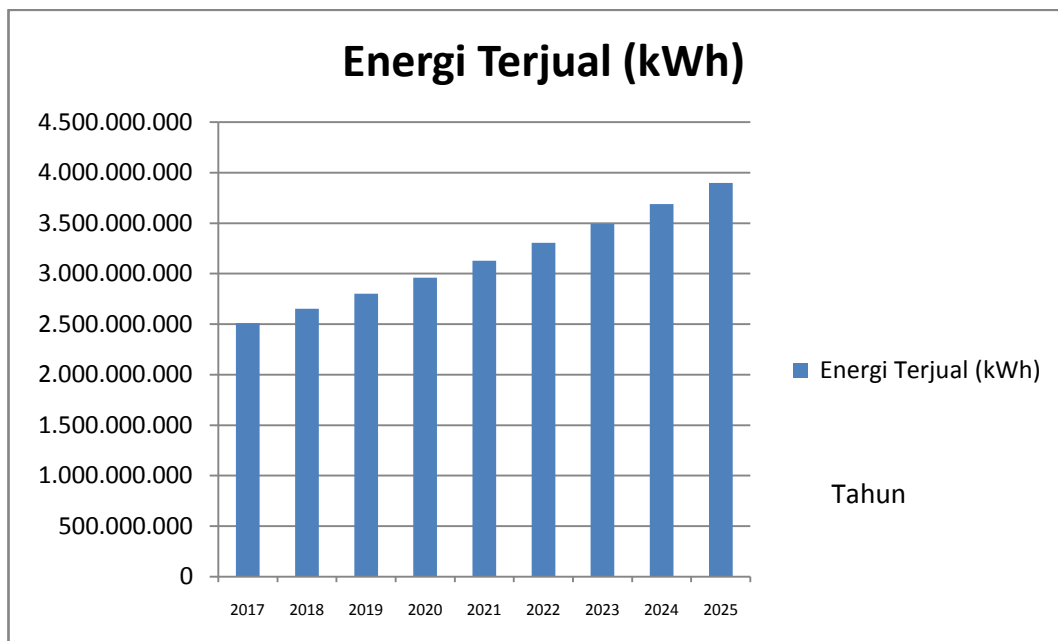
Untuk 2018 dan seterusnya menggunakan elastisitas dan pertumbuhan PDRB yang bernilai sama seperti nilai 2016, sebagai contoh untuk konsumsi energi listrik sektor industri sebagai berikut:

$$\begin{aligned} EI_{2018} &= \left[ EI_{2017} \left( 1 + \frac{e_1 \cdot G_{2018}}{100} \right) \right] \\ &= \left[ 2.509.575.513 \text{ kWh} \left( 1 + \frac{0,688 \cdot 8,23\%}{100} \right) \right] \\ &= 2.651.673.701 \text{ kWh.} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan 2019 hingga 2025 juga menggunakan langkah-langkah dan cara yang sama dalam memprediksi konsumsi energi listrik sektor publik. Pada tabel 4.7. dan gambar 4.3. dapat dilihat data atau gambaran pelanggan dan penggunaan energi listrik 2017 hingga 2025.

**Tabel 4.7.** Data Jumlah Pelanggan dan Energi Sektor Industri

| Tahun | Jumlah pelanggan Sektor Industri | Penggunaan Energi Listrik Sek. Industri (kWh) |
|-------|----------------------------------|---|
| 2017  | 1.581                            | 2.509.575.513                                 |
| 2018  | 1.711                            | 2.651.673.701                                 |
| 2019  | 1.852                            | 2.801.817.830                                 |
| 2020  | 2.004                            | 2.960.463.480                                 |
| 2021  | 2.169                            | 3.128.092.028                                 |
| 2022  | 2.348                            | 3.305.212.106                                 |
| 2023  | 2.541                            | 3.492.361.148                                 |
| 2024  | 2.750                            | 3.690.107.017                                 |
| 2025  | 2.977                            | 3.899.049.733                                 |



**Gambar 4.3.** Grafik Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Sektor Industri

#### 4.2.1.e) Prediksi Penggunaan Energi Listrik Sektor Publik

Untuk menentukan prediksi pertumbuhan energi listrik sektor publik dapat menggunakan persamaan berikut:

$$EP_t = [ EP_{t-1} (1 + G_t)]$$

Keterangan:

Pel.Rt = jumlah pelanggan sektor rumah tangga

Pel.Pt = jumlah pelanggan sektor publik

RPP = rasio jumlah pelanggan publik terhadap pelanggan rumah tangga

Gt = tingkat pertumbuhan penggunaan energi listrik sektor publik

Langkah awal perhitungan untuk memprediksi pertumbuhan penggunaan energi listrik sektor publik adalah mencari besar nilai perbandingan antara jumlah pelanggan sektor publik terhadap pelanggan sektor rumah tangga berdasarkan data tahun 2016. Setelah itu, dilakukan perhitungan jumlah pelanggan publik baru berdasarkan data rasio pelanggan dan data jumlah pelanggan pada tahun 2016. Rasio pelanggan sektor publik terhadap pelanggan sektor rumah tangga diasumsikan sama untuk tahun-tahun selanjutnya.

$$RPP = \frac{Pel.P_{2016}}{Pel.Rt_{2016}} = \frac{33.414}{1.170.900} = 0,028537$$

Untuk prediksi jumlah pelanggan sektor publik tahun 2017 dapat dihitung dengan mengalikan rasio pelanggan publik tahun 2016 dengan jumlah pelanggan rumah pada tahun 2017.

$$\begin{aligned} Pel.P_{2017} &= Pel.R_{2017} \cdot RPP \\ &= 1.177.567 \times 0,028537 \\ &= 33.604 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pel.P_{2018} &= Pel.R_{2018} \cdot RPP \\ &= 1.184.267 \times 0,028537 \\ &= 33.795 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk memprediksi jumlah pelanggan sektor publik dari tahun 2019 hingga tahun 2025.

Untuk menghitung tingkat pertumbuhan energi listrik sektor publik dapat dihitung dari data penggunaan energi listrik sektor publik pada tahun 2015 sebesar 240.385.290 kWh dan pada tahun 2016 sebesar 265.824.580 kWh.

$$G_{2016} = \frac{EP_{2016}}{EP_{2015}} - 1$$

$$G_{2016} = \frac{265.824.580}{240.385.290} - 1 = 0,105827149$$

Untuk tingkat pertumbuhan penduduk untuk tahun-tahun selanjutnya diasumsikan sama dengan tingkat pertumbuhan pertumbuhan dengan tahun-tahun sebelumnya.

Perkiraan konsumsi energi listrik sektor publik dapat dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter meliputi:

- a. Konsumsi energi listrik tahun 2016 ( $EP_{2016}$ ) = 265.824.580 kWh
- b. Tingkat pertumbuhan konsumsi energi listrik 2016 ( $G_{2016}$ ) = 1.0583%

Penggunaan energi sektor publik adalah

$$\begin{aligned} EP_{2017} &= [ EP_{2016} (1+G_{2016}) ] \\ &= [265.824.580 (1 + 0,10583)] \\ &= 293.956.037,4 \text{ kWh.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EP_{2017} &= [ EP_{2016} (1+G_{2016}) ] \\ &= [ 293.956.037,4 (1 + 0,10583)] \\ &= 325.064.566,8 \text{ kWh.} \end{aligned}$$

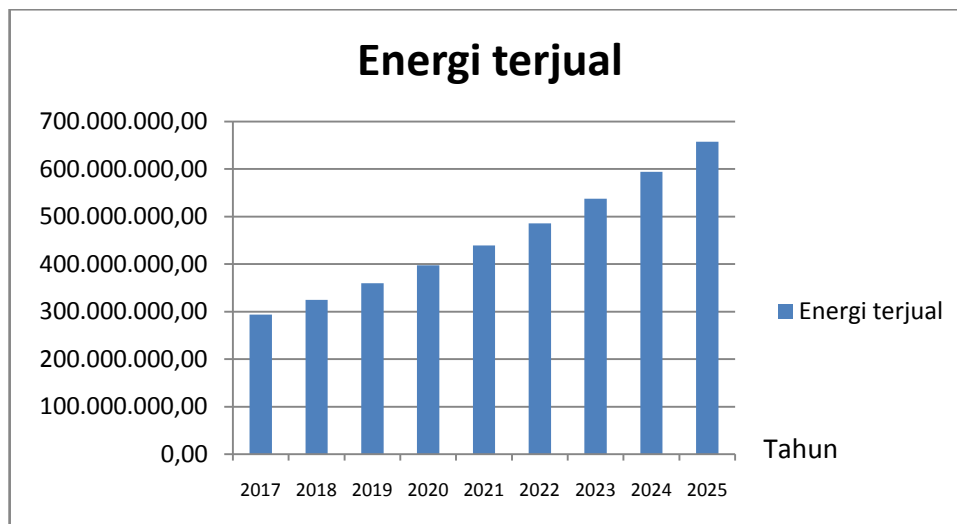
Untuk perhitungan prediksi penggunaan energi sektor publik pada tahun 2019 sampai 2025 menggunakan cara dan langkah yang sama. Pada tabel 4.8 dan gambar 4.4 dapat dilihat prediksi pelanggan dan penggunaan energi listrik sektor publik dari 2017 hingga 2025.

**Tabel 4.8.** Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Publik

| Tahun | Jumlah Pelanggan Rumah Tangga | Jumlah Pelanggan Publik | Penggunaan Energi Sektor Publik (kWh) |
|-------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 2017  | 1.177.567                     | 33.604                  | 293.956.037,4                         |
| 2018  | 1.184.267                     | 33.795                  | 325.064.566,8                         |
| 2019  | 1.191.006                     | 33.987                  | 359.465.223,2                         |
| 2020  | 1.197.782                     | 34.181                  | 397.506.402,9                         |

| Tahun | Jumlah Pelanggan Rumah Tangga | Jumlah Pelanggan Publik | Penggunaan Energi Sektor Publik (kWh) |
|-------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 2021  | 1.204.598                     | 34.375                  | 439.573.372,2                         |
| 2022  | 1.211.452                     | 34.571                  | 486.092.169                           |
| 2023  | 1.218.345                     | 34.767                  | 537.533.917,4                         |
| 2024  | 1.225.278                     | 34.965                  | 594.419.599,3                         |
| 2025  | 1.232.249                     | 35.164                  | 657.325.330,8                         |

**Gambar 4.4.** Grafik Prakiraan Energi Listrik Sektor Bisnis



#### 4.2.1.f) Jumlah Prediksi Total Pelanggan dan Konsumsi Energi Listrik

Jumlah pelanggan listrik total dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Pel.Tt} = \text{Pel.Rt} + \text{Pel.Kt} + \text{Pel.It} + \text{Pel.Pt}$$

Rumus ini diterapkan untuk menghitung jumlah pelanggan total yang tersambung dalam setiap 1 tahun dari semua sektor. Dalam hal ini, perhitungan sama dapat diterapkan dari tahun 2017 hingga 2025. Pada Tabel 4.9 dapat dilihat prediksi jumlah pelanggan layanan APJ Surakarta 2017 hingga 2025.



**Tabel 4.9.** Prediksi Jumlah Total Pelanggan Rumah Tangga, Komersil, Industri, Publik Wilayah Layanan APJ Surakarta

| Tahun | Pelanggan Rum. Tangga | Pelanggan Bisnis | Pelanggan Industri | Pelanggan Publik | Total Pelanggan |
|-------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| 2017  | 1.177.567             | 54.168           | 1.581              | 33.604           | 1.266.920       |
| 2018  | 1.184.267             | 54.476           | 1.711              | 33.795           | 1.274.249       |
| 2019  | 1.191.006             | 54.786           | 1.852              | 33.987           | 1.281.631       |
| 2020  | 1.197.782             | 55.098           | 2.004              | 34.181           | 1.289.065       |
| 2021  | 1.204.598             | 55.411           | 2.169              | 34.375           | 1.296.553       |
| 2022  | 1.211.452             | 55.726           | 2.348              | 34.571           | 1.304.097       |
| 2023  | 1.218.345             | 56.043           | 2.541              | 34.767           | 1.311.696       |
| 2024  | 1.225.278             | 56.362           | 2.750              | 34.965           | 1.319.355       |
| 2025  | 1.232.249             | 56.683           | 2.977              | 35.164           | 1.327.073       |

Kebutuhan atau konsumsi energi listrik total dapat dihitung dengan persamaan berikut:

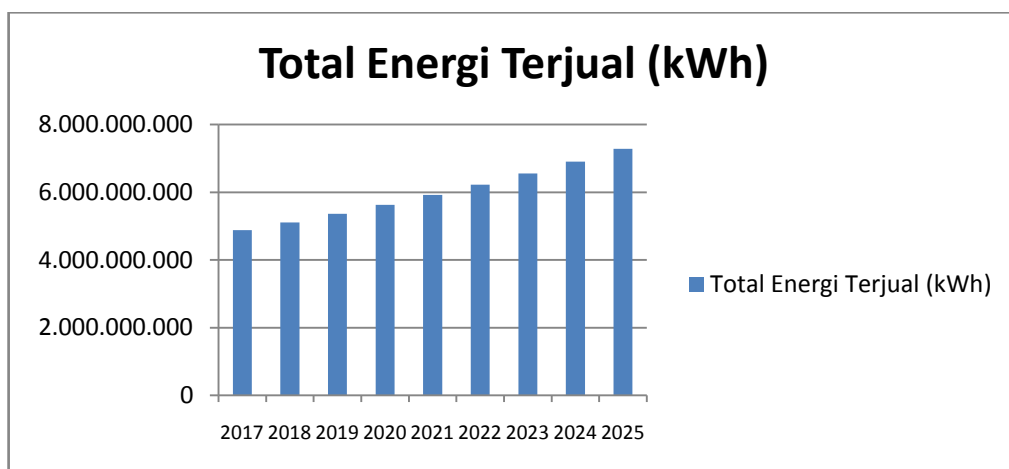
$$E_{tt} = E_{Rt} + E_{Kt} + E_{It} + E_{Pt}$$

Secara lengkap, konsumsi total energi listrik dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut,

**Tabel 4.10.** Prediksi Penggunaan Total Energi (kWh) Listrik APJ Surakarta

| Thn  | Bisnis      | RT            | Industri      | Publik      | Total         |
|------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| t    | EBt         | ERt           | EIt           | EPt         | ETt           |
| 2017 | 535.155.465 | 1.538.063.660 | 2.509.575.513 | 293.956.037 | 4.876.750.675 |
| 2018 | 586.872.351 | 1.546.815.243 | 2.651.673.701 | 325.064.566 | 5.110.425.861 |
| 2019 | 643.587.105 | 1.555.616.621 | 2.801.817.830 | 359.465.223 | 5.360.486.779 |
| 2020 | 705.782.715 | 1.564.468.080 | 2.960.463.480 | 397.506.402 | 5.628.220.677 |
| 2021 | 773.988.847 | 1.573.369.903 | 3.128.092.028 | 439.573.372 | 5.915.024.150 |

| Thn  | Bisnis        | RT            | Industri      | Publik      | Total         |
|------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| t    | EBt           | ERt           | EIt           | EPt         | ETt           |
| 2022 | 848.786.350   | 1.582.322.278 | 3.305.212.106 | 486.092.169 | 6.222.412.903 |
| 2023 | 930.812.210   | 1.591.325.793 | 3.492.361.148 | 537.533.917 | 6.552.033.068 |
| 2024 | 1.020.764.965 | 1.600.380.436 | 3.690.107.017 | 594.419.599 | 6.905.672.017 |
| 2025 | 1.119.410.664 | 1.609.486.601 | 3.899.049.733 | 657.325.330 | 7.285.272.328 |



**Gambar 4.5.** Grafik Prakiraan Penggunaan Total Energi Listrik

#### 4.2.1.g) Peramalan Petumbuhan Beban Puncak

Dalam menganalisis pertumbuhan energi listrik juga diperlukan analisa terhadap pertumbuhan beban puncak guna menganalisis lebih lanjut keperluan penambahan suplai energi ke suatu jaringan. Persamaan berikut menyajikan penyelesaian peramalan beban puncak,

$$BP_t = \frac{EP_t}{8760 \times LF_t}$$

dimana :

$BP_t$  = besar beban puncak pada tahun ke t

$EP_t$  = besar energi produksi total sektor pada tahun ke t

$LF_t$  = besar nilai load factor pada tahun ke t

*Load Factor (LF)* Ditentukan Dengan Persaman:

$$LF_t = If_R \frac{ER_t}{ET_t} + If_{PC} \frac{EK_t + EK_P}{ET_t} + If_I \frac{EI_t}{ET_t}$$

Dimana:

$ET_t$  = jumlah energi terjual pada tahun ke t (KWh);

$ER_t$  = jumlah konsumsi energi sektor rumah tangga pada tahun ke t (KWh);

$EK_t$  = jumlah konsumsi energi sektor komersil pada tahun ke t (kWh) ;

$EP_t$  = jumlah konsumsi energi sektor publik pada tahun ke t (KWh);

$EI_t$  = jumlah konsumsi enjergi sektor industri tahun ke t (kWh);

Untuk nilai faktor beban di tiap-tiap sektor, berdasarkan hasil survei dan simulasi yang dilakukan di Kota besar di Indonesia oleh Kikih Siwi Koncoro (2010) tentang Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah 10 MWe di Kota Medan ditinjau dari Aspek Teknis, Ekonomi dan Lingkunga. Menyatakan bahwa nilai faktor beban adalah:

0,45 = Angka faktor beban untuk sektor rumah tangga

0,55 = Angka faktor beban untuk sektor komersil dan publik

0,7 = Angka faktor beban untuk sektor industri

Dengan persamaan diatas, maka dapat ditentukan prediksi beban puncak 2017 hingga 2025 berdasarkan hasil prediksi pertumbuhan energi listrik tahun2017-2025 pada tabel 4.10,

Perkiraan perbandingan energi beban rumah tangga terhadap total konsumsi energi 2017,

$$\frac{ER_{2017}}{ET_{2017}} = \frac{1.538.063.660}{4.876.750.675} = 0,315386978$$

Perkiraan perbandingan energi beban komersil dan publik terhadap total konsumsi energi 2017,

$$\frac{EK_{2017} + EP_{2017}}{ET_{2017}} = \frac{535.155.465 + 293.956.037}{4.876.750.675} = 0,1700131$$

Perkiraan perbandingan energi beban industri terhadap total konsumsi energi 2017,

$$\frac{EI_{2017}}{ET_{2017}} = \frac{2.509.575.513}{4.876.750.675} = 0,514599921.$$

Maka, dapat ditentukan besar faktor beban berdasarkan persamaan diatas,

$$LF_{2017} = 0,45 \times 0,315386978 + 0,55 \times 0,1700131 + 0,7 \times 0,514599921 = 0,595651$$

Untuk faktor beban tahun 2018 menggunakan cara yang sama, seperti perhitungan berikut

$$\frac{ER_{2018}}{ET_{2018}} = \frac{1.546.815.243}{5.110.425.861} = 0,14192414$$

$$\frac{EK_{2018} + EP_{2018}}{ET_{2018}} = \frac{586.872.351 + 325.064.566}{5.110.425.861} = 0,0935072$$

$$\frac{EI_{2018}}{ET_{2018}} = \frac{2.651.673.701}{5.110.425.861} = 0,36022$$

$$LF_{2018} = 0,45 \times 0,302678345 + 0,55 \times 0,178446 + 0,7 \times 0,51887529 = 0,597563$$

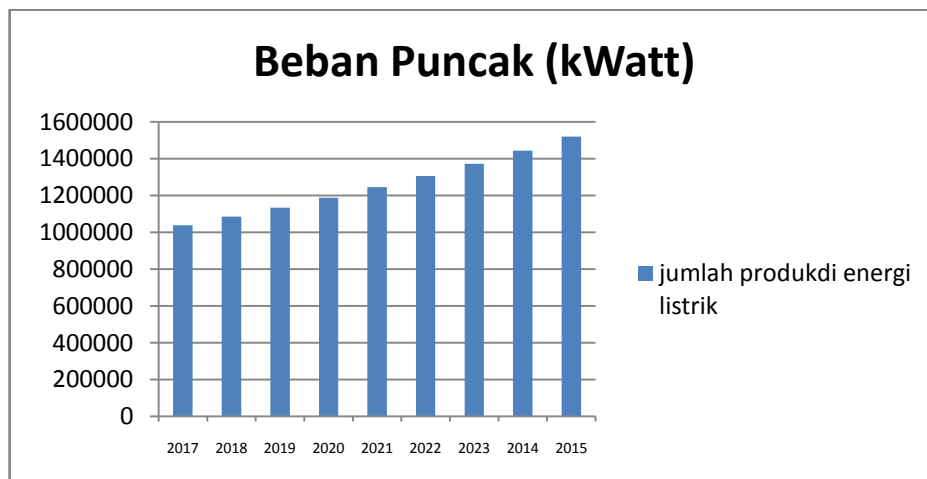
Untuk tahun 2019 hingga 2025 menggunakan cara dan langkah yang sama.

Bila diasumsikan efisiensi jaringan distribusi tenaga listrik di APJ Surakarta tahun 2016-2025 adalah 93% (berdasarkan data rata-rata rugi jaringan 2010-2015, RUPTL 2015-2026), maka dapat ditentukan besar total produksi energi 2017-2025 dengan menggunakan prakiraan penggunaan energi listrik dari 2017 hingga 2025 dalam tabel 4.10. Dengan persamaan  $EP_t = ET_t / \text{Efisiensi}$ , sehingga dapat ditentukan nilai data prakiraan beban puncak 2017-2025 seperti pada tabel 4.11. berikut,

$$Bp_{2017} = \frac{EP_{2017}}{8760 \cdot LF_{2017}} = \frac{5.418.611.861}{8760 \cdot 0,595651} = 1.038.464,97 \text{ kWatt}$$

**Tabel 4.11. Prakiraan Beban Puncak 2017 hingga 2025**

| Tahun | Energi Produksi (kWh) | Konsumsi Energi Total (kWh) | Beban Puncak (kWatt) |
|-------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 2017  | 5.243.817.930         | 4.876.750.675               | 1.004.966,10         |
| 2018  | 5.495.081.571         | 5.110.425.861               | 1.049.750,29         |
| 2019  | 5.763.964.278         | 5.360.486.779               | 1.097.775,54         |
| 2020  | 6.051.850.190         | 5.628.220.677               | 1.149.303,38         |
| 2021  | 6.360.241.022         | 5.915.024.150               | 1.204.618,11         |
| 2022  | 6.690.766.562         | 6.222.412.903               | 1.264.028,88         |
| 2023  | 7.045.196.847         | 6.552.033.068               | 1.327.872,13         |
| 2024  | 7.425.453.782         | 6.905.672.017               | 1.396.513,88         |
| 2025  | 7.833.626.159         | 7.285.272.328               | 1.470.352,75         |



**Gambar 4.6. Grafik Prakiraan Beban Puncak APJ Surakarta**

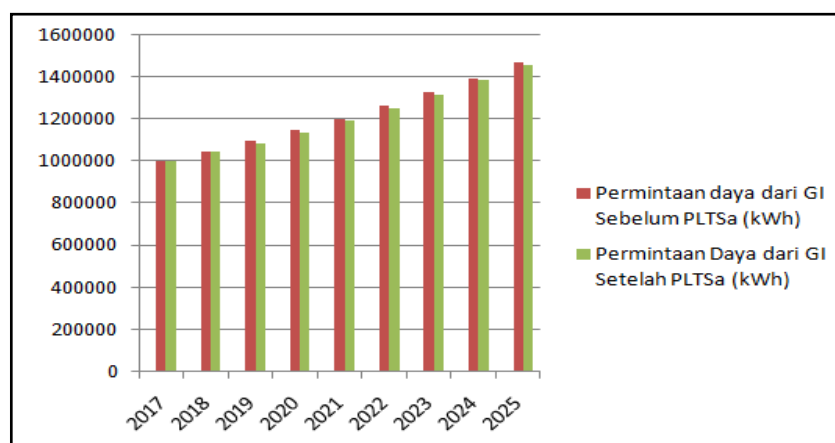
#### **4.2.1.h) Pengaruh Penerapan PLTSa Terhadap Proyeksi Pertumbuhan Permintaan Daya Listrik Saat Beban Puncak pada GI di APJ Surakarta**

Dengan diterapkan penambahan PLTSa di jaringan distribusi APJ Surakarta, tentunya mempengaruhi besar supply daya dari gardu induk APJ Surakarta. Jika diasumsikan PLTSa beroperasi dan dikoneksikan di jaringan distribusi APJ Surakarta pada tahun 2019 maka, pengaruhnya dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut,

**Tabel 4.12.** Prakiraan permintaan daya dari GI atau Sumber Lainnya Sebelum dan Setelah Pemasangan PLTSa di APJ Surakarta,

| Tahun | Permintaan daya dari GI Sebelum PLTSa (kW) | Permintaan Daya dari GI Setelah PLTSa (kW) | Pengaruh PLTSa Terhadap Pengurangan Permintaan Daya Listrik dari GI (%) |
|-------|--|--|---|
| 2017  | 1.004.966,10                               | 1.004.966,10                               | 0   |
| 2018  | 1.049.750,29                               | 1.049.750,29                               | 0   |
| 2019  | 1.097.775,54                               | 1.087.675,54                               | 0,920   |
| 2020  | 1.149.303,38                               | 1.139.203,38                               | 0,879   |
| 2021  | 1.204.618,11                               | 1.194.518,11                               | 0,838   |
| 2022  | 1.264.028,88                               | 1.253.928,88                               | 0,799   |
| 2023  | 1.327.872,13                               | 1.317.772,13                               | 0,760   |
| 2024  | 1.396.513,88                               | 1.386.413,88                               | 0,723   |
| 2025  | 1.470.352,75                               | 1.460.252,75                               | 0,686   |

Penurunan nilai persentase pengaruh PLTSa terhadap permintaan daya dari GI dikarenakan faktor peningkatan permintaan daya listrik di Surakarta setiap tahun mengalami peningkatan, sedangkan dalam penelitian diansumsikan besar energi listrik yang dihasilkan oleh PLTSa tiap tahunnya adalah sama.



