

Analisis Perbandingan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Berkonfigurasi Radial dan Loop Menggunakan Metode Ria (*Reliability Index Assessment*)

Dimas Oktasya Eka Kumala Putra
dimas.ockta@yahoo.com
Universitas Jember

H.R.B Moch. Gozali
gozali.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Supriyadi Prasetyono
supriyadi.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Penyediaan energi listrik sendiri terdiri atas pembangkit listrik, transmisi daya dan distribusi. Pada pendistribusian listrik terdapat beberapa jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik kepada pelanggan, mayoritas konfigurasi bentuk jaringan yang di yaitu radial dan loop. Agar kontinuitas dari penyaluran energi listrik tetap terjaga maka diperlukan tingkat keandalan yang baik. Supaya suatu keandalan pada sistem distribusi dapat diketahui maka ditetapkan indeks keandalan yaitu SAIFI, SAIDI dan CAIDI. Beberapa metode yang dapat dipakai untuk mencari indeks keandalan sistem distribusi antara lain metode RIA (*Reliability Index Assessment*) yang merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai keandalan komponen. Dalam penelitian ini membandingkan dua konfigurasi dengan menggunakan satu penyulang yaitu penyulang Giri yang diasumsikan berkonfigurasi radial dan berkonfigurasi loop. Dengan menggunakan metode RIA (*Reliability Index Assessment*) pada penyulang Giri berkonfigurasi radial diperoleh indeks keandalan SAIFI sebesar 1,595 kali/tahun, SAIDI sebesar 12,8092 jam/tahun, CAIDI sebesar 8,0309 jam/tahun, sedangkan pada penyulang berkonfigurasi loop nilai SAIFI sebesar 1,651 kali/tahun, SAIDI sebesar 1,7276 jam/tahun, CAIDI sebesar 1,0416 jam/tahun.

Kata kunci — CAIDI, Indeks Keandalan, *Reliability Index Assessment*, SAIDI, SAIFI, Sistem Distribusi.

Abstract

Electrical energy is a very important requirement for human life. The supply of electrical energy itself consists of electricity generation, power transmission and distribution. In the distribution of electricity, there are several networks that function to distribute electrical energy to customers, the majority of which are network configuration, namely radial and loop. In order to maintain the continuity of the distribution of electrical energy, a good level of reliability is required. In order to determine the reliability of the distribution system, the reliability index is determined, namely SAIFI, SAIDI and CAIDI. Several methods that can be used to find a distribution system reliability index include the RIA (*Reliability Index Assessment*) method,

which is an approach used to predict disturbances in a distribution system based on the system topology and data regarding component reliability. In this study, we compared two configurations using one feeder, namely the Giri feeder which is assumed to have a radial configuration and a loop configuration. By using the RIA (*Reliability Index Assessment*) method on a Giri feeder with a radial configuration, the SAIFI reliability index is obtained at 1.595 times / year, SAIDI is 12.8092 hours / year, CAIDI is 8.0309 hours / year, while for a feeder with a loop configuration the SAIFI value is equal to 1,651 times / year, SAIDI is 1,7276 hours / year, CAIDI is 1,0416 hours / year

Keywords — CAIDI , Reliability Index, Reliability Index Assessment, SAIDI, SAIFI, Distribution System.

I. PENDAHULUAN

Pada era sekarang energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Penyediaan energi listrik sendiri terdiri atas pembangkit listrik, transmisi daya dan distribusi. Pada pendistribusian listrik terdapat beberapa jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik kepada pelanggan, mayoritas konfigurasi bentuk jaringan yang di pakai dalam pendistribusian listrik yaitu radial dan loop. Sebuah pembangkit listrik tak luput dari PT.PLN (Persero). PT.PLN (Persero) merupakan perusahaan pembangkit listrik terbesar di Indonesia yang menyediakan energi listrik seoptimal mungkin seiring meningkatnya konsumen.

Agar kontinuitas dari penyaluran energi listrik tetap terjaga maka diperlukan tingkat keandalan yang baik. Yang paling dekat dengan beban antara lain sistem distribusi sehingga gangguan pada bagian sistem distribusi akan langsung berdampak pada beban. Tingkat keandalan suatu sistem distribusi dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi. Gangguan yang terjadi tersebut bisa di sebabkan oleh faktor internal maupun faktor eksternal yang berada disekitaran saluran distribusi energi listrik tersebut. Semakin sering suatu jaringan distribusi mengalami gangguan maka kontinuitas penyaluran energi listrik juga akan semakin buruk.

