

PENENTUAN TARGET INDEKS KEANDALAN, *DROP* TEGANGAN, DAN RUGI DAYA PADA *FEEDER* SRL07 GI SRONDOL MENGGUNAKAN ETAP 7.5.0

Thariq Fathony Aziz^{*)}, Juningtyastuti, and Bambang Winardi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email : thariqfathony@gmail.com

Abstrak

Feeder SRL06 GI Sronдол Semarang yang menyuplai sebagian kawasan Tembalang termasuk kampus Universitas Diponegoro dan Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND) Semarang memiliki tingkat keandalan yang kurang baik dengan indeks SAIFI 20 kali/tahun dan SAIDI sebesar 14,12 jam/tahun. Angka ini tidak sesuai dengan tingkat mutu pelayanan yang ditetapkan dalam Standar PLN (SPLN) 59 : 1985. Oleh karena itu PT. PLN (Persero) Semarang Selatan menambah sebuah *feeder* baru yang menyuplai khusus wilayah kampus Universitas Diponegoro termasuk Rumah Sakit Nasional Diponegoro, Perumahan Bukit Diponegoro, dan Jurang Belimbing yang diberi nama *feeder* SRL07. Penelitian ini membahas target indeks SAIFI dan SAIDI *feeder* SRL07 tersebut dengan simulasi ETAP 7.5.0 berdasarkan laju kegagalan komponen yang terdapat pada jaringan. Simulasi *drop* tegangan dan rugi daya memastikan nilainya telah memenuhi standar regulasi tegangan desain Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV yang terdapat pada SPLN 72 : 1987 dengan hasil simulasi menunjukkan nilai SAIFI sebesar 2,1727 kali/pelanggan.tahun dan SAIDI 6,5016 jam/pelanggan.tahun. Sedangkan tegangan pada ujung saluran SRL07 sebesar 19,648 kV atau mengalami drop tegangan sebesar 1,76% dari tegangan nominal dengan rugi daya pada saluran sebesar 0,034 MW.

Kata kunci: SAIFI, SAIDI, drop tegangan, rugi daya.

Abstract

SRL06 feeder from Sronдол Substation supplies a half of Tembalang region including Diponegoro University and National Diponegoro Hospital has a poor reliability levels with SAIFI indices 20 faults/year and SAIDI of 14,12 hours/year. This performance doesn't fulfill with the level of quality service according to PLN standard (SPLN) No. 59 : 1985. Therefore, PT. PLN (Persero) Semarang Selatan adds a specific feeder that supplies area of Diponegoro University, National Diponegoro Hospital, Bukit Diponegoro, and Jurang Belimbing regency and this feeder is named SRL07. This final assignment discusses the SAIFI and SAIDI indices of SRL07 feeder using ETAP 7.5.0 simulation based on the failure rate of the components contained in the network. The voltage drop and power loss simulation make sure it value have met the standard of Medium Voltage Network (JTM) 20 kV design according to SPLN 72 : 1987 with the simulation results of SRL07 feeder show SAIFI value 2,1727 faults/customer.year and SAIDI 6,5016 hours/customer.year while the voltage at the end of the line SRL07 is 19,648 kV or experiencing a voltage drop of 1,76% from the nominal voltage with total power loss of 0,034 MW.

Keyword: SAIFI, SAIDI, voltage drop, power loss.

1. Pendahuluan

Feeder SRL06 GI Sronдол Semarang yang menyuplai sebagian kawasan Tembalang termasuk kampus Universitas Diponegoro dan Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND) Semarang memiliki tingkat keandalan yang kurang baik dengan indeks SAIFI 20 kali/tahun dan SAIDI sebesar 14,12 jam/tahun. Angka ini tidak sesuai dengan tingkat mutu pelayanan yang ditetapkan PLN. Berkaitan dengan program PT. PLN (Persero) Semarang Selatan untuk mengganti trafo daya I