**Gambar 4.7.** Grafik Perbandingan Prakiraan Permintaan Daya dari GI Sebelum dan Setelah Penerapan (PLTSa) di APJ Surakarta

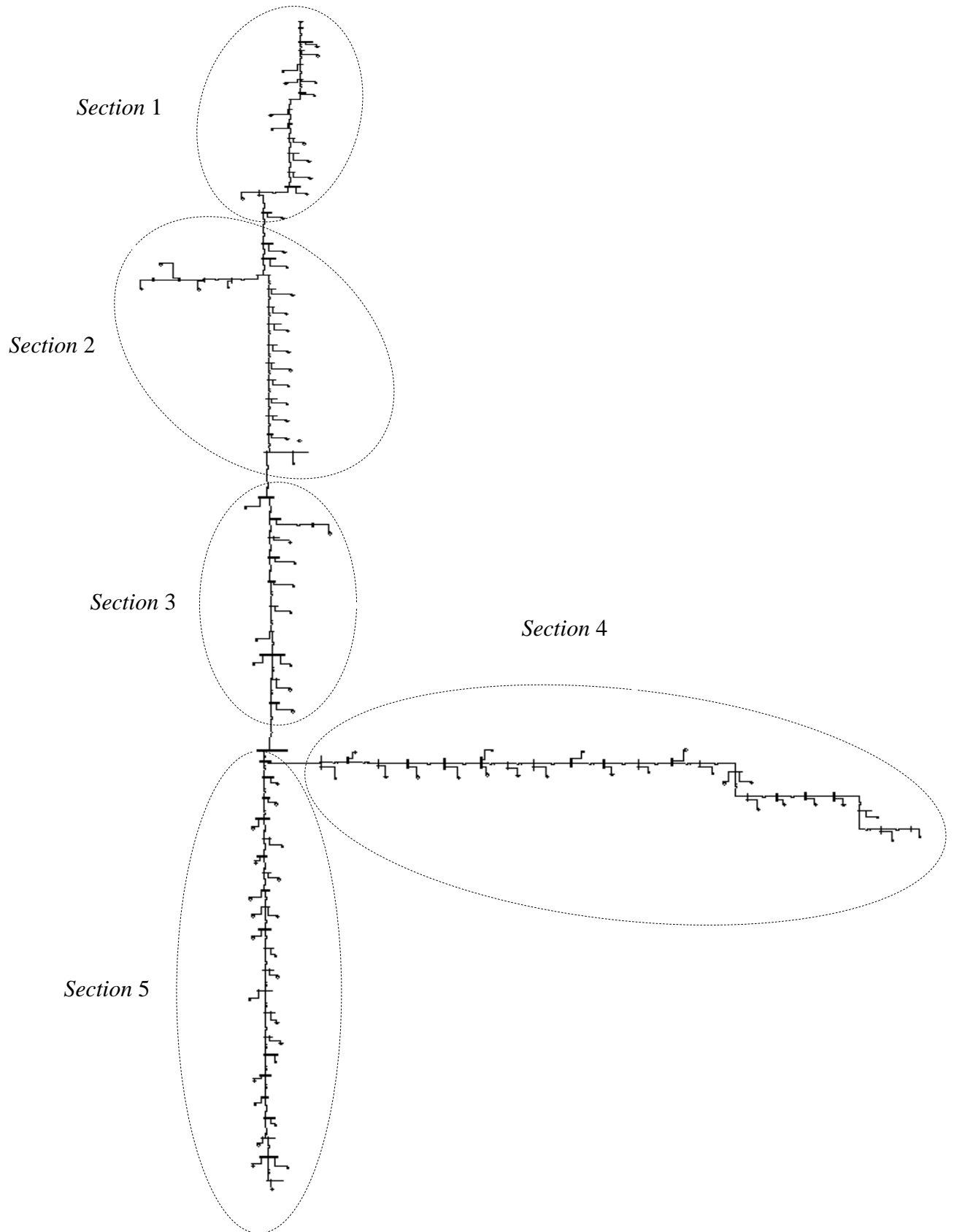
### 4.3. Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya pada penyulang GDO 04 dan PALUR 01 menggunakan ETAP. Parameter yang diamati adalah Profil Tegangan dan rugi-rugi daya berupa daya aktif dan daya reaktif. pada simulasi ini menggunakan 2, Skenario pertama dilakukan simulasi pada penyulang GDO 04 dan PLR 01 tanpa DG saat operasi beban puncak, skenario kedua dilakukan dengan penerapan DG saat operasi beban puncak. Data beban puncak dan single diagram dijelaskan berikut,

#### A. *Single Line Diagram*

Saat Beban Penuh dan dalam kondisi normal, daya yang dibutuhkan beban disuplai dari gardu induk Gedongrejo dan Palur. Jaringan ini terdiri dari 2 penyulang utama yaitu penyulang GDO 04 dan PLR 01, dan memiliki beban dalam sektor yang beda-beda seperti beban industri, komersil, publik dan rumah tangga. Penyulang GDO 04 dan PLR 01 terhubung ke titik beban atau *load point* yang berjumlah 89 titik. Tiap titik beban terdiri dari minimal 1 trafo, 89 titik beban yang dianalisis mengandung 11.387 pelanggan. Penyulang GDO 04 dan PLR 01 terdiri dari 84 line dengan total panjang penyulang utama 22,55 km. Penyulang GDO 04 terdiri dari 5 seksi dan setiap seksi dipisahkan oleh pemisah (*sectionalizer*) yang berjumlah 11 unit.

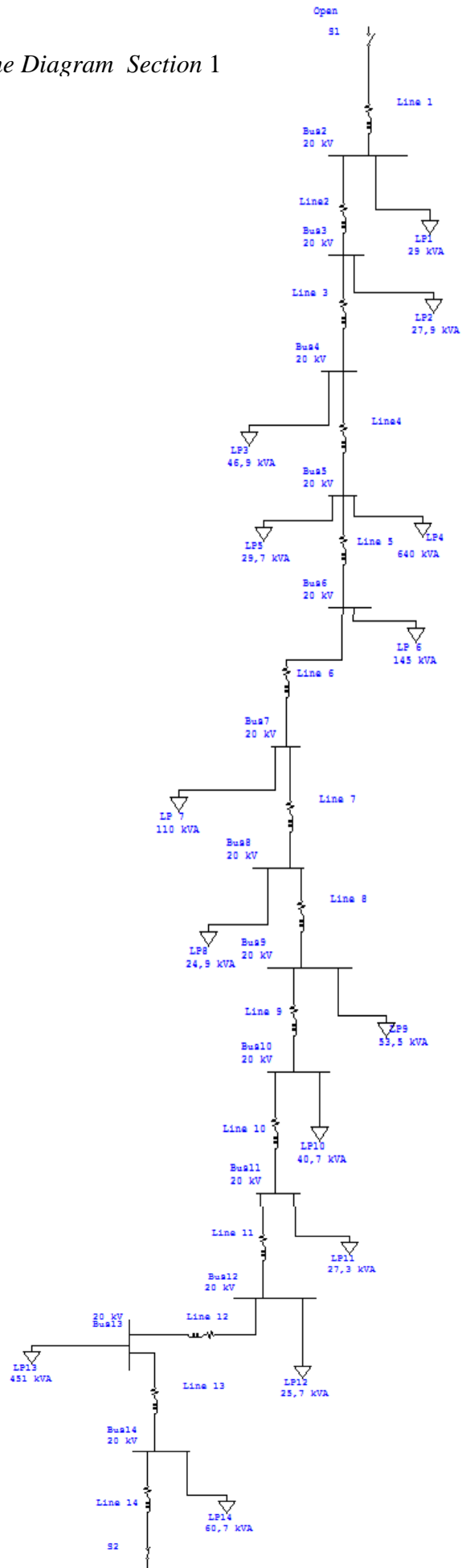
Kapasitas beban yang terpasang saat simulasi menggunakan ETAP 12.6 pada penyulang GDO 04 dan PLR 01 yaitu berdasarkan besar daya saat beban puncak di APJ Surakarta. Dalam melakukan analisis aliran daya dan indeks keandalan, maka harus mengetahui single line diagram yang akan di evaluasi mengetahui posisi *section*, *load point*, dan komponen apa saja yang ada pada jaringan distribusi di jaringan tersebut.

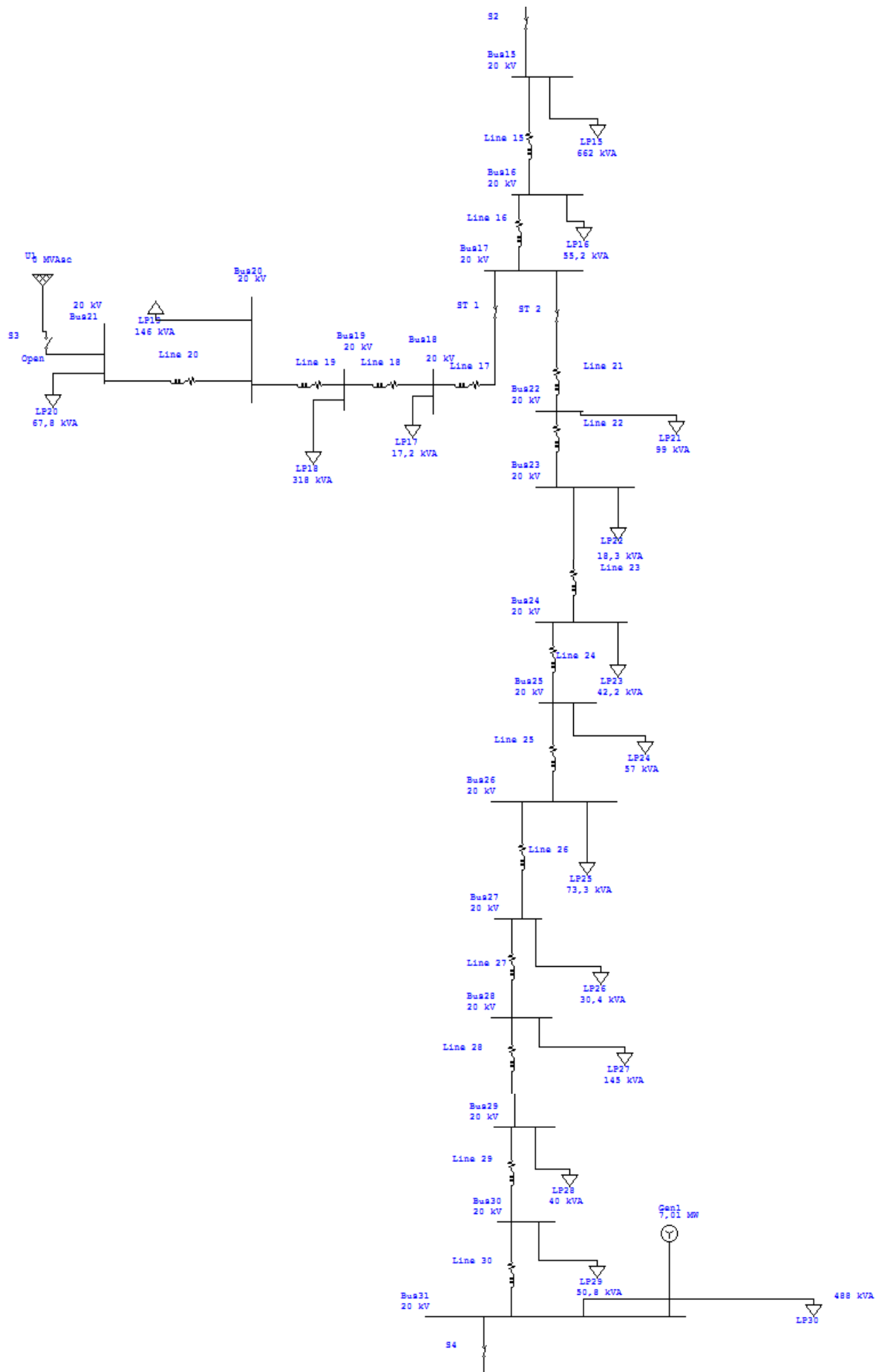


**Gambar 4.8.** Gambar *Single Line Diagram* Semua Section

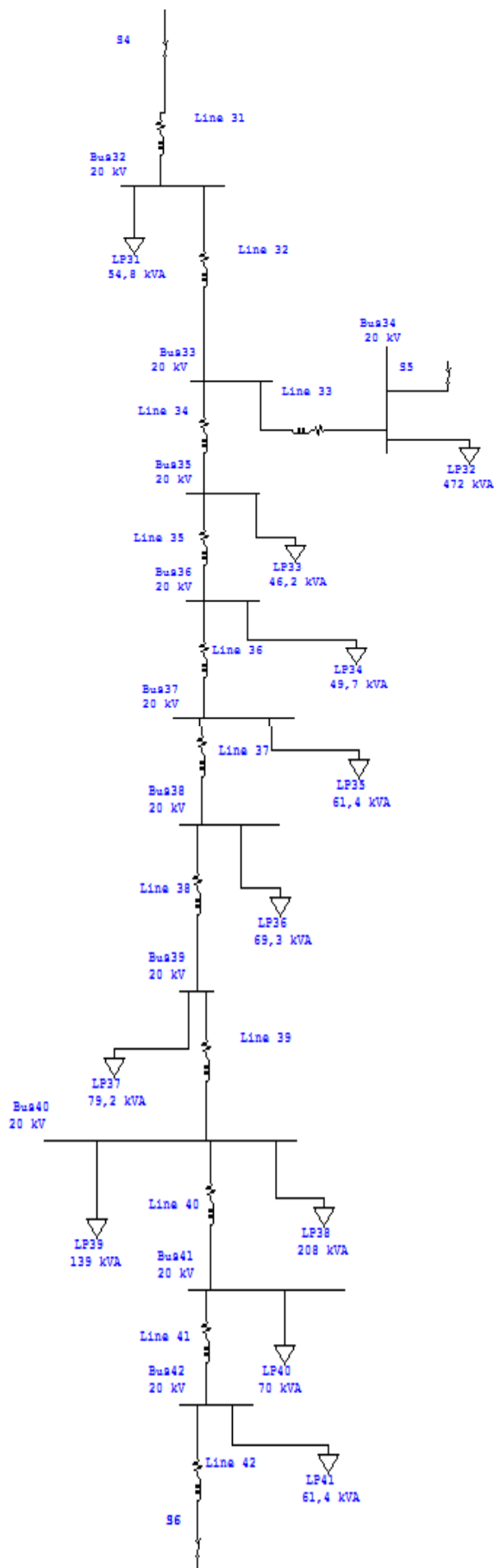


**Gambar 4.9.** Gambar *Single Line Diagram Section 1*

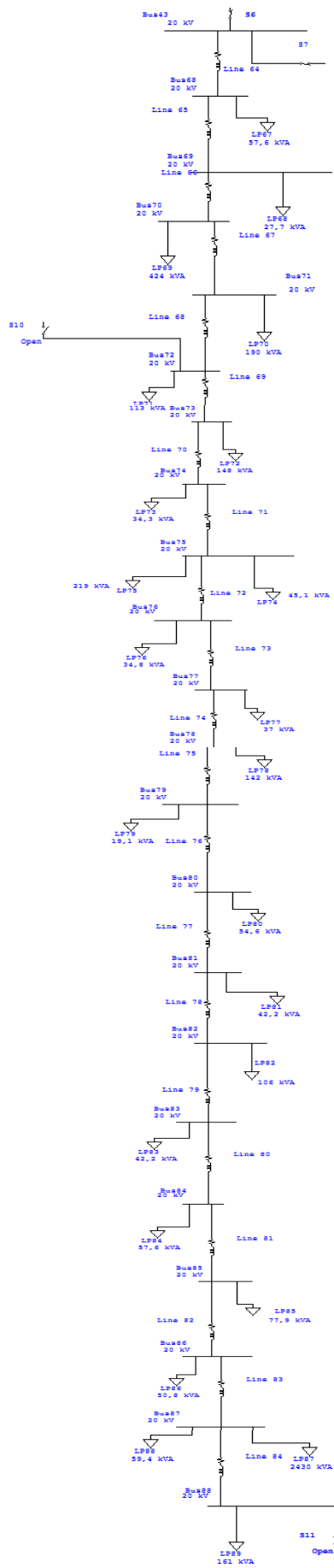




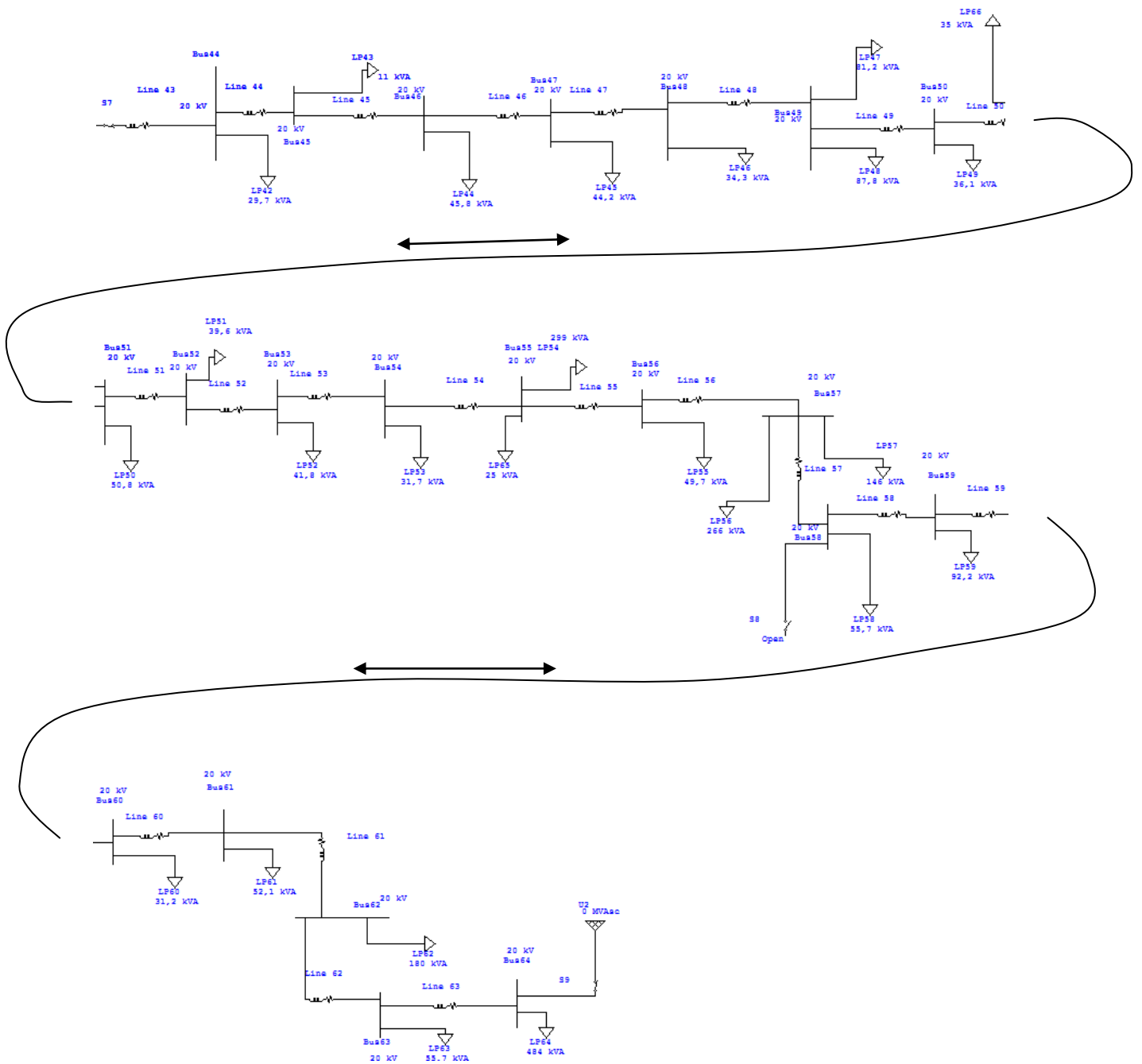
**Gambar 4.10.** Gambar Single Line Diagram Section 2



**Gambar 4.11.** Gambar *Single Line Diagram Section 3*



Gambar 4.12. Gambar Single Line Diagram Section 5



**Gambar 4.11.** Single Line Diagram Section 4

B. Penentuan nilai Beban Puncak untuk Pembebanan di Penyulang GDO 04 dan PLR 01

Berdasarkan data PLN APJ Surakarta (2016), Daya yang tersambung (BT) di APJ Surakarta pada awal tahun 2016 yaitu bulan Januari, adalah 1.889.307 kVA. Data energi yang terjual tahun 2016 Berdasarkan (Tabel 4.4) adalah energi total (ET) 4.645.301.072 kWh, energi sektor industri (EI) 2.375.092.098 kWh, energi sektor publik (EP) 265.824.580 kWh, energi sektor rumah tangga (ER) 1.529.355.279, energi sektor komersil (EK) 487.996.012 kWh.

Untuk mencari beban puncak tahun 2016 dapat diterapkan rumus,

$$BP_{2016} = \frac{EP_{2016}}{8760 \times LF_{2016}}, \text{ nilai faktor beban total (LF) dapat ditentukan}$$

dengan persamaan  $LF_t = lf_R \frac{ER_t}{ET_t} + lf_{PC} \frac{EK_t + EP}{ET_t} + lf_I \frac{EI_t}{ET_t}$  dan angka faktor beban tiap sektor menurut Kukuh Siwi Kuncuro (2010) adalah,

0,45 = Angka faktor beban untuk sektor rumah tangga

0,55 = Angka faktor beban untuk sektor komersil dan publik

0,7 = Angka faktor beban untuk sektor industri

Dari data dan persamaan diatas, kita menentukan beban puncak 2016 berikut ini ,

$$\text{Beban Puncak (LF}_t) = lf_R \frac{ER_t}{ET_t} + lf_{PC} \frac{EK_t + EK_t}{ET_t} + lf_I \frac{EI_t}{ET_t}$$

$$LF_{2016} = 0,45 \times \frac{1.529.355.279 \text{ kWh}}{4.645.301.072 \text{ kWh}} + 0,55 \times \frac{265.824.580 \text{ kWh} + 487.996.012 \text{ kWh}}{4.645.301.072 \text{ kWh}} + 0,7 \times \frac{2.375.092.098 \text{ kWh}}{4.645.301.072 \text{ kWh}} = 0,595306.$$

Untuk menghitung Energi Produksi Total APJ Surakarta (EP) diperlukan data efisiensi jaringan distribusi listrik. dalam RUPTL 2016-2025, data susut jaringan distribusi listrik di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut,

**Tabel 3.13.** Rugi Jaringan Distribusi (%)

| Tahun            | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Susut Distribusi | 7,09 | 7,34 | 6,96 | 7,77 | 7,52 | 7,12 |

Berdasarkan data persentase rugi-rugi daya diatas, penulis mengasumsikan rugi-rugi daya pada tahun 2016 di APJ Surakarta adalah rata-rata rugi daya dari tahun 2010-2015 yaitu sebesar 7,3%. Dengan demikian, efisiensi (%) jaringan distribusi kota surakarta yaitu:

$$(\%) \text{ Efisiensi Jaringan Listrik APJ Surakarta} = 100\% - 7,3\% = 92,7\%.$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Produksi 2016 (EP}_{2016}) &= \text{Energi Terjual Total (ET)} / \text{Efisiensi} \\ &= 4.645.301.072 \text{ kWh} / 0,927 = 5.011.112.268 \text{ kWh}. \end{aligned}$$

Jadi Beban Puncak (BP<sub>2016</sub>),

$$\text{BP}_{2016} \text{ (kWatt)} = \frac{\text{EP}_{2016}}{8760 \times \text{LF}_{2016}} = \frac{5.011.112.268}{8760 \times 0,595306} = 960.925,6 \text{ (kWatt) atau}$$

$$\text{BP}_{2016} \text{ (kVA)} = \frac{960.925,6}{0,85} = 1.130.501,00 \text{ (kVA)}, \text{ dengan asumsi nilai cos phi}$$

adalah 0,85.

Untuk mencari persentase (%) beban puncak, dilakukan perhitungan berikut:

$$\% \text{ BP}_{2016} = \frac{\text{BP}_{2016}}{\text{BT}_{2016}} \times 100\% = \frac{1.130.501,00 \text{ KVA}}{1.889.307 \text{ KVA}} \times 100\% = 59,84\%$$

Jadi, nilai persentase beban puncak dari perhitungan diatas (59,84%) dijadikan sebagai persentase untuk pembebanan dalam skenario sebelum dan setelah pemasangan DG (PLTSa) pada penyulang GDO 04 dan PLR 01 saat simulasi dengan ETAP 12.6.

Penelitian yang dilakukan oleh Didik Hardianto (2011), dalam tesisnya di di Program Magister UGM yang berjudul Pengaruh Penetrasi *Distributed Generation* Terhadap Profil Tegangan, Susut Daya dan Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, menerapkan bahwa DG beroperasi pada kisaran 50%-80%. Dengan operasi DG 50%-85%, penetrasi DG memberi dampak baik untuk kontinuitas operasi sistem DG.

Pada simulasi di ETAP 12.6 ini, penulis mencoba menerapkan nilai operasi DG (70%) berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Kikih D.K, (2010). Nilai 70% tersebut, adalah nilai dari kapasitas PLTSa maksimum sebesar 10,1 MW. Dengan demikian, daya yang dibangkitkan oleh PLTSa saat simulasi di ETAP 12.6 adalah 7,07 MW.

#### **4.3.1. Simulasi Aliran Daya untuk Mengetahui Profil Tegangan**

##### **4.3.1.a) Profil Tegangan Tanpa Pemasangan DG**

Pada skenario ini dilakukan simulasi aliran daya pada penyulang GDO 04 dan PLR 01 Manahan tanpa penerapan DG saat beban operasi 59,84%. Profil yang diamati ialah parameter tegangan di penyulang yang berada di busbar paling hilir dan Busbar terdekat dengan DG.

Pada keadaan ini, Switch 6 berada dalam posisi open sehingga suplai daya dari GI Gedongrejo dan GI Palur terpisah dalam melayani beban di 2 penyulang yang berbeda. Dalam hal ini, GI Gedongrejo melayani beban yang terkoneksi pada penyulang GDO 04 dan GI Palur akan melayani beban yang terkoneksi pada penyulang PLR 01.