Agar suatu keandalan pada sistem distribusi dapat diketahui maka ditetapkan indeks keandalan yaitu besaran

untuk membandingkan penampilan suatu distribusi pada penyulang. Indeks-indeks keandalan yang di pakai dalam sistem distribusi merupakan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*). SAIFI merupakan indeks frekuensi gangguan yang terjadi tiap tahun, SAIDI merupakan indeks durasi gangguan yang terjadi tiap tahun, sedangkan CAIDI merupakan indeks yang menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen tiap tahun. Untuk acuan sebagai penentuan indeksnya yaitu ada tiga acuan yaitu berdasarkan SPLN 68-2 : 1986, IEEE 1366-2003 dan PT.PLN UP3 Banyuwangi yang mana nantinya digunakan untuk tolak ukur tingkat keandalan sistem distribusi. Semakin kecil indeks SAIFI, SAIDI dan CAIDI maka semakin handal sistem distribusi tersebut.

II. METODE PENELITIAN

A. Analisis Indeks Keandalan Menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assessment*)

Untuk Analisa, serangkain studi kasus ini hanya menerapkan sistem imperfect switch yaitu mengasumsikan berada pada kondisi dimana indeks kegagalan dari setiap peralatan sistem distribusi memberikan dampak terhadap indeks keandalan sistem secara menyeluruh, untuk memperbandingkan antara kedua konfigurasi penyulang yang berbeda, dan nantinya dapat dilihat perbandingan antara nilai-nilai indeks keandalan pada konfigurasi penyulang tersebut. Untuk analisa sistem berikut, penyulang yang digunakan adalah Penyulang Giri dan ada 2 konfigurasi yang digunakan yaitu konfigurasi radial dan konfigurasi loop

B. Metode RIA (*Reliability Index Assessment*)

Reliability Index Assessment (RIA) adalah sebuah metode yang digunakan untuk meperkirakan gangguan pada system distribusi berdasarkan tipe jaringan distribusi dan data perihal keandalan komponen. Dalam metode RIA (*Reliability Index Assessment*) diasumsikan dalam imperfect switch dimana semua komponen dihitung dalam perhitungan outage time dan annual outage time. Alur pelaksanaan metode RIA (*Reliability Index Assessment*) antara lain:

1) Menghitung SAIFI

Untuk menghitung nilai SAIFI, nilai Indeks kegagalan dikalikan dengan panjang saluran setiap line dan setelah itu jumlahkan seluruh hasil perkaliannya.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_t} \tag{1}$$

Dimana: λ_i = *sustained failure rate* dari komponen *i* (*failure/year*)

N_i = jumlah konsumen yang mengalami *sustained intrusion* karena kegagalan komponen *i*.

N_t = jumlah total pelanggan.

2) Menghitung r dan U

Untuk menghitung nilai r dan U, menetapkan terlebih dahulu komponen tersebut terkena repair time atau switching time. Kemudian nilai laju kegagalan sustained dikalikan repair time atau switching time yang telah ditetapkan sebelumnya dan total jumlah keseluruhan menghasilkan nilai U, sedangkan untuk mencari nilai r, nilai U dibagi dengan nilai SAIFI.

3) Menghitung SAIDI

Untuk menghitung SAIDI, nilai nilai U pada setiap load point dikali dengan jumlah pelanggan kemudian total jumlah keseluruhan di bagi dengan total jumlah pelanggan dan didapat nilai SAIDI.

$$SAIDI = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} \tag{2}$$

Dimana: U_{LP} = durasi pemadaman rata-rata dalam kurun waktu setahun akibat gangguan tiap komponen sistem distribusi.

N_{LP} = jumlah konsumen pada titik beban.

N_t = total konsumen pada penyulang.

4) Menghitung CAIDI

Untuk menghitung CAIDI, nilai nilai r pada setiap load point dikali dengan jumlah pelanggan kemudian total jumlah keseluruhan di bagi dengan total jumlah pelanggan dan didapat nilai CAIDI.

$$CAIDI = \frac{\sum r_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} \tag{3}$$

Dimana: r_{LP} = waktu perbaikan rata-rata pada setiap titik beban.

N_{LP} = jumlah konsumen pada titik beban.