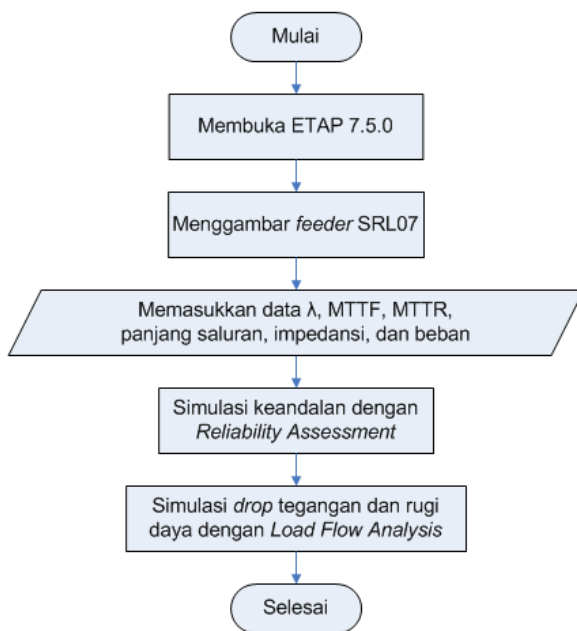
Gardu Induk Sronдол berkapasitas 30 MVA dengan trafo daya berkapasitas 60 MVA, maka PT. PLN (Persero) Semarang Selatan menambah sebuah *feeder* baru yang menyuplai khusus wilayah kampus Universitas Diponegoro dan beberapa perumahan disekitarnya yaitu Bukit Diponegoro dan Jurang Belimbing serta Rumah Sakit Nasional Diponegoro yang diberi nama *feeder* SRL07. Penambahan *feeder* ini akan memisahkan daerah perumahan penduduk di Tembalang dengan Universitas Diponegoro dan RSND sehingga penyebab gangguan dapat dikurangi agar suplai listrik ke Universitas

Diponegoro dan RSND dapat berlangsung secara kontinyu dengan angka pemadaman yang kecil.

Rugi-rugi pada sistem distribusi merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari. Rugi-rugi ini berupa *drop* tegangan dan rugi daya. Menurut Erhaneli dan Riski [1] perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan *drop* tegangan. Penambahan *feeder* SRL07 ini merupakan bagian dari perkembangan sistem kelistrikan yang mengikuti pertumbuhan beban.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis mencoba menentukan target indeks keandalan SAIFI dan SAIDI, *drop* tegangan, dan rugi daya pada *feeder* SRL07 GI Srandol dengan simulasi menggunakan *software* ETAP 7.5.0.

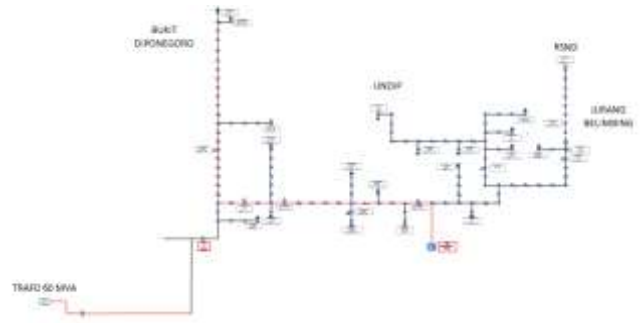
2. Metode



Gambar 1. Bagan alir penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Semarang dan PT. PLN (Persero) Semarang Selatan antara lain *single line diagram*, dan data pembebanan *feeder* SRL06 bulan Maret 2015. Selain itu terdapat juga data hasil survey dan literatur seperti jumlah trafo distribusi pada kawasan Universitas Diponegoro, laju kegagalan komponen, dan impedansi penghantar.