Penyulang PLR 01 dan GDO 04 memiliki 5 seksi, setiap seksi dibatasi oleh pemisah. Dalam menghubungkan atau memutus 1 seksi dengan seksi lainnya, ada beberapa keadaan switch/pemisah saat simulasi menggunakan ETAP 12.6 seperti dijelaskan dalam tabel dan gambar berikut:

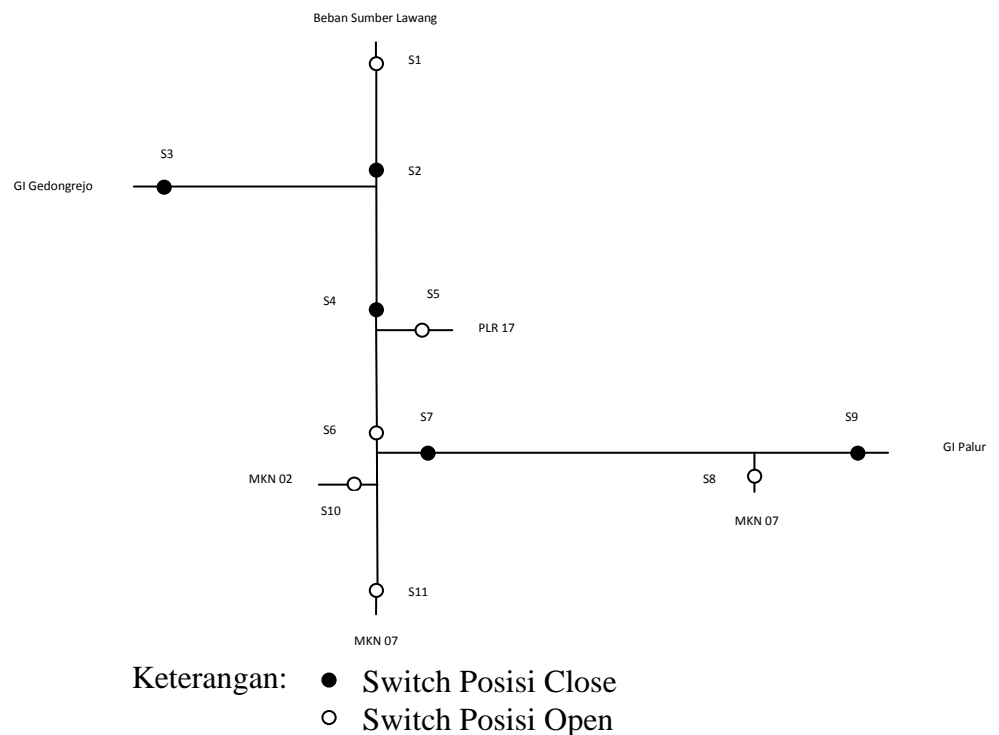
**Tabel 4.14.** Kode, Keadaan dan Fungsi Switch di Penyulang PLR 01 dan GDO 04 sebelum Penetrasi PLTSa

| No | Kode Switch | Keadaan | Fungsi   |
|----|-------------|---------|--|
| 1  | S1          | Open    | Memutus penyulang GDO 04 dengan penyulang lain                         |
| 2  | S2          | Close   | Menghubungkan seksi 1 dengan seksi 2                                   |
| 3  | S3          | Close   | Untuk menghubungkan suplai daya dari GI Gedongrejo ke penyulang GDO 04 |



| No | Kode Switch | Keadaan | Fungsi   |
|----|-------------|---------|--|
| 4  | S4          | Close   | Untuk menghubungkan seksi 2 dengan seksi 3                           |
| 5  | S5          | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang PLR 17 ke penyulang GDO 04        |
| 6  | S6          | Open    | Memutus penyulang PLR 01 dengan GDO 04                               |
| 7  | S7          | Close   | Menghubungkan seksi 4 dengan seksi 5                                 |
| 8  | S8          | Open    | Memutus daya dari penyulang MKN 07 ke penyulang PLR 01               |
| 9  | S9          | Close   | Menghubungkan suplai daya dari GI Palur ke beban di penyulang PLR 01 |
| 10 | S10         | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang MKN 02 ke penyulang PLR 01        |
| 11 | S11         | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang MKN 07 ke penyulang PLR 01        |

Untuk lebih jelasnya, dapat di lihat pada gambar posisi dan keadaan switch berikut:



**Gambar 4.14.** Posisi dan Keadaan Switch sebelum Penetrasi PLTSa

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP diiperoleh hasil bahwa sebelum pemasangan DG (PLTSa), tegangan paling Hilir penyulang utama (Bus 88) adalah 19,932 kV, (Bus 2) 19,984 kV. Selain di bus paling hilir, nilai tegangan bus yang berlokasi di dekat DG (PLTSa) adalah (Bus 31) 19,987 kV, (Bus 30) 19,988 kV, (Bus 32) 19,986 kV. Untuk mencari besarnya drop tegangan dapat menggunakan cara berikut,

$$V_{\text{drop}} = \text{Tegangan Nominal di Bus Sumber Daya } (V_S) - \text{Tegangan Nominal di Bus Pengamatan } (V_{\text{ukur}}).$$

Jika di Bus 88 tegangannya adalah 19,887 kV dan Tegangan Nominal di Bus Sumber Daya ( $V_S$ ) adalah 20 kV.

$$\text{Maka, } V_{\text{drop}} = 20 \text{ kV} - 19,932 \text{ kV} = 68 \text{ V}.$$

Untuk besarnya nilai drop tegangan di bus-bus lainnya, bisa menggunakan cara dan langkah yang sama, untuk hasil drop tegangan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.15.** Tegangan Nominal dan Drop Tegangan sebelum Penetrasi PLTSa

| No | Kode Bus | Tegangan Nominal di Bus Pengamatan ( $V_{\text{ukur}}$ ) | Drop Tegangan |       |
|----|----------|--|---------------|-------|
|    |          |  | (V)           | (%)   |
| 1  | Bus 2    | 19,984 kV  | 16            | 0,080 |
| 2  | Bus 88   | 19,932 kV  | 68            | 0,341 |
| 3  | Bus 31   | 19,987 kV  | 13            | 0,065 |
| 4  | Bus 30   | 19,988 kV  | 12            | 0,060 |
| 5  | Bus 32   | 19,986 kV  | 14            | 0,070 |

#### 4.3.1.b) Profil Tegangan saat Penetrasi DG

Pada skenario ini dilakukan simulasi aliran daya pada penyulang GDO 04 dan PLR 01 Manahan dengan penerapan DG saat beban operasi 59,84%. Profil yang diamati ialah parameter tegangan penyulang yang berada di busbar paling hilir dan Busbar terdekat dengan DG.

Pada skenario ini, Switch/Sectionalizer 6 berada dalam posisi close sehingga penyulang GDO 04 dan Penyulang PLR 01 saling terkoneksi. Selain itu, Switch/Sectionalizer 3 Open sehingga suplai daya dari GI Gedongrejo ke penyulang GDO 04 terputus namun, Penyulang GDO 04 tetap mendapatkan daya dari PLTSa atau GI Palur setelah rekonfigurasi jaringan.

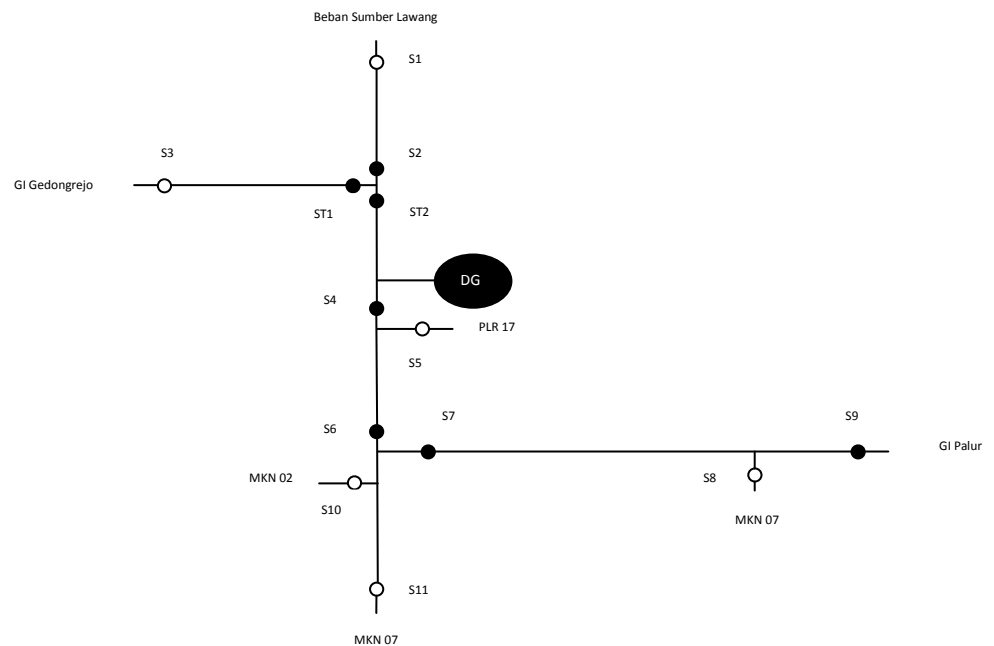
Penyulang PLR 01 dan GDO 04 memiliki 5 seksi, dalam setiap seksi dibatasi oleh pemisah. Dalam meghubung atau memutus 1 seksi dengan seksi lainnya, ada beberapa keadaan switch/pemisah saat simulasi menggunakan ETAP 12.6, yaitu sesuai tabel dan gambar berikut,

**Tabel 4.16.** Kode, Keadaan dan Fungsi Switch di Penyulang PLR 01 dan GDO 04 setelah Penetrasi PLTSa

| No | Kode Switch | Keadaan | Fungsi   |
|----|-------------|---------|--|
| 1  | S1          | Open    | Memutus penyulang GDO 04 dengan penyulang lain                   |
| 2  | S2          | Close   | Menghubungkan seksi 1 dengan seksi 2                             |
| 3  | S3          | Open    | Untuk memutus suplai daya dari GI Gedongrejo ke penyulang GDO 04 |
| 4  | S4          | Close   | Untuk menghubungkan seksi 2 dengan seksi 3                       |
| 5  | S5          | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang PLR 17 ke penyulang GDO 04    |
| 6  | S6          | Close   | Menghubungkan penyulang PLR 01 dengan GDO 04                     |
| 7  | S7          | Close   | Menghubungan seksi 4 dengan seksi 5                              |

| No | Kode Switch | Keadaan | Fungsi   |
|----|-------------|---------|--|
| 8  | S8          | Open    | Memutus daya dari penyulang MKN 07 ke penyulang PLR 01               |
| 9  | S9          | Close   | Menghubungkan suplai daya dari GI Palur ke beban di penyulang PLR 01 |
| 10 | S10         | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang MKN 02 ke penyulang PLR 01        |
| 11 | S11         | Open    | Memutus suplai daya dari penyulang MKN 07 ke penyulang PLR 01        |

Untuk lebih jelasnya, dapat di lihat pada gambar posisi dan keadaan switch berikut:



Keterangan:

- Switch Posisi Close
- Switch Posisi Open

**Gambar 4.15.** Posisi dan Keadaan Switch setelah Penetrasi PLTSa

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP diiperoleh hasil bahwa sebelum pemasangan DG (PLTSa), tegangan paling paling Hilir penyulang utama (Bus 88) adalah 19,952 kV, (Bus 2) 19,978 kV. Selain di bus paling hilir, nilai

tegangan bus yang berlokasi di dekat DG (PLTSA) adalah (Bus 31) 20 kV, (Bus 30) 19,998 kV, (Bus 32) 19,996 kV.

$$V_{\text{drop}} = \text{Tegangan Nominal di Bus Sumber Daya } (V_S) - \text{Tegangan Nominal di Bus Pengamatan } (V_{\text{ukur}}).$$

Jika di Bus 88 tegangannya adalah 19,948 kV dan Tegangan Nominal di Bus Sumber Daya ( $V_S$ ) adalah 20 kV.

$$\text{Maka, } V_{\text{drop}} = 20 \text{ kV} - 19,952 \text{ kV} = 48 \text{ V}.$$

Untuk besarnya nilai drop tegangan di bus-bus lainnya, kita bisa menggunakan cara dan langkah yang sama. untuk hasil drop tegangan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.17.** Tegangan Nominal dan Drop Tegangan setelah Penetrasi PLTSA

| No | Kode Bus | Tegangan Nominal di Bus ( $V_{\text{ukur}}$ ) | Drop Tegangan |       |
|----|----------|---|---------------|-------|
|    |          |   | (V)           | (%)   |
| 1  | Bus 2    | 19,978 kV                                     | 22            | 0,110 |
| 2  | Bus 88   | 19,952 kV                                     | 48            | 0,240 |
| 3  | Bus 31   | 20 kV   | 0             | 0     |
| 4  | Bus 30   | 19,998 kV                                     | 2             | 0,010 |
| 5  | Bus 32   | 19,996 kV                                     | 4             | 0,020 |

#### 4.3.1.c) Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Setelah Penetrasi DG (PLTSa)

Dilakukan perbandingan jatuh tegangan saat operasi beban 59,84% di Penyulang GDO 04 dan PLR 01 Manahan Solo.

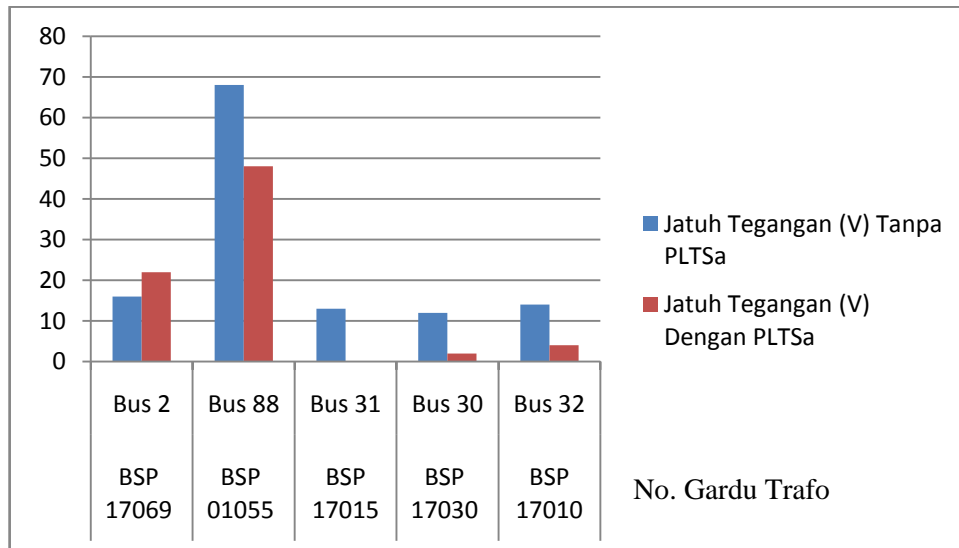
**Tabel 4.18.** Tabel Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Setelah penerapan PLTSa saat Operasi 59,84%

| Wilayah             | No. Gardu Trafo | No. Busbar | Jatuh Tegangan |       |              |       |
|---------------------|-----------------|------------|----------------|-------|--------------|-------|
|                     |                 |            | Tanpa PLTSa    |       | Dengan PLTSa |       |
|                     |                 |            | (V)            | (%)   | (V)          | (%)   |
| Gemblung            | BSP 17069       | Bus 2      | 16             | 0,080 | 22           | 0,110 |
| Kelurahan Mojosongo | BSP 01055       | Bus 88     | 68             | 0,341 | 48           | 0,240 |
| Jatirejo, Mojosongo | BSP 17015       | Bus 31     | 13             | 0,065 | 0            | 0     |
| Mayor Ahmadi        | BSP 17030       | Bus 30     | 12             | 0,060 | 2            | 0,010 |
| Brigjend Katamso    | BSP 17010       | Bus 32     | 14             | 0,070 | 4            | 0,020 |

Dari simulasi menggunakan ETAP saat beban 59,84% sebelum dan setelah penerapan PLTSa, ternyata PLTSa sangat efektif dalam memberikan dampak positif terhadap perbaikan Profil tegangan pada jaringan distribusi tenaga listrik.

Besar drop tegangan di ujung penyulang yang berlokasi di Kelurahan Mojosongo mengalami perbaikan tegangan yang signifikan. Besar drop tegangan di busbar No. Gardu Trafo BSP 01055 (Kelurahan Mojosongo) sebelum penerapan DG adalah 68 V dan setelah dilakukan pemasangan DG (PLTSa), nilai Drop tegangan turun menjadi 48 V. Jadi saat penerapan DG (PLTSa) sebesar 7,07 Mwatt, drop tegangan di Busbar No. Gardu Trafo BSP 01055 di (Kelurahan Mojosongo) turun sebesar 20 V begitupun dengan busbar yang lain, yang pada umumnya juga mengalami perbaikan tegangan. Namun, bus 2 (BSP 17069) penyulang GDO 04 yang berlokasi di Gemblung mengalami kenaikan drop tegangan. Hal ini terjadi karena adanya disposisi suplai daya listrik dari GI Gedongrejo ke PLTSa sedangkan, jarak antara posisi PLTSa ke Bus 2 (BSP

17069) lebih jauh dibandingkan dengan jarak GI Gedongrejo ke Bus 2 (BSP 17069).



**Gambar 4.16.** Perbandingan Drop Tegangan Sebelum dan Setelah Penerapan DG (PLTSa)

### 4.3.3. Simulasi Aliran Daya untuk Mengetahui Rugi-Rugi Daya

#### 4.3.3.a) Rugi-Rugi Daya Tanpa PLTSa Saat Operasi Beban 59,84%

Pada skenario ini dilakukan simulasi aliran daya dengan Operasi Beban 59,64% pada penyulang GDO 04 dan PALUR 01 Manahan, Solo. Parameter yang diamati adalah parameter daya aktif dan daya reaktif sehingga dapat diketahui besar rugi-rugi daya pada penyulang utama jaringan distribusi. Konfigurasi jaringan saat keadaan ini yaitu sama dengan konfigurasi gambar 4.12.

Pada simulasi ini dilakukan analisis aliran daya pada jaringan distribusi GDO 04 dan Palur 1 Manahan, Solo. Berdasarkan simulasi yang dilakukan di ETAP diperoleh hasil bahwa, sebelum pemasangan PLTSa rugi-rugi daya jaringan distribusi tenaga listrik GDO 04 dan PALUR 01 adalah 10,4 kW.

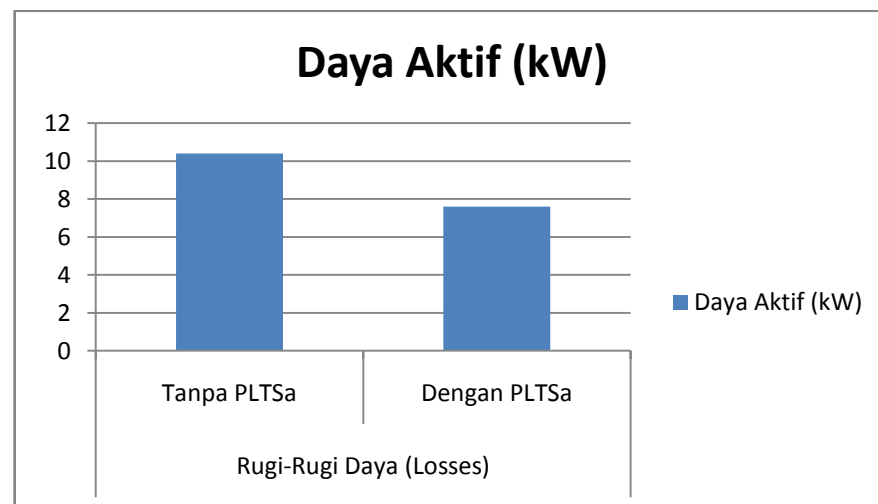
#### 4.3.3.b) Rugi-Rugi Daya Dengan PLTSa Saat Operasi Beban 59,84%

Pada skenario ini dilakukan simulasi aliran daya aktif dan reaktif dengan operasi beban 59,84% di penyulang GDO 04 dan PALUR 01 Manahan, Solo menggunakan ETAP guna mengetahui besar rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada penyulang GDO 04 dan PLR 01. Simulasi ini hampir sama dengan simulasi 4.3.3.a namun, simulasi ini menerapkan PLTSa sebagai suplai daya tambahan untuk jaringan distribusi tenaga listrik penyulang GDO 04 Manahan Solo. Konfigurasi jaringan saat keadaan ini sama dengan konfigurasi gambar 4.13.

Pada simulasi ini dilakukan analisis aliran daya pada jaringan distribusi GDO 04 dan Palur 1 Manahan, Solo. Berdasarkan simulasi yang dilakukan di ETAP diperoleh hasil bahwa, setelah penetrasi PLTSa rugi-rugi daya jaringan distribusi tenaga listrik GDO 04 dan PALUR 01 adalah 7,8 kW.

**Tabel 4.19.** Perbandingan Rugi-rugi daya Dengan dan Tanpa

| Jenis Daya      | Rugi-Rugi Daya ( <i>Losses</i> ) |              |
|-----------------|----------------------------------|--------------|
|                 | Tanpa PLTSa                      | Dengan PLTSa |
| Daya Aktif (kW) | 10,4                             | 7,8          |



**Gambar 4.17.** Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Setelah Penerapan PLTSa Saat Operasi Beban 59,84%



Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP, diperoleh bahwa rugi-rugi daya mengalami penurunan secara signifikan setelah penetrasi PLTSa penyulang GDO 04 dan PLR 01. Besar rugi-rugi daya sebelum penerapan PLTSa adalah 10,4 kW dan setelah penerapan PLTSa, daya menjadi 7,8 kW atau mengalami penurunan daya 2,6 kW.

Rugi-rugi daya menurun setelah penetrasi PLTSa dikarenakan lokasi PLTSa lebih dekat dengan pusat beban dibandingkan GI Gedongrejo. Lokasi PLTSa berada di kawasan TPA Putri Cempo (Jatirejo, Mojosongo), tepatnya *dissection 2* jaringan distribusi tenaga listrik penyulang GDO 04 dan PLR 01.

#### **4.4. Pengaruh Pemasangan PLTSa Terhadap Indeks Keandalan Jaringan Distribusi Feeder GDO 04 dan PALUR 01 Manahan**

Dalam menganalisis indeks keandalan *Feeder* GDO 04 dan PALUR 01 Manahan menggunakan metode *Section Technique* pada jaringan distribusi tenaga listrik, ada ada beberapa data yang di perlukan, yaitu sebagai berikut:

A. Data *load point* pada penyulang GDO 04 dan PALUR 01 Manahan berdasarkan *section*.

**Tabel 4.20.** jumlah pelanggan tiap *load point* yang dianalisis *section I*

| No | No. Load Point | Jumlah Pelanggan |
|----|----------------|------------------|
| 1  | 1              | 121              |
| 2  | 2              | 57               |
| 3  | 3              | 89               |
| 4  | 4              | 1375             |
| 5  | 5              | 46               |
| 6  | 6              | 92               |
| 7  | 7              | 194              |
| 8  | 8              | 36               |
| 9  | 9              | 96               |

| No                  | No. Load Point | Jumlah Pelanggan |
|---------------------|----------------|------------------|
| 10                  | 10             | 67               |
| 11                  | 11             | 35               |
| 12                  | 12             | 41               |
| 13                  | 13             | 616              |
| 14                  | 14             | 35               |
| <b>Jumlah Total</b> |                | <b>2900</b>      |

**Tabel 4.21.** jumlah pelanggan tiap *load point* yang dianalisis *section 2*

| No                  | No. Load Point | Jumlah Pelanggan |
|---------------------|----------------|------------------|
| 1                   | 15             | 1397             |
| 2                   | 16             | 133              |
| 3                   | 17             | 36               |
| 4                   | 18             | 1                |
| 5                   | 19             | 18               |
| 6                   | 20             | 172              |
| 7                   | 21             | 2                |
| 8                   | 22             | 12               |
| 9                   | 23             | 39               |
| 10                  | 24             | 155              |
| 11                  | 25             | 1                |
| 12                  | 26             | 29               |
| 13                  | 27             | 40               |
| 14                  | 28             | 89               |
| 15                  | 29             | 17               |
| 16                  | 30             | 403              |
| <b>Jumlah Total</b> |                | <b>2544</b>      |

**Tabel 4.22.** jumlah pelanggan tiap *load point* yang dianalisis *section 3*

| No                  | No. <i>Load Point</i> | Jumlah Pelanggan |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| 1                   | 31                    | 88               |
| 2                   | 32                    | 1                |
| 3                   | 33                    | 178              |
| 4                   | 34                    | 95               |
| 5                   | 35                    | 119              |
| 6                   | 36                    | 1                |
| 7                   | 37                    | 1                |
| 8                   | 38                    | 108              |
| 9                   | 39                    | 1                |
| 10                  | 40                    | 2                |
| 11                  | 41                    | 2                |
| <b>Jumlah Total</b> |                       | <b>596</b>       |

**Tabel 4.23.** jumlah pelanggan tiap *load point* yang dianalisis *section 4*

| No | No. <i>Load Point</i> | Jumlah Pelanggan |
|----|-----------------------|------------------|
| 1  | 42                    | 1                |
| 2  | 43                    | 12               |
| 3  | 44                    | 94               |
| 4  | 45                    | 13               |
| 5  | 46                    | 150              |
| 6  | 47                    | 87               |
| 7  | 48                    | 2                |
| 8  | 49                    | 35               |
| 9  | 50                    | 125              |
| 10 | 51                    | 1                |

| No                  | No. <i>Load Point</i> | Jumlah Pelanggan |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| 11                  | 52                    | 124              |
| 12                  | 53                    | 130              |
| 13                  | 54                    | 501              |
| 14                  | 55                    | 94               |
| 15                  | 56                    | 218              |
| 16                  | 57                    | 309              |
| 17                  | 58                    | 218              |
| 18                  | 59                    | 148              |
| 19                  | 60                    | 57               |
| 20                  | 61                    | 22               |
| 21                  | 62                    | 212              |
| 22                  | 63                    | 141              |
| 23                  | 64                    | 499              |
| 24                  | 65                    | 136              |
| 24                  | 66                    | 86               |
| <b>Jumlah Total</b> |                       | <b>3415</b>      |

**Tabel 4.24.** jumlah pelanggan tiap *load point* yang dianalisis *section 5*

| No | No. <i>Load Point</i> | Jumlah Pelanggan |
|----|-----------------------|------------------|
| 1  | 67                    | 3                |
| 2  | 68                    | 2                |
| 3  | 69                    | 5                |
| 4  | 70                    | 1                |
| 5  | 71                    | 180              |
| 6  | 72                    | 85               |

| No                  | No. <i>Load Point</i> | Jumlah Pelanggan |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| 7                   | 73                    | 87               |
| 8                   | 74                    | 224              |
| 9                   | 75                    | 225              |
| 10                  | 76                    | 97               |
| 11                  | 77                    | 3                |
| 12                  | 78                    | 1                |
| 13                  | 79                    | 138              |
| 14                  | 80                    | 56               |
| 15                  | 81                    | 1                |
| 16                  | 82                    | 123              |
| 17                  | 83                    | 15               |
| 18                  | 84                    | 173              |
| 19                  | 85                    | 2                |
| 20                  | 86                    | 94               |
| 21                  | 87                    | 179              |
| 22                  | 88                    | 4                |
| 23                  | 89                    | 234              |
| <b>Jumlah Total</b> |                       | <b>1932</b>      |

Jumlah pelanggan setiap *section* di penyulang GDO 04 dan PLR 01 bervariasi, hal tersebut dapat dilihat dari jumlah pelanggan per *section* dalam tabel 4.20. hingga 4.24, Jumlah pelanggan *section* I 2900 pelanggan, *section* II 2544 pelanggan, *section* III 596 pelanggan, *section* IV 3415 pelanggan, *section* V 1932 pelanggan. Jenis pelanggan di penyulang GDO 04 dan PLR 01 terdiri dari pelanggan industri, pelanggan rumah tangga, pelanggan publik dan komersil.