N_t = total konsumen pada penyulang.

C. Keandalan Sistem Distribusi 20KV

Keandalan (*reliability*) merupakan probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya atau kinerja dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, dan pada saat kondisi kerja tertentu. [2]

TABEL I
REABILITY DATA FOR LINE

| Overhead Lines | |
|---|------|
| <i>Sustained failure rate</i> (λ /km/yr) | 0,1 |
| <i>Momentary failure rate</i> (λ /km/yr) | 0,03 |
| r (<i>repair time</i>) (hour) | 3 |
| r (<i>switching time</i>) (hour) | 0,03 |

TABEL II
INDEKS KEGAGALAN, REPAIR TIME, SERTA SWITCHING TIME UNTUK SETIAP PERALATAN

| Komponen | λ (<i>failure rate</i>) | r (<i>repair time</i>) (jam) | r (<i>switching time</i>) (jam) |
|----------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Trafo | 0,005/unit/tahun | 10 | 0,15 |
| LBS | 0,003/unit/tahun | 10 | 0,15 |
| Recloser | 0,003/unit/tahun | 10 | 0,15 |
| FCO | 0,004/unit/tahun | 10 | 0,15 |

TABEL III
STANDAR IMDEKS KEANDALAN

| Indeks | SPLN 68-2, 1986 | IEEE 1366-2003 | PT.PLN UP3 Banyuwangi |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| SAIFI | 3,2 kali/tahun | 1,45 kali/tahun | 1,755 kali/tahun |
| SAIDI | 21 jam/tahun | 2,30 jam/tahun | 3,24 jam/tahun |
| CAIDI | 6,56 jam/tahun | 1,47 jam/tahun | - |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

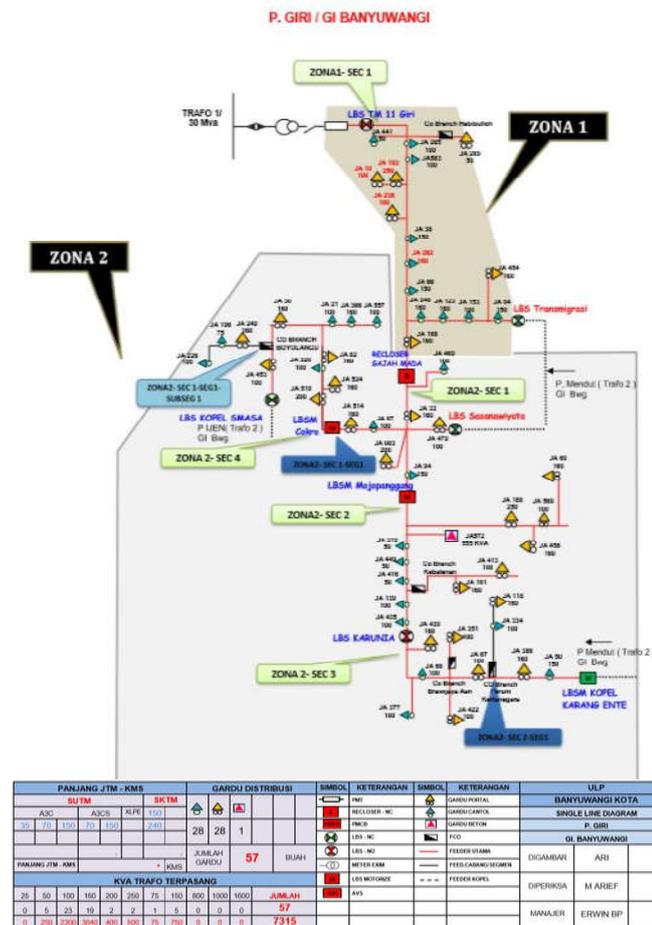
A. Perhitungan Indeks Keandalan

Pada penelitian ini terdapat tiga indeks keandalan yang harus di hitung antara lain SAIFI, SAIDI, dan CAIDI. Langkah-langkah untuk mendapatkan nilai indeks keandalan tersebut antara lain sebagai berikut.

D. Sistem Distribusi 20kV Penyulang Giri

Penyulang Giri berada pada tempat yang strategis yaitu di tengah perkotaan. Sehingga penyulang giri memiliki supplay cadangan atau mendapatkannya backup dari penyulang lain yaitu penyulang mendut di sebelah kanan dan penyulang ijen di sebelah kiri hal ini memungkinkannya penyulang giri dapat diasumsikan sebagai penyulang berkonfigurasi lingkaran maupun berkonfigurasi radial.

