

**Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Tenggiri Gardu Induk Sei Kedukan Dengan Metode
*Failure Mode Effect Analysis***

Wiwin A Oktaviani¹, Enny Rianty², Taufik Barlian³

**^{1,2,3}Program Sudi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang,
Indonesia**

winarvin1302@gmail.com¹, enny.rianty@ymail.com², tfk_ap@yahoo.com³

Received 12 September 2019 | *Revised* 17 Oktober 2019 | *Accepted* 23 Oktober 2019

ABSTRAK

Penyulang Tenggiri merupakan penyulang terpanjang di GI Sei Kedukan Palembang. Penyulang ini diperuntukan untuk menyuplai beban ke Kecamatan Sp.Padang Kabupaten OKI. Penyulang ini banyak melewati areal pepohonan sehingga sering mengalami gangguan. Untuk mengukur tingkat keandalan penyulang ini dilakukan perhitungan indeks-indeks keandalan distribusi ; SAIFI, SAIDI, CAIFI, CAIDI, ENS dan AENS. Indeks keandalan ditinjau per titik beban. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menghitung gangguan yang terjadi di suatu titik beban berkontribusi terhadap kegagalan sistem secara keseluruhan. Setiap titik beban dihitung terlebih dulu nilai rata-rata laju kegagalan (λ) dan durasi kegagalannya (r) dan nilai durasi kegagalan tahunan (U) sebelum menghitung indeks keandalannya. Indeks kegagalan per titik beban kemudian diperbandingkan untuk menentukan titik beban yang kritis. Hasil perhitungan menunjukkan pada Penyulang Tenggiri ketidakandalan berada pada titik beban 1,2, 16, 21 dan 24 dimana titik beban 1 merupakan titik paling kritis dan mengalami kerugian terbesar diantara titik-titik beban lainnya dikarenakan titik beban ini merupakan titik beban terjauh.

Kata Kunci : *Indeks Keandalan System Distribusi, Titik Beban, System Distribusi 20 KV, Penyulang Tenggiri*

ABSTRACT

The Tenggiri feeder is the longest feeder in Sei Kedukan substation. This feeder is intended to supply the District of Sp.Padang, OKI Regency. These feeders pass through a lot of trees so they often get disturbed. To measure the reliability of these feeders, the calculation of the distribution reliability indices is performed; SAIFI, SAIDI, CAIFI, CAIDI, ENS and AENS. Reliability index reviewed by point load. This study uses the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method to determine the extent to which disruptions at a load point contribute to overall system failure. On each load point, the average failure rate (λ), the average failure duration (r) and the annual failure duration value (U) are calculated before calculating the reliability index. The failure index per load point is then compared to determine the critical load point. The results show that the load points 1,2, 16, 21 and 24 are the critical load points, where load point 1 is the most critical point and experiences the greatest loss among other load points because this load point is the furthest from the substation.

Keywords: *Distribution System Reliability Indices, Load Point, 20kV Distribution System, Tenggiri Feeder*

I. PENDAHULUAN

Proses penyaluran energi listrik ke pelanggan menjadi penentu baik atau tidaknya sistem penyaluran energi listrik secara terus menerus, semakin sering terjadinya gangguan maka tingkat keandalan suatu sistem penyaluran energi listrik semakin buruk. (Santoso & Nurhalim, 2016) Keandalan merupakan suatu tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu tertentu. Tingkat keandalan pelayanan pada konsumen dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan banyaknya frekuensi yang terjadi pada konsumen pertahun. (Nainggolan & Firdaus, 2016). Jaringan distribusi adalah jaringan sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan beban, sehingga tingkat keandalan jaringan ini perlu dievaluasi dengan menggunakan indeks-indeks keandalan yaitu SAIFI, SAIDI, CAIDI, CAIFI, ENS dan AENS guna menjaga dan meningkatkan kualitas penyaluran daya ke konsumen. Kemudian dari indeks-indeks tersebut akan dianalisis untuk mencari titik-titik beban yang tingkat keandalannya paling kritis dengan menggunakan metode FMEA. Dengan mengetahui titik-titik beban mana yang tingkat keandalannya rendah, selanjutnya dapat ditentukan langkah-langkah perbaikan sehingga lamanya dan frekuensi pemadaman dapat diminimalisir. Hal ini tentu berdampak pada peningkatan kepuasan konsumen dan berkurangnya kerugian yang dialami oleh produsen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan menyatakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Defenisi keandalan mengandung empat istilah penting yaitu fungsi, lingkungan, waktu dan probabilitas. (Rendra, 2007) Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan suatu sistem distribusi antara lain pemadaman (*interruption*), keluar (*outage*), lama keluar (*outage duration*), lama pemadaman (*interruption duration*), jumlah total konsumen terlayani, periode laporan pertahun. (Bilinton, 1970). Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks *load point* dan indeks sistem. Berdasarkan indeks-indeks *load point*, diperoleh sejumlah indeks keandalan untuk mengetahui tingkat keandalan sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan dengan lengkap mengenai kinerja sistem (Allan & Billinton, 1986). Perhitungan dalam menganalisis indeks keandalan jaringan distribusi sebagai berikut:

1) Indikasi keandalan *Load Based (point)*

Avarage failure Rate pada titik beban i , λ_i (laju kegagalan pertahun):

$$\lambda_i = \sum_{j \in N_e} \lambda_{e,j} \quad (1)$$

Annual Outage Duration pada titik beban i , U_i (jam/tahun):

$$U_i = \sum_{j \in N_e} \lambda_{e,j} \gamma_{i,j} \quad (2)$$

Avarage Outage Duration pada titik beban i , r_i (jam) :

$$\gamma_i = \frac{\text{rata-rata durasi pemadaman pada titik point } i, U_i}{\text{rata-rata kegagalan dasar pada beban point } i, \lambda_i} \quad (3)$$

Sehingga dari keandalan *load based (point)* didapat:

$$\lambda_j = \lambda_{s,j} + \sum_i^n = 1\lambda_{ij}r_{ij} + \sum_k^n = 1P_{kj}\lambda_{kj}r_{kj} \quad (4)$$

$$U_j = \lambda_{s,j}r_{s,j} + \sum_i^n = 1\lambda_{ij}r_{ij} + \sum_k^n = 1P_{kj}\lambda_{kj}r_{kj}$$

(5)

$$r_j = \frac{U_j}{\lambda_j} \quad (6)$$

dengan :

λ_j = laju kegagalan pada *load point* j.

U_j = rata-rata ketidaktersediaan tahunan *load point* j.

$r_{s,j}$ = rata-rata lama padam pada *load point* j.

$\lambda_{s,j}$ = laju kegagalan komponen seri terhadap *load point* j.

λ_{ij} = laju kegagalan seksi utama i terhadap *load point* j.

λ_{ij} = laju kegagalan seksi cabang k terhadap *load point* j.

P_{kj} = parameter kontrol seksi cabang k pada *load point* j.

r_{ij} = waktu *switching* atau waktu perbaikan *load point* j pada *main section*

$r_{s,j}$ = waktu perbaikan untuk elemen seri terhadap *load point* j.

r_{kj} = waktu *switching* atau waktu perbaikan *load point* j pada *lateral section*

2) Indikasi sistem dasar:

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (7)$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (8)$$

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} \quad (9)$$

$$\text{CAIFI} = \frac{\text{Jumlah pelanggan terkena gangguan}}{\text{Jumlah konsumen yang ikut terkena dampak gangguan}} \quad (10)$$

$$ENS = \sum La_i U_i \text{ (MWh/th)} \quad (11)$$

$$AENS = \frac{\text{Total Energi Tidak Tersuplai}}{\sum \text{Konsumen yang dilayani}} = \frac{\sum La_i U_i}{\sum N_i} \quad (12)$$

dengan :

λ_i = Frekuensi padam.

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran.

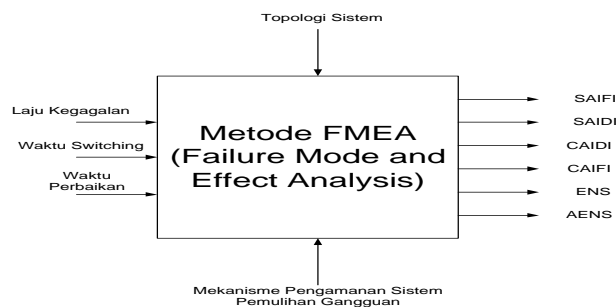
N = Jumlah pelanggan pada sistem.