Gambar 2. Single line diagram SRL07

Tabel 1. Laju kegagalan komponen sistem distribusi

| Komponen | Failure Rate (λ) | Repair Time (jam) |
|----------------------|------------------|-------------------|
| SUTM | 0,2/km/tahun | 3 |
| SKUTM | 0,07/km/tahun | 10 |
| Pemutus tenaga (PMT) | 0,004/unit/tahun | 10 |
| Sakelar beban | 0,003/unit/tahun | 10 |
| Sakelar pisah | 0,003/unit/tahun | 10 |
| Penutup balik | 0,005/unit/tahun | 0,25 |
| Penyambungkabel | 0,001/unit/tahun | 15 |
| Trafo | 0,005/unit/tahun | 10 |
| Pelindung jaringan | 0,005/unit/tahun | 0,25 |
| Rel (bus) | 0,001/unit/tahun | 10 |

Tabel 2. Trafo distribusi feeder SRL07

| No. | Titik Beban | Lokasi | Kapasitas (kVA) |
|-----|-------------|----------------------|-----------------|
| 1 | Load74 | Student Center | 25 |
| 2 | Load114 | Laboratorium Terpadu | 25 |
| 3 | Load67 | Teknik Industri | 25 |
| 4 | Load105 | Fakultas Kedokteran | 25 |
| 5 | Load92 | Fakultas Hukum | 25 |
| 6 | Load66 | Jurang Belimbing | 25 |
| 7 | Load108 | RSND | 25 |
| 8 | Load84 | Lingkar Utara UNDIP | 25 |
| 9 | Load75 | Teknik Sipil | 50 |
| 10 | Load102 | Lapangan Basket MIPA | 50 |
| 11 | Load107 | Jurang Belimbing | 50 |
| 12 | Load63 | Jurang Belimbing | 50 |
| 13 | Load64 | Jurang Belimbing | 50 |
| 14 | Load110 | Jurang Belimbing | 50 |
| 15 | Load111 | Jurang Belimbing | 50 |
| 16 | Load97 | Teknik Sipil | 100 |
| 17 | Load79 | FISIP | 100 |
| 18 | Load96 | FIB | 100 |
| 19 | Load87 | FEB | 100 |
| 20 | Load95 | FEB | 100 |
| 21 | Load78 | FISIP | 160 |
| 22 | Load88 | D3 UNDIP | 160 |
| 23 | Load73 | Rektorat | 160 |
| 24 | Load81 | Fakultas Hukum | 200 |
| 25 | Load82 | FEB | 200 |
| 26 | Load98 | ICT | 200 |
| 27 | Load112 | ICT | 200 |
| 28 | Load113 | Laboratorium Terpadu | 200 |
| 29 | Load100 | Teknik Industri | 200 |
| 30 | Load68 | FPIK | 200 |
| 31 | Load65 | Keperawatan | 200 |
| 32 | Load77 | Teknik Arsitektur | 250 |
| 33 | Load60 | Gedung Soedharto | 250 |
| 34 | Load101 | Kelautan | 400 |
| 35 | Load61 | Fakultas Peternakan | 400 |
| 36 | Load93 | Fakultas Hukum | 400 |
| 37 | Load72 | Teknik Elektro | 400 |
| 38 | Load69 | FKM | 400 |
| 39 | Load103 | FKM | 400 |
| 40 | Load104 | Psikologi | 400 |
| 41 | Load76 | Teknik Sipil | 400 |
| 42 | Load94 | Perpustakaan UNDIP | 400 |
| 43 | Load71 | Teknik Mesin | 630 |
| 44 | Load99 | Teknik Kimia | 630 |
| 45 | Load86 | Bukit Diponegoro | 750 |
| 46 | Load106 | Fakultas Kedokteran | 1000 |
| 47 | Load70 | MIPA | 1000 |
| 48 | Load109 | RSND | 1000 |

Tabel 3. Impedansi penghantar

| Jenis | Ukuran (mm ²) | Z ₁ , Z ₂ (ohm/km) | | Z ₀ (ohm/km) | |
|-------|---------------------------|--|--------|-------------------------|--------|
| | | R | jX | R | jX |
| SKUTM | 240 | 0,125 | 0,1057 | 0,125 | 0,1057 |
| AAAC | 240 | 0,1344 | 0,3158 | 0,2824 | 1,6033 |
| AAAC | 35 | 0,9217 | 0,3790 | 1,0697 | 1,6665 |