Jumlah pelanggan pada penyulang Giri sebanyak 11151 pelanggan dengan jumlah trafo sebanyak 57 buah pada 5 section yang berbeda. Pada penyulang Giri yang diasumsikan berkonfigurasi radial panjang salurannya sebesar 15,95 km dan jumlah lininya sebanyak 80 line sedangkan berkonfigurasi loop panjang salurannya 16,51 km dan jumlah lininya sebanyak 84 line. Untuk komponennya kedua konfigurasi jumlah recloser 1 buah dan FCO 5 buah sedangkan jumlah LBS pada konfigurasi radil lebih sedikit yaitu 4 buah dari pada konfigurasi loop yaitu 8 buah.



Gbr. 1 Single Line Diagram Penyulang Giri

1) Perhitungan SAIFI

Banyak line pada penyulang Giri berkonfigurasi loop sebanyak 84 line dengan panjang setiap line yang berbeda-beda dan nilai Sustained failure rate sebesar 0,1 (λ/km/yr) kemudian dikalikan dengan panjang setiap line dan hasil total keseluruhan dari hasil tersebut adalah nilai SAIFI. Sehingga nilai SAIFI sebesar 1,651 kali/tahun. Sedangkan banyak line pada penyulang Giri berkonfigurasi radial sebanyak 80 line sehingga nilai SAIFI sebesar 1,595 kali/tahun Secara matematis ditulis:

$$SAIFI_{Loop} = \frac{\sum SA_i N_i}{N_t} = \frac{\sum SA_i 11151}{11151} = \sum SA_i = 1,651 \text{ kali/tahun}$$

$$SAIFI_{Radial} = \frac{\sum SA_i N_i}{N_t} = \frac{\sum SA_i 11151}{11151} = \sum SA_i = 1,595 \text{ kali/tahun}$$

2) Perhitungan r dan U

Untuk perhitungan U_{LP} dan r_{LP} , dikelompokkan menjadi beberapa load point sesuai dengan penempatan load point yang terdapat pada section setiap perpenyulang, kemudian pengelompokan load point tersebut untuk sebagai penentuan section tersebut terkena repair time atau switching time.

TABEL I
DAMPAK PENENTUAN REPAIR TIME ATAU SWITCHING TIME PENYULANG GIRI BERKONFIGURASI LOOP

| | | Dampak penentuan swithcing time dan repair time | | | | |
|-----------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | Sec 1 | Sec 2 | Sec 3 | Sec 4 | Sec 5 |
| Yang terkena gangguan | Sec 1 | | | | | |
| | Sec 2 | | | | | |
| | Sec 3 | | | | | |
| | Sec 4 | | | | | |
| | Sec 5 | | | | | |

TABEL V
DAMPAK PENENTUAN REPAIR TIME ATAU SWITCHING TIME PENYULANG GIRI BERKONFIGURASI RADIAL

| | | Dampak penentuan swithcing time dan repair time | | | | |
|-----------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | Sec 1 | Sec 2 | Sec 3 | Sec 4 | Sec 5 |
| Yang terkena gangguan | Sec 1 | | | | | |
| | Sec 2 | | | | | |
| | Sec 3 | | | | | |
| | Sec 4 | | | | | |
| | Sec 5 | | | | | |

Keterangan:

- Terkena Repair Time
- Terkena Swithcing Time
- Tidak Terkena Repair Time dan Swithcing Time

TABEL VI
NILAI OUTAGE TIME DAN ANNUAL OUTAGE TIME PENYULANG GIRI BERKONFIGURASI LOOP

| | Sec 1 | Sec 2 | Sec 3 | Sec 4 | Sec 5 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| ∑ U | 2,25 | 1,154 | 1,7735 | 1,4093 | 1,8492 |
| ∑ r | 1,3628 | 0,6989 | 1,0752 | 0,8536 | 1,1201 |

TABEL VII
NILAI OUTAGE TIME DAN ANNUAL OUTAGE TIME PENYULANG GIRI BERKONFIGURASI LOOP

| | Sec 1 | Sec 2 | Sec 3 | Sec 4 | Sec 5 |
|-----|-------|--------|--------|--------|---------|
| ∑ U | 2,205 | 3,272 | 5,007 | 4,6197 | 39,8375 |
| ∑ r | 1,382 | 2,0514 | 3,1391 | 2,8963 | 24,9765 |