U_i = Waktu padam dalam periode tertentu

La_i = Besarnya beban rata-rata yang terhubung di titik beban i .

B. Evaluasi Keandalan dengan Metode FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

FMEA merupakan suatu metode terstruktur yang digunakan untuk menganalisa serta mengevaluasi keandalan sistem distribusi yang didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan mempengaruhi operasi sistem. (Allan & Billinton, 1986). Analisa dengan metode ini di fokuskan pada mode kegagalan. Struktur perhitungan dengan metode FMEA ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 . Input dan output FMEA.

C. Analisis Kerugian Biaya dari Energi yang Tidak tersuplai

Teknik *value analysis* atau analisis nilai adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menuju keberhasilan dalam penekanan biaya atau pengefektifan biaya untuk meninjau bagaimana proses dan pelayanannya tetap baik dan handal. Mode kegagalan menjadi dasar dalam melakukan analisa dan evaluasi terhadap waktu pemadaman suatu sistem. Efek mode kegagalan tersebut disimulasikan terhadap setiap titik beban. (Praditama, Utomo, & Shidiq, 2014)

$$ENS = P_C t_{CA} \quad (14)$$

$$AENS = P_C t_{CA} \quad (15)$$

$$N = ENS \times TDL \quad (16)$$

$$N = AENS \times TDL \quad (17)$$

Dengan:

NS : Jumlah Total Energi yang tidak terkirim dalam durasi waktu tertentu.

AENS : Jumlah Total Energi rata-rata yang tidak terkirim

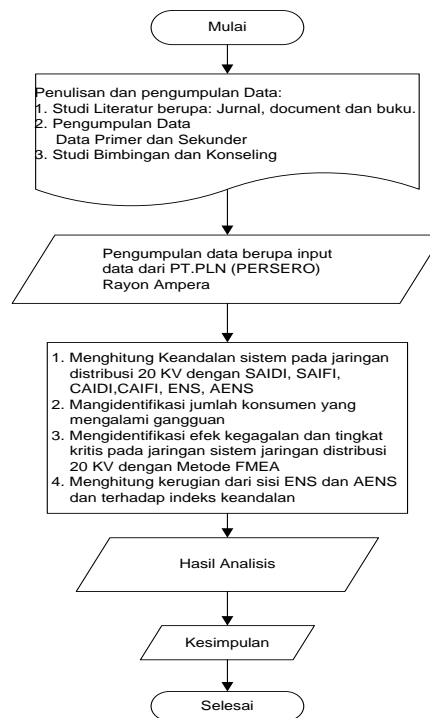
P_C : Jumlah total Energi yang tidak terkirim.

t_{CA} : Durasi waktu pemadaman.

III. METODE PENELITIAN

Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan perhitungan indeks *load point based* dan perhitungan indeks kendalan yaitu SAIFI, SAIDI, CAIDI, CAIFI, ENS, AENS serta menghitung besar energi serta total keseluruhan energi yang tidak tersalurkan ke konsumen pertahun dan kerugian per titik beban, dimana perhitungan ini dilakukan secara keseluruhan dan terperinci. Metode Analisis menggunakan Metode

FMEA dengan mengasumsikan pertimbangan mode kegagalan yaitu dalam hal ini Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) yang hanya mempertimbangkan laju kegagalan dan waktu perbaikan dari SUTM saja, tanpa memperhitungkan laju kegagalan dan waktu perbaikan peralatan jaringan distribusi 20kV lainnya. Peralatan proteksi dan generator diasumsikan *perfect switching* (tanpa gangguan) (Fatoni, 2016). Langkah pertama dalam perhitungan dengan Metode FMEA adalah membagi penyulang menjadi beberapa *load point* atau titik beban. Titik beban dibagi dengan melihat sejauh mana gangguan di suatu titik beban akan mengakibatkan kegagalan keseluruhan sistem. Biasanya pembagian ini dengan melihat posisi *Load Break Switch* (LBS). Selanjutnya dihitung nilai rata-rata laju kegagalan dan durasi kegagalan serta durasi kegagalan tahunan per titik beban. Nilai-nilai yang didapatkan kemudian digunakan untuk menghitung indeks-indeks kehandalan per titik beban. Selanjutnya indeks keandalan antar titik beban dibandingkan untuk mengidentifikasi titik beban mana yang memiliki nilai kehandalan yang rendah. Secara ringkas metode penelitian digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur penelitian