Tabel 4. Data pembebanan feeder SRL06

| Gardu Induk | Feeder | Rating Arus (A) | Arus Beban (A) | Persentase Beban (%) |
|-------------|--------|-----------------|----------------|----------------------|
| Sronдол | SRL06 | 480 | 203 | 42 |

Dari Tabel 4 dapat dilihat arus beban pada feeder SRL06 sebesar 203 Ampere, atau sama dengan 42 persen dari rating arus yang diterapkan pada GI Sronдол. Persentase beban ini sama dengan 47 persen dari kapasitas trafo distribusi yang ada di SRL06 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\%trafo = \frac{\sqrt{3}VI_{beban}}{S_{total\ trafo\ distribusi}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\%trafo = \frac{\sqrt{3} \times 20\text{ kV} \times 203\text{ A}}{15015\text{ kVA}} \times 100\%$$

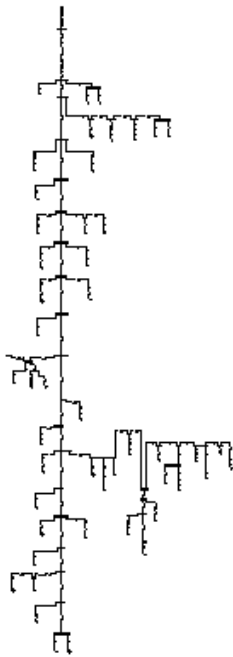
$$\%trafo = \frac{7032}{15015} \times 100\%$$

$$\%trafo = 47\%$$

Karena beban SRL07 merupakan pelepasan dari sebagian beban SRL06, maka persentase pembebanan trafo yang digunakan sama yaitu 47% dari kapasitas trafo.

2.2 Penggambaran Pada ETAP 7.5.0

Penggambaran jaringan SRL07 pada ETAP 7.5.0 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penggambaran SRL07 pada ETAP 7.5.0

2.3 Input Parameter Jaringan

Penentuan target indeks keandalan, *drop* tegangan, dan rugi daya dengan menggunakan ETAP memerlukan parameter yang dimasukkan dalam programnya. Untuk simulasi keandalan parameter yang dimasukkan adalah laju kegagalan komponen yang terdapat pada Tabel 1. Sedangkan untuk menentukan target *drop* tegangan dan rugi daya menggunakan data impedansi penghantar pada Tabel 3 dan parameter-parameter pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Sistem

| Parameter | Nilai |
|------------------------|------------|
| Tegangan rating | 150/20 kV |
| Frekuensi | 50 Hz |
| Faktor daya | 85% |
| %Z trafo daya | 12,078% |
| Jarak antar tiang | 50 meter |
| Beban trafo distribusi | 47% |
| Kapasitas trafo daya | 60 MVA |
| MVAsc trafo daya | 2147 MVAsc |

2.4 Simulasi ETAP

Simulasi untuk menentukan target indeks keandalan menggunakan menu “Reliability Assessment” dengan hasil keluaran pada *Reliability Assessment Report* adalah indeks SAIFI dan SAIDI. Kemudian untuk menentukan dan mengetahui besarnya *drop* tegangan dan rugi daya pada saluran menggunakan menu “Load Flow Analysis” dengan hasil keluaran besarnya *drop* tegangan pada tiap bus dan rugi daya pada keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada *Load Flow Report*.

3. Hasil Dan Analisa

Dibawah ini akan ditunjukkan hasil dari simulasi ETAP disertai pembahasannya secara matematis.

