

# Penilaian Keandalan Sistem Tenaga Listrik dengan Menggunakan Formula Analitis Deduksi

Rahmat Saiful<sup>1)</sup>, Syarifuddin<sup>2)</sup>, Kazman Riyadi<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1</sup>rahmatsaiful2000@gmail.com, <sup>2</sup>syarifuddinbl@gmail.com, <sup>3</sup>kazmanriyadi@poliupg.ac.id

## Abstrak

Penyulang Asabri di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang sering mengalami gangguan disebabkan oleh gangguan eksternal dan internal. Penyulang ini terkoneksi dengan penyulang Antang sehingga saling berhubungan. Berdasar pertimbangan tersebut, perlu adanya studi analisis mengenai tingkat keandalan penyulang Asabri dan Antang serta simulasi perbaikan keandalan pada sistem tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan sistem distribusi menggunakan formula analitis deduksi dan untuk memperbaiki keandalan sistem dengan simulasi ETAP. Metode analitis deduksi digunakan untuk menghitung nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada sistem distribusi. Berdasarkan hasil perhitungan indeks keandalan diperoleh nilai SAIFI yang belum memenuhi standar SPLN-68-2:1986 sehingga dibutuhkan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan EENS diperoleh pada penyulang Asabri sebesar 41,47 MWh/tahun dan pada penyulang Antang sebesar 11,9 MWh/tahun. Berdasarkan hasil simulasi ETAP diperoleh EENS pada penyulang Asabri sebesar 41,316 MWh/yr dan penyulang Antang sebesar 11,737 MWh/yr. Nilai EENS mengalami penurunan setelah penambahan *recloser*. Pada penyulang Asabri terjadi penurunan 6,05% dari 41,316 MWh/yr menjadi 38,817 MWh/yr sementara pada penyulang Antang terjadi penurunan 20,15% dari 11,737 MWh/yr menjadi 9,373 MWh/yr. Nilai EENS juga mengalami penurunan setelah saluran *Tie* baru. Pada penyulang Asabri terjadi penurunan 38,7% dari 39,176 MWh/yr menjadi 23,786 MWh/yr sementara pada penyulang Antang terjadi penurunan 9,6% dari 9,373 MWh/yr menjadi 8,3821 MWh/yr.

**Keywords:** Keandalan, Analitis Deduksi, EENS

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik saat ini adalah salah satu energi yang paling banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Data statistik ketenagalistrikan tahun 2020 menunjukkan bahwa jumlah pelanggan listrik PLN dari tahun ke tahun terus mengalami kenaikan sekitar 4,35%. Tingginya tingkat pertumbuhan kelistrikan tersebut mengakibatkan PLN tidak hanya berusaha memenuhi permintaan daya yang meningkat, akan tetapi juga harus memperbaiki tingkat keandalan pelayanan. Dalam Peraturan Pemerintah No.17 tahun 1972, tentang Perusahaan Listrik Negara (PLN), PLN ditetapkan sebagai Perusahaan Umum Listrik Negara dan sebagai Pemegang Kuasa Usaha Ketenagalistrikan (PKUK) di Indonesia. Berdasarkan UU No.30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, menerangkan bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat.

Keandalan sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu sistem untuk memberikan pasokan tenaga listrik yang cukup dan energi yang tersalurkan secara optimal dengan kualitas yang baik. Salah satu penilaian keandalan pada sistem tenaga listrik yakni menggunakan formula analitis deduksi dengan menghitung EENS (*Expected Energy Not Supplied*) pada sistem. Untuk meninjau EENS diperlukan data ketersediaan (*availability*) dan lama waktu pemadaman dalam batas waktu tertentu.

Penyulang Asabri di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang yang sering mengalami gangguan baik disebabkan oleh gangguan-gangguan eksternal maupun gangguan internal. Penyulang ini terkoneksi dengan penyulang Antang sehingga saling berhubungan. Gangguan pada sistem distribusi tersebut akan mempengaruhi keandalan sistem distribusi pada penyulang Asabri dan Antang.