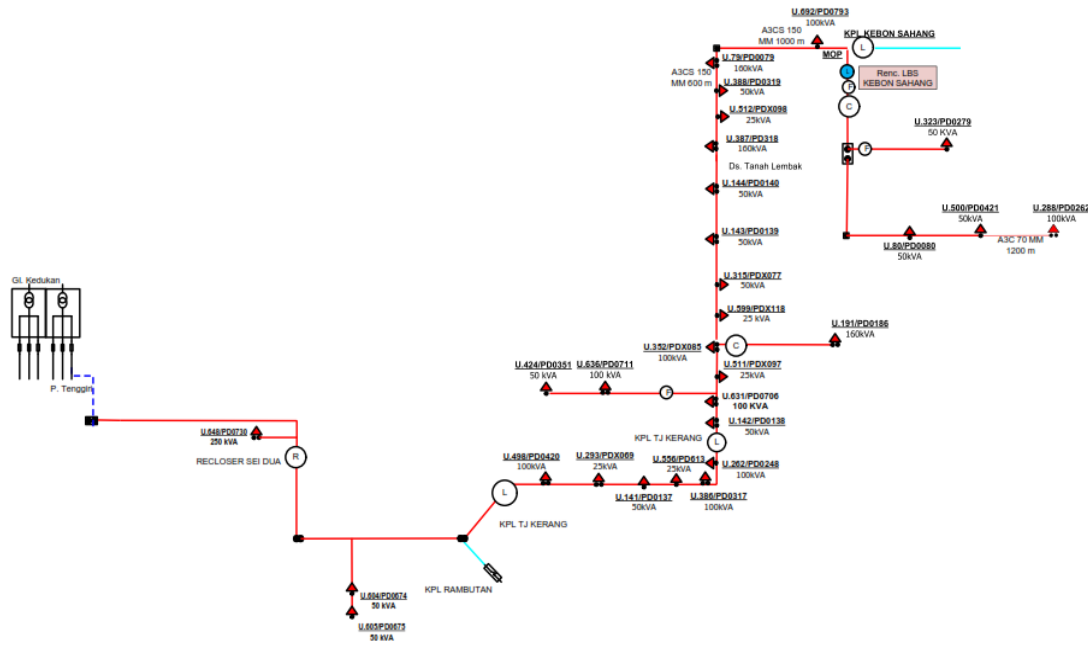
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyulang Tenggara merupakan salah satu penyulang di GI Sei Kedukan Palembang yang memiliki saluran terpanjang dan sebagian besar bagiannya berada pada daerah pepohonan sehingga rentan mengalami gangguan. Berikut adalah data-data teknis Penyulang Tenggara;

Tabel 1. Data keandalan peralatan pada sistem

| Peralatan | Laju Kegagalan / frekuensi gangguan (Tahun) | Repair Time (Jam) |
|------------------|---|-------------------|
| Saluran Udara | 0,2 /km/tahun | 3 |
| SKTM | 0,07/km/tahun | 10 |
| Recloser | 0,005/unit/tahun | 0,25 |
| Trafo Distribusi | 0,005/unit/tahun | 10 |
| LBS | 0,004/unit/tahun | 10 |
| Cut Off | 0,005/unit/tahun | 10 |

Sumber (SPLN, 1985).



Gambar 3. Diagram segaris penyulang Tenggara

Tabel 2. Panjang saluran pertitik beban (load point)