Penyulang GDO 04 dan PLR 01 terbagi menjadi 84 saluran udara dengan total panjang mencapai 22,54483 km sesuai Gambar 4.7 sampai 4.11. Penyulang ini merupakan penyulang dengan jumlah *line* yang tidak terlalu banyak dan *line*

yang tidak terlalu panjang. Data panjang saluran pada penyulang ini dapat dilihat pada Tabel 4.25. sampai Tabel 2.29. berikut,

**Tabel 4.25.** Panjang Tiap-Tiap Saluran di *Section 1* Penyulang GDO 04 dan PLR 01

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 1  | Line 1   | 0,3014       |
| 2  | Line 2   | 0,154        |
| 3  | Line 3   | 0,2196       |
| 4  | Line 4   | 0,42383      |
| 5  | Line 5   | 0,107        |
| 6  | Line 6   | 0,486        |
| 7  | Line 7   | 0,361        |
| 8  | Line 8   | 0,465        |
| 9  | Line 9   | 0,078        |
| 10 | Line 10  | 0,423        |
| 11 | Line 11  | 0,689        |
| 12 | Line 12  | 0,152        |
| 13 | Line 13  | 0,296        |
| 14 | Line 14  | 0,477        |

**Tabel 4.26.** Panjang Tiap-Tiap Saluran di *Section 2* Penyulang GDO 04 dan PLR 01

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 15 | Line 15  | 0,312        |
| 16 | Line 16  | 0,417        |
| 17 | Line 17  | 0,065        |
| 18 | Line 18  | 0,173        |

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 19 | Line 19  | 0,204        |
| 20 | Line 20  | 0,251        |
| 21 | Line 21  | 0,107        |
| 22 | Line 22  | 0,264        |
| 23 | Line 23  | 0,057        |
| 24 | Line 24  | 0,293        |
| 25 | Line 25  | 0,426        |
| 26 | Line 26  | 0,277        |
| 27 | Line 27  | 0,112        |
| 28 | Line 28  | 0,068        |
| 29 | Line 29  | 0,082        |
| 30 | Line 30  | 0,391        |

**Tabel 4.27.** Panjang Tiap-Tiap Saluran di *Section 3* Penyulang GDO 04 dan PLR 01

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 31 | Line 31  | 0,612        |
| 32 | Line 32  | 0,173        |
| 33 | Line 33  | 0,458        |
| 34 | Line 34  | 0,651        |
| 35 | Line 35  | 0,529        |
| 36 | Line 36  | 0,097        |
| 37 | Line 37  | 0,392        |
| 38 | Line 38  | 0,561        |
| 39 | Line 39  | 0,037        |

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 40 | Line 40  | 0,425        |
| 41 | Line 41  | 0,484        |
| 42 | Line 42  | 0,738        |

**Tabel 4.28.** Panjang Tiap-Tiap Saluran di *Section 4* Penyulang GDO 04 dan PLR 01

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 43 | Line 43  | 0,317        |
| 44 | Line 44  | 0,102        |
| 45 | Line 45  | 0,212        |
| 46 | Line 46  | 0,341        |
| 47 | Line 47  | 0,062        |
| 48 | Line 48  | 0,196        |
| 49 | Line 49  | 0,414        |
| 50 | Line 50  | 0,022        |
| 51 | Line 51  | 0,315        |
| 52 | Line 52  | 0,163        |
| 53 | Line 53  | 0,411        |
| 54 | Line 54  | 0,116        |
| 55 | Line 55  | 0,134        |
| 56 | Line 56  | 0,275        |
| 57 | Line 57  | 0,271        |
| 58 | Line 58  | 0,158        |
| 59 | Line 59  | 0,177        |
| 60 | Line 60  | 0,194        |



| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 61 | Line 61  | 0,413        |
| 62 | Line 62  | 0,316        |
| 63 | Line 63  | 0,235        |

**Tabel 4.29.** Panjang Tiap-Tiap Saluran di *Section 5* Penyulang GDO 04 dan PLR 01

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 64 | Line 64  | 0,371        |
| 65 | Line 65  | 0,213        |
| 66 | Line 66  | 0,052        |
| 67 | Line 67  | 0,117        |
| 68 | Line 68  | 0,192        |
| 69 | Line 69  | 0,171        |
| 70 | Line 70  | 0,232        |
| 71 | Line 71  | 0,216        |
| 72 | Line 72  | 0,276        |
| 73 | Line 73  | 0,134        |
| 74 | Line 74  | 0,276        |
| 75 | Line 75  | 0,193        |
| 76 | Line 76  | 0,072        |
| 77 | Line 77  | 0,190        |
| 78 | Line 78  | 0,245        |
| 79 | Line 79  | 0,314        |
| 80 | Line 80  | 0,376        |
| 81 | Line 81  | 0,132        |

| No | Komponen | Panjang (km) |
|----|----------|--------------|
| 82 | Line 82  | 0,298        |
| 83 | Line 83  | 0,148        |
| 84 | Line 84  | 0,194        |

#### B. Indeks Kegagalan Peralatan Distribusi

**Tabel 4.30.** Data Indeks Keandalan Saluran Udara

| Saluran Udara                             |      |
|---|------|
| Sustained failure rate ( $\alpha$ /km/yr) | 0,2  |
| r (repaire time) (jam)                    | 3    |
| rs (switch time) (jam)                    | 0,15 |

Sumber: SPLN No.59 : 1985

**Tabel 4.31.** Indeks Kegagalan Peralatan

| Komponen         | $\alpha$ (failure rate) | r (repaire time)<br>(jam) | rs (switching time)<br>(jam) |
|------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Trafo Distribusi | 0,005/unit/tahun        | 10                        | 0,15                         |
| Circuit Breaker  | 0,004/unit/tahun        | 10                        | 0,15                         |
| Sectionalizer    | 0,003/unit/tahun        | 10                        | 0,15                         |

Sumber: SPLN No.59 : 1985

#### 4.4.1. Perhitungan dan Analisis Indeks Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik GDO 04 Manahan Tanpa DG (PLTSa)

Berdasarkan data panjang saluran, jumlah beban, indeks keandalan saluran dan kegagalan peralatan berdasarkan Standar PLN No. 59 Tahun 1985, maka dilakukan evaluasi indeks keandalan jaringan distribusi saat dan tanpa penetrasi DG (PLTSa) Penyulang GDO 04 dan PLR 01. Data yang dibutuhkan untuk evaluasi indeks keandalan jaringan distribusi (konfigurasi jaringan, panjang tiap-tiap saluran, jumlah pelanggan SPLN tentang standar perhitungan indeks

keandalan) digunakan sebagai dasar evaluasi setiap *Section* jaringan yang selanjutnya diintegrasikan dengan *section* lain.

### 1. *Section 1*

Untuk mengetahui pengaruh kegagalan atau gangguan pada suatu titik terhadap sistem secara keseluruhan, maka diperlukan *worksheet*. *Worksheet* selain mengetahui secara jelas akibat kegagalan suatu sistem juga sebagai rancangan sistematis untuk menganalisis indeks keandalan jaringan distribusi tenaga listrik.

**Tabel 4.32.** *Section Technique Worksheet Section 1*

| Data Peralatan |                 | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|-----------------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen        | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Sectionalizer 1 | LP1-LP14                                       | -   |
| 2              | Trafo 1         | LP1  | -   |
| 3              | Trafo 2         | LP2  | -   |
| 4              | Trafo 3         | LP3  | -   |
| 5              | Trafo 4         | LP4  | -   |
| 6              | Trafo 5         | LP5  | -   |
| 7              | Trafo 6         | LP6  | -   |
| 8              | Trafo 7         | LP7  | -   |
| 9              | Trafo 8         | LP8  | -   |
| 10             | Trafo 9         | LP9  | -   |
| 11             | Trafo 10        | LP10   | -   |
| 12             | Trafo 11        | LP11   | -   |
| 13             | Trafo 12        | LP12   | -   |
| 14             | Trafo 13        | LP13   | -   |
| 15             | Trafo 14        | LP14   | -   |
| 16             | Line 1          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 17             | Line 2          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 18             | Line 3          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 19             | Line 4          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |

| Data Peralatan |                 | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|-----------------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen        | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 20             | Line 5          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 21             | Line 6          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 22             | Line 7          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 23             | Line 8          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 24             | Line 9          | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 25             | Line 10         | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 26             | Line 11         | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 27             | Line 12         | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 28             | Line 13         | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 29             | Line 14         | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |
| 30             | Sectionalizer 2 | LP1-LP14                                       | LP15-LP41   |

Selanjutnya, untuk menghitung frekuensi dan durasi kegagalan tiap peralatan, maka diambil 1 kasus yaitu: *failure rate* ( $\alpha$  LP1). *Failure rate* ( $\alpha$  LP1) diperoleh dari penjumlahan *failure rate* yang memengaruhi LP1 dan perkalian *failure rate* peralatan dengan panjang saluran udara. Perkalian dengan *repair time* atau *switching time* tergantung kondisi peralatan, apakah peralatan tersebut harus padam atau hanya mengalami kondisi *switching time* pada saat terjadi gangguan.

Langkah dalam menentukan laju kegagalan peralatan setiap *section* yaitu:

$$\alpha_{LP} = \sum_{i=k} \alpha_i$$

keterangan:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Jika diambil satu contoh yaitu *load point* satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung laju kegagalan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} \alpha(\text{line 1}) &= \text{Failure rate Peralatan} \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ &= 0,2 \times 0,3014 = 0,06028 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

Untuk  $\alpha_{LP1}$ , dan seterusnya dapat dicari dengan menjumlahkan total laju kegagalan peralatan yang berpengaruh terhadap *load point* 1 atau *load point* lainnya. Untuk laju kegagalan *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ), dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut,

**Tabel 4.33.** Perhitungan laju kegagalan untuk *Load Point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|------------------------------|
| Sectionalizer 1   | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Sectionalizer 2   | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Trafo   | 0,005   | -                             | 0,005                        |
| Line 1  | 0,2   | 0,3014                        | 0,06028                      |
| Line 2  | 0,2   | 0,154                         | 0,0308                       |
| Line 3  | 0,2   | 0,2196                        | 0,04392                      |
| Line 4  | 0,2   | 0,42383                       | 0,084766                     |
| Line 5  | 0,2   | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 6  | 0,2   | 0,486                         | 0,0972                       |
| Line 7  | 0,2   | 0,361                         | 0,0722                       |
| Line 8  | 0,2   | 0,465                         | 0,093                        |
| Line 9  | 0,2   | 0,078                         | 0,0156                       |
| Line 10   | 0,2   | 0,423                         | 0,0846                       |
| Line 11   | 0,2   | 0,689                         | 0,1378                       |
| Line 12   | 0,2   | 0,152                         | 0,0304                       |
| Line 13   | 0,2   | 0,296                         | 0,0592                       |
| Line 14   | 0,2   | 0,477                         | 0,0954                       |
| <b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,93757</b>               |

Nilai failure rate untuk *load point* 2 hingga 14 adalah sama dengan jumlah failure rate *load point* 1, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

**Tabel 4.34.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point* 15 ( $\alpha_{LP15}$ )

| Peralatan       | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------------|---|-------------------------------|------------------------------|
| Sectionalizer 1 | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Sectionalizer 2 | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Trafo           | 0   | -                             | 0                            |
| Line 1          | 0,2   | 0,3014                        | 0,06028                      |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|------------------------------|
| Line 2  | 0,2   | 0,154                         | 0,0308                       |
| Line 3  | 0,2   | 0,2196                        | 0,04392                      |
| Line 4  | 0,2   | 0,42383                       | 0,084766                     |
| Line 5  | 0,2   | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 6  | 0,2   | 0,486                         | 0,0972                       |
| Line 7  | 0,2   | 0,361                         | 0,0722                       |
| Line 8  | 0,2   | 0,465                         | 0,093                        |
| Line 9  | 0,2   | 0,078                         | 0,0156                       |
| Line 10   | 0,2   | 0,423                         | 0,0846                       |
| Line 11   | 0,2   | 0,689                         | 0,1378                       |
| Line 12   | 0,2   | 0,152                         | 0,0304                       |
| Line 13   | 0,2   | 0,296                         | 0,0592                       |
| Line 14   | 0,2   | 0,477                         | 0,0954                       |
| <b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,93257</b>               |

Nilai failure rate load point 16 hingga 41 adalah sama dengan nilai failure rate load point 15. Hal ini terjadi karena, saat komponen dari section 1 mengalami gangguan maka pemisah akan membuka untuk sementara sehingga sistem akan putus untuk sementara. Setelah 0,15 jam maka GDO 04 dapat menyuplai daya kembali dari GI Gendongrejo ke section 2 dan section 3.

Langkah dalam menentukan durasi gangguan peralatan setiap *section* yaitu:

$$ULP = \sum_{i=k} U_i = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

keterangan:

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*)

Jika diambil satu contoh yaitu *load point* satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung durasi gangguan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} U(\text{line 1}) &= \text{Failure rate Peralatan } (\alpha) \times \text{Repaire Time peralatan } (U) \\ &= 0,06028 \times 3 = 0,18084 \text{ Jam/tahun} \end{aligned}$$

Untuk ULP1, dan seterusnya dapat dicari dengan menjumlahkan total laju kegagalan peralatan yang berpengaruh terhadap *load point* 1 atau load point

lainnya, untuk laju kegagalan *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ), dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut,

**Tabel 4.35.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 1 (ULP1)

| Peralatan   | $\alpha$<br>( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire</i><br><i>Time</i><br>(jam) | <i>Switching</i><br><i>Time</i> (jam) | U (jam/tahun)   |
|---|---------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| Sectionalizer 1   | 0,003                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,03            |
| Trafo 1   | 0,005                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,05            |
| Sectionalizer 2   | 0,003                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,03            |
| Line 1  | 0,06028                         | 3                                      | 0,15                                  | 0,18084         |
| Line 2  | 0,0308                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0924          |
| Line 3  | 0,04392                         | 3                                      | 0,15                                  | 0,13176         |
| Line 4  | 0,084766                        | 3                                      | 0,15                                  | 0,254298        |
| Line 5  | 0,0214                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0642          |
| Line 6  | 0,0972                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2916          |
| Line 7  | 0,0722                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2166          |
| Line 8  | 0,093                           | 3                                      | 0,15                                  | 0,279           |
| Line 9  | 0,0156                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0468          |
| Line 10   | 0,0846                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2538          |
| Line 11   | 0,1378                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,4134          |
| Line 12   | 0,0304                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0912          |
| Line 13   | 0,0592                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,1776          |
| Line 14   | 0,0954                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2862          |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                                 |  |                                       | <b>2,889698</b> |

Perhitungan untuk mencari *load point* 2 sampai 14 pada section 1 menggunakan langkah dan cara yang sama dan hasilnya pun juga sama karena nilai *repaire time* setiap trafo diasumsikan sama. Dalam hal ini penulis menghitung nilai *Load Point* 2 sampai 14 menggunakan software Microsoft Excel.

Pada *load point* 1, kondisi yang dialami semua peralatan yang ada didalamnya hanya kondisi *repair time* dan tidak ada peralatan yang mengalami kondisi *switching time*, karena apabila peralatan kecuali transformator mengalami kegagalan maka akan mengakibatkan gangguan semua sistem.

**Tabel 4.36.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 15 (ULP15)

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/tahun)    |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| Sectionalizer 1   | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045          |
| Sectionalizer 2   | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045          |
| Line 1  | 0,06028             | 3                  | 0,15                 | 0,009042         |
| Line 2  | 0,0308              | 3                  | 0,15                 | 0,00462          |
| Line 3  | 0,04392             | 3                  | 0,15                 | 0,006588         |
| Line 4  | 0,084766            | 3                  | 0,15                 | 0,0127149        |
| Line 5  | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,00321          |
| Line 6  | 0,0972              | 3                  | 0,15                 | 0,01458          |
| Line 7  | 0,0722              | 3                  | 0,15                 | 0,01083          |
| Line 8  | 0,093               | 3                  | 0,15                 | 0,01395          |
| Line 9  | 0,0156              | 3                  | 0,15                 | 0,00234          |
| Line 10   | 0,0846              | 3                  | 0,15                 | 0,01269          |
| Line 11   | 0,1378              | 3                  | 0,15                 | 0,02067          |
| Line 12   | 0,0304              | 3                  | 0,15                 | 0,00456          |
| Line 13   | 0,0592              | 3                  | 0,15                 | 0,00888          |
| Line 14   | 0,0954              | 3                  | 0,15                 | 0,01431          |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,1398849</b> |

Nilai durasi gangguan untuk *load point* 16 hingga 41 adalah sama dengan nilai *load point* 15. Hal ini terjadi Karena saat komponen section 1 mengalami gangguan sehingga sistem lain (section 2 dan 3) akan mengalami pemutusan sementara, selanjutnya Sectionalizer 2 (S2) akan membuka dan beban section 2 dan 3 akan dilayani kembali oleh GI Gedongrejo melalui GDO 04.

**Tabel 4.37.** Laju kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point* Section 1

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 1      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 2      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 3      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 4      | 0,93757                            | 2,899698      |



| <i>Load Point</i> | <i>Indeks Keandalan Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 5      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 6      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 7      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 8      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 9      | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 10     | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 11     | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 12     | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 13     | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 14     | 0,93757                            | 2,899698      |
| Load Point 15     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 16     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 17     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 18     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 19     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 20     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 21     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 22     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 23     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 24     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 25     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 26     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 27     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 28     | 0,93257                            | 0,1398849     |

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 29     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 30     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 31     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 32     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 33     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 34     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 35     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 36     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 37     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 38     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 39     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 40     | 0,93257                            | 0,1398849     |
| Load Point 41     | 0,93257                            | 0,1398849     |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 1*. Sebagai contoh, yaitu SAIFI pada *load Point 1*. Nilai SAIFI dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{0,938566 \times 121}{11387} = 0,009973346$$

$$SAIDI = \frac{\sum Ui.Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{2,899698 \times 121}{11387} = 0,030812634$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point* 2 hingga *Load Point* 41 menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section* 1 dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI *Load Point Section* 1. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section* 1.

**Tabel 4.38.** Indeks Keandalan *Section* 1

| No. Load Point | Indeks Keandalan       |                   |
|----------------|------------------------|-------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 1              | 0,00996                | 0,03081           |
| 2              | 0,00469                | 0,01452           |
| 3              | 0,00733                | 0,02266           |
| 4              | 0,11321                | 0,35014           |
| 5              | 0,00379                | 0,01171           |
| 6              | 0,00757                | 0,02343           |
| 7              | 0,01597                | 0,04940           |
| 8              | 0,00296                | 0,00917           |
| 9              | 0,00790                | 0,02445           |
| 10             | 0,00552                | 0,01706           |
| 11             | 0,00288                | 0,00891           |
| 12             | 0,00338                | 0,01044           |
| 13             | 0,05072                | 0,15686           |
| 14             | 0,00288                | 0,00891           |
| 15             | 0,11441                | 0,01716           |
| 16             | 0,01089                | 0,00163           |
| 17             | 0,00295                | 0,00044           |
| 18             | 0,00008                | 0,00001           |
| 19             | 0,00147                | 0,00022           |
| 20             | 0,01409                | 0,00211           |
| 21             | 0,00016                | 0,00002           |
| 22             | 0,00098                | 0,00015           |
| 23             | 0,00319                | 0,00048           |
| 24             | 0,01269                | 0,00190           |
| 25             | 0,00008                | 0,00001           |
| 26             | 0,00238                | 0,00036           |
| 27             | 0,00328                | 0,00049           |
| 28             | 0,00729                | 0,00109           |

| No. Load Point | Indeks Keandalan       |                   |
|----------------|------------------------|-------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 29             | 0,00139                | 0,00021           |
| 30             | 0,03300                | 0,00495           |
| 31             | 0,00721                | 0,00108           |
| 32             | 0,00008                | 0,00001           |
| 33             | 0,01458                | 0,00219           |
| 34             | 0,00778                | 0,00117           |
| 35             | 0,00975                | 0,00146           |
| 36             | 0,00008                | 0,00001           |
| 37             | 0,00008                | 0,00001           |
| 38             | 0,00884                | 0,00133           |
| 39             | 0,00008                | 0,00001           |
| 40             | 0,00016                | 0,00002           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,49577</b>         | <b>0,77703</b>    |

Jadi nilai SAIFI pada *Section 1* adalah 0,495772167 Gangguan/Tahun dan nilai SAIDI adalah 0,777033724 Jam/Tahun.

## 2. Section 2

**Tabel 4.39.** *Section Technique worksheet section 2*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 15 | LP15   | -   |
| 2              | Trafo 16 | LP16   | -   |
| 3              | Trafo 17 | LP17   | -   |
| 4              | Trafo 18 | LP18   | -   |
| 5              | Trafo 19 | LP19   | -   |
| 6              | Trafo 20 | LP20   | -   |
| 7              | Trafo 21 | LP21   | -   |
| 8              | Trafo 22 | LP22   | -   |
| 9              | Trafo 23 | LP23   | -   |
| 10             | Trafo 24 | LP24   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 12             | Trafo 26 | LP26   | -   |
| 13             | Trafo 27 | LP27   | -   |
| 14             | Trafo 28 | LP28   | -   |
| 15             | Trafo 29 | LP29   | -   |
| 16             | Trafo 30 | LP30   | -   |
| 17             | S2       | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 18             | S3       | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 19             | S4       | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 20             | Line 15  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 21             | Line 16  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 22             | Line 17  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 23             | Line 18  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 24             | Line 19  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 25             | Line 20  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 26             | Line 21  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 27             | Line 22  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 28             | Line 23  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 29             | Line 24  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 30             | Line 25  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 31             | Line 26  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 32             | Line 27  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 33             | Line 28  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 34             | Line 29  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |
| 35             | Line 30  | LP1-LP30                                       | LP31-LP41   |

**Tabel 4.40.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point 15* ( $\alpha_{LP15}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| S2  | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S3  | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S4  | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| T15   | 0,005  | -                             | 0,005                        |
| Line 15   | 0,2  | 0,312                         | 0,0624                       |
| Line 16   | 0,2  | 0,417                         | 0,0834                       |
| Line 17   | 0,2  | 0,065                         | 0,013                        |
| Line 18   | 0,2  | 0,173                         | 0,0346                       |
| Line 19   | 0,2  | 0,204                         | 0,0408                       |
| Line 20   | 0,2  | 0,251                         | 0,0502                       |
| Line 21   | 0,2  | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 22   | 0,2  | 0,264                         | 0,0528                       |
| Line 23   | 0,2  | 0,057                         | 0,0114                       |
| Line 24   | 0,2  | 0,293                         | 0,0586                       |
| Line 25   | 0,2  | 0,426                         | 0,0852                       |
| Line 26   | 0,2  | 0,277                         | 0,0554                       |
| Line 27   | 0,2  | 0,112                         | 0,0224                       |
| Line 28   | 0,2  | 0,068                         | 0,0136                       |
| Line 29   | 0,2  | 0,082                         | 0,0164                       |
| Line 30   | 0,2  | 0,391                         | 0,0782                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,7138</b>                |

Nilai gangguan load point 15 (LP15) adalah sama dengan nilai gangguan *load point* 16 sampai *load point* 30 (LP16-LP30) karena nilai failure rate dari trafo diasumsikan sama.

**Tabel 4.41.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point 1* ( $\alpha_{LP1}$ )

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------|--|-------------------------------|------------------------------|
| S2        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S3        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S4        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| Line 15   | 0,2  | 0,312                         | 0,0624                       |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| Line 16   | 0,2  | 0,417                         | 0,0834                       |
| Line 17   | 0,2  | 0,065                         | 0,013                        |
| Line 18   | 0,2  | 0,173                         | 0,0346                       |
| Line 19   | 0,2  | 0,204                         | 0,0408                       |
| Line 20   | 0,2  | 0,251                         | 0,0502                       |
| Line 21   | 0,2  | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 22   | 0,2  | 0,264                         | 0,0528                       |
| Line 23   | 0,2  | 0,057                         | 0,0114                       |
| Line 24   | 0,2  | 0,293                         | 0,0586                       |
| Line 25   | 0,2  | 0,426                         | 0,0852                       |
| Line 26   | 0,2  | 0,277                         | 0,0554                       |
| Line 27   | 0,2  | 0,112                         | 0,0224                       |
| Line 28   | 0,2  | 0,068                         | 0,0136                       |
| Line 29   | 0,2  | 0,082                         | 0,0164                       |
| Line 30   | 0,2  | 0,391                         | 0,0782                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,7088</b>                |

Nilai failure rate *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ) adalah sama dengan nilai failure (LP2-LP14) dan failure (LP31-LP41), karena (LP1-LP14) dan (LP31-LP41) akan mengalami pemutusan daya saat gangguan pada kabel atau pemisah di *section* 2 . Namun gangguan trafo di *section* 2 tidak akan menimbulkan gangguan di *section* 1 dan 3.

**Tabel 4.42.** Perhitungan Durasi Gangguan (*U Load Point* 15)

| Peralatan | $\alpha$ ( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U (jam/hari) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|
| S2        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| S3        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| S4        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| T15       | 0,005                        | 10                           | 0,15                           | 0,05         |
| Line 15   | 0,0624                       | 3                            | 0,15                           | 0,1872       |
| Line 16   | 0,0834                       | 3                            | 0,15                           | 0,2502       |
| Line 17   | 0,013                        | 3                            | 0,15                           | 0,039        |
| Line 18   | 0,0346                       | 3                            | 0,15                           | 0,1038       |
| Line 19   | 0,0408                       | 3                            | 0,15                           | 0,1224       |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)  |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 20   | 0,0502              | 3                  | 0,15                 | 0,1506        |
| Line 21   | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,0642        |
| Line 22   | 0,0528              | 3                  | 0,15                 | 0,1584        |
| Line 23   | 0,0114              | 3                  | 0,15                 | 0,0342        |
| Line 24   | 0,0586              | 3                  | 0,15                 | 0,1758        |
| Line 25   | 0,0852              | 3                  | 0,15                 | 0,2556        |
| Line 26   | 0,0554              | 3                  | 0,15                 | 0,1662        |
| Line 27   | 0,0224              | 3                  | 0,15                 | 0,0672        |
| Line 28   | 0,0136              | 3                  | 0,15                 | 0,0408        |
| Line 29   | 0,0164              | 3                  | 0,15                 | 0,0492        |
| Line 30   | 0,0782              | 3                  | 0,15                 | 0,2346        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>2,2394</b> |

Nilai *Repaire Time* untuk *load point* 15 ( $U_{15}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *repaire time* load 16-30 ( $U_{16-30}$ ), karena diasumsikan nilai *repaire time* tiap trafo memiliki nilai yang sama.

