

## KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN RAYON PLOSO MENGGUNAKAN METODE FMEA

Yudo Farrel Noufanda<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800. ext. 311, Faks. (031) 5931800

E-mail: yudofarrel@gmail.com

### ABSTRAKS

Dalam menyediakan tenaga listrik ke konsumen, keandalan sistem wajib adanya diperhatikan saat dilakukan perluasan dan pengembangan jaringan distribusi. Di samping itu, evaluasi dan *maintenance* keandalan sistem distribusi tenaga listrik juga perlu dilakukan sehingga dapat menjaga berlangsungnya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Menghitung indeks keandalan dari beberapa sistem yang mendistribusikan tenaga listrik di Rayon Ploso merupakan tujuan dibuatnya Tugas Akhir ini. Adapun metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dimana metode ini ditujukan untuk memperhitungkan indeks kegagalan pada tiap-tiap komponen yang membentuk sebuah sistem distribusi tenaga listrik sehingga dapat merepresentasikan indeks keandalan sistem secara keseluruhan. Peralatan *sectionalizer* dan *fuse* akan dipasang untuk meningkatkan keandalan suatu penyulang yang mana pemasangannya didasarkan dari hasil perhitungan indeks keandalan.

Kata Kunci : Keandalan, Distribusi 20 kV, Metode FMEA.

### ABSTRACT

*In providing electricity to consumers, the system must be considered when expanding and developing distribution networks. In addition, evaluation and maintenance of the electric power distribution system is also carried out so that the distribution of electric power to consumers can take place. Calculating the objective index of the electric power distribution system at Rayon Ploso is the purpose of this final project. The method used is the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), where this method estimates the failure index for each component that makes up an electric power distribution system so that it can represent the failure index as a whole. Sectionalizer and fuse equipment will be installed to improve a thing according to which installation is based on the results of the reability index.*

Keywords : Reliability, Distribution of 20 kV, FMEA Method.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi diperlukan untuk penggunaan listrik setiap harinya. Dalam instalasi listrik ada jenis sistem distribusi energi listrik yang mempunyai fungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber energi yang besar kepada pelanggan (Abdullah, 2018).

Sistem distribusi dapat mempengaruhi mutu energi listrik yang didapat oleh pelanggan. Keandalan jaringan adalah ukuran layanan yang menyediakan pelanggan dengan energi jaringan. Ukuran keandalan sendiri dapat ditentukan dengan mengetahui frekuensi pemadaman sistem, durasi pemadaman, serta waktu yang diperlukan untuk memulihkan keadaan pasca pemadaman. Sistem distribusi daya yang andal akan siap menyala di waktu kapan saja. Sementara itu, sistem distribusi dengan keandalan yang kurang baik akan memberikan dampak langsung ke pelanggan seperti seringnya pelanggan mengalami pemadaman listrik. Keandalan suatu penyulang dapat dilihat dari indeks keandalan, yang mana merupakan besaran untuk melakukan perbandingan penampilan suatu sistem distribusi. Indeks-indeks keandalan yang umum digunakan dalam suatu jaringan sistem distribusi adalah SAIFI

(*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Client Average Interruption Length List*), ASAI (*Normal Service Availability Record*). Dengan adanya indeks-indeks keandalan di atas, standar PLN digunakan sebagai panduan tingkat keandalan *framework* distribusi. Dalam mengukur suatu indeks keandalan dibutuhkan suatu metode, salah satunya adalah menggunakan metode FMEA. *Disappointment modes* sendiri merupakan mode yang menuju pada kegagalan, sedangkan *impact investigation* merupakan mode menuju pada penelitian yang membahas mengenai konsekuensi dari kegagalan yang dialami.

Definisi FMEA secara *general* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengkaji sebab dan akibat, sehingga kegagalan tersebut dapat dihindari.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik ke beban industri maupun rumah tangga. Sistem distribusi tenaga listrik

dirancang dan dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit yang ada, yaitu PLTU, PLTA dan PLTG. Listrik yang sudah dihasilkan akan ditransmisikan ke pusat beban melewati jaringan transmisi (Khusni NM, 2012).

Daya listrik yang dihasilkan bervariasi yaitu antara 11 kV-24 kV. Kemudian, oleh Gardu Induk (GI) dinaikkan tegangan dengan transformator *step up* menjadi 70kV, 154kV, 220 kV atau 500kV yang setelah itu disalurkan melalui saluran transmisi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerugian daya listrik pada jaringan transmisi. Oleh karena itu, kuadrat arus yang mengalir sebanding dengan kerugian daya, yang dapat dituliskan dengan rumus ( $I^2 \cdot R$ ). Melalui jaringan transmisi, tegangan kembali diturunkan menjadi 20 kV dengan menggunakan trafo *step down*. Setelah itu, pendistribusian tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi *groundwork* dan kemudian gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan menggunakan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380V (Goenadi *et al.*, 2015).