| No | Saluran | Panjang (km) | No. | Saluran | Panjang (km) | No. | Saluran | Panjang (km) |
|----|---------|--------------|-----|---------|--------------|-----|---------|--------------|
| 1 | L1 | 8 | 15 | L15 | 0,75 | 29 | L29 | 0,9 |
| 2 | L2 | 0,15 | 16 | L16 | 0,2 | 30 | L30 | 2,5 |
| 3 | L3 | 0,15 | 17 | L17 | 0,15 | 31 | L31 | 1,2 |
| 4 | L4 | 0,05 | 18 | L18 | 0,35 | 32 | L32 | 2,1 |
| 5 | L5 | 2,5 | 19 | L19 | 0,15 | 33 | L33 | 1 |
| 6 | L6 | 0,4 | 20 | L20 | 0,35 | 34 | L34 | 1 |
| 7 | L7 | 1,5 | 21 | L21 | 0,1 | 35 | L35 | 0,05 |
| 8 | L8 | 0,15 | 22 | L22 | 0,45 | 36 | L36 | 0,15 |
| 9 | L9 | 2,6 | 23 | L23 | 0,45 | 37 | L37 | 0,05 |
| 10 | L10 | 0,65 | 24 | L24 | 0,05 | 38 | L38 | 0,25 |
| 11 | L11 | 0,85 | 25 | L25 | 2,1 | 39 | L39 | 0,5 |
| 12 | L12 | 3 | 26 | L26 | 1,2 | 40 | L40 | 0,95 |
| 13 | L13 | 1,25 | 27 | L27 | 1 | 41 | L41 | 0,75 |
| 14 | L14 | 0,95 | 28 | L28 | 0,4 | 42 | L42 | 0,5 |

Tabel 3. Data Perbulan ENS Penyulang Tenggara PT. PLN (Persero) Rayon Ampera

| No. | Bulan | Tahun | ENS | No. | Bulan | Tahun | ENS |
|-----|-----------|-------|------|-----|----------|-------|------|
| 1 | Januari | | 2508 | 1 | Oktober | | 3137 |
| 2 | Februari | | 5580 | 2 | November | | 6523 |
| 3 | Maret | | 2193 | 3 | Desember | | 7224 |
| 4 | April | | 2798 | 4 | Januari | 2017- | 2139 |
| 5 | Mei | 2017 | 2243 | 5 | Februari | 2018 | 2915 |
| 6 | Juni | | 5093 | 6 | Maret | | 2268 |
| 7 | Juli | | 947 | 7 | April | | 3182 |
| 8 | Agustus | | 2514 | 8 | Mei | | 4139 |
| 9 | September | | 9650 | | | | |

Tabel 4. Data jumlah konsumen dan jumlah daya pertitik beban

| T.B | Daya Gardu (VA) | Jumlah Konsumen | Total Beban/ Gardu (KW/ Gardu) | T.B | Daya Gardu (VA) | Jumlah Konsumen | Total Beban/ Gardu (KW/ Gardu) |
|-----|-----------------|-----------------|--------------------------------|-----|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | 250000 | 192,30796923 | 163,4615385 | 15 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 |
| 2 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 | 16 | 160000 | 123,0769231 | 104,6153846 |
| 3 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 | 17 | 25000 | 19,23076923 | 16,34615385 |
| 4 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 | 18 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 5 | 25000 | 192,3076923 | 16,34615385 | 19 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 6 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 | 20 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 7 | 25000 | 19,23076923 | 16,34615385 | 21 | 160000 | 123,0769231 | 104,6153846 |
| 8 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 | 22 | 25000 | 19,23076923 | 16,34615385 |
| 9 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 | 23 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 10 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 | 24 | 160000 | 123,0769231 | 104,6153846 |
| 11 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 | 25 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 12 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 | 26 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 13 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 | 27 | 50000 | 38,46153846 | 32,69230769 |
| 14 | 25000 | 19,23076923 | 16,34615385 | 28 | 100000 | 76,92307692 | 65,38461538 |

Data-data tersebut diolah untuk mendapatkan perhitungan laju kegagalan (λ), waktu perbaikan (r) dan ketersediaan (U) dengan persamaan (4), (5), dan (6). Hasil perhitungan indeks keandalan dasar per titik beban tersebut dirangkum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Keandalan Dasar Pertitik Beban