3) Perhitungan SAIDI

Pada penyulang Giri Berkonfigurasi Loop dengan total Load Point sebanyak 57 buah, total jumlah pelanggan sebanyak 11151 pelanggan dan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Annual outage time (U) sebesar 19264,12154 sehingga didapat nilai SAIDI dengan membagikan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Annual outage time dengan total jumlah pelanggan adalah sebesar 1,72756897 jam/tahun. Sedangkan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Annual outage time (U) berkonfigurasi radial sebesar 142836,482 sehingga didapat nilai SAIDI sebesar 12,809298 jam/tahun. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI_{Loop} = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} = \frac{19264,12154}{11151} = 1,72756897 \text{ jam/tahun}$$

$$SAIDI_{Radial} = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} = \frac{142836,482}{11151} = 12,809298 \text{ jam/tahun}$$

4) Perhitungan CAIDI

Pada penyulang Giri Berkonfigurasi Loop dengan total Load Point sebanyak 57 buah, total jumlah pelanggan pada penyulang Kalibaru sebanyak 11151 pelanggan dan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Outage time (r) sebesar 11615,294 sehingga didapat nilai CAIDI dengan membagikan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Annual outage time dengan total jumlah pelanggan adalah sebesar 1,0416369 jam/tahun. Sedangkan total jumlah perkalian antara jumlah pelanggan dan Outage time (r) berkonfigurasi radial sebesar 89552,65349 sehingga didapat nilai CAIDI sebesar 8,0309078 jam/tahun. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

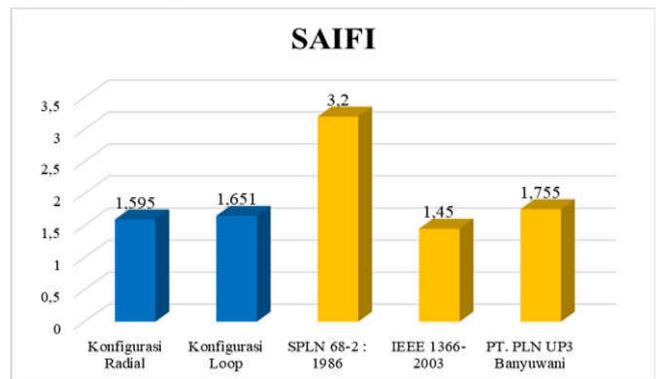
$$CAIDI_{Loop} = \frac{\sum r_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} = \frac{11615,294}{11151} = 1,0416369 \text{ jam/tahun}$$

$$CAIDI_{Radial} = \frac{\sum r_{LP} \times N_{LP}}{\sum N_t} = \frac{89552,65349}{11151} = 8,0309078 \text{ jam/tahun}$$

B. Perbandingan Indeks Keandalan

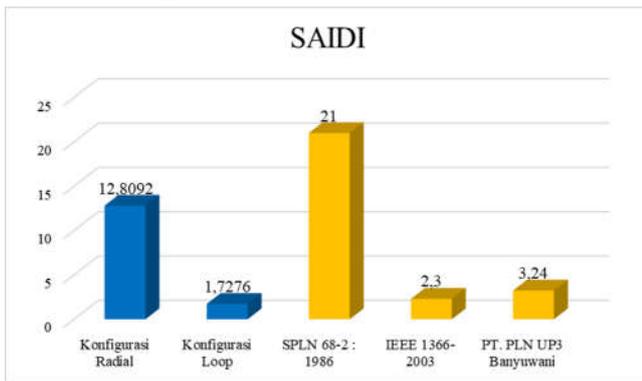
Pada perbandingan data ini membahas tentang perbandingan nilai keandalan kedua konfigurasi, yaitu penyulang Giri berkonfigurasi radial dan berkonfigurasi loop dengan nilai standart keandalan SPLN 68-2: 1986, standart keandalan IEEE 1366-2003 dan standart keandalan PT.PLN UP3 Banyuwangi.