## 2.2 Aliran Daya Listrik

Aliran daya yaitu adalah cara penyaluran daya aktif dan reaktif dari sumber menuju beban. Analisis aliran daya (*load flow analysis*) merupakan studi dasar guna menganalisis sebuah permasalahan sistem tenaga listrik. Nilai tegangan di setiap bus mencakup nilai daya aktif dan nilai daya reaktif yang dapat digunakan untuk menghitung penurunan tegangan pada saluran. Seluruh data saluran dan data bus tersebut dijalankan dan didapatkan nilai tegangan pada tiap bus sesuai dengan nilai toleransi yang kehendak. Metode aliran daya yang umum digunakan antara lain metode Newton Raphson, metode Gauss Seidel dan metode Fast Decoupled. Hasil proses analisis aliran daya dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan perluasan sistem, pengendalian operasi sistem, dll (Saefudin, 2015).

## 2.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik dan berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari GI hingga menuju baik ke beban industri maupun beban rumah tangga.

Dalam pembagian dan pendistribusian tenaga listrik menuju ke beban, PT. PLN memakai tegangan senilai 20 kV untuk jaringan distribusi primer dan tegangan senilai 220/380 V untuk penyaluran distribusi sekunder. Dalam nilai jaringan distribusi primer (tegangan 20 kV), terdapat beberapa tipe jaringan yang difungsikan. Pada dasarnya jenis jaringan dipilah menjadi jaringan radial, jaringan lingkaran (*loop*) jaringan spindel dan jaringan gugus (Setiawan *et al.*, 2018).

## 2.4 Jenis Gangguan Distribusi 20 kV

1. Gangguan permanen kemungkinan berasal dari peralatan yang rusak. Gangguan jenis ini akan hilang apabila kerusakan diperbaiki.

Pemadaman tetap pada jaringan listrik merupakan akibat adanya gangguan permanen sehingga menyebabkan kerusakan tetap pada titik gangguan, seperti penurunan kapasitas isolasi padat atau minyak tranfo.

2. Gangguan hhtemporer merupakan gangguan yang bersifat sementara dan dapat kembali normal dengan sendirinya, disusul dengan penutupan kembali peralatan penghubung sehingga tidak memerlukan perbaikan.

Sementara itu, berdasarkan jenis gangguan hubung singkat yang dapat terjadi dikelompokkan menjadi: gangguan satu fasa ke tanah, gangguan dua fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa dan gangguan tiga fasa ke tanah.

## 2.5 Keandalan Distribusi

Keandalan mengacu pada probabilitas suatu sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya pada periode dan situasi tertentu. Keandalan tiap-tiap komponen sangat bergantung pada kondisi di setiap lingkungan, termasuk dalam hal pengoperasian dan penyimpanan serta dapat dikatakan keandalan akan menurun seiring bertambahnya usia perangkat. (Arifani *et al.*, 2015).

## 2.6 Faktor-Faktor Distribusi Keandalan

Menurut Arianto (2015), terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam sistem jaringan distribusi yaitu antara lain:

- *Outage*/keluar disebabkan karena sejumlah perihai yang berkaitan dengan komponen itu sendiri sehingga komponen tidak dapat berfungsi normal. Bentuk dan susunan sistem distribusi yang digunakan menentukan apakah *outage* merupakan penyebab terjadinya pemadaman.
- *Force outage* disebabkan oleh situasi *emergency* yang berhubungan langsung dengan suatu komponen dimana komponen harus segera dilepaskan dari sistem secara paksa. Hal ini biasanya terjadi karena adanya *human error* dalam pengoperasian peralatan.
- *Interruption*/pemadaman adalah alat atau perlengkapan habis pakai yang mengganggu/mematikan suplai daya akibat pemadaman listrik pada satu atau lebih komponen.
- *Scheduled interruption* adalah masalah pemadaman yang diakibatkan karena adanya *scheduled outage*.
- *Forced interruption* adalah kesalahan pemadaman yang diakibatkan karena adanya *force outage*.
- *Failure rate* ( $\lambda$ ) adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi pada suatu komponen dalam suatu bagian selama periode tertentu yang dinyatakan dalam kegagalan/tahun.
- *Outage time* ( $r$ ) adalah jumlah rata-rata kegagalan yang dialami oleh suatu komponen

dalam periode tertentu, yang dinyatakan dalam kegagalan/tahun.

- *Annuali outage time* (U) adalah durasi rata-rata pemadaman listrik selama periode tertentu yang dinyatakan dalam jam/tahun.
- *Energy Not Supplied* (ENS) adalah jumlah tenaga listrik (kWh/tahun) yang tidak tersuplai karena padam.