| T.B | (λ) | (r) | (U) | T.B | (λ) | (r) | (U) |
|-----|---------------|---------|---------|-----|---------------|---------|---------|
| 1 | 1,686 | 3,71 | 6,26 | 15 | 0,095 | 3,37 | 0,32 |
| 2 | 1,409 | 3,05 | 4,30 | 16 | 0,440 | 3,16 | 1,39 |
| 3 | 0,035 | 4,00 | 0,14 | 17 | 0,245 | 3,14 | 0,77 |
| 4 | 0,139 | 3,16 | 0,48 | 18 | 0,205 | 3,17 | 0,65 |
| 5 | 0,175 | 3,20 | 0,56 | 19 | 0,085 | 3,41 | 0,29 |
| 6 | 0,605 | 3,06 | 1,85 | 20 | 0,185 | 3,19 | 0,59 |
| 7 | 0,255 | 3,14 | 0,80 | 21 | 0,505 | 3,07 | 1,55 |
| 8 | 0,195 | 3,18 | 0,62 | 22 | 0,245 | 3,14 | 0,77 |
| 9 | 0,199 | 4,15 | 0,82 | 23 | 0,425 | 3,08 | 1,31 |
| 10 | 0,039 | 4,61 | 0,18 | 24 | 0,419 | 3,15 | 1,32 |
| 11 | 0,105 | 3,33 | 0,35 | 25 | 0,104 | 3,94 | 0,41 |
| 12 | 0,075 | 3,47 | 0,26 | 26 | 0,330 | 3,21 | 1,06 |
| 13 | 0,025 | 4,40 | 0,11 | 27 | 0,155 | 3,23 | 0,50 |
| 14 | 0,095 | 3,37 | 0,32 | 28 | 0,105 | 3,33 | 0,35 |

Hasil perhitungan pertitik beban menunjukkan bahwa titik beban kritis berada pada titik beban 1,2,16,21 dan 24 dimana titik beban 1 adalah yang paling kritis yang merupakan titik beban terjauh dari GI.. Hasil perhitungan tersebut dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Titik-titik kritis pada Penyulang Tenggiri

| Titik Kritis | SAIFI | SAIDI | CAIDI | CAIFI | ENS | AENS |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| 1 | 0,22 | 0,82 | 3,71 | 5,84 | 1023,47 | 5,32 |
| 2 | 0,03 | 0,10 | 3,05 | 40,26 | 140,63 | 3,66 |
| 16 | 0,03 | 0,11 | 3,16 | 1,00 | 145,41 | 1,18 |
| 21 | 0,04 | 0,12 | 3,07 | 0,51 | 162,15 | 1,32 |
| 24 | 0,03 | 0,11 | 3,15 | 0,39 | 138,09 | 1,12 |

Hasil perhitungan indeks keandalan dasar pertitik beban pada Penyulang Tenggiri dibandingkan dengan indeks keandalan standar PLN (SPLN, 1985) ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan hasil perhitungan indeks keandalan dengan standar PLN

| Keandalan | Indeks Keandalan | Data Standar PLN |
|-----------|------------------|------------------|
| SAIFI | 0,47 | 3 |
| SAIDI | 1,63 | 21 |
| CAIDI | 3,00 | 6 |
| CAIFI | 51,17 | - |
| ENS | 2.103,81 | - |
| AENS | 24,09 | - |

Hasil penelitian perhitungan sistem distribusi (Tabel 7) bahwa keandalan Penyulang Tenggara memenuhi standar PLN. Perhitungan pada indeks keandalan total perbulan (Januari 2017- Mei 2018) SAIFI 16,8884471 interupsi/konsumen/tahun, SAIDI 118, 21913 jam/konsumen/tahun, CAIDI 7 jam/konsumen terinterupsi, CAIFI 19,2810249 interupsi/konsumen, ENS 65053 kwh/tahun, AENS 39,402181 kwh/konsumen/tahun. Perhitungan yang didapatkan secara aspek ekonomi dari sisi PLN bisa di dapatkan dengan melihat dari sisi ENS dan AENS, untuk mengetahui berapa kerugian PT. PLN terhadap energi yang tidak tersalurkan ke pelanggan dalam waktu tertentu yaitu sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil perhitungan secara ekonomi pertitik beban