Berdasar pertimbangan di atas maka perlu adanya studi analisis mengenai tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada penyulang Asabri dan penyulang Antang serta bagaimana cara memperbaiki keandalan pada sistem tersebut. Hal ini dilakukan sebagai bahan pertimbangan untuk peningkatan keandalan guna memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan penyaluran energi listrik dari gardu induk sampai ke konsumen. Sistem distribusi merupakan sistem pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan). Sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena satu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) di layani langsung melalui jaringan distribusi [1].

### B. Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem ketenagalistrikan merupakan suatu bagian dari pengoperasian sistem tenaga listrik

tersebut. Sistem pembangkit, transmisi, distribusi sampai ke pusat-pusat beban tidak bisa lepas dari berbagai macam gangguan. Sudah menjadi hal yang esensial untuk mempertimbangkan desain jaringan suplai daya gangguan dapat diminimalkan. Sistem distribusi 20 kV tidak lepas dari kemungkinan terjadinya gangguan yang akan mempengaruhi keandalan suatu pembangkit dalam mendistribusikan aliran daya listrik ke pelanggan [2].

C. Keandalan

Definisi keandalan (*reliability*) secara umum merupakan kemampuan sistem dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu [3]. Keandalan sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu sistem untuk memberikan pasokan tenaga listrik yang cukup dan energi yang tersalurkan secara optimal dengan kualitas yang baik. Adapun indeks dasar yang digunakan dalam perhitungan tingkat keandalan sistem tenaga listrik adalah:

1) Laju kegagalan/*Failure Rate* ( $\lambda$ )

Laju kegagalan atau *failure rate* ( $\lambda$ ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan persatuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan (T). Laju kegagalan dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\lambda = \frac{f}{T} \text{ (fault/year)} \tag{1}$$

2) Durasi Perbaikan/*Outage Time* (r)

Durasi keluaran rata-rata (r) adalah waktu rata-rata yang diperlukan oleh sistem untuk melakukan perbaikan selama terjadinya gangguan. Durasi perbaikan dapat dihitung menggunakan persamaan (2):

$$r = \frac{t}{f} \text{ (hour/year)} \tag{2}$$

3) Durasi Gangguan Tahunan/*Annual Outage Duration* (U)

*Annual outage duration* (durasi keluaran tahunan) merupakan waktu kegagalan rata-rata yang terjadi pada sistem atau peralatan yang terjadi selama periode tertentu (satu tahun). Durasi gangguan tahunan dapat dihitung menggunakan persamaan (3):

$$U_i = \lambda_i \cdot r_i \text{ (hour/year)} \tag{3}$$

Parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan keandalan sistem jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

1) SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Nilai SAIFI dapat dihitung menggunakan persamaan (4):

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \cdot N_i)}{\sum N} \text{ (f/customer/yr)} \tag{4}$$

2) SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

Menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Nilai SAIFI dapat dihitung menggunakan persamaan (5):

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \cdot N_i)}{\sum N} \text{ (hr/customer/yr)} \tag{5}$$

Adapun standar nilai indeks keandalan yang digunakan yaitu berdasar pada SPLN 68 - 2: 1986 dengan faktor kali daerah Sulawesi sebesar 1,3 pada tabel 1.

Tabel 1. Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68 - 2: 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Daerah Sulawesi	Satuan
SAIFI	3,2	4,16	F/customer/yr
SAIDI	21	27,3	Hr/customer/yr

D. Cara Meningkatkan Keandalan

Peningkatan pada indeks keandalan sistem distribusi dapat dicapai dengan beberapa cara [4]:

- 1) Penambahan Peralatan Pemisah
- 2) *Tie Point* Baru
- 3) Peningkatan Jalur Transfer
- 4) Pemasangan *Distributed Generation* (DG)
- 5) Otomasi Penyulang

E. Analitis Deduksi

Penerapan metode analitis deduksi digunakan untuk menghitung nilai EENS terhadap laju kegagalan pada sistem tenaga listrik [5].