## 2.7 Indeks Keandalan Sistem Distribusi Jaringan 20 kV

Menurut Ardiansyah (2010), indeks keandalan merupakan suatu besaran yang diperuntukkan mengukur keandalan suatu sistem. Dalam mengukur tingkat keandalan tersebut, terdapat dasar-dasar indeks suatu sistem distribusi yaitu:

- $\lambda$  = Jumlah frekuensi kegagalan tahunan rata-rata
- $r$  = Durasi lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (jam/tahun).
- $U$  = Durasi lama terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (jam/tahun)

Namun, sebelum menentukan perhitungan analisa kendala seperti MTTF, MTTR, laju kegagalan, dan laju perbaikan, terdapat beberapa faktor yang perlu diketahui dan juga dihitung dalam mendapatkan hasil yang baik.

Menurut Fatoni (2017), terdapat beberapa indeks yang digunakan dalam perhitungan performa keandalan sistem jaringan secara menyeluruh, yaitu antara lain:

- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI adalah jumlah rata-rata pemadaman per pengguna yang melayani layanan dalam setahun. Persamaan SAIFI dapat ditulis seperti:

$$SAIFI = \frac{\sum (\lambda \times N_i^3)}{\sum N}$$

SAIFI = (kegagalan/tahun pengguna)  
 $\lambda$  = Indeks kegagalan rata-rata per tahun (kegagalan/tahun)  
 $N_i$  = Jumlah pengguna yang mengalami pemadaman  
 $N$  = Total jumlah pengguna yang dilayani

- SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI adalah durasi rata-rata kegagalan sistem per tahun. Persamaan SAIDI dapat ditulis seperti:

$$SAIDI = \frac{\sum (U_i \times N_i^3)}{\sum N}$$

SAIDI = (jam/tahun pengguna)  
 $U$  = Durasi kegagalan rata-rata per tahun (jam/tahun)  
 $N_i$  = Jumlah pengguna yang mengalami pemadaman.

$N_j$  = Total jumlah pengguna yang dilayani.

- CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

CAIDI adalah waktu rata-rata pemadaman pengguna untuk setiap kegagalan yang terjadi. Persamaan CAIDI dapat ditulis seperti:

$$CAIDI = \frac{SAIFI}{SAIDI}$$

CAIDI = (jam/kegagalan pelanggan)

## 2.8 Standard Keandalan Sistem Distribusi Jaringan 20 kV

*Standard* PLN dapat menjadi suatu nilai patokan dasar dalam menilai suatu sistem berada dalam keadaan yang baik atau buruk, yaitu seperti:

SAIFI : 1,2 kali/pengguna/year.  
 SAIDI : 0,83 jam/pengguna/year.

Sedangkan *standard* lainnya yaitu menurut IEEE P1366j-2003 dinilai memiliki keandalan suatu sistem yang baik jika telah memenuhi sebagai berikut:

SAIFI : 1,26 kali/pengguna/year.  
 SAIDI : 1,9 jam/pengguna/year.

## 3. METODE PENELITIAN

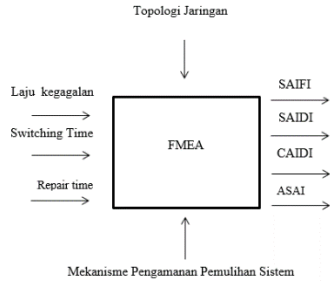
Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah proses FMEA. Analisis dari evaluasi kegagalan uji suhu FMEA dilakukan dengan mempertimbangkan tiga indikator yaitu *severity* (s), *occurrence* (o) serta *detection* (d). Selain itu, nilai prioritas kegagalan ini pun dapat dihitung dengan mengalihkan ketiga indikator untuk menghasilkan *Risk Priority Number* atau yang biasa disingkat sebagai RPN.

$$RPN = S \times O \times D$$

Menurut Widiyanti (2015), prioritas mode kegagalan ditunjukkan melalui RPN berdasarkan hasil analisis proses.

Metode FMEA sendiri digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem jaringan distribusi berdasarkan kegagalan sebagian peralatan sistem distribusi yang mempengaruhi keandalan keseluruhan sistem. Persyaratan analisis keandalan sistem jaringan distribusi dengan metode FMEA adalah sebagai berikut:

- Memerlukan konfigurasi jaringan/struktur daya distribusi 20 kV. Konfigurasi jaringan dapat didefinisikan sebagai cabang, komponen sistem seperti titik *supply* dan titik beban.
- Dalam setiap *load point* data keandalan terperinci seperti tingkat kegagalan (*failure rate*), waktu perbaikan (*repair time*), dan waktu *switching*. Penjumlahan dari pengaruh kegagalan di tiap titik beban, baik itu *failure rate*, *repair time*.



Gambar 1. Skema FMEA

Indeks load point antara lain:

Frekuensi kegagalan (*failure rate*) pada setiap titik beban adalah jumlah dari *failure rate* semua peralatan yang mempengaruhi *load point* dan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\lambda_{LP} = \lambda_i$$

$\lambda_i$  = Laju kegagalan peralatan untuk ke *i*  
Lama gangguan tahunan untuk rata-rata *load point*  $U_{LP}$  menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$U_{LP} = U_i = \lambda_i \times T_i$$

$T_i$  = Waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan/*switching time*.