**Tabel 4.43.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 1 (LP1)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari) |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| S2        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03         |
| S3        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03         |
| S4        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03         |
| Line 15   | 0,0624              | 3                  | 0,15                 | 0,1872       |
| Line 16   | 0,0834              | 3                  | 0,15                 | 0,2502       |
| Line 17   | 0,013               | 3                  | 0,15                 | 0,039        |
| Line 18   | 0,0346              | 3                  | 0,15                 | 0,1038       |
| Line 19   | 0,0408              | 3                  | 0,15                 | 0,1224       |
| Line 20   | 0,0502              | 3                  | 0,15                 | 0,1506       |
| Line 21   | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,0642       |
| Line 22   | 0,0528              | 3                  | 0,15                 | 0,1584       |
| Line 23   | 0,0114              | 3                  | 0,15                 | 0,0342       |
| Line 24   | 0,0586              | 3                  | 0,15                 | 0,1758       |
| Line 25   | 0,0852              | 3                  | 0,15                 | 0,2556       |
| Line 26   | 0,0554              | 3                  | 0,15                 | 0,1662       |



| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)  |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 27   | 0,0224              | 3                  | 0,15                 | 0,0672        |
| Line 28   | 0,0136              | 3                  | 0,15                 | 0,0408        |
| Line 29   | 0,0164              | 3                  | 0,15                 | 0,0492        |
| Line 30   | 0,0782              | 3                  | 0,15                 | 0,2346        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>2,1894</b> |

Nilai *Repaire Time* untuk *load point* 1-14 ( $U_{1-14}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *repaire time* load 1 ( $U_1$ ). Nilai ini hampir sama dengan nilai *repaire time* section 2 tetapi nilai *repaire time* trafo di section 2 saat ini dianggap 0 karena gangguan pada trafo di section 2 tidak akan mempengaruhi sistem section 1.

**Tabel 4.44.** Perhitungan Durasi Gangguan LP31( $U_{31}$ )

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| S2  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| S3  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| S4  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| Line 15   | 0,0624              | 3                  | 0,15                 | 0,00936        |
| Line 16   | 0,0834              | 3                  | 0,15                 | 0,01251        |
| Line 17   | 0,013               | 3                  | 0,15                 | 0,00195        |
| Line 18   | 0,0346              | 3                  | 0,15                 | 0,00519        |
| Line 19   | 0,0408              | 3                  | 0,15                 | 0,00612        |
| Line 20   | 0,0502              | 3                  | 0,15                 | 0,00753        |
| Line 21   | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,00321        |
| Line 22   | 0,0528              | 3                  | 0,15                 | 0,00792        |
| Line 23   | 0,0114              | 3                  | 0,15                 | 0,00171        |
| Line 24   | 0,0586              | 3                  | 0,15                 | 0,00879        |
| Line 25   | 0,0852              | 3                  | 0,15                 | 0,01278        |
| Line 26   | 0,0554              | 3                  | 0,15                 | 0,00831        |
| Line 27   | 0,0224              | 3                  | 0,15                 | 0,00336        |
| Line 28   | 0,0136              | 3                  | 0,15                 | 0,00204        |
| Line 29   | 0,0164              | 3                  | 0,15                 | 0,00246        |
| Line 30   | 0,0782              | 3                  | 0,15                 | 0,01173        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,10632</b> |

Perhitungan untuk mencari nilai Switching Time *load point* 32 sampai 41 pada section 3 menggunakan langkah dan cara yang sama dan hasilnya pun juga sama dengan *Load Point* 31. Nilai *Switching time* setiap trafo dianggap 0, karena kegagalan pada trafo dalam section 2, tidak akan mempengaruhi sistem di section 3. Dalam hal ini penulis menghitung nilai Load Point 31 sampai 41 menggunakan software Microsoft Excel.

**Tabel 4.45.** Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point*  
*Section 2*

| Peralatan     | $\alpha$ (fault/yr) |                    |
|---------------|---------------------|--------------------|
|               | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) |
| Load Point 1  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 2  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 3  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 4  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 5  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 6  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 7  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 8  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 9  | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 10 | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 11 | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 12 | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 13 | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 14 | 0,7088              | 2,1894             |
| Load Point 15 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 16 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 17 | 0,7138              | 2,2394             |

| Peralatan     | $\alpha$ (fault/yr) |                    |
|---------------|---------------------|--------------------|
|               | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) |
| Load Point 18 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 19 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 20 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 21 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 22 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 23 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 24 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 25 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 26 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 27 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 28 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 29 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 30 | 0,7138              | 2,2394             |
| Load Point 31 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 32 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 33 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 34 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 35 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 36 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 37 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 38 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 39 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 40 | 0,7088              | 0,10632            |
| Load Point 41 | 0,7088              | 0,10632            |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 2*. Contoh SAIFI pada *load Point 1*, nilai SAIFI dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{0,7088 \times 121}{11387} = 0,007531817$$

$$SAIDI = \frac{\sum Ui.Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{2,1894 \times 121}{11387} = 0,023264898$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 2* hingga *Load Point 41* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 2* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section 2*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Load Point 2*.

**Tabel 4.46.** Tabel SAIDI dan SAIFI *Section 2*

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan |                   |
|----------------|------------------------|-------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 1              | 0,00753                | 0,02326           |
| 2              | 0,00355                | 0,01096           |
| 3              | 0,00554                | 0,01711           |
| 4              | 0,08559                | 0,26437           |
| 5              | 0,00286                | 0,00884           |
| 6              | 0,00573                | 0,01769           |
| 7              | 0,01208                | 0,03730           |
| 8              | 0,00224                | 0,00692           |
| 9              | 0,00598                | 0,01846           |
| 10             | 0,00417                | 0,01288           |
| 11             | 0,00218                | 0,00673           |
| 12             | 0,00255                | 0,00788           |
| 13             | 0,03834                | 0,11844           |
| 14             | 0,00218                | 0,00673           |
| 15             | 0,08757                | 0,27474           |

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan    |                      |
|----------------|---------------------------|----------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Jam/Tahun) |
| 16             | 0,00834                   | 0,02616              |
| 17             | 0,00226                   | 0,00708              |
| 18             | 0,00006                   | 0,00020              |
| 19             | 0,00113                   | 0,00354              |
| 20             | 0,01078                   | 0,03383              |
| 21             | 0,00013                   | 0,00039              |
| 22             | 0,00075                   | 0,00236              |
| 23             | 0,00244                   | 0,00767              |
| 24             | 0,00972                   | 0,03048              |
| 25             | 0,00006                   | 0,00020              |
| 26             | 0,00182                   | 0,00570              |
| 27             | 0,00251                   | 0,00787              |
| 28             | 0,00558                   | 0,01750              |
| 29             | 0,00107                   | 0,00334              |
| 30             | 0,02526                   | 0,07926              |
| 31             | 0,00548                   | 0,00082              |
| 32             | 0,00006                   | 0,00001              |
| 33             | 0,01108                   | 0,00166              |
| 34             | 0,00591                   | 0,00089              |
| 35             | 0,00741                   | 0,00111              |
| 36             | 0,00006                   | 0,00001              |
| 37             | 0,00006                   | 0,00001              |
| 38             | 0,00672                   | 0,00101              |
| 39             | 0,00006                   | 0,00001              |
| 40             | 0,00012                   | 0,00002              |
| 41             | 0,00012                   | 0,00002              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,37709</b>            | <b>1,06346</b>       |

Jadi nilai SAIFI dan SAIDI di section 32 adalah 0,37708545 gangguan/tahun dan 1,06346363 jam/tahun.

### 3. Section 3

**Tabel 4.47.** *Section Technique worksheet section 3*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 31 | LP31   | -   |
| 2              | Trafo 32 | LP32   | -   |
| 3              | Trafo 33 | LP33   | -   |
| 4              | Trafo 34 | LP34   | -   |
| 5              | Trafo 35 | LP35   | -   |
| 6              | Trafo 36 | LP36   | -   |
| 7              | Trafo 37 | LP37   | -   |
| 8              | Trafo 38 | LP38   | -   |
| 9              | Trafo 39 | LP39   | -   |
| 10             | Trafo 40 | LP40   | -   |
| 11             | Trafo 41 | LP41   | -   |
| 12             | S4       | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 13             | S5       | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 14             | S6       | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 15             | Line 31  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 16             | Line 32  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 17             | Line 33  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 18             | Line 34  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 19             | Line 35  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 20             | Line 36  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 21             | Line 37  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 22             | Line 38  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 23             | Line 39  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 24             | Line 40  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 25             | Line 41  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |
| 26             | Line 42  | LP31-LP41                                      | LP1-LP30  |

**Tabel 4.48.** Perhitungan Indeks Keandalan Dasar *failure rate Load Point 31*  
( $\alpha_{LP31}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|---------------------------|
| S4  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S5  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S6  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| T31   | 0,005   | -                             | 0,005                     |
| Line 31   | 0,2   | 0,612                         | 0,1224                    |
| Line 32   | 0,2   | 0,173                         | 0,0346                    |
| Line 33   | 0,2   | 0,458                         | 0,0916                    |
| Line 34   | 0,2   | 0,651                         | 0,1302                    |
| Line 35   | 0,2   | 0,529                         | 0,1058                    |
| Line 36   | 0,2   | 0,097                         | 0,0194                    |
| Line 37   | 0,2   | 0,392                         | 0,0784                    |
| Line 38   | 0,2   | 0,561                         | 0,1122                    |
| Line 39   | 0,2   | 0,037                         | 0,0074                    |
| Line 40   | 0,2   | 0,425                         | 0,085                     |
| Line 41   | 0,2   | 0,484                         | 0,0968                    |
| Line 42   | 0,2   | 0,738                         | 0,1476                    |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>1,0454</b>             |

Nilai failure rate untuk load point 31 hingga 41 adalah sama, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo sama.

**Tabel 4.49.** Laju Kegagalan *Load Point 1* ( $\alpha_{LP1}$ )

| Peralatan | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|-----------|---|-------------------------------|---------------------------|
| S4        | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S5        | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S6        | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| Line 31   | 0,2   | 0,612                         | 0,1224                    |
| Line 32   | 0,2   | 0,173                         | 0,0346                    |
| Line 33   | 0,2   | 0,458                         | 0,0916                    |
| Line 34   | 0,2   | 0,651                         | 0,1302                    |
| Line 35   | 0,2   | 0,529                         | 0,1058                    |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|---------------------------|
| Line 36   | 0,2   | 0,097                         | 0,0194                    |
| Line 37   | 0,2   | 0,392                         | 0,0784                    |
| Line 38   | 0,2   | 0,561                         | 0,1122                    |
| Line 39   | 0,2   | 0,037                         | 0,0074                    |
| Line 40   | 0,2   | 0,425                         | 0,085                     |
| Line 41   | 0,2   | 0,484                         | 0,0968                    |
| Line 42   | 0,2   | 0,738                         | 0,1476                    |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>1,0404</b>             |

Nilai failure rate *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ) adalah sama dengan nilai failure rate 2 hingga 30. Karena load point 2-30 mengalami swtching time saat gangguan pada kabel atau pemisah di load point 3. Dalam hal ini, jika terjadi gangguan pada trafo dalam section 3, hal ini tidak mengakibatkan kegagalan di seksi yang lainnya.

**Tabel 4.50.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 31 (ULP31)

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U (jam/hari)  |
|---|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| S4  | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03          |
| S5  | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03          |
| S6  | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03          |
| T31   | 0,005               | 10                           | 0,15                           | 0,05          |
| Line 31   | 0,1224              | 3                            | 0,15                           | 0,3672        |
| Line 32   | 0,0346              | 3                            | 0,15                           | 0,1038        |
| Line 33   | 0,0916              | 3                            | 0,15                           | 0,2748        |
| Line 34   | 0,1302              | 3                            | 0,15                           | 0,3906        |
| Line 35   | 0,1058              | 3                            | 0,15                           | 0,3174        |
| Line 36   | 0,0194              | 3                            | 0,15                           | 0,0582        |
| Line 37   | 0,0784              | 3                            | 0,15                           | 0,2352        |
| Line 38   | 0,1122              | 3                            | 0,15                           | 0,3366        |
| Line 39   | 0,0074              | 3                            | 0,15                           | 0,0222        |
| Line 40   | 0,085               | 3                            | 0,15                           | 0,255         |
| Line 41   | 0,0968              | 3                            | 0,15                           | 0,2904        |
| Line 42   | 0,1476              | 3                            | 0,15                           | 0,4428        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                              |                                | <b>3,2342</b> |



Nilai durasi pemadaman ( $U$ ) *load point* 31 hingga 41 adalah sama karena berada dalam 1 *section*. Namun untuk *load point* 1 hingga 30, tidak dipengaruhi oleh kegagalan trafo dalam *section* 3 dan perhitungannya hanya menggunakan *switching time*. *Section* 1 dan 2 (LP1-LP30) hanya membutuhkan waktu *switching time* karena jika terjadi gangguan, maka Sectionalizer 4 (S4) akan membuka (O).

**Tabel 4.51.** Perhitungan Durasi Gangguan ( $U$ ) *Load Point* 1 (ULP1)

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| S4  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| S5  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| S6  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045        |
| Line 31   | 0,1224              | 3                  | 0,15                 | 0,01836        |
| Line 32   | 0,0346              | 3                  | 0,15                 | 0,00519        |
| Line 33   | 0,0916              | 3                  | 0,15                 | 0,01374        |
| Line 34   | 0,1302              | 3                  | 0,15                 | 0,01953        |
| Line 35   | 0,1058              | 3                  | 0,15                 | 0,01587        |
| Line 36   | 0,0194              | 3                  | 0,15                 | 0,00291        |
| Line 37   | 0,0784              | 3                  | 0,15                 | 0,01176        |
| Line 38   | 0,1122              | 3                  | 0,15                 | 0,01683        |
| Line 39   | 0,0074              | 3                  | 0,15                 | 0,00111        |
| Line 40   | 0,085               | 3                  | 0,15                 | 0,01275        |
| Line 41   | 0,0968              | 3                  | 0,15                 | 0,01452        |
| Line 42   | 0,1476              | 3                  | 0,15                 | 0,02214        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,15606</b> |

Nilai failure rate time untuk *load point* 2 hingga 30 adalah sama dengan nilai *load point* 1. Hal ini terjadi Karena saat komponen *section* 1 mengalami gangguan, maka Sectionalizer 4 (S4) akan membuka dan beban *Section* 1 dan 2 (LP1-LP30) akan dilayani kembali oleh GDO 04.

**Tabel 4.52.** Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point Section 3*

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 1      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 2      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 3      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 4      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 5      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 6      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 7      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 8      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 9      | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 10     | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 11     | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 12     | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 13     | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 14     | 0,7088                             | 0,15606       |
| Load Point 15     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 16     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 17     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 18     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 19     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 20     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 21     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 22     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 23     | 0,7138                             | 0,15606       |

| <i>Load Point</i> | <i>Indeks Keandalan Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 24     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 25     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 26     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 27     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 28     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 29     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 30     | 0,7138                             | 0,15606       |
| Load Point 31     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 32     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 33     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 34     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 35     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 36     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 37     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 38     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 39     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 40     | 0,7088                             | 3,2342        |
| Load Point 41     | 0,7088                             | 3,2342        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 3*. Contoh SAIFI pada *load Point 1*, nilai SAIFI dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha N_i}{\sum N_i}$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{0,7088 \times 121}{11387} = 0,007531817$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_i}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{0,15606 \times 121}{11387} = 0,001658317$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 2* hingga *Load Point 41* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 3* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point* di *Section 3*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Load Point 3*.

**Tabel 4.53.** SAIDI dan SAIFI *Section 3*

| No. Load Point | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
|----------------|------------------------|-------------------|
| 1              | 0,00753                | 0,00166           |
| 2              | 0,00355                | 0,00078           |
| 3              | 0,00554                | 0,00122           |
| 4              | 0,08559                | 0,01884           |
| 5              | 0,00286                | 0,00063           |
| 6              | 0,00573                | 0,00126           |
| 7              | 0,01208                | 0,00266           |
| 8              | 0,00224                | 0,00049           |
| 9              | 0,00598                | 0,00132           |
| 10             | 0,00417                | 0,00092           |
| 11             | 0,00218                | 0,00048           |
| 12             | 0,00255                | 0,00056           |
| 13             | 0,03834                | 0,00844           |
| 14             | 0,00218                | 0,00048           |
| 15             | 0,08757                | 0,01915           |
| 16             | 0,00834                | 0,00182           |
| 17             | 0,00226                | 0,00049           |
| 18             | 0,00006                | 0,00001           |
| 19             | 0,00113                | 0,00025           |
| 20             | 0,01078                | 0,00236           |
| 21             | 0,00013                | 0,00003           |
| 22             | 0,00075                | 0,00016           |
| 23             | 0,00244                | 0,00053           |
| 24             | 0,00972                | 0,00212           |

| No. Load Point | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
|----------------|------------------------|-------------------|
| 25             | 0,00006                | 0,00001           |
| 26             | 0,00182                | 0,00040           |
| 27             | 0,00251                | 0,00055           |
| 28             | 0,00558                | 0,00122           |
| 29             | 0,00107                | 0,00023           |
| 30             | 0,02526                | 0,11446           |
| 31             | 0,00548                | 0,02499           |
| 32             | 0,00006                | 0,00028           |
| 33             | 0,01108                | 0,05056           |
| 34             | 0,00591                | 0,02698           |
| 35             | 0,00741                | 0,03380           |
| 36             | 0,00006                | 0,00028           |
| 37             | 0,00006                | 0,00028           |
| 38             | 0,00672                | 0,03067           |
| 39             | 0,00006                | 0,00028           |
| 40             | 0,00012                | 0,00057           |
| 41             | 0,00012                | 0,00057           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,37709</b>         | <b>0,35283</b>    |

Jadi nilai SAIFI dan SAIDI di Section 3 adalah 0,377085 Gangguan/Tahun dan 0,352829 Jam/Tahun.

#### 4. Section 4

**Tabel 4.54.** *Section Technique Worksheet Section 4*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 42 | LP42   | -   |
| 2              | Trafo 43 | LP43   | -   |
| 3              | Trafo 44 | LP44   | -   |
| 4              | Trafo 45 | LP45   | -   |
| 5              | Trafo 46 | LP46   | -   |
| 6              | Trafo 47 | LP47   | -   |
| 7              | Trafo 48 | LP48   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 8              | Trafo 49 | LP49   | -   |
| 9              | Trafo 50 | LP50   | -   |
| 10             | Trafo 51 | LP51   | -   |
| 11             | Trafo 52 | LP52   | -   |
| 12             | Trafo 53 | LP53   | -   |
| 13             | Trafo 54 | LP54   | -   |
| 14             | Trafo 55 | LP55   | -   |
| 15             | Trafo 56 | LP56   | -   |
| 16             | Trafo 57 | LP57   | -   |
| 17             | Trafo 58 | LP58   | -   |
| 18             | Trafo 59 | LP59   | -   |
| 19             | Trafo 60 | LP60   | -   |
| 20             | Trafo 61 | LP61   | -   |
| 21             | Trafo 62 | LP62   | -   |
| 22             | Trafo 63 | LP63   | -   |
| 23             | Trafo 64 | LP64   | -   |
| 24             | Trafo 65 | LP65   | -   |
| 25             | Trafo 66 | LP66   | -   |
| 26             | S5       | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 28             | S6       | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 29             | S7       | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 30             | Line 43  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 31             | Line 44  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 32             | Line 45  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 33             | Line 46  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 34             | Line 47  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |
| 35             | Line 48  | LP42-LP66                                      | LP67-LP89   |

|    |         |           |           |
|----|---------|-----------|-----------|
| 36 | Line 49 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 37 | Line 50 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 38 | Line 51 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 39 | Line 52 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 40 | Line 53 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 41 | Line 54 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 42 | Line 55 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 43 | Line 56 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 44 | Line 57 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 45 | Line 58 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 46 | Line 59 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 47 | Line 60 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 48 | Line 61 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 49 | Line 62 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |
| 50 | Line 63 | LP42-LP66 | LP67-LP89 |

**Tabel 4.55.** Perhitungan Laju Kegagalan (*failure rate*) Load Point 42 ( $\alpha$ LP42)

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|-----------|--|-------------------------------|---------------------------|
| S7        | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| S8        | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| S9        | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| T42       | 0,005  | -                             | 0,005                     |
| Line 43   | 0,2  | 0,317                         | 0,0634                    |
| Line 44   | 0,2  | 0,102                         | 0,0204                    |
| Line 45   | 0,2  | 0,212                         | 0,0424                    |
| Line 46   | 0,2  | 0,341                         | 0,0682                    |
| Line 47   | 0,2  | 0,062                         | 0,0124                    |
| Line 48   | 0,2  | 0,196                         | 0,0392                    |
| Line 49   | 0,2  | 0,414                         | 0,0828                    |
| Line 50   | 0,2  | 0,022                         | 0,0044                    |
| Line 51   | 0,2  | 0,315                         | 0,063                     |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|---------------------------|
| Line 52   | 0,2  | 0,163                         | 0,0326                    |
| Line 53   | 0,2  | 0,411                         | 0,0822                    |
| Line 54   | 0,2  | 0,116                         | 0,0232                    |
| Line 55   | 0,2  | 0,134                         | 0,0268                    |
| Line 56   | 0,2  | 0,275                         | 0,055                     |
| Line 57   | 0,2  | 0,271                         | 0,0542                    |
| Line 58   | 0,2  | 0,158                         | 0,0316                    |
| Line 59   | 0,2  | 0,177                         | 0,0354                    |
| Line 60   | 0,2  | 0,194                         | 0,0388                    |
| Line 61   | 0,2  | 0,413                         | 0,0826                    |
| Line 62   | 0,2  | 0,316                         | 0,0632                    |
| Line 63   | 0,2  | 0,235                         | 0,047                     |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,9828</b>             |

Nilai *failure rate* untuk load point 42 hingga 66 adalah sama, karena nilai *failure rate* tiap-tiap trafo sama.

**Tabel 4.56.** Perhitungan Laju Kegagalan (*Failure Rate*) Load Point 67 ( $\alpha_{LP43}$ )

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara<br>(km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------|--|----------------------------------|------------------------------|
| S7        | 0,003  | -                                | 0,003                        |
| S8        | 0,003  | -                                | 0,003                        |
| S9        | 0,003  | -                                | 0,003                        |
| Line 43   | 0,2  | 0,317                            | 0,0634                       |
| Line 44   | 0,2  | 0,102                            | 0,0204                       |
| Line 45   | 0,2  | 0,212                            | 0,0424                       |
| Line 46   | 0,2  | 0,341                            | 0,0682                       |
| Line 47   | 0,2  | 0,062                            | 0,0124                       |
| Line 48   | 0,2  | 0,196                            | 0,0392                       |
| Line 49   | 0,2  | 0,414                            | 0,0828                       |
| Line 50   | 0,2  | 0,022                            | 0,0044                       |
| Line 51   | 0,2  | 0,315                            | 0,063                        |
| Line 52   | 0,2  | 0,163                            | 0,0326                       |
| Line 53   | 0,2  | 0,411                            | 0,0822                       |
| Line 54   | 0,2  | 0,116                            | 0,0232                       |



| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|---|----------------------------|------------------------------|
| Line 55   | 0,2   | 0,134                      | 0,0268                       |
| Line 56   | 0,2   | 0,275                      | 0,055                        |
| Line 57   | 0,2   | 0,271                      | 0,0542                       |
| Line 58   | 0,2   | 0,158                      | 0,0316                       |
| Line 59   | 0,2   | 0,177                      | 0,0354                       |
| Line 60   | 0,2   | 0,194                      | 0,0388                       |
| Line 61   | 0,2   | 0,413                      | 0,0826                       |
| Line 62   | 0,2   | 0,316                      | 0,0632                       |
| Line 63   | 0,2   | 0,235                      | 0,047                        |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                            | <b>0,9778</b>                |

Nilai failure rate *load point* 67 ( $\alpha_{LP67}$ ) adalah sama dengan nilai failure rate 67 sampai 89. Karena *load point* 67 sampai 89 mengalami swtching time saat gangguan pada kabel atau pemisah di *section* 4.

**Tabel 4.57.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 42 (ULP42)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U<br>(jam/tahun) |
|-----------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|
| S7        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S8        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S9        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| T42       | 0,005               | 10                           | 0,15                           | 0,05             |
| Line 43   | 0,0634              | 3                            | 0,15                           | 0,1902           |
| Line 44   | 0,0204              | 3                            | 0,15                           | 0,0612           |
| Line 45   | 0,0424              | 3                            | 0,15                           | 0,1272           |
| Line 46   | 0,0682              | 3                            | 0,15                           | 0,2046           |
| Line 47   | 0,0124              | 3                            | 0,15                           | 0,0372           |
| Line 48   | 0,0392              | 3                            | 0,15                           | 0,1176           |
| Line 49   | 0,0828              | 3                            | 0,15                           | 0,2484           |
| Line 50   | 0,0044              | 3                            | 0,15                           | 0,0132           |
| Line 51   | 0,063               | 3                            | 0,15                           | 0,189            |
| Line 52   | 0,0326              | 3                            | 0,15                           | 0,0978           |
| Line 53   | 0,0822              | 3                            | 0,15                           | 0,2466           |
| Line 54   | 0,0232              | 3                            | 0,15                           | 0,0696           |
| Line 55   | 0,0268              | 3                            | 0,15                           | 0,0804           |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/tahun) |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 56   | 0,055               | 3                  | 0,15                 | 0,165         |
| Line 57   | 0,0542              | 3                  | 0,15                 | 0,1626        |
| Line 58   | 0,0316              | 3                  | 0,15                 | 0,0948        |
| Line 59   | 0,0354              | 3                  | 0,15                 | 0,1062        |
| Line 60   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,1164        |
| Line 61   | 0,0826              | 3                  | 0,15                 | 0,2478        |
| Line 62   | 0,0632              | 3                  | 0,15                 | 0,1896        |
| Line 63   | 0,047               | 3                  | 0,15                 | 0,141         |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>3,0464</b> |

Nilai durasi pemadaman (U) load point 42 hingga 66 adalah sama karena berada dalam 1 section. Namun untuk load point 67 hingga 89, tidak dipengaruhi oleh kegagalan trafo section 3 dan perhitungannya hanya menggunakan switching time. Section 5 (LP67-LP89) hanya membutuhkan waktu switching time karena jika terjadi gangguan, maka Sectionalizer 7 (S7) akan membuka (O). Selanjutnya, daya pada section 5 akan disupply oleh GI Mangkunegara melalui penyulang MKN 07 dengan menutup Sectonalizer dari posisi normaly open (O) ke close (C).