Pada sistem distribusi, *Expected Energy Not Supplied* (EENS) merupakan nilai penjumlahan dari MWh yang tidak tersuplai kepada pelanggan selama periode satu tahun. Ini didefinisikan sebagai perkiraan jumlah energi yang tidak tersalurkan pada sistem karena gangguan selama periode satu tahun. Nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) dapat dihitung menggunakan persamaan (6):

$$EENS = \sum \lambda a(i) \times U_i \text{ MWh/year} \tag{6}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

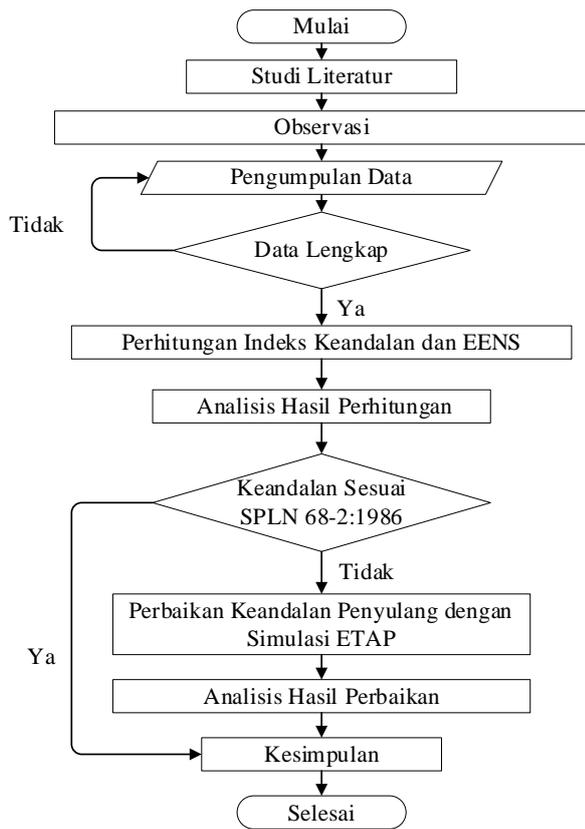
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menganalisis keandalan suatu sistem distribusi 20 kV. Adapun keandalan sistem dinilai menggunakan formula analitis deduksi dari perhitungan *Expected Energy Not Supplied* (EENS).

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang dengan objek berupa jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV pada penyulang Asabri dan penyulang Antang. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dari bulan Maret 2022 sampai dengan bulan April 2022.

C. Prosedur Penelitian

Adapun tahapan dalam penyelesaian penelitian ini digambarkan dalam diagram alir gambar 1.



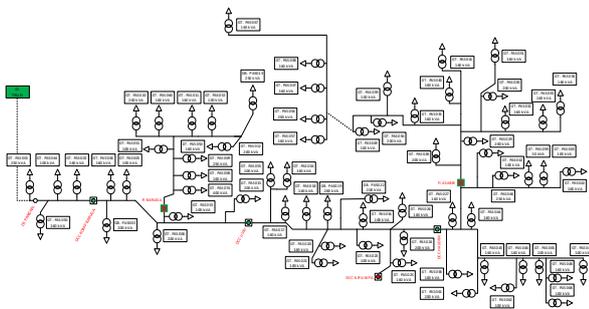
Gambar 1. Flowchart Prosedur Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Data Aset

###### 1) Penyulang Asabri

Penyulang Asabri adalah salah satu penyulang 20 kV yang disuplai dari gardu induk tello. Penyulang ini memiliki 67 load point atau titik beban berupa trafo distribusi dengan panjang penyulang sebesar 18,156 kms. Adapun *single line diagram* dari penyulang Asabri dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Asabri

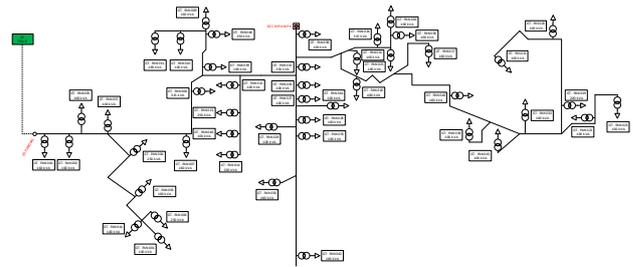
Adapun data gangguan penyulang Asabri dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Gangguan Penyulang Asabri

Section	Jumlah Padam	Lama Padam (jam)
Pangkal	14	9,13
Sect_Kompleks Baruga	14	16,40
Rec_UVRI	26	9,21
Sect_Hasdim	26	9,87