3.1 Target Keandalan Feeder SRL07

Langkah perhitungan indeks keandalan pada simulasi ETAP adalah menghitung laju kegagalan titik beban (λ_i) terlebih dahulu. Kemudian menghitung lama gangguan tahunan pada titik beban (U_i). Berikut adalah perhitungan laju kegagalan dan lama gangguan tahunan pada salah satu titik beban yaitu Bus2.

- Laju Kegagalan Bus2

Laju kegagalan pada bus 2 dipengaruhi oleh laju kegagalan bus 1, 2 buah PMT, 1 buah trafo daya, 65 bus, 930 meter SKUTM, 6967 meter SUTM, 3 ABSW, 45 trafo dsitribusi, dan 45 *Fuse Cut Out* (FCO). Sehingga laju kegagalan bus 2 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + 2 \times \lambda_{pmt} + \lambda_{trafo} + 65 \times \lambda_{bus} + 0,93 \times \lambda_{SKUTM} + 6,967 \times \lambda_{SUTM} + 3 \times \lambda_{ABSW} + 45 \times \lambda_{trafo} + 45 \times \lambda_{FCO}$$

$$\lambda_2 = 0,005 + 2 \times 0,004 + 0,005 + 65 \times 0,001 + 0,93 \times 0,07 + 6,967 \times 0,2 + 3 \times 0,003 + 45 \times 0,005 + 45 \times 0,005$$

$$\lambda_2 = 1,9965 \text{ kali/tahun}$$

- Lama Gangguan Tahunan Bus2

Perhitungan lama gangguan pada bus 2 dipengaruhi oleh lama gangguan pada bus sebelumnya yaitu bus 1 (U_1), 2 buah PMT, 1 trafo daya, 65 bus, 930 meter SKUTM, 3 ABSW, dan 8067 meter SUTM. Dengan demikian penentuan laju kegagalan pada bus 2 adalah sebagai berikut.

$$U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \times r_j \quad (3)$$

$$U_2 = U_1 + 65 \times U_{bus} + 2 \times U_{PMT} + U_{trafo} + 0,93 \times U_{SKUTM} + 8,067 \times U_{SUTM}$$

$$U_2 = U_1 + 65 \times \lambda_{bus} \times MTTR_{bus} + 2 \times \lambda_{PMT} \times MTTR_{PMT} + \lambda_{trafo} \times MTTR_{trafo} + 0,93 \times \lambda_{SKUTM} \times MTTR_{SKUTM} + 8,067 \times \lambda_{SUTM} \times MTTR_{SUTM}$$

$$U_2 = 0,05 + 65 \times 0,001 \times 10 + 2 \times 0,004 \times 10 + 0,005 \times 10 + 0,93 \times 0,07 \times 3 + 8,067 \times 0,2 \times 3$$

$$U_2 = 5,97 \text{ jam/tahun}$$

Hasil perhitungan laju kegagalan dan lama gangguan tahunan diatas direkapitulasi dari seluruh titik beban dalam simulasi dan ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi laju kegagalan dan lama gangguan tahunan seluruh titik beban