**Tabel 4.58.** Perhitungan Laju Kegagalan (U) Load Point 67 (ULP67)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari) |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| S7        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S8        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S9        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| Line 43   | 0,0634              | 3                  | 0,15                 | 0,00951      |
| Line 44   | 0,0204              | 3                  | 0,15                 | 0,00306      |
| Line 45   | 0,0424              | 3                  | 0,15                 | 0,00636      |
| Line 46   | 0,0682              | 3                  | 0,15                 | 0,01023      |
| Line 47   | 0,0124              | 3                  | 0,15                 | 0,00186      |
| Line 48   | 0,0392              | 3                  | 0,15                 | 0,00588      |
| Line 49   | 0,0828              | 3                  | 0,15                 | 0,01242      |
| Line 50   | 0,0044              | 3                  | 0,15                 | 0,00066      |
| Line 51   | 0,063               | 3                  | 0,15                 | 0,00945      |
| Line 52   | 0,0326              | 3                  | 0,15                 | 0,00489      |
| Line 53   | 0,0822              | 3                  | 0,15                 | 0,01233      |
| Line 54   | 0,0232              | 3                  | 0,15                 | 0,00348      |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| Line 55   | 0,0268              | 3                  | 0,15                 | 0,00402        |
| Line 56   | 0,055               | 3                  | 0,15                 | 0,00825        |
| Line 57   | 0,0542              | 3                  | 0,15                 | 0,00813        |
| Line 58   | 0,0316              | 3                  | 0,15                 | 0,00474        |
| Line 59   | 0,0354              | 3                  | 0,15                 | 0,00531        |
| Line 60   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,00582        |
| Line 61   | 0,0826              | 3                  | 0,15                 | 0,01239        |
| Line 62   | 0,0632              | 3                  | 0,15                 | 0,00948        |
| Line 63   | 0,047               | 3                  | 0,15                 | 0,00705        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,14667</b> |

Nilai durasi gangguan untuk load point 68 hingga 89 adalah sama dengan nilai load point 7. Hal ini terjadi Karena saat komponen section 1 mengalami gangguan, maka Sectionalizer 4 (S7) akan membuka dan beban Section 5 (LP67-LP89) akan dilayani oleh MKN 07 dengan cara menutup *Sectionalizer* 11 (S11) dari posisi Open ke posisi Close.

**Tabel 4.59.** Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point Section 3*

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 42 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 43 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 44 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 45 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 46 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 47 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 48 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 49 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 50 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 51 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 52 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 53 | 0,9828                      | 3,0464        |

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 54 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 55 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 56 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 57 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 58 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 59 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 60 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 61 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 62 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 63 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 64 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 65 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 66 | 0,9828                      | 3,0464        |
| Load Point 67 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 68 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 69 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 70 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 71 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 72 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 73 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 74 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 75 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 76 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 77 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 78 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 79 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 80 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 81 | 0,9778                      | 0,14667       |

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 82 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 83 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 84 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 85 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 86 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 87 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 88 | 0,9778                      | 0,14667       |
| Load Point 89 | 0,9778                      | 0,14667       |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 4*. Contoh SAIFI pada *load Point 42*, nilai SAIFInya dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP42} = \frac{0,9828 \times 1}{11387} = 0,008630895$$

$$SAIDI = \frac{\sum Ui.Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP42} = \frac{3,0464 \times 1}{11387} = 0,026753315$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 43* hingga *Load Point 89* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 4* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section 4*.

**Tabel 4.60.** Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Section 4*

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan |                   |
|----------------|------------------------|-------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 42             | 0,00009                | 0,00027           |
| 43             | 0,00104                | 0,00321           |
| 44             | 0,00811                | 0,02515           |

| No.<br>Load<br>Point | Nilai Indeks Keandalan    |                      |
|----------------------|---------------------------|----------------------|
|                      | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Jam/Tahun) |
| 45                   | 0,00112                   | 0,00348              |
| 46                   | 0,01295                   | 0,04013              |
| 47                   | 0,00751                   | 0,02328              |
| 48                   | 0,00017                   | 0,00054              |
| 49                   | 0,00302                   | 0,00936              |
| 50                   | 0,01079                   | 0,03344              |
| 51                   | 0,00009                   | 0,00027              |
| 52                   | 0,01070                   | 0,03317              |
| 53                   | 0,01122                   | 0,03478              |
| 54                   | 0,04324                   | 0,13403              |
| 55                   | 0,00811                   | 0,02515              |
| 56                   | 0,01882                   | 0,05832              |
| 57                   | 0,02667                   | 0,08267              |
| 58                   | 0,01882                   | 0,05832              |
| 59                   | 0,01277                   | 0,03959              |
| 60                   | 0,00492                   | 0,01525              |
| 61                   | 0,00190                   | 0,00589              |
| 62                   | 0,01830                   | 0,05672              |
| 63                   | 0,01217                   | 0,03772              |
| 64                   | 0,04307                   | 0,13350              |
| 65                   | 0,01174                   | 0,03638              |
| 66                   | 0,00742                   | 0,02301              |
| 67                   | 0,00026                   | 0,00004              |
| 68                   | 0,00017                   | 0,00003              |
| 69                   | 0,00043                   | 0,00006              |
| 70                   | 0,00009                   | 0,00001              |
| 71                   | 0,01546                   | 0,00232              |
| 72                   | 0,00730                   | 0,00109              |
| 73                   | 0,00747                   | 0,00112              |
| 74                   | 0,01923                   | 0,00289              |
| 75                   | 0,01932                   | 0,00290              |
| 76                   | 0,00833                   | 0,00125              |
| 77                   | 0,00026                   | 0,00004              |
| 78                   | 0,00009                   | 0,00001              |

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan |                   |
|----------------|------------------------|-------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 79             | 0,01185                | 0,00178           |
| 80             | 0,00481                | 0,00072           |
| 81             | 0,00009                | 0,00001           |
| 82             | 0,01056                | 0,00158           |
| 83             | 0,00129                | 0,00019           |
| 84             | 0,01486                | 0,00223           |
| 85             | 0,00017                | 0,00003           |
| 86             | 0,00807                | 0,00121           |
| 87             | 0,01537                | 0,00231           |
| 88             | 0,00034                | 0,00005           |
| 89             | 0,02009                | 0,00301           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,46065</b>         | <b>0,93851</b>    |

Jadi nilai indeks keandalan (SAIFI dan SAIDI) section 4 adalah 0,460645 gangguan/tahun dan 0,93851 jam/tahun.

## 5. Section 5

**Tabel 4.61.** Section Technique Worksheet Section 5

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 67 | LP42   | -   |
| 2              | Trafo 68 | LP43   | -   |
| 3              | Trafo 69 | LP44   | -   |
| 4              | Trafo 70 | LP45   | -   |
| 5              | Trafo 71 | LP46   | -   |
| 6              | Trafo 72 | LP47   | -   |
| 7              | Trafo 73 | LP48   | -   |
| 8              | Trafo 74 | LP49   | -   |
| 9              | Trafo 75 | LP50   | -   |
| 10             | Trafo 76 | LP51   | -   |
| 11             | Trafo 77 | LP52   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 13             | Trafo 79 | LP54   | -   |
| 14             | Trafo 80 | LP55   | -   |
| 15             | Trafo 81 | LP56   | -   |
| 16             | Trafo 82 | LP57   | -   |
| 17             | Trafo 83 | LP58   | -   |
| 18             | Trafo 84 | LP59   | -   |
| 19             | Trafo 85 | LP60   | -   |
| 20             | Trafo 86 | LP61   | -   |
| 21             | Trafo 87 | LP62   | -   |
| 22             | Trafo 88 | LP63   | -   |
| 23             | Trafo 89 | LP64   | -   |
| 24             | S6       | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 25             | S7       | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 26             | S10      | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 27             | S11      | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 28             | Line 64  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 29             | Line 65  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 30             | Line 66  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 31             | Line 67  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 32             | Line 68  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 33             | Line 69  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 34             | Line 70  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 35             | Line 71  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 36             | Line 72  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 37             | Line 73  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 38             | Line 74  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 39             | Line 75  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 40             | Line 76  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |



| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 42             | Line 78  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 43             | Line 79  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 44             | Line 80  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 45             | Line 81  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 46             | Line 82  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 47             | Line 83  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |
| 48             | Line 84  | LP67-LP89                                      | LP42-LP66   |

**Tabel 4.62.** Perhitungan Laju Kegagalan (*failure rate*) Load Point 67 ( $\alpha$ LP67)

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan (gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|-----------|---|----------------------------|---------------------------|
| S6        | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S7        | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S10       | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S11       | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| T67       | 0,005   | -                          | 0,005                     |
| Line 64   | 0,2   | 0,371                      | 0,0742                    |
| Line 65   | 0,2   | 0,213                      | 0,0426                    |
| Line 66   | 0,2   | 0,052                      | 0,0104                    |
| Line 67   | 0,2   | 0,117                      | 0,0234                    |
| Line 68   | 0,2   | 0,192                      | 0,0384                    |
| Line 69   | 0,2   | 0,171                      | 0,0342                    |
| Line 70   | 0,2   | 0,232                      | 0,0464                    |
| Line 71   | 0,2   | 0,216                      | 0,0432                    |
| Line 72   | 0,2   | 0,276                      | 0,0552                    |
| Line 73   | 0,2   | 0,134                      | 0,0268                    |
| Line 74   | 0,2   | 0,276                      | 0,0552                    |
| Line 75   | 0,2   | 0,193                      | 0,0386                    |
| Line 76   | 0,2   | 0,072                      | 0,0144                    |
| Line 77   | 0,2   | 0,19                       | 0,038                     |
| Line 78   | 0,2   | 0,245                      | 0,049                     |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|---------------------------|
| Line 79   | 0,2   | 0,314                         | 0,0628                    |
| Line 80   | 0,2   | 0,376                         | 0,0752                    |
| Line 81   | 0,2   | 0,132                         | 0,0264                    |
| Line 82   | 0,2   | 0,298                         | 0,0596                    |
| Line 83   | 0,2   | 0,148                         | 0,0296                    |
| Line 84   | 0,2   | 0,194                         | 0,0388                    |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,8994</b>             |

Nilai failure rate untuk load point 67 hingga 89 adalah sama, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

**Tabel 4.63.** Perhitungan Laju Kegagalan (*Failure rate*) Load Point 42 ( $\alpha_{LP43}$ )

| Peralatan | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------|---|-------------------------------|------------------------------|
| S6        | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| S7        | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| S10       | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| S11       | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Line 64   | 0,2   | 0,371                         | 0,0742                       |
| Line 65   | 0,2   | 0,213                         | 0,0426                       |
| Line 66   | 0,2   | 0,052                         | 0,0104                       |
| Line 67   | 0,2   | 0,117                         | 0,0234                       |
| Line 68   | 0,2   | 0,192                         | 0,0384                       |
| Line 69   | 0,2   | 0,171                         | 0,0342                       |
| Line 70   | 0,2   | 0,232                         | 0,0464                       |
| Line 71   | 0,2   | 0,216                         | 0,0432                       |
| Line 72   | 0,2   | 0,276                         | 0,0552                       |
| Line 73   | 0,2   | 0,134                         | 0,0268                       |
| Line 74   | 0,2   | 0,276                         | 0,0552                       |
| Line 75   | 0,2   | 0,193                         | 0,0386                       |
| Line 76   | 0,2   | 0,072                         | 0,0144                       |
| Line 77   | 0,2   | 0,19                          | 0,038                        |
| Line 78   | 0,2   | 0,245                         | 0,049                        |
| Line 79   | 0,2   | 0,314                         | 0,0628                       |
| Line 80   | 0,2   | 0,376                         | 0,0752                       |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|------------------------------|
| Line 81   | 0,2   | 0,132                         | 0,0264                       |
| Line 82   | 0,2   | 0,298                         | 0,0596                       |
| Line 83   | 0,2   | 0,148                         | 0,0296                       |
| Line 84   | 0,2   | 0,194                         | 0,0388                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,8944</b>                |

Nilai *failure rate load point* 42 ( $\alpha_{LP42}$ ) adalah sama dengan nilai *failure rate* 43 sampai 66. Karena *load point* 42 sampai 66 mengalami *switching time* saat gangguan pada kabel atau pemisah di *section* 5. Namun gangguan trafo di *section* 5 tidak menimbulkan gangguan di *section* 4 atau sistem lain.

**Tabel 4.64.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 67 (ULP67)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U<br>(jam/tahun) |
|-----------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|
| S6        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S7        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S10       | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S11       | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| T67       | 0,005               | 10                           | 0,15                           | 0,05             |
| Line 64   | 0,0742              | 3                            | 0,15                           | 0,2226           |
| Line 65   | 0,0426              | 3                            | 0,15                           | 0,1278           |
| Line 66   | 0,0104              | 3                            | 0,15                           | 0,0312           |
| Line 67   | 0,0234              | 3                            | 0,15                           | 0,0702           |
| Line 68   | 0,0384              | 3                            | 0,15                           | 0,1152           |
| Line 69   | 0,0342              | 3                            | 0,15                           | 0,1026           |
| Line 70   | 0,0464              | 3                            | 0,15                           | 0,1392           |
| Line 71   | 0,0432              | 3                            | 0,15                           | 0,1296           |
| Line 72   | 0,0552              | 3                            | 0,15                           | 0,1656           |
| Line 73   | 0,0268              | 3                            | 0,15                           | 0,0804           |
| Line 74   | 0,0552              | 3                            | 0,15                           | 0,1656           |
| Line 75   | 0,0386              | 3                            | 0,15                           | 0,1158           |
| Line 76   | 0,0144              | 3                            | 0,15                           | 0,0432           |
| Line 77   | 0,038               | 3                            | 0,15                           | 0,114            |
| Line 78   | 0,049               | 3                            | 0,15                           | 0,147            |
| Line 79   | 0,0628              | 3                            | 0,15                           | 0,1884           |
| Line 80   | 0,0752              | 3                            | 0,15                           | 0,2256           |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/tahun) |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 81   | 0,0264              | 3                  | 0,15                 | 0,0792        |
| Line 82   | 0,0596              | 3                  | 0,15                 | 0,1788        |
| Line 83   | 0,0296              | 3                  | 0,15                 | 0,0888        |
| Line 84   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,1164        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>2,8172</b> |

Nilai durasi pemadaman (U) load point 67 hingga 89 adalah sama karena berada dalam 1 *section*. Namun untuk load point 42 hingga 66, tidak dipengaruhi oleh kegagalan trafo dalam *section* 5 dan perhitungannya hanya menggunakan switching time. Section 4 (LP42-LP66) hanya membutuhkan waktu switching time karena jika terjadi gangguan, maka Sectionalizer 7 (S7) akan membuka. Selanjutnya, daya pada *section* 4 akan disupply kembali oleh PALUR 01.

**Tabel 4.65.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) Load Point 42 (ULP42)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari) |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| S6        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S7        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S10       | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S11       | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| Line 64   | 0,0742              | 3                  | 0,15                 | 0,01113      |
| Line 65   | 0,0426              | 3                  | 0,15                 | 0,00639      |
| Line 66   | 0,0104              | 3                  | 0,15                 | 0,00156      |
| Line 67   | 0,0234              | 3                  | 0,15                 | 0,00351      |
| Line 68   | 0,0384              | 3                  | 0,15                 | 0,00576      |
| Line 69   | 0,0342              | 3                  | 0,15                 | 0,00513      |
| Line 70   | 0,0464              | 3                  | 0,15                 | 0,00696      |
| Line 71   | 0,0432              | 3                  | 0,15                 | 0,00648      |
| Line 72   | 0,0552              | 3                  | 0,15                 | 0,00828      |
| Line 73   | 0,0268              | 3                  | 0,15                 | 0,00402      |
| Line 74   | 0,0552              | 3                  | 0,15                 | 0,00828      |
| Line 75   | 0,0386              | 3                  | 0,15                 | 0,00579      |
| Line 76   | 0,0144              | 3                  | 0,15                 | 0,00216      |
| Line 77   | 0,038               | 3                  | 0,15                 | 0,0057       |
| Line 78   | 0,049               | 3                  | 0,15                 | 0,00735      |
| Line 79   | 0,0628              | 3                  | 0,15                 | 0,00942      |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| Line 80   | 0,0752              | 3                  | 0,15                 | 0,01128        |
| Line 81   | 0,0264              | 3                  | 0,15                 | 0,00396        |
| Line 82   | 0,0596              | 3                  | 0,15                 | 0,00894        |
| Line 83   | 0,0296              | 3                  | 0,15                 | 0,00444        |
| Line 84   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,00582        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,13371</b> |

Nilai failure rate time untuk load point 43 hingga 66 adalah sama dengan nilai load point 42. Hal ini terjadi Karena saat komponen *section 5* mengalami gangguan, maka Sectionalizer 7 (S7) akan membuka dan beban Section 4 (LP42-LP66) akan dilayani/disuplai kembali oleh PALUR 01.

**Tabel 4.66.** Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point Section 5*

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 42 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 43 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 44 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 45 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 46 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 47 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 48 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 49 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 50 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 51 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 52 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 53 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 54 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 55 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 56 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 57 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 58 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 59 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 60 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 61 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 62 | 0,8944                      | 0,13371       |

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 63 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 64 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 65 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 66 | 0,8944                      | 0,13371       |
| Load Point 67 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 68 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 69 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 70 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 71 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 72 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 73 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 74 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 75 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 76 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 77 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 78 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 79 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 80 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 81 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 82 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 83 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 84 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 85 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 86 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 87 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 88 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 89 | 0,8994                      | 2,8172        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 4*. Contoh SAIFI pada *load Point 42*, nilai SAIFInya dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha N_i}{\sum N_i}$$

$$SAIFI_{LP42} = \frac{0,8944 \times 1}{11387} = 0,0000785457$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_i}$$

$$SAIDI_{LP42} = \frac{0,13371 \times 1}{11387} = 0,000017423$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point* 43 hingga *Load Point* 89 menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section* 5 dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section* 5.

**Tabel 4.67.** Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Section* 5

| No. Load Point | Indeks Keandalan          |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 42             | 0,00008                   | 0,00001                   |
| 43             | 0,00094                   | 0,00014                   |
| 44             | 0,00738                   | 0,00110                   |
| 45             | 0,00102                   | 0,00015                   |
| 46             | 0,01178                   | 0,00176                   |
| 47             | 0,00683                   | 0,00102                   |
| 48             | 0,00016                   | 0,00002                   |
| 49             | 0,00275                   | 0,00041                   |
| 50             | 0,00982                   | 0,00147                   |
| 51             | 0,00008                   | 0,00001                   |
| 52             | 0,00974                   | 0,00146                   |
| 53             | 0,01021                   | 0,00153                   |
| 54             | 0,03935                   | 0,00588                   |
| 55             | 0,00738                   | 0,00110                   |
| 56             | 0,01712                   | 0,00256                   |
| 57             | 0,02427                   | 0,00363                   |
| 58             | 0,01712                   | 0,00256                   |
| 59             | 0,01162                   | 0,00174                   |
| 60             | 0,00448                   | 0,00067                   |
| 61             | 0,00173                   | 0,00026                   |
| 62             | 0,01665                   | 0,00249                   |
| 63             | 0,01107                   | 0,00166                   |
| 64             | 0,03919                   | 0,00586                   |
| 65             | 0,01068                   | 0,00160                   |

| No. Load Point | Indeks Keandalan          |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 66             | 0,00675                   | 0,00101                   |
| 67             | 0,00024                   | 0,00074                   |
| 68             | 0,00016                   | 0,00049                   |
| 69             | 0,00039                   | 0,00124                   |
| 70             | 0,00008                   | 0,00025                   |
| 71             | 0,01422                   | 0,04453                   |
| 72             | 0,00671                   | 0,02103                   |
| 73             | 0,00687                   | 0,02152                   |
| 74             | 0,01769                   | 0,05542                   |
| 75             | 0,01777                   | 0,05567                   |
| 76             | 0,00766                   | 0,02400                   |
| 77             | 0,00024                   | 0,00074                   |
| 78             | 0,00008                   | 0,00025                   |
| 79             | 0,01090                   | 0,03414                   |
| 80             | 0,00442                   | 0,01385                   |
| 81             | 0,00008                   | 0,00025                   |
| 82             | 0,00972                   | 0,03043                   |
| 83             | 0,00118                   | 0,00371                   |
| 84             | 0,01366                   | 0,04280                   |
| 85             | 0,00016                   | 0,00049                   |
| 86             | 0,00742                   | 0,02326                   |
| 87             | 0,01414                   | 0,04429                   |
| 88             | 0,00032                   | 0,00099                   |
| 89             | 0,01848                   | 0,05789                   |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,42083</b>            | <b>0,51809</b>            |

Jadi nilai indeks keandalan (SAIFI dan SAIDI) section 5 adalah 0,420832247 gangguan/tahun dan 0,518086419 jam/tahun.

Nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) saat sebelum penerapan DG dapat ditentukan dengan menjumlahkan jumlah SAIDI semua *section* dan SAIFI semua *section*. SAIFI dihitung dengan menjumlahkan secara total nilai SAIFI *section* 1 sampai *section* 5. SAIDI dihitung dengan menjumlahkan secara total nilai SAIDI *section* 1 sampai *section* 5. Nilainya dapat dilihat pada tabel berikut:



**Tabel 4.68.** Indek Keandalan (SAIFI dan SAIDI) Feeder GDO 04 dan Palur 01 Tanpa PLTSa

| No.          | No. Section | Indeks Keandalan Sistem |                   |
|--------------|-------------|-------------------------|-------------------|
|              |             | SAIFI (Gangguan/Tahun)  | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 1            | 1           | 0,49577                 | 0,77703           |
| 2            | 2           | 0,37709                 | 1,06346           |
| 3            | 3           | 0,37709                 | 0,35283           |
| 4            | 4           | 0,46065                 | 0,93851           |
| 5            | 5           | 0,42083                 | 0,51809           |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>2,13142</b>          | <b>3,64992</b>    |

Jadi, Untuk penyulang yang dianalisis diperoleh nilai SAIFI sebesar **2,13142** kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar **3,64992** jam/tahun.

#### 4.4.2. Perhitungan dan Analisis Indeks Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik GDO 04 Manahan dengan Penerapan DG (PLTSa)

##### 1. Section 1

Untuk mengetahui pengaruh kegagalan atau gangguan pada suatu titik terhadap sistem secara keseluruhan, maka diperlukan *worksheet*. *Worksheet* selain mengetahui secara jelas akibat kegagalan suatu sistem juga sebagai rancangan sistematis untuk menganalisis indeks keandalan jaringan distribusi tenaga listrik.

**Tabel 4.69.** Section Technique Worksheet Section 1

| Data Peralatan |                 | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|-----------------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen        | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Sectionalizer 1 | LP1-LP14                                       | -   |
| 2              | Trafo 1         | LP1  | -   |
| 3              | Trafo 2         | LP2  | -   |
| 4              | Trafo 3         | LP3  | -   |
| 5              | Trafo 4         | LP4  | -   |
| 6              | Trafo 5         | LP5  | -   |
| 7              | Trafo 6         | LP6  | -   |
| 8              | Trafo 7         | LP7  | -   |

| Data Peralatan |                 | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|-----------------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen        | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 10             | Trafo 9         | LP9  | -   |
| 11             | Trafo 10        | LP10   | -   |
| 12             | Trafo 11        | LP11   | -   |
| 13             | Trafo 12        | LP12   | -   |
| 14             | Trafo 13        | LP13   | -   |
| 15             | Trafo 14        | LP14   | -   |
| 16             | Line 1          | LP1-LP14                                       | -   |
| 17             | Line 2          | LP1-LP14                                       | -   |
| 18             | Line 3          | LP1-LP14                                       | -   |
| 19             | Line 4          | LP1-LP14                                       | -   |
| 20             | Line 5          | LP1-LP14                                       | -   |
| 21             | Line 6          | LP1-LP14                                       | -   |
| 22             | Line 7          | LP1-LP14                                       | -   |
| 23             | Line 8          | LP1-LP14                                       | -   |
| 24             | Line 9          | LP1-LP14                                       | -   |
| 25             | Line 10         | LP1-LP14                                       | -   |
| 26             | Line 11         | LP1-LP14                                       | -   |
| 27             | Line 12         | LP1-LP14                                       | -   |
| 28             | Line 13         | LP1-LP14                                       | -   |
| 29             | Line 14         | LP1-LP14                                       | -   |
| 30             | Sectionalizer 2 | LP1-LP14                                       | -   |

Selanjutnya, untuk menghitung frekuensi dan durasi kegagalan tiap peralatan, maka diambil 1 kasus yaitu: *failure rate* ( $\alpha$  LP1). *Failure rate* ( $\alpha$  LP1) diperoleh dari penjumlahan *failure rate* yang memengaruhi LP1 dan perkalian *failure rate* LP1 dengan panjang saluran udara. Perkalian dengan *repair time* atau *switching time* tergantung kondisi peralatan, apakah peralatan tersebut harus padam atau hanya mengalami kondisi *switching time* pada saat terjadi gangguan.