###### 2) Penyulang Antang

Penyulang Antang adalah salah satu penyulang 20 kV yang disuplai dari gardu induk tello. Penyulang ini memiliki 46 load point atau titik beban berupa trafo distribusi dengan panjang penyulang sebesar 12,314 kms. Adapun *single line diagram* dari penyulang Antang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Single Line Diagram Penyulang Antang

Adapun data gangguan penyulang Asabri dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Gangguan Penyulang Antang

Jumlah Padam	Lama Padam (jam)
12	4,57

##### B. Analisis Sistem Existing Penyulang Asabri

Sebelum menghitung indeks keandalan dan nilai EENS, dilakukan perhitungan indeks dasar dalam perhitungan tingkat keandalan sistem tenaga listrik. Adapun hasil perhitungan indeks dasar dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Indeks Dasar

Section	Laju Kegagalan ( $\lambda$ )	Average Outage Duration (r)	Annual outage duration (U)
	f / yr	hr/f	hr / yr
Pangkal	14	0,65	9,1
Sect_Kompleks Baruga	14	1,17	16,38
Rec_UVRI	26	0,35	9,1
Sect_Hasdim	26	0,38	9,88

Berdasarkan hasil perhitungan indeks dasar, maka nilai dari indeks keandalan SAIDI dan SAIFI dapat dihitung untuk setiap *load point* menggunakan persamaan (4) dan (5).

$$\begin{aligned} \text{SAIFI LP1} &= \frac{\sum(\lambda_i) \times Ni}{\sum N} \\ &= \frac{14 \times 311}{7265} \\ &= 0,59931177 \text{ f/customer/yr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIDI LP1} &= \frac{\sum(U_i) \times Ni}{\sum N} \\ &= \frac{9,1 \times 311}{7265} \\ &= 0,38955265 \text{ Hr/customer/yr} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada setiap load point, diperoleh nilai indeks keandalan secara keseluruhan pada penyulang Asabri pada tabel 5.

Tabel 5. Indeks Keandalan Penyulang Asabri

SAIFI	SAIDI
26,66	11,51

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 5, dapat dilihat bahwa berdasar pada standar SPLN 68-2:1986, untuk nilai SAIDI penyulang Asabri masih berada pada batas standar yang ditetapkan sementara pada nilai SAIFI sudah melewati batas toleransi standar yang ditetapkan sehingga perlu dilakukan perbaikan sistem.

Setelah dilakukan perhitungan nilai indeks keandalan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS). Nilai EENS dapat dihitung untuk setiap *load point* menggunakan persamaan (6).

$$\begin{aligned} EENS LP1 &= La(i) \times U \\ EENS LP1 &= 97,15 \times 9,1 \\ EENS LP1 &= 884,065 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai EENS pada setiap *load point*, diperoleh nilai EENS pada penyulang Asabri sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum EENS &= EENS LP1 + EENS LP2 + \dots + EENS LP68 \\ \sum EENS &= 41.471,10 \text{ kWh/yr} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada penyulang Asabri sebesar 41.471,10 kWh/yr atau sebesar 41,47 MWh/tahun. Angka tersebut menyatakan bahwa terdapat 41,47 MWh energi yang tidak tersalurkan akibat gangguan yang terjadi pada penyulang Asabri pada tahun 2021.

### C. Analisis Sistem Existing Penyulang Antang

Sebelum menghitung indeks keandalan dan nilai EENS, dilakukan perhitungan indeks dasar dalam perhitungan tingkat keandalan sistem tenaga listrik. Adapun hasil perhitungan indeks dasar dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Indeks Dasar

Laju Kegagalan ( $\lambda$ )	Average Outage Duration (r)	Annual outage duration (U)
f/yr	hr/f	hr/yr
12	0,38	4,56

Berdasarkan hasil perhitungan indeks dasar, maka nilai dari indeks keandalan SAIDI dan SAIFI dapat dihitung untuk setiap *load point* menggunakan persamaan (4) dan (5).

$$\begin{aligned} \text{SAIFI LP1} &= \frac{\sum(\lambda_i) \times Ni}{\sum N} \\ &= \frac{12 \times 46}{6120} \\ &= 0,12549 \text{ f/customer/yr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIDI LP1} &= \frac{\sum(U_i) \times Ni}{\sum N} \\ &= \frac{4,56 \times 64}{6120} \\ &= 0,04768627 \text{ Hr/customer/yr} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada setiap load point, diperoleh nilai indeks keandalan secara keseluruhan pada penyulang Antang pada tabel 7.