| No. | Titik Beban | λ_i (f/year) | U_i (h/year) | N |
|-----|-------------|----------------------|----------------|-----|
| 1 | Bus 1 | 0,005 | 0,05 | 0 |
| 2 | Bus 2 | 1,9965 | 5,97 | 0 |
| 3 | Bus 3-0 | 2,0056 | 6 | 0 |
| 4 | Bus 4-0 | 2,0616 | 6,17 | 0 |
| 5 | Bus 5-0 | 2,1016 | 6,29 | 0 |
| 6 | Load 88 | 2,1186 | 6,37 | 1 |
| 7 | Load 92 | 2,1211 | 6,38 | 1 |
| 8 | Load 93 | 2,1211 | 6,38 | 2 |
| 9 | Load 84 | 2,1436 | 6,44 | 1 |
| 10 | Load 94 | 2,1661 | 6,51 | 2 |
| 11 | Load 87 | 2,1865 | 6,57 | 1 |
| 12 | Load 86 | 2,1886 | 6,58 | 341 |
| 13 | Load 95 | 2,1886 | 6,58 | 1 |
| 14 | Load 82 | 2,1336 | 6,41 | 1 |
| 15 | Load 81 | 2,1311 | 6,41 | 1 |
| 16 | Load 96 | 2,1386 | 6,43 | 1 |
| 17 | Load 77 | 2,1536 | 6,47 | 1 |
| 18 | Load 78 | 2,1486 | 6,46 | 1 |
| 19 | Load 79 | 2,1516 | 6,47 | 1 |
| 20 | Load 76 | 2,1536 | 6,47 | 2 |
| 21 | Load 97 | 2,1536 | 6,47 | 1 |
| 22 | Load 75 | 2,1611 | 6,5 | 1 |
| 23 | Load 98 | 2,1661 | 6,51 | 1 |
| 24 | Load 74 | 2,1586 | 6,49 | 1 |
| 25 | Load 112 | 2,1711 | 6,53 | 1 |
| 26 | Load 114 | 2,1686 | 6,52 | 1 |
| 27 | Load 113 | 2,1711 | 6,53 | 1 |
| 28 | Load 60 | 2,1736 | 6,53 | 1 |
| 29 | Load 61 | 2,1736 | 6,53 | 2 |
| 30 | Load 99 | 2,1836 | 6,56 | 2 |
| 31 | Load 67 | 2,1861 | 6,57 | 1 |
| 32 | Load 100 | 2,1861 | 6,57 | 1 |
| 33 | Load 101 | 2,1886 | 6,58 | 2 |
| 34 | Load 68 | 2,1986 | 6,61 | 1 |
| 35 | Load 71 | 2,2061 | 6,63 | 2 |
| 36 | Load 72 | 2,2136 | 6,65 | 2 |
| 37 | Load 73 | 2,2261 | 6,69 | 1 |
| 38 | Load 102 | 2,1986 | 6,61 | 1 |
| 39 | Load 69 | 2,2036 | 6,62 | 2 |
| 40 | Load 103 | 2,2074 | 6,64 | 2 |
| 41 | Load 70 | 2,2161 | 6,66 | 2 |
| 42 | Load 104 | 2,2161 | 6,66 | 2 |
| 43 | Load 105 | 2,2174 | 6,67 | 1 |
| 44 | Load 106 | 2,2199 | 6,67 | 2 |
| 45 | Load 107 | 2,1911 | 6,59 | 38 |
| 46 | Load 63 | 2,1961 | 6,6 | 38 |
| 47 | Load 65 | 2,2011 | 6,62 | 1 |
| 48 | Load 64 | 2,2011 | 6,62 | 38 |
| 49 | Bus 21-0 | 2,1991 | 6,58 | 76 |
| 50 | Bus 22 | 2,2016 | 6,59 | 19 |
| 51 | Load 108 | 2,2161 | 6,66 | 1 |
| 52 | Load 109 | 2,2161 | 6,66 | 2 |

Setelah laju kegagalan, lama gangguan tahunan, dan jumlah pelanggan (N) pada setiap titik beban didapatkan, maka selanjutnya dapat dihitung indeks SAIFI dan SAIDI-nya.

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

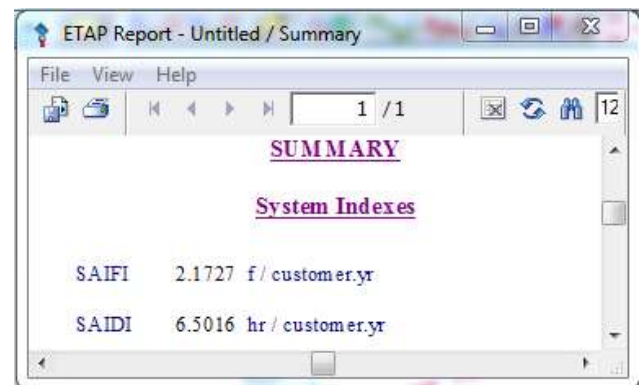
$$SAIFI = \frac{\sum ((0,005 \times 0) + (1,9965 \times 0) + \dots + (2,2161 \times 1) + (2,2161 \times 2))}{\sum (0 + 0 + \dots + 1 + 2)}$$