Langkah dalam menentukan laju kegagalan peralatan setiap *section* yaitu:

$$\alpha_{LP} = \sum_{i=k} \alpha_i$$

keterangan:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Jika diambil satu contoh yaitu *load point* satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung laju kegagalan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} \alpha(\text{line 1}) &= \text{Failure rate Peralatan} \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ &= 0,2 \times 0,3014 = 0,06028 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

Untuk  $\alpha_{LP1}$ , dan seterusnya dapat dicari dengan menjumlahkan total laju kegagalan peralatan yang berpengaruh terhadap *load point* 1 atau *load point* lainnya. Untuk laju kegagalan *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ), dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut,

**Tabel 4.70.** Perhitungan laju kegagalan untuk *Load Point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ )

| Peralatan       | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------------|---|-------------------------------|------------------------------|
| Sectionalizer 1 | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Sectionalizer 2 | 0,003   | -                             | 0,003                        |
| Trafo           | 0,005   | -                             | 0,005                        |
| Line 1          | 0,2   | 0,3014                        | 0,06028                      |
| Line 2          | 0,2   | 0,154                         | 0,0308                       |
| Line 3          | 0,2   | 0,2196                        | 0,04392                      |
| Line 4          | 0,2   | 0,42383                       | 0,084766                     |
| Line 5          | 0,2   | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 6          | 0,2   | 0,486                         | 0,0972                       |
| Line 7          | 0,2   | 0,361                         | 0,0722                       |
| Line 8          | 0,2   | 0,465                         | 0,093                        |
| Line 9          | 0,2   | 0,078                         | 0,0156                       |
| Line 10         | 0,2   | 0,423                         | 0,0846                       |
| Line 11         | 0,2   | 0,689                         | 0,1378                       |
| Line 12         | 0,2   | 0,152                         | 0,0304                       |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|------------------------------|
| Line 13   | 0,2   | 0,296                         | 0,0592                       |
| Line 14   | 0,2   | 0,477                         | 0,0954                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,937566</b>              |

Nilai failure rate untuk load point 2 hingga 14 adalah sama dengan jumlah failure rate load point 1, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

Langkah dalam menentukan durasi gangguan peralatan setiap *section* yaitu:

$$ULP = \sum_{i=k} U_i = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

keterangan:

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*)

Jika diambil satu contoh yaitu *load point* satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung durasi gangguan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} U(\text{line 1}) &= \text{Failure rate Peralatan } (\alpha) \times \text{Repaire Time peralatan } (U) \\ &= 0,06028 \times 3 = 0,18084 \text{ Jam/tahun} \end{aligned}$$

Untuk ULP1, dan seterusnya dapat dicari dengan menjumlahkan total laju kegagalan peralatan yang berpengaruh terhadap *load point* 1 atau *load point* lainnya, untuk laju kegagalan *load point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ ), dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut,

**Tabel 4.71.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 1 (ULP1)

| Peralatan       | $\alpha$<br>( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire</i><br><i>Time</i><br>(jam) | <i>Switching</i><br><i>Time</i> (jam) | U (jam/tahun) |
|-----------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|---------------|
| Sectionalizer 1 | 0,003                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,03          |
| Trafo 1         | 0,005                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,05          |
| Sectionalizer 2 | 0,003                           | 10                                     | 0,15                                  | 0,03          |
| Line 1          | 0,06028                         | 3                                      | 0,15                                  | 0,18084       |
| Line 2          | 0,0308                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0924        |
| Line 3          | 0,04392                         | 3                                      | 0,15                                  | 0,13176       |
| Line 4          | 0,084766                        | 3                                      | 0,15                                  | 0,254298      |
| Line 5          | 0,0214                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0642        |

| Peralatan   | $\alpha$<br>( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire</i><br><i>Time</i><br>(jam) | <i>Switching</i><br><i>Time</i> (jam) | U (jam/tahun)   |
|---|---------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| Line 6  | 0,0972                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2916          |
| Line 7  | 0,0722                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2166          |
| Line 8  | 0,093                           | 3                                      | 0,15                                  | 0,279           |
| Line 9  | 0,0156                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0468          |
| Line 10   | 0,0846                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2538          |
| Line 11   | 0,1378                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,4134          |
| Line 12   | 0,0304                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,0912          |
| Line 13   | 0,0592                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,1776          |
| Line 14   | 0,0954                          | 3                                      | 0,15                                  | 0,2862          |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                                 |  |                                       | <b>2,889698</b> |

Perhitungan untuk mencari *load point* 2 sampai 14 pada section I menggunakan langkah dan cara yang sama dan hasilnya pun juga sama karena nilai *repaire time* setiap trafo diasumsikan sama. Dalam hal ini penulis menghitung nilai Load Point 2 sampai 14 menggunakan software Microsoft Excel.

Pada *load point* 1, kondisi yang dialami semua peralatan yang ada di dalamnya hanya kondisi *repair time* dan tidak ada peralatan yang mengalami kondisi *switching time*. Hal ini terjadi karena, apabila suatu komponen di section I mengalami gangguan maka sistem di section lain tidak mengalami gangguan.

**Tabel 4.72.** Laju kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point Section I*

| Load Point   | Indeks Keandalan Load Point |               |
|--------------|-----------------------------|---------------|
|              | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 1 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 2 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 3 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 4 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 5 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 6 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 7 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 8 | 0,93757                     | 2,899698      |

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 9  | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 10 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 11 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 12 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 13 | 0,93757                     | 2,899698      |
| Load Point 14 | 0,93757                     | 2,899698      |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 1*. Sebagai contoh, yaitu SAIFI pada *load Point 1*. Nilai SAIFI dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{0,938566 \times 121}{11387} = 0,009973346$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i.N_i}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{2,899698 \times 121}{11387} = 0,030812634$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 2* hingga *Load Point 14* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 1* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI Load Point *Section 1*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section 1*.

**Tabel 4.73.** Indeks Keandalan *Section 1*

| No. Load Point | Indeks Keandalan       |                        |
|----------------|------------------------|------------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Gangguan/Tahun) |
| 1              | 0,00996                | 0,03081                |
| 2              | 0,00469                | 0,01452                |
| 3              | 0,00733                | 0,02266                |
| 4              | 0,11321                | 0,35014                |

| No. Load Point | Indeks Keandalan          |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 5              | 0,00379                   | 0,01171                   |
| 6              | 0,00757                   | 0,02343                   |
| 7              | 0,01597                   | 0,04940                   |
| 8              | 0,00296                   | 0,00917                   |
| 9              | 0,00790                   | 0,02445                   |
| 10             | 0,00552                   | 0,01706                   |
| 11             | 0,00288                   | 0,00891                   |
| 12             | 0,00338                   | 0,01044                   |
| 13             | 0,05072                   | 0,15686                   |
| 14             | 0,00288                   | 0,00891                   |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,23880</b>            | <b>0,73850</b>            |

Jadi nilai SAIFI pada *Section 1* adalah **0,2388** Gangguan/Tahun dan nilai SAIDI adalah **0,7385** Jam/Tahun.

## 2. Section 2

**Tabel 4.74.** *Section Technique worksheet section 2*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 15 | LP15   | -   |
| 2              | Trafo 16 | LP16   | -   |
| 3              | Trafo 17 | LP17   | -   |
| 4              | Trafo 18 | LP18   | -   |
| 5              | Trafo 19 | LP19   | -   |
| 6              | Trafo 20 | LP20   | -   |
| 7              | Trafo 21 | LP21   | -   |
| 8              | Trafo 22 | LP22   | -   |
| 9              | Trafo 23 | LP23   | -   |
| 10             | Trafo 24 | LP24   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 12             | Trafo 26 | LP26   | -   |
| 13             | Trafo 27 | LP27   | -   |
| 14             | Trafo 28 | LP28   | -   |
| 15             | Trafo 29 | LP29   | -   |
| 16             | Trafo 30 | LP30   | -   |
| 17             | S2       | LP15-LP16                                      | LP17-LP20   |
| 18             | S3       | LP17-LP20                                      | -   |
| 19             | ST1      | LP1-LP20                                       | -   |
| 20             | ST2      | LP1-16 & LP21-LP30                             | LP17-LP20   |
| 21             | Line 15  | LP1-LP16                                       | LP17-LP20   |
| 22             | Line 16  | LP1-LP16                                       | LP17-LP20   |
| 23             | Line 17  | LP17-LP20                                      | -   |
| 24             | Line 18  | LP17-LP20                                      | -   |
| 25             | Line 19  | LP17-LP20                                      | -   |
| 26             | Line 20  | LP17-LP20                                      | -   |
| 27             | Line 21  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 28             | Line 22  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 29             | Line 23  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 30             | Line 24  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 31             | Line 25  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 32             | Line 26  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 33             | Line 27  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 34             | Line 28  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 35             | Line 29  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 36             | Line 30  | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |
| 37             | S4       | LP21-LP30                                      | LP1-LP20  |



**Tabel 4.75.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point* 21 ( $\alpha$ LP21)

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| ST2   | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S4  | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| T21   | 0,005  | -                             | 0,005                        |
| Line 21   | 0,2  | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 22   | 0,2  | 0,264                         | 0,0528                       |
| Line 23   | 0,2  | 0,057                         | 0,0114                       |
| Line 24   | 0,2  | 0,293                         | 0,0586                       |
| Line 25   | 0,2  | 0,426                         | 0,0852                       |
| Line 26   | 0,2  | 0,277                         | 0,0554                       |
| Line 27   | 0,2  | 0,112                         | 0,0224                       |
| Line 28   | 0,2  | 0,068                         | 0,0136                       |
| Line 29   | 0,2  | 0,082                         | 0,0164                       |
| Line 30   | 0,2  | 0,391                         | 0,0782                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,4264</b>                |

Nilai laju kegagalan *load point* 21 (LP21) adalah sama dengan nilai gangguan *load point* 22 sampai *load point* 30 (LP21-LP30) karena nilai *failure rate* dari trafo dan komponen yang mempengaruhi sistem sama.

**Tabel 4.76.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point* 17 ( $\alpha$ LP17)

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|-----------|--|-------------------------------|------------------------------|
| S2        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S3        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S4        | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| ST1       | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| ST2       | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| Trafo17   | 0,005  | -                             | 0,005                        |
| Line 15   | 0,2  | 0,312                         | 0,0624                       |
| Line 16   | 0,2  | 0,417                         | 0,0834                       |
| Line 17   | 0,2  | 0,065                         | 0,013                        |
| Line 18   | 0,2  | 0,173                         | 0,0346                       |
| Line 19   | 0,2  | 0,204                         | 0,0408                       |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| Line 20   | 0,2  | 0,251                         | 0,0502                       |
| Line 21   | 0,2  | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 22   | 0,2  | 0,264                         | 0,0528                       |
| Line 23   | 0,2  | 0,057                         | 0,0114                       |
| Line 24   | 0,2  | 0,293                         | 0,0586                       |
| Line 25   | 0,2  | 0,426                         | 0,0852                       |
| Line 26   | 0,2  | 0,277                         | 0,0554                       |
| Line 27   | 0,2  | 0,112                         | 0,0224                       |
| Line 28   | 0,2  | 0,068                         | 0,0136                       |
| Line 29   | 0,2  | 0,082                         | 0,0164                       |
| Line 30   | 0,2  | 0,391                         | 0,0782                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,7198</b>                |

Nilai laju kegagalan *load point* 17 (LP17) adalah sama dengan nilai gangguan *load point* 18 sampai *load point* 20 (LP18-LP20) karena nilai *failure rate* dari trafo dan komponen yang mempengaruhi pemutusan sistem tersebut adalah sama.

**Tabel 4.77.** Perhitungan Laju Kegagalan *Load Point* 1 ( $\alpha_{LP1}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$<br>(gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|
| ST1   | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| ST2   | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| S4  | 0,003  | -                             | 0,003                        |
| Line 15   | 0,2  | 0,312                         | 0,0624                       |
| Line 16   | 0,2  | 0,417                         | 0,0434                       |
| Line 21   | 0,2  | 0,107                         | 0,0214                       |
| Line 22   | 0,2  | 0,264                         | 0,0528                       |
| Line 23   | 0,2  | 0,057                         | 0,0114                       |
| Line 24   | 0,2  | 0,293                         | 0,0586                       |
| Line 25   | 0,2  | 0,426                         | 0,0852                       |
| Line 26   | 0,2  | 0,277                         | 0,0554                       |
| Line 27   | 0,2  | 0,112                         | 0,0224                       |
| Line 28   | 0,2  | 0,068                         | 0,0136                       |
| Line 29   | 0,2  | 0,082                         | 0,0164                       |
| Line 30   | 0,2  | 0,391                         | 0,0782                       |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,5302</b>                |

Nilai laju kegagalan *load point* 1 (LP1) adalah sama dengan nilai gangguan *load point* 2 sampai *load point* 16 (LP2-LP16) karena nilai *failure rate* dari komponen yang mempengaruhi pemutusan sistem adalah sama.

**Tabel 4.78.** Perhitungan Laju Kegagalan Tambahan *Load Point* 15 dan *Load Point* 16 ( $\alpha_{LP15}$  &  $\alpha_{LP16}$ )

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan (gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|-----------|---|----------------------------|---------------------------|
| S2        | 0,003   | -                          | 0,003                     |

**Tabel 4.79.** Perhitungan Durasi Gangguan *Load Point* 21 (U LP21)

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i> (jam) | <i>Switching Time</i> (jam) | U (jam/hari)  |
|---|---------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
| ST2   | 0,003               | 10                        | 0,15                        | 0,03          |
| S4  | 0,003               | 10                        | 0,15                        | 0,03          |
| T21   | 0,005               | 10                        | 0,15                        | 0,03          |
| Line 21   | 0,0214              | 3                         | 0,15                        | 0,05          |
| Line 22   | 0,0528              | 3                         | 0,15                        | 0,0642        |
| Line 23   | 0,0114              | 3                         | 0,15                        | 0,1584        |
| Line 24   | 0,0586              | 3                         | 0,15                        | 0,0342        |
| Line 25   | 0,0852              | 3                         | 0,15                        | 0,1758        |
| Line 26   | 0,0554              | 3                         | 0,15                        | 0,2556        |
| Line 27   | 0,0224              | 3                         | 0,15                        | 0,1662        |
| Line 28   | 0,0136              | 3                         | 0,15                        | 0,0672        |
| Line 29   | 0,0164              | 3                         | 0,15                        | 0,0408        |
| Line 30   | 0,0782              | 3                         | 0,15                        | 0,0492        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                           |                             | <b>1,1516</b> |

Nilai durasi gangguan untuk *load point* 21 ( $U_{21}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *repaire time* load 12-30 ( $U_{22-30}$ ), karena nilai *repaire time* tiap trafo dan komponen yang mempengaruhi kegagalan sistem adalah sama.

**Tabel 4.80.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 1 (LP1)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i> (jam) | <i>Switching Time</i> (jam) | U (jam/hari) |
|-----------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|
| ST1       | 0,003               | 10                        | 0,15                        | 0,03         |
| ST2       | 0,003               | 10                        | 0,15                        | 0,03         |
| S4        | 0,003               | 10                        | 0,15                        | 0,00045      |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| Line 15   | 0,0624              | 3                  | 0,15                 | 0,1872         |
| Line 16   | 0,0434              | 3                  | 0,15                 | 0,1302         |
| Line 21   | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,00321        |
| Line 22   | 0,0528              | 3                  | 0,15                 | 0,00792        |
| Line 23   | 0,0114              | 3                  | 0,15                 | 0,00171        |
| Line 24   | 0,0586              | 3                  | 0,15                 | 0,00879        |
| Line 25   | 0,0852              | 3                  | 0,15                 | 0,01278        |
| Line 26   | 0,0554              | 3                  | 0,15                 | 0,00831        |
| Line 27   | 0,0224              | 3                  | 0,15                 | 0,00336        |
| Line 28   | 0,0136              | 3                  | 0,15                 | 0,00204        |
| Line 29   | 0,0164              | 3                  | 0,15                 | 0,00246        |
| Line 30   | 0,0782              | 3                  | 0,15                 | 0,01173        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>0,44016</b> |

Nilai gangguan untuk *load point* 2-16 ( $U_{2-16}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *Switching Time* load 1 ( $U_1$ ), karena komponen yang mempengaruhi kegagalan sistem pada *load point* tersebut adalah sama.

**Tabel 4.81.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 17 (LP17)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari) |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| ST1       | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03         |
| ST2       | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S2        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| S3        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03         |
| S4        | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,00045      |
| Trafo 17  | 0,005               | 10                 | 0,15                 | 0,00075      |
| Line 15   | 0,0624              | 3                  | 0,15                 | 0,00936      |
| Line 16   | 0,0834              | 3                  | 0,15                 | 0,01251      |
| Line 17   | 0,013               | 3                  | 0,15                 | 0,039        |
| Line 18   | 0,0346              | 3                  | 0,15                 | 0,1038       |
| Line 19   | 0,0408              | 3                  | 0,15                 | 0,1224       |
| Line 20   | 0,0502              | 3                  | 0,15                 | 0,1506       |
| Line 21   | 0,0214              | 3                  | 0,15                 | 0,00321      |
| Line 22   | 0,0528              | 3                  | 0,15                 | 0,00792      |
| Line 23   | 0,0114              | 3                  | 0,15                 | 0,00171      |

| Peralatan   | $\alpha$<br>( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U (jam/hari)   |
|---|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Line 24   | 0,0586                          | 3                            | 0,15                           | 0,00879        |
| Line 25   | 0,0852                          | 3                            | 0,15                           | 0,01278        |
| Line 26   | 0,0554                          | 3                            | 0,15                           | 0,00831        |
| Line 23   | 0,0224                          | 3                            | 0,15                           | 0,00336        |
| Line 24   | 0,0136                          | 3                            | 0,15                           | 0,00204        |
| Line 25   | 0,0164                          | 3                            | 0,15                           | 0,00246        |
| Line 26   | 0,0782                          | 3                            | 0,15                           | 0,01173        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                                 |                              |                                | <b>0,56208</b> |

Nilai gangguan untuk *load point* 18-20 ( $U_{18}$ - $U_{20}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *repaire time* load 17 ( $U_{17}$ ), karena komponen yang mempengaruhi kegagalan sistem pada *load point* tersebut adalah sama.

**Tabel 4.82.** Perhitungan Durasi Gangguan Tambahan (U) *Load Point* 15 (LP15)

| Peralatan | $\alpha$ ( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U (jam/hari) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|
| S2        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |

Nilai gangguan tambahan untuk *load point* 15 ( $U_{15}$ ) memiliki nilai yang sama dengan nilai gangguan *load point* 16 ( $U_{16}$ ), karena komponen yang mempengaruhi kegagalan sistem pada *load point* tersebut adalah sama.

**Tabel 4.83.** Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point* di *Section 2*

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan Dasar    |               |
|-------------------|---------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun) | U (jam/tahun) |
| Load Point 1      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 2      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 3      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 4      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 5      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 6      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 7      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 8      | 0,5302                    | 0,44016       |

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan Dasar    |               |
|-------------------|---------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun) | U (jam/tahun) |
| Load Point 9      | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 10     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 11     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 12     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 13     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 14     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 15     | 0,5332                    | 0,47016       |
| Load Point 16     | 0,5302                    | 0,44016       |
| Load Point 17     | 0,7198                    | 0,56208       |
| Load Point 18     | 0,7198                    | 0,56208       |
| Load Point 19     | 0,7198                    | 0,56208       |
| Load Point 20     | 0,7198                    | 0,56208       |
| Load Point 21     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 22     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 23     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 24     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 25     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 26     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 27     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 28     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 29     | 0,4264                    | 1,1516        |
| Load Point 30     | 0,4264                    | 1,1516        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 2*. Contoh SAIFI pada *load Point 1*, nilai SAIFI dapat ditentukan dengan

mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{0,5302 \times 121}{11387} = 0,0056340$$

$$SAIDI = \frac{\sum Ui.Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{0,44016 \times 121}{11387} = 0,0046772$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point* 2 hingga *Load Point* 30 menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section* 2 dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section* 2. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *section* 2.

**Tabel 4.84.** Tabel SAIDI dan SAIFI *Section* 2

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan    |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 1              | 0,0056340                 | 0,0046772                 |
| 2              | 0,0026540                 | 0,0022033                 |
| 3              | 0,0041440                 | 0,0034403                 |
| 4              | 0,0640226                 | 0,0531501                 |
| 5              | 0,0021418                 | 0,0017781                 |
| 6              | 0,0042837                 | 0,0035562                 |
| 7              | 0,0090330                 | 0,0074990                 |
| 8              | 0,0016762                 | 0,0013916                 |
| 9              | 0,0044699                 | 0,0037108                 |
| 10             | 0,0031196                 | 0,0025899                 |
| 11             | 0,0016297                 | 0,0013529                 |
| 12             | 0,0019090                 | 0,0015848                 |

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan    |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 13             | 0,0286821                 | 0,0238112                 |
| 14             | 0,0016297                 | 0,0013529                 |
| 15             | 0,0654150                 | 0,0576810                 |
| 16             | 0,0061927                 | 0,0051411                 |
| 17             | 0,0022756                 | 0,0017770                 |
| 18             | 0,0000632                 | 0,0000494                 |
| 19             | 0,0011378                 | 0,0008885                 |
| 20             | 0,0108725                 | 0,0084902                 |
| 21             | 0,0000749                 | 0,0002023                 |
| 22             | 0,0004494                 | 0,0012136                 |
| 23             | 0,0014604                 | 0,0039442                 |
| 24             | 0,0058042                 | 0,0156756                 |
| 25             | 0,0000374                 | 0,0001011                 |
| 26             | 0,0010859                 | 0,0029329                 |
| 27             | 0,0014978                 | 0,0040453                 |
| 28             | 0,0033327                 | 0,0090008                 |
| 29             | 0,0006366                 | 0,0017193                 |
| 30             | 0,0150908                 | 0,0407565                 |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,250456521</b>        | <b>0,26571706</b>         |

Jadi nilai SAIFI dan SAIDI di section II adalah **0,250456521** gangguan/tahun dan **0,26571706** jam/tahun.



### 3. Section 3

**Tabel 4.85.** *Section Technique worksheet section 3*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 31 | LP31   | -   |
| 2              | Trafo 32 | LP32   | -   |
| 3              | Trafo 33 | LP33   | -   |
| 4              | Trafo 34 | LP34   | -   |
| 5              | Trafo 35 | LP35   | -   |
| 6              | Trafo 36 | LP36   | -   |
| 7              | Trafo 37 | LP37   | -   |
| 8              | Trafo 38 | LP38   | -   |
| 9              | Trafo 39 | LP39   | -   |
| 10             | Trafo 40 | LP40   | -   |
| 11             | Trafo 41 | LP41   | -   |
| 12             | S4       | LP31-LP41                                      | -   |
| 13             | S5       | LP31-LP41                                      | -   |
| 14             | S6       | LP31-LP41                                      | -   |
| 15             | Line 31  | LP31-LP41                                      | -   |
| 16             | Line 32  | LP31-LP41                                      | -   |
| 17             | Line 33  | LP31-LP41                                      | -   |
| 18             | Line 34  | LP31-LP41                                      | -   |
| 19             | Line 35  | LP31-LP41                                      | -   |
| 20             | Line 36  | LP31-LP41                                      | -   |
| 21             | Line 37  | LP31-LP41                                      | -   |
| 22             | Line 38  | LP31-LP41                                      | -   |
| 23             | Line 39  | LP31-LP41                                      | -   |
| 24             | Line 40  | LP31-LP41                                      | -   |
| 25             | Line 41  | LP31-LP41                                      | -   |
| 26             | Line 42  | LP31-LP41                                      | -   |

**Tabel 4.86.** Perhitungan Laju Kegagalan (*failure rate*) Load Point 31 ( $\alpha_{LP31}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|---------------------------|
| S4  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S5  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| S6  | 0,003   | -                             | 0,003                     |
| T31   | 0,005   | -                             | 0,005                     |
| Line 31   | 0,2   | 0,612                         | 0,1224                    |
| Line 32   | 0,2   | 0,173                         | 0,0346                    |
| Line 33   | 0,2   | 0,458                         | 0,0916                    |
| Line 34   | 0,2   | 0,651                         | 0,1302                    |
| Line 35   | 0,2   | 0,529                         | 0,1058                    |
| Line 36   | 0,2   | 0,097                         | 0,0194                    |
| Line 37   | 0,2   | 0,392                         | 0,0784                    |
| Line 38   | 0,2   | 0,561                         | 0,1122                    |
| Line 39   | 0,2   | 0,037                         | 0,0074                    |
| Line 40   | 0,2   | 0,425                         | 0,085                     |
| Line 41   | 0,2   | 0,484                         | 0,0968                    |
| Line 42   | 0,2   | 0,738                         | 0,1476                    |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>1,0454</b>             |

Nilai failure rate untuk *load point* 31 hingga 41 adalah sama, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo sama. Dalam hal ini, gangguan pada suatu komponen pada section III tidak akan mempengaruhi atau mengganggu sistem yang lain karena pemisah dapat bekerja secara otomatis.

**Tabel 4.87.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) Load Point 31 (ULP31)

| Peralatan | $\alpha$ ( <i>fault/yr</i> ) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U (jam/hari) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|
| S4        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| S5        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| S6        | 0,003                        | 10                           | 0,15                           | 0,03         |
| T31       | 0,005                        | 10                           | 0,15                           | 0,05         |
| Line 31   | 0,1224                       | 3                            | 0,15                           | 0,3672       |
| Line 32   | 0,0346                       | 3                            | 0,15                           | 0,1038       |
| Line 33   | 0,0916                       | 3                            | 0,15                           | 0,2748       |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/hari)  |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 34   | 0,1302              | 3                  | 0,15                 | 0,3906        |
| Line 35   | 0,1058              | 3                  | 0,15                 | 0,3174        |
| Line 36   | 0,0194              | 3                  | 0,15                 | 0,0582        |
| Line 37   | 0,0784              | 3                  | 0,15                 | 0,2352        |
| Line 38   | 0,1122              | 3                  | 0,15                 | 0,3366        |
| Line 39   | 0,0074              | 3                  | 0,15                 | 0,0222        |
| Line 40   | 0,085               | 3                  | 0,15                 | 0,255         |
| Line 41   | 0,0968              | 3                  | 0,15                 | 0,2904        |
| Line 42   | 0,1476              | 3                  | 0,15                 | 0,4428        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>3,2342</b> |

Nilai durasi pemadaman (U) *load point* 31 hingga 41 adalah sama karena berada dalam 1 *section*. Gangguan pada *section* III tidak akan mempengaruhi sistem di *section* yang lain.

**Tabel 4.88.** Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point Section 3*

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 31     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 32     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 33     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 34     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 35     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 36     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 37     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 38     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 39     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 40     | 1,0454                             | 3,2342        |
| Load Point 41     | 1,0454                             | 3,2342        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 3*. Contoh SAIFI pada *load Point 1*, nilai SAIFI dapat ditentukan dengan

mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP31} = \frac{1,0454 \times 88}{11387} = 0,008079$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i.N_i}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP31} = \frac{3,2342 \times 88}{11387} = 0,024994$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point* 32 hingga *Load Point* 41 menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section* 3 dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point* di *Section* 3. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Load Point* 3.

**Tabel 4.89.** SAIDI dan SAIFI *Section* 3

| No. Load Point | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Jam/Tahun) |
|----------------|---------------------------|----------------------|
| 31             | 0,00808                   | 0,02499              |
| 32             | 0,00009                   | 0,00028              |
| 33             | 0,01634                   | 0,05056              |
| 34             | 0,00872                   | 0,02698              |
| 35             | 0,01093                   | 0,03380              |
| 36             | 0,00009                   | 0,00028              |
| 37             | 0,00009                   | 0,00028              |
| 38             | 0,00992                   | 0,03068              |
| 39             | 0,00009                   | 0,00028              |
| 40             | 0,00018                   | 0,00057              |
| 41             | 0,00018                   | 0,00057              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,05472</b>            | <b>0,16928</b>       |

Jadi nilai SAIDI dan SAIFI di *Section* 3 adalah **0,054717** dan **0,169279**.