Tabel 7. Indeks Keandalan Penyulang Antang

SAIFI	SAIDI
12	4,56

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 9, dapat dilihat bahwa berdasar pada standar SPLN 68-2:1986, untuk nilai SAIDI penyulang Antang masih berada pada batas standar yang ditetapkan sementara pada nilai SAIFI sudah melewati batas toleransi standar yang ditetapkan sehingga perlu dilakukan perbaikan sistem.

Setelah dilakukan perhitungan nilai indeks keandalan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS). Nilai EENS dapat dihitung untuk setiap *load point* menggunakan persamaan (6).

$$\begin{aligned} EENS LP1 &= La(i) \times U \\ EENS LP1 &= 126 \times 4,56 \\ EENS LP1 &= 125,58 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai EENS pada setiap *load point*, diperoleh nilai EENS pada penyulang Antang sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum EENS &= EENS LP1 + EENS LP2 + \dots + EENS LP46 \\ \sum EENS &= 11.864,09 \text{ kWh/yr} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada penyulang Antang sebesar 11.864,09 kWh/yr atau sebesar 11,9

MWh/tahun. Angka tersebut menyatakan bahwa terdapat 11,9 MWh energi yang tidak tersalurkan akibat gangguan yang terjadi pada penyulang Antang pada tahun 2021.

**D. Simulasi Keandalan Menggunakan Software ETAP**

Analisis *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada sistem distribusi penyulang Asabri dan penyulang Antang menggunakan *single line diagram* yang diperoleh dari pengambilan data pada Penyulang Asabri dan Penyulang Antang. Kemudian dilakukan pemodelan pada kondisi eksisting dengan menggunakan software ETAP 12.6.

Setelah parameter dimasukkan dan dilakukan *running* indeks keandalan pada software ETAP 12.6, maka didapatkan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) untuk penyulang Asabri dan Antang pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Simulasi ETAP

Penyulang	Perhitungan EENS (MWh/yr)	Simulasi EENS (MWh/yr)
Asabri	41,471	41,316
Antang	11,864	11,735

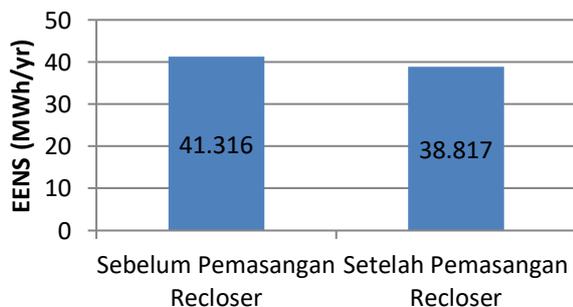
Dari tabel di atas, dapat dilihat sedikit perbedaan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada simulasi ETAP dan perhitungan secara manual. Hal ini disebabkan karena pada perhitungan manual hanya dipengaruhi oleh gangguan pada penyulang Asabri dan Antang itu sendiri. Sementara pada simulasi ETAP, *Expected Energy Not Supplied* (EENS) juga dipengaruhi oleh angka keluaran dari penyulang lain.

**E. Perbaikan Keandalan Menggunakan Software ETAP**

**1) Penambahan Peralatan Pemisah**

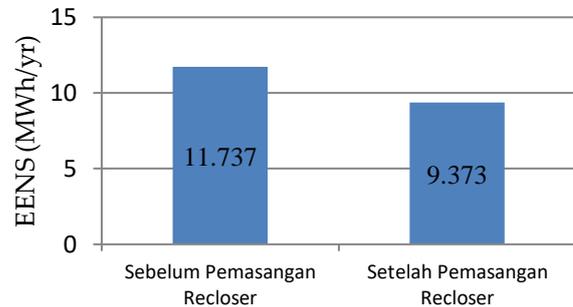
Pada skenario pertama dilakukan penambahan peralatan pemisah berupa *Recloser*. *Recloser* berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu. *Recloser* ditempatkan berdasarkan pada tren hasil simulasi indeks keandalan yang menurun pada jaringan.