Pada dasarnya, FMEA mengasumsikan kegagalan komponen sistem dan menentukan dampak pada setiap titik beban. Dengan menggunakan metode ini, penulis dapat mengetahui area jaringan yang akan dinilai keandalannya. Hal ini dapat dilakukan dalam bentuk pemeliharaan jaringan atau otomatisasi sistem.

Prosedur pengolahan data menggunakan metode FMEA sebagai berikut :

1. Masukkan topologi jaringan penyulang, data konsumen tiap penyulang, dan keandalan komponen.
2. Topologi jaringan diperinci dengan membagi jaringan kedalam beberapa *line*.
3. Asumsikan suatu kegagalan di tiap peralatan secara bergantian.
4. Menentukan waktu pemulihan sistem, melalui waktu perbaikan peralatan atau waktu *switching*.
5. Menentukan efek setiap mode kegagalan terhadap *load point*.
6. Menghitung frekuensi dan durasi kegagalan tiap *load point*.

#### 4. HASIL

Dalam penelitian ini digunakan data dari penyulang Mulyosari dan penyulang Rangkah dengan menggunakan standar nilai laju kegagalan sebagai berikut :

Tabel 1. Standart laju kegagalan PLN

| Komponen        | Lamda            | Repair Time (jam) |
|-----------------|------------------|-------------------|
| Saluran Udara   | 0.2/km/tahun     | 3                 |
| Pemutus Tenaga  | 0.004/unit/tahun | 10                |
| Sakelar Pemisah | 0.003/unit/tahun | 10                |

|                  |                  |    |
|------------------|------------------|----|
| Trafo Distribusi | 0.005/unit/tahun | 10 |
| Sakelar Beban    | 0.003/unit/tahun | 10 |

#### 4.1 Penyulang Mulyosari

Tabel 2. Data saluran dan pelanggan penyulang Mulyosari

| LP | Trafo    | Daya (kVA) | Jumlah Pelanggan | Beban (kVA) |
|----|----------|------------|------------------|-------------|
| 1  | Trafo 1  | 100        | 156              | 137.28      |
| 2  | Trafo 2  | 25         | 156              | 137.28      |
| 3  | Trafo 3  | 50         | 313              | 275.44      |
| 4  | Trafo 4  | 50         | 156              | 137.28      |
| 5  | Trafo 5  | 50         | 41               | 0.88        |
| 6  | Trafo 6  | 50         | 26               | 22.88       |
| 7  | Trafo 7  | 50         | 313              | 275.44      |
| 8  | Trafo 8  | 50         | 21               | 0.88        |
| 9  | Trafo 9  | 100        | 26               | 22.88       |
| 10 | Trafo 10 | 50         | 401              | 0.88        |
| 11 | Trafo 11 | 100        | 156              | 137.28      |
| 12 | Trafo 12 | 25         | 39               | 34.32       |
| 13 | Trafo 13 | 25         | 39               | 34.32       |
| 14 | Trafo 14 | 25         | 39               | 34.32       |
| 15 | Trafo 15 | 25         | 51               | 0.88        |
| 16 | Trafo 16 | 25         | 39               | 34.32       |
| 17 | Trafo 17 | 25         | 39               | 34.32       |
| 18 | Trafo 18 | 50         | 78               | 64.68       |
| 19 | Trafo 19 | 25         | 51               | 0.88        |
| 20 | Trafo 20 | 25         | 39               | 34.321      |

Tabel 3. Data panjang saluran penyulang Mulyosari

| Saluran | L (Km) | Saluran | L (Km) |
|---------|--------|---------|--------|
| L1      | 0.5    | L14     | 2.2    |
| L2      | 0.8    | L15     | 5.55   |
| L3      | 0.95   | L16     | 6.7    |
| L4      | 1.35   | L17     | 6.51   |
| L5      | 1.95   | L18     | 3.7    |
| L6      | 3.6    | L19     | 3.4    |
| L7      | 2.9    | L20     | 0.45   |
| L8      | 3.45   | L21     | 0.75   |
| L9      | 3.9    | L22     | 0.1    |
| L10     | 1.6    | L23     | 0.15   |
| L11     | 1.15   | L24     | 0.2    |
| L12     | 1.185  | L25     | 1.2    |
| L13     | 1.15   |         |        |