$$SAIFI = 2,1727 \text{ kali/tahun}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \tag{5}$$

$$SAIDI = \frac{\sum ((0,05 \times 0) + (5,97 \times 0) + \dots + (6,6 \times 1) + (6,6 \times 2))}{\sum (0 + 0 + \dots + 1 + 2)}$$

$$SAIDI = 6,5016 \text{ jam/tahun}$$



Gambar 4. Indeks SAIFI dan SAIDI hasil simulasi

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa target SAIFI feeder SRL07 adalah 2,1727 kali/pelanggan.tahun dan target SAIDI sebesar 6,5016 jam/pelanggan.tahun. Nilai ini telah memenuhi SPLN 59 : 1985 dengan batas maksimum indeks SAIFI 3,2 kali/pelanggan.tahun dan indeks SAIDI 21 jam/pelanggan.tahun [2].

3.2 Drop Tegangan Feeder SRL07

Perhitungan drop tegangan dalam simulasi ETAP menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta V = IL(R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \tag{6}$$

dimana

ΔV = drop tegangan (V)

I = arus yang melewati penghantar (A)

L = panjang penghantar (km)

R = resistansi penghantar (Ohm)

X = reaktansi penghantar (Ohm)

$\cos \theta$ = faktor daya

$\sin \theta$ = sin arc Cos θ

Hasil simulasi drop tegangan pada main feeder SRL07 ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil simulasi *drop* tegangan SRL07

| Lokasi/Bus | Vs (kV) | ΔV (kV) | V _{bus} (kV) |
|------------|---------|---------|-----------------------|
| Bus2 | 20,000 | 0,127 | 19,873 |
| Bus3-0 | 19,873 | 0,006 | 19,867 |
| Bus4-0 | 19,867 | 0,036 | 19,831 |
| Bus5-0 | 19,831 | 0,063 | 19,768 |
| Bus6-0 | 19,768 | 0,018 | 19,750 |
| Bus7-0 | 19,750 | 0,009 | 19,741 |
| Bus8-0 | 19,741 | 0,007 | 19,734 |
| Bus9-0 | 19,734 | 0,014 | 19,720 |
| Bus10-0 | 19,720 | 0,011 | 19,709 |
| Bus11-0 | 19,709 | 0,007 | 19,702 |
| Bus12-0 | 19,702 | 0,006 | 19,696 |
| Bus13-0 | 19,696 | 0,003 | 19,693 |
| Bus14-0 | 19,693 | 0,003 | 19,690 |
| Bus15-0 | 19,690 | 0,006 | 19,684 |
| Bus16-0 | 19,684 | 0,003 | 19,681 |
| Bus17-0 | 19,681 | 0,01 | 19,671 |
| Bus18-0 | 19,671 | 0,009 | 19,662 |
| Bus19-0 | 19,662 | 0,004 | 19,658 |
| Bus20-0 | 19,658 | 0,002 | 19,656 |
| Bus21-0 | 19,656 | 0,003 | 19,653 |
| Bus22-0 | 19,653 | 0,001 | 19,652 |
| Bus 23-0 | 19,652 | 0,004 | 19,648 |

Dari Tabel 7 dapat dihitung besarnya *drop* tegangan yang merupakan selisih antara tegangan pangkal dan tegangan ujung saluran pada *feeder* SRL07.

$$\Delta V = V_S - V_R \quad (7)$$

$$\begin{aligned} V_S &= 20 \text{ kV} \\ V_R &= 19,648 \text{ kV} \\ \Delta V &= 20 \text{ kV} - 19,648 \text{ kV} \\ &= 0,352 \text{ kV} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan besarnya *drop* tegangan dalam satuan kV, maka dapat dihitung besarnya persentase *drop* tegangan pada saluran sebagai berikut.