| ASPEK EKONOMI | | | | | |
|---------------|---------------|----------------|-----|---------------|----------------|
| T.B | (ENS) (Rp) | (AENS) (Rp) | T.B | (ENS) (Rp) | (AENS) (Rp) |
| 1 | 4.221.814 | 21.953 | 15 | 86.308 | 1.122 |
| 2 | 580.099 | 15.083 | 16 | 599.838 | 4.874 |
| 3 | 25.135 | 654 | 17 | 51.919 | 2.700 |
| 4 | 129.443 | 1.683 | 18 | 87.656 | 2.279 |
| 5 | 37.760 | 1.964 | 19 | 39.108 | 1.017 |
| 6 | 249.483 | 6.487 | 20 | 79.565 | 2.069 |
| 7 | 53.942 | 2.805 | 21 | 668.885 | 5.435 |
| 8 | 167.221 | 2.174 | 22 | 51.919 | 2.700 |
| 9 | 297.056 | 3.862 | 23 | 176.661 | 4.593 |
| 10 | 32.365 | 841 | 24 | 569.631 | 4.628 |
| 11 | 94.399 | 1.227 | 25 | 55.291 | 1.438 |
| 12 | 70.125 | 912 | 26 | 142.947 | 3.717 |
| 13 | 19.779 | 514 | 27 | 67.428 | 1.753 |
| 14 | 21.577 | 1.122 | 28 | 94.399 | 1.227 |

Hasil perhitungan energi yang tidak tersalurkan ke pelanggan dilihat pertitik beban didapat titik kritis yang mengalami kerugian yaitu titik 1 sebesar Rp. 4.221.814 dan Rp.21.953 , titik 2 sebesar Rp. 580.099 dan Rp.15.083, titik 16 sebesar Rp.599.838 dan Rp. 4.874, titik 21 sebesar Rp. 668.885 dan Rp.5.435, titik 24 sebesar Rp.569.631 dan Rp.4.628. Hasil perhitungan data PLN didapat kerugian yang terbesar pada bulan September 2017 yaitu Rp.235.653.000 dan Rp.142.733, pada bulan November 2017 kerugian sebesar Rp.100.633.583 dan Rp.60.953 serta kerugian sebesar Rp. 109.362.330 dan Rp.66.240 pada bulan Desember 2017.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil perhitungan dengan Metode FMEA menunjukkan pada Penyulang Kenari titik-titik beban dengan indeks ketidakandalan yang besar terdapat pada titik beban 1,2,16,21 dan 24. Titik beban 1 merupakan titik beban paling kritis dengan nilai indeks ketidakandalan tertinggi dibandingkan titik beban lainnya. Hal ini disebabkan karena titik beban 1 merupakan titik beban terjauh dari gardu induk. Sejalan dengan itu, maka nilai kerugian dalam rupiah juga tertinggi di titik beban tersebut. Dengan demikian untuk mengurangi nilai kerugian dan meningkatkan keandalan perlu ditambahkan *recloser* dan jalur penyaluran alternatif pada titik-titik beban tersebut.

B. Saran

Penelitian ini terbatas untuk mengidentifikasi titik-titik beban mana yang tingkat ketidakhandalannya tinggi. Untuk melengkapi hasil penelitian ini, disarankan pada penelitian berikutnya untuk mensimulasikan posisi optimum dari *recloser* dan jalur suplai alternatif bagi titik-titik beban kritis, yang diikuti kemudian

perhitungan indeks keandalan dengan metode yang sama guna mengetahui seberapa besar perbaikan nilai keandalan yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, R. N., & Billinton, R. (1986). *Reliability Evaluation of Engineering System Second Edition*. New York and London: Plenum Press.
- Bilinton, R. (1970). *Power System Reliability Evaluation*. New York: Gordon and Breach.
- Fatoni, A., Wibowo, R. S., & Soeprijanto, A. (2016). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effect Analysis). *Jurnal teknik ITS No.2 , Vol. 5*, B462 - B467.
- Nainggolan, Y. R., & Firdaus. (2016). Analisis Keandalan Berbasis Sistem pada Jaringan Distribusi 20 kV UPJ PT. PLN Area Pekanbaru Rayon Anam. *Jom FTEKNIK No.2 , 1-9*.
- Praditama, F., Utomo, T., & Shidiq, M. (2014). Analisis Keandalan Dan Nilai Ekonomis Di Penyulang Pujon PT. PLN (PERSERO) Area Malang. *Jurnal Teknik Elektro , 1-7*.
- Rendra, P. S. (2007). *Koordinasi dan Evaluasi Keandalan Menggunakan Seksionalizer*. Semarang: Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro ITS.
- Santoso, R., & Nurhalim. (2016). Evaluasi Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA. *Jom FTEKNIK No.2 , Vol.3*, 1-7.
- SPLN. (1985). *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara No.59.