Tabel 4. Hasil perhitungan keandalan penyulang Mulyosari

| LP    | $\lambda$ | U       | N    | SAIFI | SAIDI  | CAIDI  |
|-------|-----------|---------|------|-------|--------|--------|
| LP1   | 10,267    | 9,2685  | 312  | 1,750 | 1,580  | 0,902  |
| LP2   | 10,267    | 9,2685  | 157  | 0,880 | 0,795  | 0,903  |
| LP3   | 10,267    | 9,2685  | 312  | 1,750 | 1,580  | 0,902  |
| LP4   | 10,267    | 9,2685  | 156  | 0,875 | 0,790  | 0,902  |
| LP5   | 10,267    | 9,2685  | 33   | 0,185 | 0,167  | 0,902  |
| LP6   | 10,267    | 9,2685  | 28   | 0,157 | 0,141  | 0,898  |
| LP7   | 10,267    | 9,2685  | 158  | 0,886 | 0,800  | 0,902  |
| LP8   | 10,267    | 9,2685  | 50   | 0,280 | 0,253  | 0,903  |
| LP9   | 10,267    | 9,2685  | 25   | 0,140 | 0,126  | 0,91   |
| LP10  | 10,242    | 16,3085 | 40   | 0,223 | 0,356  | 1,596  |
| LP11  | 10,242    | 16,3085 | 158  | 0,884 | 1,408  | 1,592  |
| LP12  | 10,242    | 18,3085 | 38   | 0,212 | 0,380  | 1,792  |
| LP13  | 10,242    | 18,3085 | 38   | 0,212 | 0,500  | 2,358  |
| LP14  | 10,242    | 18,3085 | 38   | 0,212 | 0,380  | 1,792  |
| LP15  | 10,267    | 18,3085 | 50   | 0,280 | 0,500  | 1,785  |
| LP16  | 10,242    | 18,3085 | 38   | 0,212 | 0,116  | 0,547  |
| LP17  | 10,242    | 5,6260  | 38   | 0,212 | 0,116  | 0,547  |
| LP18  | 10,242    | 5,7387  | 79   | 0,442 | 0,247  | 0,558  |
| LP19  | 10,242    | 5,7387  | 44   | 0,246 | 0,137  | 0,556  |
| LP20  | 10,242    | 5,7387  | 38   | 0,212 | 0,119  | 0,561  |
| TOTAL |           |         | 1830 |       |        |        |
|       | SAIFI     |         |      | 10,25 |        |        |
|       | SAIDI     |         |      |       | 10,371 |        |
|       | CAIDI     |         |      |       |        | 21,798 |

Tabel 5. Nilai indeks kelandalan penyulang Mulyosari

| Indeks Keandalan | Hasil Keandalan Sistem | Data Hasil PLN |
|------------------|------------------------|----------------|
| SAIFI            | 10,25                  | 3,37           |
| SAIDI            | 10,371                 | 2,38           |
| CAIDI            | 21,798                 | 1,41           |

#### 4.2 Penyulang Rangkaian

Tabel 6. Data saluran dan pelanggan penyulang Rangkaian

| LP | Trafo    | Daya (kVA) | Jumlah Pelanggan | Beban (kVA) |
|----|----------|------------|------------------|-------------|
| 1  | Trafo 1  | 50         | 77               | 69.64       |
| 2  | Trafo 2  | 100        | 155              | 137.28      |
| 3  | Trafo 3  | 25         | 50               | 0.88        |
| 4  | Trafo 4  | 50         | 77               | 0.88        |
| 5  | Trafo 5  | 200        | 312              | 275.44      |
| 6  | Trafo 6  | 160        | 110              | 97.68       |
| 7  | Trafo 7  | 50         | 77               | 68.64       |
| 8  | Trafo 8  | 250        | 390              | 344.08      |
| 9  | Trafo 9  | 25         | 77               | 68.64       |
| 10 | Trafo 10 | 160        | 249              | 220         |
| 11 | Trafo 11 | 100        | 155              | 137.28      |
| 12 | Trafo 12 | 200        | 312              | 275.44      |
| 13 | Trafo 13 | 200        | 312              | 275.44      |
| 14 | Trafo 14 | 160        | 249              | 220         |
| 15 | Trafo 15 | 100        | 155              | 137.28      |
| 16 | Trafo 16 | 25         | 38               | 34.32       |
| 17 | Trafo 17 | 200        | 312              | 275.44      |
| 18 | Trafo 18 | 25         | 38               | 34.2        |
| 19 | Trafo 19 | 160        | 90               | 220         |
| 20 | Trafo 21 | 100        | 210              | 137.28      |
| 21 | Trafo 22 | 200        | 780              | 275.44      |
| 22 | Trafo 23 | 25         | 390              | 34.32       |
| 23 | Trafo 24 | 250        | 10               | 80.18       |
| 24 | Trafo 25 | 50         | 249              | 185.26      |
| 25 | Trafo 26 | 50         | 155              | 68.64       |
| 26 | Trafo 27 | 250        | 390              | 344.08      |
| 27 | Trafo 20 | 160        | 249              | 0.88        |
| 28 | Trafo 28 | 160        | 249              | 220         |
| 29 | Trafo 29 | 250        | 155              | 137.28      |
| 30 | Trafo 30 | 250        | 390              | 344.08      |
| 31 | Trafo 31 | 160        | 249              | 220         |
| 32 | Trafo 32 | 160        | 249              | 220         |
| 33 | Trafo 33 | 200        | 312              | 275.44      |
| 34 | Trafo 34 | 50         | 77               | 68.64       |
| 35 | Trafo 35 | 160        | 165              | 146.08      |
| 36 | Trafo 36 | 200        | 312              | 275.44      |
| 37 | Trafo 37 | 200        | 312              | 275.44      |