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\% \quad (8)$$

$$\% \Delta V = \frac{20 - 19,648}{20} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{0,352}{20} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = 1,76 \%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan persentase *drop* tegangan SRL07 sebesar 1,76%. Nilai ini telah memenuhi

batas *drop* tegangan yang terdapat dalam SPLN 72 : 1987 yaitu sebesar 5% [3].

3.3 Rugi Daya Feeder SRL07

Perhitungan rugi daya pada ETAP merupakan selisih antara daya yang dikirimkan dengan daya yang dikonsumsi. Hasil simulasi rugi daya *feeder* SRL07 pada ETAP ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil simulasi rugi daya SRL07

| | MW | Mvar | MVA |
|----------------------------------|-------|-------|-------|
| Source (Swing Buses): | 4,751 | 3,028 | 5,634 |
| Source (Non-Swing Buses): | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Total Demand: | 4,751 | 3,028 | 5,634 |
| Total Load: | 4,716 | 2,923 | 5,549 |
| Apparent Losses: | 0,034 | 0,105 | |

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa total daya yang dikirimkan (*Total Demand*) sebesar 4,751 MW dan daya yang dikonsumsi (*Total Load*) sebesar 4,716 MW. Sehingga besarnya selisih diantara keduanya yang menunjukkan rugi daya (*Apparent Losses*) yaitu sebesar 0,034 MW.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada simulasi untuk menentukan target indeks keandalan, *drop* tegangan, dan rugi daya pada *feeder* SRL07 yang menyuplai Universitas Diponegoro, Rumah Sakit Nasional Diponegoro, Perumahan Bukit Diponegoro, dan Jurang Belimbing didapatkan target indeks SAIFI 2,1727 kali/pelanggan.tahun, indeks SAIDI 6,5016 jam/pelanggan.tahun, *drop* tegangan 1,76% dari tegangan nominal, dan rugi daya keseluruhan pada saluran SRL07 sebesar 0,034 MW. Untuk mencapai target tersebut, diperlukan adanya upaya-upaya untuk meningkatkan keandalan jaringan seperti memasang dan melakukan koordinasi peralatan proteksi dan upaya mengurangi *drop* tegangan dan rugi daya diantaranya rekonduktor penghantar, pengaturan *tapping* trafo daya, dan manajemen pembebanan trafo serta *feeder* yang juga dapat disimulasikan dengan ETAP.

Referensi

- [1] Erhanelli dan Riski. *Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan pada SUTM 20 KV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci*. Jurnal Momentum Vol. 15 No. 2 Agustus 2013
- [2] SPLN 59 : 1985 Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV
- [3] SPLN 72 : 1987 Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

- [4] Brown, Richard E., *Electric Power Distribution Reliability Second Edition*, CRC Press Taylor & Francis Group, United States of America, 2009.
- [5] Chowdury, Ali A. dan Koval, Don O., *Power Distribution System Reliability*, John Wiley & Sons Inc. Publication, New Jersey, 2009.
- [6] Gonen, Turan, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw – Hill Book Company, Colombia, 1986.
- [7] Saodah, Siti, *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI*, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Nasional, Yogyakarta, 2008.
- [8] Short, Thomas A., *Electric Power Distribution Handbook Second Edition*, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 2014.
- [9] Sulasno, *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, 2001.
- [10] Anggoro, D.C., *Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Terdistribusi untuk Mengurangi Rugi Tegangan dan Rugi Daya pada Jaringan Distribusi Kabupaten Pelalawan*, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2015.
- [11] Prabowo, Aditya Teguh, *Perhitungan Nilai Indeks Keandalan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Secara Teoritik pada GI Pekalongan*, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2013.
- [12] Putro, A. P., *Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan dengan Menggunakan ETAP 7.5.0.*, Teknik Elektro Universitas Diponegoro 2015.