1) Perbandingan Nilai Indeks SAIFI



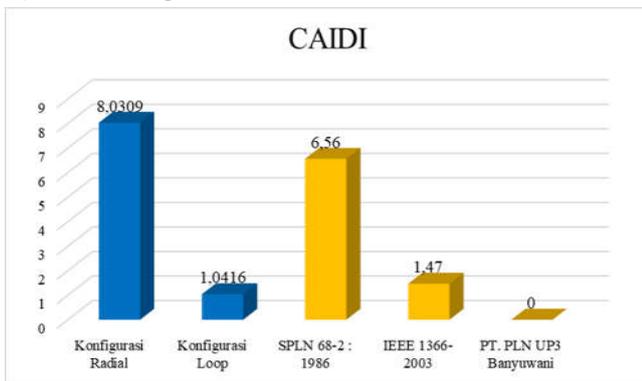
Gbr. 2 Diagram Batang Nilai Indeks SAIFI

2) Perbandingan Nilai Indeks SAIDI



Gbr. 3 Diagram Batang Nilai Indeks SAIDI

3) Perbandingan Nilai Indeks CAIDI



Gbr. 4 Diagram Batang Nilai Indeks CAIDI

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain sebagai berikut.

- Pada penyulang berkonfigurasi radial nilai SAIFI sebesar 1,595 kali/tahun, nilai SAIDI sebesar 12,8092 jam/tahun, nilai CAIDI sebesar 8,0309 jam/tahun, sedangkan pada penyulang berkonfigurasi loop nilai SAIFI sebesar 1,651 kali/tahun, nilai SAIDI sebesar 1,7276 jam/tahun, nilai CAIDI sebesar 1,0416 jam/tahun.
- Jika dilihat dari kategori keandalannya pada indeks SAIFI kedua konfigurasi handal menurut SPLN 68-2: 1986 dan standart PT.PLN UP3 Banyuwangi, akan tetapi tidak handal menurut IEEE 1366-2003. Pada indeks SAIDI penyulang berkonfigurasi loop handal menurut ketiga standart dan pada penyulang berkonfigurasi radial handal menurut SPLN 68-2: 1986 akan tetapi tidak handal menurut IEEE 1366-2003 dan PT.PLN UP3 Banyuwangi. Sedangkan pada indeks

CAIDI penyulang berkonfigurasi radial tidak handal menurut setandart yang ada dan pada penyulang berkonfigurasi loop handal menjrut standart yang ada.

- Jika dilihat dari besar nilai indeksnya penyulang berkonfigurasi loop lebih besar dari penyulang berkonfigurasi radial pada indeks SAIFI, akan tetapi lebih kecil pada indeks SAIDI dan CAIDI. Hal tersebut dikarenakan penyulang loop lebih panjang jalur distribusinya, lebih banyak jumlah *linenya* dan lebih banyak komponennya sedangkan penyulang berkonfigurasi radial kebalikannya
- Panjang jalur distribusi dan jumlah *line* berpengaruh besar terhadap nilai indeks SAIFI, sedangkan untuk jumlah komponen dan bentuk jenis *single line diagram* penyulang berpengaruh besar terhadap nilai indeks SAIDI dan CAIDI.

REFERENSI

- [1] Achmad Fatoni, R. S. (2016). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [2] Andhito Sukmoyo Nugroho, I. S. (2012). *Studi Keandalan Sistem Distribusi 20kV di Bengkulu dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [3] Brown, R. (1997). Distribution System reability Assessment: Momentary Interruption and Strom. IEEE Transaction on Power Delivery.
- [4] Erhaneli. (2016). *EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN SAIDI DAN SAIFI PADA PT.PLN (Persero) RAYON BAGAN BATU TAHUN 2015*. Padang: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, 25143, Indonesia.
- [5] Herdianto Prabowo, I. S. (2012). *STUDI ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PABRIK SEMEN TUBAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY INDEX ASSESSMENT (RIA) DAN PROGRAM ANALISIS KELISTRIKAN*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [6] Jufrizel, M. R. (2017). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria – Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru*. Riau: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim,Riau
- [7] Normalasari, D. (2010). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi Dengan Metode Reliability Index Assessment Pada Sistem Distribusi 20 KV Di PLN APJ Jember*. Jember: Analisa Keandalan Sistem Distribusi Dengan Metode Reliability Index Assessment Pada Sistem Distribusi 20 KV Di PLN APJ Jember.
- [8] Rahmad Santoso, N. (2016). *Evaluasi Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)*. Riau : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293 Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau.
- [9] SPLN 59. (1985). *Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dan 6 kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.