Tabel 7. Data panjang saluran penyulang Rangkaian

| Saluran | L (Km) | Saluran | L (Km) |
|---------|--------|---------|--------|
| L1      | 1.1    | L26     | 0.2    |
| L2      | 0.5    | L27     | 0.15   |
| L3      | 0.25   | L28     | 0.2    |
| L4      | 0.6    | L29     | 0.05   |
| L5      | 0.3    | L30     | 0.1    |
| L6      | 0.4    | L31     | 0.05   |
| L7      | 0.45   | L32     | 0.1    |
| L8      | 0.2    | L33     | 0.05   |
| L9      | 0.6    | L34     | 0.2    |
| L10     | 0.15   | L35     | 0.15   |
| L11     | 0.7    | L36     | 0.15   |
| L12     | 0.5    | L37     | 0.2    |
| L13     | 0.6    | L38     | 0.05   |
| L14     | 0.1    | L39     | 0.2    |
| L15     | 0.15   | L40     | 0.15   |
| L16     | 0.15   | L41     | 0.15   |
| L17     | 0.1    | L42     | 0.15   |
| L18     | 0.8    | L43     | 0.3    |
| L19     | 0.3    | L44     | 0.1    |
| L20     | 0.2    | L45     | 0.1    |
| L21     | 0.15   | L46     | 0.15   |
| L22     | 0.2    | L47     | 0.15   |
| L23     | 0.5    | L48     | 0.15   |
| L24     | 0.2    | L49     | 0.15   |
| L25     | 0.15   |         |        |

Tabel 8. Hasil Perhitungan Keandalan Penyulang Rangkaian

| LP  | $\lambda$ | U      | N   | SAIFI | SAIDI | CAIDI  |
|-----|-----------|--------|-----|-------|-------|--------|
| LP1 | 1.956     | 4.3966 | 77  | 0,019 | 0,043 | 2,2633 |
| LP2 | 1.956     | 4.3966 | 155 | 0,038 | 0,086 | 2,263  |
| LP3 | 2.026     | 4.3966 | 50  | 0,012 | 0,028 | 2,34   |

|              |       |        |              |             |              |              |
|--------------|-------|--------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| LP4          | 2.026 | 4.3966 | 77           | 0,019       | 0,043        | 2,263        |
| LP5          | 1.956 | 4.3966 | 312          | 0,077       | 0,174        | 2,259        |
| LP6          | 1.956 | 4.3966 | 110          | 0,027       | 0,061        | 2,259        |
| LP7          | 1.956 | 4.3966 | 77           | 0,019       | 0,043        | 2,263        |
| LP8          | 1.956 | 4.3966 | 390          | 0,097       | 0,218        | 2,247        |
| LP9          | 2.064 | 5.6207 | 77           | 0,020       | 0,055        | 2,75         |
| LP10         | 2.064 | 5.6207 | 249          | 0,065       | 0,178        | 2,738        |
| LP11         | 2.064 | 5.6207 | 155          | 0,030       | 0,110        | 3,67         |
| LP12         | 2.064 | 5.6207 | 312          | 0,082       | 0,223        | 2,719        |
| LP13         | 2.064 | 5.6207 | 312          | 0,082       | 0,223        | 2,719        |
| LP14         | 2.064 | 5.6207 | 249          | 0,065       | 0,178        | 2,738        |
| LP15         | 1.956 | 4/3966 | 155          | 0,038       | 0,086        | 2,263        |
| LP16         | 1.956 | 4/3966 | 38           | 0,009       | 0,021        | 2,34         |
| LP17         | 1.956 | 4/3966 | 312          | 0,077       | 0,174        | 2,259        |
| LP18         | 1.821 | 2.6321 | 38           | 0,008       | 0,006        | 0,75         |
| LP19         | 1.821 | 2.6321 | 249          | 0,057       | 0,044        | 0,771        |
| LP20         | 1.821 | 2.6321 | 155          | 0,035       | 0,027        | 0,771        |
| LP21         | 1.821 | 2.6321 | 312          | 0,072       | 0,055        | 0,763        |
| LP22         | 1.821 | 2.6321 | 38           | 0,008       | 0,006        | 0,75         |
| LP23         | 1.852 | 2.6321 | 90           | 0,020       | 0,016        | 0,8          |
| LP24         | 1.852 | 2.6321 | 210          | 0,049       | 0,070        | 1,428        |
| LP25         | 1.852 | 2.6321 | 780          | 0,184       | 0,261        | 1,418        |
| LP26         | 1.852 | 2.6321 | 390          | 0,092       | 0,130        | 1,413        |
| LP27         | 1.852 | 2.6321 | 10           | 0,002       | 0,003        | 1,5          |
| LP28         | 1.852 | 2.6321 | 249          | 0,058       | 0,083        | 1,431        |
| LP29         | 1.852 | 2.6321 | 155          | 0,036       | 0,051        | 1,416        |
| LP30         | 1.852 | 2.6321 | 390          | 0,092       | 0,130        | 1,413        |
| LP31         | 1.852 | 2.6321 | 249          | 0,058       | 0,083        | 1,431        |
| LP32         | 1.852 | 2.6321 | 249          | 0,058       | 0,083        | 1,431        |
| LP33         | 1.852 | 2.6321 | 312          | 0,073       | 0,144        | 1,972        |
| LP34         | 1.852 | 2.6321 | 77           | 0,018       | 0,025        | 1,388        |
| LP35         | 1.852 | 2.6321 | 165          | 0,038       | 0,055        | 1,447        |
| LP36         | 1.852 | 2.6321 | 312          | 0,073       | 0,144        | 1,972        |
| LP37         | .852  | 2.6321 | 312          | 0,073       | 0,144        | 1,972        |
| <b>TOTAL</b> |       |        | <b>7.849</b> |             |              |              |
|              | SAIFI |        |              | <b>1.88</b> |              |              |
|              |       | SAIDI  |              |             | <b>3.504</b> |              |
|              |       |        | CAIDI        |             |              | <b>68,59</b> |