#### 4. Section 4

**Tabel 4.90.** *Section Technique Worksheet Section 4*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 42 | LP42   | -   |
| 2              | Trafo 43 | LP43   | -   |
| 3              | Trafo 44 | LP44   | -   |
| 4              | Trafo 45 | LP45   | -   |
| 5              | Trafo 46 | LP46   | -   |
| 6              | Trafo 47 | LP47   | -   |
| 7              | Trafo 48 | LP48   | -   |
| 8              | Trafo 49 | LP49   | -   |
| 9              | Trafo 50 | LP50   | -   |
| 10             | Trafo 51 | LP51   | -   |
| 11             | Trafo 52 | LP52   | -   |
| 12             | Trafo 53 | LP53   | -   |
| 13             | Trafo 54 | LP54   | -   |
| 14             | Trafo 55 | LP55   | -   |
| 15             | Trafo 56 | LP56   | -   |
| 16             | Trafo 57 | LP57   | -   |
| 17             | Trafo 58 | LP58   | -   |
| 18             | Trafo 59 | LP59   | -   |
| 19             | Trafo 60 | LP60   | -   |
| 20             | Trafo 61 | LP61   | -   |
| 21             | Trafo 62 | LP62   | -   |
| 22             | Trafo 63 | LP63   | -   |
| 23             | Trafo 64 | LP64   | -   |
| 24             | Trafo 65 | LP65   | -   |
| 25             | Trafo 66 | LP66   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 28             | S6       | LP42-LP66                                      | -   |
| 29             | S7       | LP42-LP66                                      | -   |
| 30             | Line 43  | LP42-LP66                                      | -   |
| 31             | Line 44  | LP42-LP66                                      | -   |
| 32             | Line 45  | LP42-LP66                                      | -   |
| 33             | Line 46  | LP42-LP66                                      | -   |
| 34             | Line 47  | LP42-LP66                                      | -   |
| 35             | Line 48  | LP42-LP66                                      | -   |
| 36             | Line 49  | LP42-LP66                                      | -   |
| 37             | Line 50  | LP42-LP66                                      | -   |
| 38             | Line 51  | LP42-LP66                                      | -   |
| 39             | Line 52  | LP42-LP66                                      | -   |
| 40             | Line 53  | LP42-LP66                                      | -   |
| 41             | Line 54  | LP42-LP66                                      | -   |
| 42             | Line 55  | LP42-LP66                                      | -   |
| 43             | Line 56  | LP42-LP66                                      | -   |
| 44             | Line 57  | LP42-LP66                                      | -   |
| 45             | Line 58  | LP42-LP66                                      | -   |
| 46             | Line 59  | LP42-LP66                                      | -   |
| 47             | Line 60  | LP42-LP66                                      | -   |
| 48             | Line 61  | LP42-LP66                                      | -   |
| 49             | Line 62  | LP42-LP66                                      | -   |
| 50             | Line 63  | LP42-LP66                                      | -   |

**Tabel 4.91.** Perhitungan Laju Kegagalan (*failure rate*) Load Point 42 ( $\alpha_{LP42}$ )

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i> Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|--|-------------------------------|---------------------------|
| S7  | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| S8  | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| S9  | 0,003  | -                             | 0,003                     |
| T42   | 0,005  | -                             | 0,005                     |
| Line 43   | 0,2  | 0,317                         | 0,0634                    |
| Line 44   | 0,2  | 0,102                         | 0,0204                    |
| Line 45   | 0,2  | 0,212                         | 0,0424                    |
| Line 46   | 0,2  | 0,341                         | 0,0682                    |
| Line 47   | 0,2  | 0,062                         | 0,0124                    |
| Line 48   | 0,2  | 0,196                         | 0,0392                    |
| Line 49   | 0,2  | 0,414                         | 0,0828                    |
| Line 50   | 0,2  | 0,022                         | 0,0044                    |
| Line 51   | 0,2  | 0,315                         | 0,063                     |
| Line 52   | 0,2  | 0,163                         | 0,0326                    |
| Line 53   | 0,2  | 0,411                         | 0,0822                    |
| Line 54   | 0,2  | 0,116                         | 0,0232                    |
| Line 55   | 0,2  | 0,134                         | 0,0268                    |
| Line 56   | 0,2  | 0,275                         | 0,055                     |
| Line 57   | 0,2  | 0,271                         | 0,0542                    |
| Line 58   | 0,2  | 0,158                         | 0,0316                    |
| Line 59   | 0,2  | 0,177                         | 0,0354                    |
| Line 60   | 0,2  | 0,194                         | 0,0388                    |
| Line 61   | 0,2  | 0,413                         | 0,0826                    |
| Line 62   | 0,2  | 0,316                         | 0,0632                    |
| Line 63   | 0,2  | 0,235                         | 0,047                     |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |  |                               | <b>0,9828</b>             |

Nilai *failure rate* untuk load point 42 hingga 66 adalah sama, karena nilai *failure rate* tiap-tiap trafo sama. Nilai *failure rate load point* 67 sampai 89 diasumsikan 0 saat terjadi gangguan di suatu komponen pada section 4 maka DG PLTSa akan menyuplai daya ke beban di section lain secara otomatis.

**Tabel 4.92.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point* 42 (ULP42)

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/tahun) |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| S7  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03          |
| S8  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03          |
| S9  | 0,003               | 10                 | 0,15                 | 0,03          |
| T42   | 0,005               | 10                 | 0,15                 | 0,05          |
| Line 43   | 0,0634              | 3                  | 0,15                 | 0,1902        |
| Line 44   | 0,0204              | 3                  | 0,15                 | 0,0612        |
| Line 45   | 0,0424              | 3                  | 0,15                 | 0,1272        |
| Line 46   | 0,0682              | 3                  | 0,15                 | 0,2046        |
| Line 47   | 0,0124              | 3                  | 0,15                 | 0,0372        |
| Line 48   | 0,0392              | 3                  | 0,15                 | 0,1176        |
| Line 49   | 0,0828              | 3                  | 0,15                 | 0,2484        |
| Line 50   | 0,0044              | 3                  | 0,15                 | 0,0132        |
| Line 51   | 0,063               | 3                  | 0,15                 | 0,189         |
| Line 52   | 0,0326              | 3                  | 0,15                 | 0,0978        |
| Line 53   | 0,0822              | 3                  | 0,15                 | 0,2466        |
| Line 54   | 0,0232              | 3                  | 0,15                 | 0,0696        |
| Line 55   | 0,0268              | 3                  | 0,15                 | 0,0804        |
| Line 56   | 0,055               | 3                  | 0,15                 | 0,165         |
| Line 57   | 0,0542              | 3                  | 0,15                 | 0,1626        |
| Line 58   | 0,0316              | 3                  | 0,15                 | 0,0948        |
| Line 59   | 0,0354              | 3                  | 0,15                 | 0,1062        |
| Line 60   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,1164        |
| Line 61   | 0,0826              | 3                  | 0,15                 | 0,2478        |
| Line 62   | 0,0632              | 3                  | 0,15                 | 0,1896        |
| Line 63   | 0,047               | 3                  | 0,15                 | 0,141         |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>3,0464</b> |

Nilai durasi pemadaman (U) *load point* 42 hingga 66 adalah sama karena berada dalam satu *sectio* namun, gangguan di section 4 ini tidak akan mengganggu section lain karena beban akan di cover oleh sumber lain.



**Tabel 4.93.** Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load Point**Section 4*

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 42     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 43     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 44     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 45     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 46     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 47     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 48     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 49     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 50     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 51     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 52     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 53     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 54     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 55     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 56     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 57     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 58     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 59     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 60     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 61     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 62     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 63     | 0,9828                             | 3,0464        |

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 64     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 65     | 0,9828                             | 3,0464        |
| Load Point 66     | 0,9828                             | 3,0464        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 4*. Contoh SAIFI pada *load Point 42*, nilai SAIFInya dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP42} = \frac{0,9828 \times 1}{11387} = 0,008630895$$

$$SAIDI = \frac{\sum Ui.Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP42} = \frac{3,0464 \times 1}{11387} = 0,026753315$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 43* hingga *Load Point 66* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 4* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section 4*.

**Tabel 4.94.** Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Section 4*

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan |                        |
|----------------|------------------------|------------------------|
|                | SAIFI (Gangguan/Tahun) | SAIDI (Gangguan/Tahun) |
| 42             | 0,00009                | 0,00027                |
| 43             | 0,00104                | 0,00321                |
| 44             | 0,00811                | 0,02515                |
| 45             | 0,00112                | 0,00348                |
| 46             | 0,01295                | 0,04013                |
| 47             | 0,00751                | 0,02328                |
| 48             | 0,00017                | 0,00054                |
| 49             | 0,00302                | 0,00936                |

| No. Load Point | Nilai Indeks Keandalan    |                           |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Gangguan/Tahun) |
| 50             | 0,01079                   | 0,03344                   |
| 51             | 0,00009                   | 0,00027                   |
| 52             | 0,01070                   | 0,03317                   |
| 53             | 0,01122                   | 0,03478                   |
| 54             | 0,04324                   | 0,13403                   |
| 55             | 0,00811                   | 0,02515                   |
| 56             | 0,01882                   | 0,05832                   |
| 57             | 0,02667                   | 0,08267                   |
| 58             | 0,01882                   | 0,05832                   |
| 59             | 0,01277                   | 0,03959                   |
| 60             | 0,00492                   | 0,01525                   |
| 61             | 0,00190                   | 0,00589                   |
| 62             | 0,01830                   | 0,05672                   |
| 63             | 0,01217                   | 0,03772                   |
| 64             | 0,04307                   | 0,13350                   |
| 65             | 0,01174                   | 0,03638                   |
| 66             | 0,00742                   | 0,02301                   |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,29475</b>            | <b>0,91360</b>            |

Jadi nilai indeks keandalan (SAIFI dan SAIDI) section 4 adalah **0,294745059** gangguan/tahun dan **0,9136** jam/tahun.

## 5. Section 5

**Tabel 4.95.** *Section Technique Worksheet Section 5*

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 1              | Trafo 67 | LP42   | -   |
| 2              | Trafo 68 | LP43   | -   |
| 3              | Trafo 69 | LP44   | -   |
| 4              | Trafo 70 | LP45   | -   |
| 5              | Trafo 71 | LP46   | -   |
| 6              | Trafo 72 | LP47   | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 8              | Trafo 74 | LP49   | -   |
| 9              | Trafo 75 | LP50   | -   |
| 10             | Trafo 76 | LP51   | -   |
| 11             | Trafo 77 | LP52   | -   |
| 12             | Trafo 78 | LP53   | -   |
| 13             | Trafo 79 | LP54   | -   |
| 14             | Trafo 80 | LP55   | -   |
| 15             | Trafo 81 | LP56   | -   |
| 16             | Trafo 82 | LP57   | -   |
| 17             | Trafo 83 | LP58   | -   |
| 18             | Trafo 84 | LP59   | -   |
| 19             | Trafo 85 | LP60   | -   |
| 20             | Trafo 86 | LP61   | -   |
| 21             | Trafo 87 | LP62   | -   |
| 22             | Trafo 88 | LP63   | -   |
| 23             | Trafo 89 | LP64   | -   |
| 24             | S6       | LP67-LP89                                      | -   |
| 25             | S7       | LP67-LP89                                      | -   |
| 26             | S10      | LP67-LP89                                      | -   |
| 27             | S11      | LP67-LP89                                      | -   |
| 28             | Line 64  | LP67-LP89                                      | -   |
| 29             | Line 65  | LP67-LP89                                      | -   |
| 30             | Line 66  | LP67-LP89                                      | -   |
| 31             | Line 67  | LP67-LP89                                      | -   |
| 32             | Line 68  | LP67-LP89                                      | -   |
| 33             | Line 69  | LP67-LP89                                      | -   |
| 34             | Line 70  | LP67-LP89                                      | -   |
| 35             | Line 71  | LP67-LP89                                      | -   |

| Data Peralatan |          | Efek Sistem                                    |   |
|----------------|----------|--|---|
| No. Gangguan   | Komponen | Load Point yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i> | Load Point yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i> |
| 37             | Line 73  | LP67-LP89                                      | -   |
| 38             | Line 74  | LP67-LP89                                      | -   |
| 39             | Line 75  | LP67-LP89                                      | -   |
| 40             | Line 76  | LP67-LP89                                      | -   |
| 41             | Line 77  | LP67-LP89                                      | -   |
| 42             | Line 78  | LP67-LP89                                      | -   |
| 43             | Line 79  | LP67-LP89                                      | -   |
| 44             | Line 80  | LP67-LP89                                      | -   |
| 45             | Line 81  | LP67-LP89                                      | -   |
| 46             | Line 82  | LP67-LP89                                      | -   |
| 47             | Line 83  | LP67-LP89                                      | -   |
| 48             | Line 84  | LP67-LP89                                      | -   |

**Tabel 4.96.** Perhitungan Laju Kegagalan (*failure rate*) Load Point 67 ( $\alpha$ LP67)

| Peralatan | <i>Failure Rate</i> Peralatan (gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|-----------|---|----------------------------|---------------------------|
| S6        | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S7        | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S10       | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| S11       | 0,003   | -                          | 0,003                     |
| T67       | 0,005   | -                          | 0,005                     |
| Line 64   | 0,2   | 0,371                      | 0,0742                    |
| Line 65   | 0,2   | 0,213                      | 0,0426                    |
| Line 66   | 0,2   | 0,052                      | 0,0104                    |
| Line 67   | 0,2   | 0,117                      | 0,0234                    |
| Line 68   | 0,2   | 0,192                      | 0,0384                    |
| Line 69   | 0,2   | 0,171                      | 0,0342                    |
| Line 70   | 0,2   | 0,232                      | 0,0464                    |
| Line 71   | 0,2   | 0,216                      | 0,0432                    |
| Line 72   | 0,2   | 0,276                      | 0,0552                    |
| Line 73   | 0,2   | 0,134                      | 0,0268                    |

| Peralatan   | <i>Failure Rate</i><br>Peralatan<br>(gangguan/tahun/km) | Panjang Saluran<br>Udara (km) | $\alpha$ (gangguan/tahun) |
|---|---|-------------------------------|---------------------------|
| Line 74   | 0,2   | 0,276                         | 0,0552                    |
| Line 75   | 0,2   | 0,193                         | 0,0386                    |
| Line 76   | 0,2   | 0,072                         | 0,0144                    |
| Line 77   | 0,2   | 0,19                          | 0,038                     |
| Line 78   | 0,2   | 0,245                         | 0,049                     |
| Line 79   | 0,2   | 0,314                         | 0,0628                    |
| Line 80   | 0,2   | 0,376                         | 0,0752                    |
| Line 81   | 0,2   | 0,132                         | 0,0264                    |
| Line 82   | 0,2   | 0,298                         | 0,0596                    |
| Line 83   | 0,2   | 0,148                         | 0,0296                    |
| Line 84   | 0,2   | 0,194                         | 0,0388                    |
| <b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \alpha_i</math>)</b> |   |                               | <b>0,8994</b>             |

Nilai failure rate untuk load point 67 hingga 89 adalah sama, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo diasumsikan sama. Jika terjadi gangguan pada pada komponen dalam section ini maka section lain tidaka mengalami gangguan atau pemutusan karena beban dapat disupply secara otomatis dari sumber lain.

**Tabel 4.97.** Perhitungan Durasi Gangguan (U) *Load Point 67* (ULP67)

| Peralatan | $\alpha$ (fault/yr) | <i>Repaire Time</i><br>(jam) | <i>Switching Time</i><br>(jam) | U<br>(jam/tahun) |
|-----------|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|
| S6        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S7        | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S10       | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| S11       | 0,003               | 10                           | 0,15                           | 0,03             |
| T67       | 0,005               | 10                           | 0,15                           | 0,05             |
| Line 64   | 0,0742              | 3                            | 0,15                           | 0,2226           |
| Line 65   | 0,0426              | 3                            | 0,15                           | 0,1278           |
| Line 66   | 0,0104              | 3                            | 0,15                           | 0,0312           |
| Line 67   | 0,0234              | 3                            | 0,15                           | 0,0702           |
| Line 68   | 0,0384              | 3                            | 0,15                           | 0,1152           |
| Line 69   | 0,0342              | 3                            | 0,15                           | 0,1026           |
| Line 70   | 0,0464              | 3                            | 0,15                           | 0,1392           |
| Line 71   | 0,0432              | 3                            | 0,15                           | 0,1296           |
| Line 72   | 0,0552              | 3                            | 0,15                           | 0,1656           |
| Line 73   | 0,0268              | 3                            | 0,15                           | 0,0804           |

| Peralatan   | $\alpha$ (fault/yr) | Repaire Time (jam) | Switching Time (jam) | U (jam/tahun) |
|---|---------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Line 74   | 0,0552              | 3                  | 0,15                 | 0,1656        |
| Line 75   | 0,0386              | 3                  | 0,15                 | 0,1158        |
| Line 76   | 0,0144              | 3                  | 0,15                 | 0,0432        |
| Line 77   | 0,038               | 3                  | 0,15                 | 0,114         |
| Line 78   | 0,049               | 3                  | 0,15                 | 0,147         |
| Line 79   | 0,0628              | 3                  | 0,15                 | 0,1884        |
| Line 80   | 0,0752              | 3                  | 0,15                 | 0,2256        |
| Line 81   | 0,0264              | 3                  | 0,15                 | 0,0792        |
| Line 82   | 0,0596              | 3                  | 0,15                 | 0,1788        |
| Line 83   | 0,0296              | 3                  | 0,15                 | 0,0888        |
| Line 84   | 0,0388              | 3                  | 0,15                 | 0,1164        |
| <b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b> |                     |                    |                      | <b>2,8172</b> |

Nilai durasi gangguan (U) load point 67 hingga 89 adalah sama karena berada dalam 1 section.

**Tabel 4.98.** Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan Load Point Section 5

| Load Point    | Indeks Keandalan Load Point |               |
|---------------|-----------------------------|---------------|
|               | $\alpha$ (gangguan/tahun)   | U (jam/tahun) |
| Load Point 67 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 68 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 69 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 70 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 71 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 72 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 73 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 74 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 75 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 76 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 77 | 0,8994                      | 2,8172        |
| Load Point 78 | 0,8994                      | 2,8172        |

| <i>Load Point</i> | Indeks Keandalan <i>Load Point</i> |               |
|-------------------|------------------------------------|---------------|
|                   | $\alpha$ (gangguan/tahun)          | U (jam/tahun) |
| Load Point 79     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 80     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 81     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 82     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 83     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 84     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 85     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 86     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 87     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 88     | 0,8994                             | 2,8172        |
| Load Point 89     | 0,8994                             | 2,8172        |

Dari tabel diatas, kita dapat menentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada *Section 4*. Contoh SAIFI pada *load Point 42*, nilai SAIFInya dapat ditentukan dengan mengalikan  $\alpha$  LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsumen keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha Ni}{\sum Ni}$$

$$SAIFI_{LP67} = \frac{2,8172 \times 3}{11387} = 0,000236954$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i.N_i}{\sum Ni}$$

$$SAIDI_{LP67} = \frac{0,13371 \times 3}{11387} = 0,000742215$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *Load Point 67* hingga *Load Point 89* menggunakan cara yang sama. Untuk mencari SAIFI dan SAIDI total *Section 5* dilakukan penjumlahan total SAIFI dan SAIDI tiap *Load Point Section*. Berikut tabel SAIDI dan SAIFI *Section 5*.



**Tabel 4.99.** Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Section 5*

| No. Load Point | Indeks Keandalan          |                      |
|----------------|---------------------------|----------------------|
|                | SAIFI<br>(Gangguan/Tahun) | SAIDI<br>(Jam/Tahun) |
| 67             | 0,00024                   | 0,00074              |
| 68             | 0,00016                   | 0,00049              |
| 69             | 0,00039                   | 0,00124              |
| 70             | 0,00008                   | 0,00025              |
| 71             | 0,01422                   | 0,04453              |
| 72             | 0,00671                   | 0,02103              |
| 73             | 0,00687                   | 0,02152              |
| 74             | 0,01769                   | 0,05542              |
| 75             | 0,01777                   | 0,05567              |
| 76             | 0,00766                   | 0,02400              |
| 77             | 0,00024                   | 0,00074              |
| 78             | 0,00008                   | 0,00025              |
| 79             | 0,01090                   | 0,03414              |
| 80             | 0,00442                   | 0,01385              |
| 81             | 0,00008                   | 0,00025              |
| 82             | 0,00972                   | 0,03043              |
| 83             | 0,00118                   | 0,00371              |
| 84             | 0,01366                   | 0,04280              |
| 85             | 0,00016                   | 0,00049              |
| 86             | 0,00742                   | 0,02326              |
| 87             | 0,01414                   | 0,04429              |
| 88             | 0,00032                   | 0,00099              |
| 89             | 0,01848                   | 0,05789              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>0,15260</b>            | <b>0,47799</b>       |

Jadi nilai indeks keandalan (SAIFI dan SAIDI) section 5 adalah **0,152599** gangguan/tahun dan **0,4779863** jam/tahun.

Nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) saat setelah penerapan DG dapat ditentukan dengan menjumlahkan jumlah SAIDI semua *section* dan SAIFI semua *section*. SAIFI dihitung dengan menjumlahkan secara total nilai SAIFI *section 1* sampai *section 5*. SAIDI dihitung dengan menjumlahkan secara

total nilai SAIDI *section* 1 sampai *section* 5. Nilainya dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.100.** Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Feeder* GDO 04 dan Palur 01 Dengan PLTSa

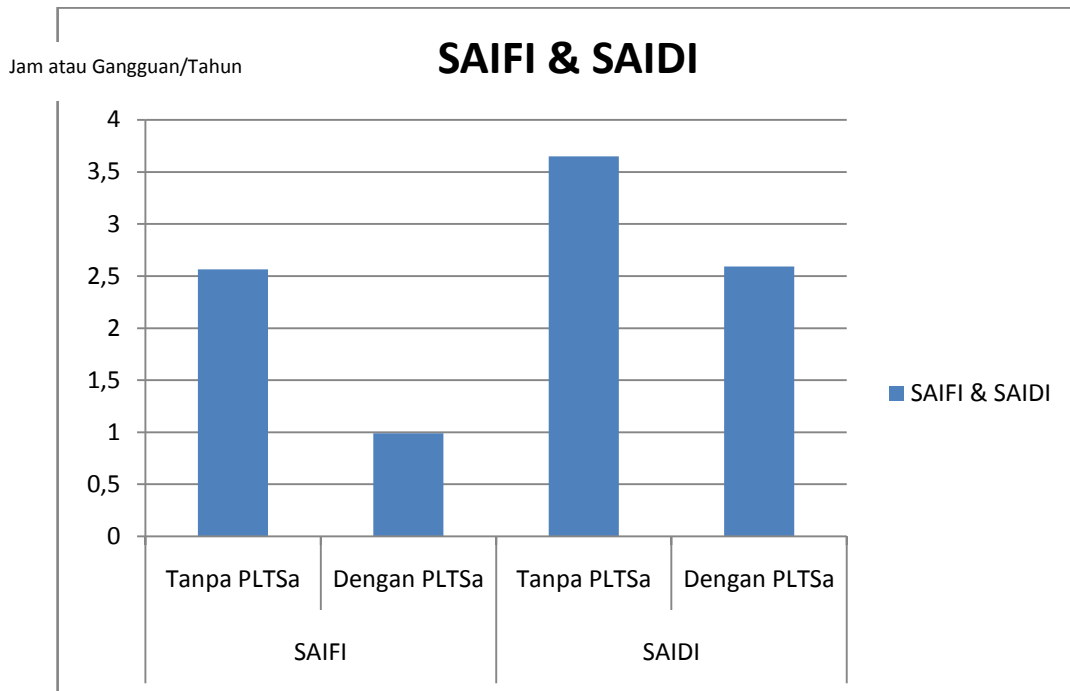
| No.          | No. Section | Indeks Keandalan Sistem |                   |
|--------------|-------------|-------------------------|-------------------|
|              |             | SAIFI (Gangguan/Tahun)  | SAIDI (Jam/Tahun) |
| 1            | <b>1</b>    | 0,23880                 | 0,73850           |
| 2            | <b>2</b>    | 0,25046                 | 0,26572           |
| 3            | <b>3</b>    | 0,05472                 | 0,16928           |
| 4            | <b>4</b>    | 0,29475                 | 0,91360           |
| 5            | <b>5</b>    | 0,15260                 | 0,47799           |
| <b>TOTAL</b> |             | <b>0,99132</b>          | <b>2,56509</b>    |

Jadi Untuk penyulang yang dianalisis setelah diterapkan PLTSa diperoleh nilai SAIFI sebesar **0,99132** kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar **2,56509** jam/tahun.

Dari perhitungan menggunakan metode *section technique*, kita dapat melihat perbandingan indeks keandalan antara sebelum dan setelah penerapan DG (PLTSa). Setelah terpasang DG (PLTSa), ternyata sangat efektif dalam meningkatkan kualitas indeks keandalan, seperti yang disajikan dalam tabel berikut,

**Tabel 4.101.** Perbandingan Indeks Keandalan (SAIFI dan SAIDI) *Feeder* GDO 04 dan Palur 01 Saat Sebelum dan Setelah Pemasangan PLTSa

| No. Section  | Indeks Keandalan Sistem |                |                |                |
|--------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|
|              | SAIFI                   |                | SAIDI          |                |
|              | Tanpa PLTSa             | Dengan PLTSa   | Tanpa PLTSa    | Dengan PLTSa   |
| 1            | 0,49577                 | 0,23880        | 0,77703        | 0,73850        |
| 2            | 0,37709                 | 0,25046        | 1,06346        | 2,56509        |
| 3            | 0,37709                 | 0,05472        | 0,35283        | 0,16928        |
| 4            | 0,46065                 | 0,29475        | 0,93851        | 0,91360        |
| 5            | 0,42083                 | 0,15260        | 0,51809        | 0,47799        |
| <b>Total</b> | <b>2,56509</b>          | <b>0,99132</b> | <b>3,64992</b> | <b>2,59052</b> |



**Gambar 4.18.** Grafik Indeks Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Sebelum dan Setelah Penerapan DG (PLTSa)

Jadi nilai SAIDI dan SAIFI mengalami perbaikan yang signifikan, hal ini bisa dilihat dari tabel dan gambar diatas yang menyatakan bahwa, SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) sebelum penetrasi PLTSa adalah 2,56509 Gangguan/tahun setelah penetrasi PLTSa, SAIFI menjadi 0,99132 Gangguan/tahun atau mengalami perbaikan 61,36%. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) sebelum penetrasi PLTSa adalah 3,64992 Jam/tahun dan setelah penetrasi PLTSa, SAIDI menjadi 2,59052 Jam/tahun atau mengalami perbaikan 29%. Hal ini terjadi karena sebelum penerapan DG, penyulang berkonfigurasi radial dan setelah penerapan DG penyulang berkonfigurasi interkoneksi.