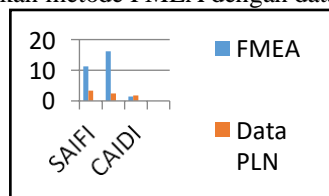
Tabel 9. Nilai indeks kelandalan penyulang Rangkaian

| Indeks Keandalan | Hasil Keandalan Sistem | Data Hasil PLN |
|------------------|------------------------|----------------|
| SAIFI            | 7.123                  | 4.12           |
| SAIDI            | 1.196                  | 1.39           |
| CAIDI            | 3.478                  | 2.95           |

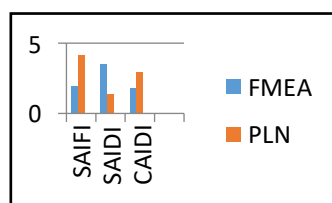
Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada tugas akhir ini, terdapat selisih hasil perhitungan keandalan sistem dengan hasil dari perhitungan PLN. Hal ini disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan untuk perhitungan indeks keandalan. Dalam tugas akhir ini digunakan metode FMEA yang mengasumsikan *failure* yang terjadi pada tiapkomponen dan melihat efek yang mungkin terjadi pada sistem, sedangkan metode yang digunakan PLN merupakan dari kegagalan yang sebenarnya terjadi sehingga data yang didapat hanya mendeskripsikan kondisi keandalan sistem yang terjadi saat terjadi kegagalan di beberapa peralatan saja. Oleh karena itu, nilai

indeks keandalan mempunyai selisih hasil yang signifikan karena metode FMEA memprediksi kemungkinan kegagalan.

Gambar 2 dan gambar 3 menunjukkan hasil perbandingan indeks keandalan antara perhitungan menggunakan metode FMEA dengan data PLN



Gambar 2. Perbandingan perhitungan dengan FMEA dan data PLN penyulang Mulyosari



Gambar 3. Perbandingan perhitungan dengan FMEA dan data PLN penyulang Rangkah

#### 4.3 Peralatan Sistem Distribusi Listrik

Dampak yang ditimbulkan dari gangguan masing-masing peralatan pengaman untuk dapat bekerja sebagaimana mestinya adalah mulai dampak minimum yaitu gangguan sementara atau temporer hingga dampak terburuk yaitu gangguan permanen (PT.PLN P3B 2006).

#### 4.4 Data Gangguan Selama Satu Tahun

Tabel 10. Data gangguan Pemadaman Karena Gangguan

| No | Jenis Gangguan                      | JumlahGangguan/Tahun |
|----|-------------------------------------|----------------------|
| 1  | Pelebur tegangan rendah putus       | 43 kali/tahun        |
| 2  | Penghantar tegangan rendah putus    | 1 kali/tahun         |
| 3  | Jumper SUTR rusak                   | 21 kali/tahun        |
| 4  | Pelebur tegangan menengah putus     | 3 kali/tahun         |
| 5  | Trafo rusak                         | 3 kali/tahun         |
| 6  | Kabel sekunder trafo rusak          | 1 kali/tahun         |
| 7  | Tiang listrik roboh                 | 1 kali/tahun         |
| 8  | Jumper SUTR rusak                   | 2 kali/tahun         |
| 9  | CB rusak                            | 12 kali/tahun        |
| 10 | Rele bekerja tanpa sebab yang jelas | 45 kali/tahun        |

Tabel 11. Nilai RPN dari peralatan sistem distribusi listrik

| Komponen                            | Severity | Occurance | Detection | RPN |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----|
| Pelebur tegangan rendah putus       | 4        | 3         | 4         | 48  |
| Penghantar tegangan rendah putus    | 4        | 4         | 3         | 48  |
| Jumper SUTR rusak                   | 2        | 2         | 4         | 16  |
| Pelebur tegangan menengah putus     | 3        | 3         | 4         | 36  |
| Trafo rusak                         | 2        | 2         | 3         | 12  |
| Kabel sekunder trafo rusak          | 2        | 2         | 6         | 24  |
| Tiang listrik roboh                 | 2        | 2         | 7         | 28  |
| Jumper SUTR rusak                   | 2        | 2         | 5         | 20  |
| CB rusak                            | 3        | 3         | 8         | 72  |
| Rele bekerja tanpa sebab yang jelas | 4        | 4         | 6         | 96  |

Berdasarkan hasil pada Tabel 11, maka peralatan sistem distribusi listrik masih terhitung sangat andal dan dapat menjalankan fungsinya dengan sangat baik, karena nilai kritis dari RPN yaitu pada angka 200. Dampak dari gangguan peralatan pengaman dan terputusnya pasokan distribusi listrik, semakin sering serta lama durasi pemadaman maka

keandalan buruk, untuk itu keandalan didistribusi listrik dilihat dari kontinuitas dalam penyaluran energi listrik, dimanansesemakin sedikit terjadi pemadaman tingkat keandalan semakin baik.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil perhitungan indeks keandalan di penyulang Mulyosari dengan menggunakan metode FMEA adalah:
  - SAIFI : 11,26 *failure/year*.
  - SAIDI : 16,16 *hours/year*.
- Hasil perhitungan indeks keandalan di penyulang Rangkah dengan menggunakan metode FMEA adalah:
  - SAIFI : 19,16 *failure/year*
  - SAIDI : 3,478 *hours/year*.

### 5.2 Saran

- Terhadap peralatan yang nilai RPN nya tinggi agar lebih diperhatikan sehingga sistem tetap andal dan bekerja tanpa adanya gangguan
- Diperlukan penambahan komponen berupa fuse dan sectionalizer agar sistem tetap pada performa yang andal
- Dibutuhkan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan faktor lain yang mempengaruhi nilai keandalan seperti *management analysis, maintenance analysis* dan *cost analysis*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Prof. Ma'ruf. 2015. Living in the world that is fit for habitation : CCI's ecumenical and religious relationships.
- Ardiansyah, Ahmad. 2010. "Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV." Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV.
- Arianto, Jefri. 2015. "Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Berbasis Gis ( Geographic Information System ) Dengan Menggunakan Metode Ria ( Reliability Index Assessment ) Based Gis ( Geographic Information System )."
- Arifani, Nur Indah, dan Heru Winarno. 2015. "Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 Kv Pada Penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 Di Gi Pandean Lamper." Gema Teknologi 17(3):131-34.
- Saefudin, Deni. 2015. "Analisis Electric Load Flow (Aliran Daya Listrik) Dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap Power Station 4.00 Di Pt. Lokatex Pekalongan." Edu Elektrika Journal 4(1):17-23.
- Doloksaribu, Parlindungan. 2010. "ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK Reliability Analysis of Power System Distribution." 1(1):20-24.

- Fatoni, Achmad. 2017. "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)." *Jurnal Teknik ITS* 5(2):462–67.
- Goenadi, Chandra, M. T. I.G.N Satriyadi Hernanda, S.T., dan Ph. D. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc. 2012. "Analisis keandalan sistem jaringan distribusi 20 kv di pt pln distribusi jawa timur kediri dengan metode simulasi section technique." *Jurnal Teknik Pomits* 1(1):1–6.
- Khusni NM, M. Umar. 2017. "Keandalan, Analisa, Sistem Distribusi, K. V Di, P. T. Pln, Rayon Blera, dan Dengan Metode FMEA"
- Penelitian, Latar Belakang. 2008. "م ر ع -1" 120.
- Sariyusda, Sariyusda. 2018. "Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Technology Indonesia - Batam." *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy* 2(1):33.
- Setiawan, Tri Teguh, A. Asni, dan Bambang Sugeng. 2018. "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dari GI Industri Penyulang I . 5 sampai dengan Gardu Hubung Rapak." *Jurnal Teknologi Terpadu* 6(2):147–56.
- Widianti, Tri. 2016. "AMTeQ 2015 Annual Meeting on Testing and Quality." (October 2015).