Setelah dilakukan *running* indeks keandalan pada software ETAP 12.6, maka didapatkan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) setelah pemasangan *recloser* baru pada gambar (4) dan (5).



Gambar 4. Perbandingan hasil simulasi ETAP sebelum dan sesudah penambahan *recloser* baru penyulang Asabri

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) sebesar 6,05% pada penyulang Asabri setelah penambahan peralatan pemisah. Pada skenario ini *recloser* berperan penting dalam mengurangi daerah terjadinya gangguan. Ketika terjadi gangguan permanen, *recloser* berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu.



Gambar 5. Perbandingan hasil simulasi ETAP sebelum dan sesudah penambahan *recloser* baru penyulang Antang

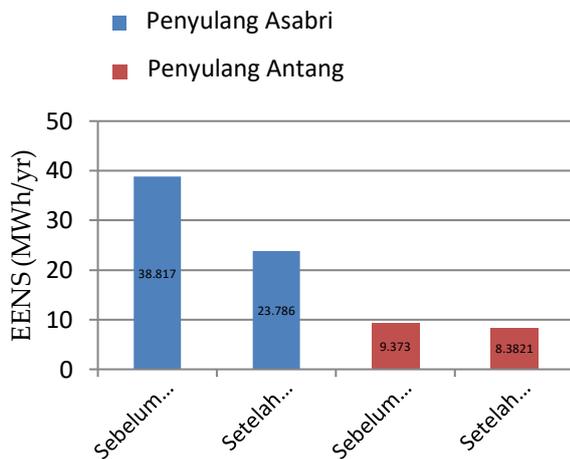
Pada gambar 5. dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) sebesar 20,15% pada penyulang Antang setelah penambahan peralatan pemisah. *Recloser* merupakan solusi terbaik dalam menurunkan waktu pemadaman akibat kegagalan peralatan. Disamping itu penempatan *recloser* secara tepat juga akan berdampak terhadap peningkatan keandalan yang signifikan dalam menurunkan frekuensi pemadaman.

**2) Saluran Tie Baru**

Pada skenario ini dilakukan perombakan jaringan listrik dengan menghubungkan penyulang Asabri dan penyulang Antang pada ujung jaringan. Pada masing-masing penyulang disambungkan saluran *tie* yang baru dengan kontak *open loop* dari sebuah *switching*.

Penambahan Saluran *Tie* Baru dapat bertujuan untuk meningkatkan keandalan dengan sistem yang memiliki jalur transfer yang rendah. Untuk menjadikan penyulang sebagai back-up untuk penyulang lain harus diperlukan cadangan daya yang besar sehingga ketika satu penyulang tersebut sedang mengalami down sistem maka penyulang yang lain dapat mengambil alih sebagian atau seluruh beban dari penyulang tersebut.

Setelah dilakukan *running* indeks keandalan pada software ETAP 12.6, maka didapatkan nilai dari *Expected Energy Not Supplied* (EENS) setelah pemasangan saluran *Tie* baru untuk penyulang Asabri dan Antang pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan hasil simulasi ETAP sebelum dan Sesudah penambahan saluran *Tie* baru baru

Pada gambar 6. dilihat bahwa, terjadi penurunan nilai *Expected Energy Not Supplied* (EENS) pada penyulang Asabri dan Antang. Pada penyulang Asabri terjadi penurunan *Expected Energy Not Supplied* (EENS) sebesar 38,7% dan pada penyulang Antang 9,6%.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan hasil perhitungan indeks keandalan diperoleh nilai SAIFI yang belum memenuhi standar SPLN-68-2:1986 sehingga dibutuhkan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan EENS diperoleh pada penyulang Asabri sebesar 41,47 MWh/tahun dan pada penyulang Antang sebesar 11,9 MWh/tahun.
2. Nilai EENS mengalami penurunan setelah penambahan *recloser*. Pada penyulang Asabri terjadi penurunan 6,05% dari 41,316 MWh/yr menjadi 38,817 MWh/yr sementara pada penyulang Antang terjadi penurunan 20,15% dari 11,737 MWh/yr menjadi 9,373 MWh/yr. Nilai EENS juga mengalami penurunan setelah saluran *Tie* baru. Pada penyulang Asabri terjadi penurunan 38,7% dari 39,176 MWh/yr menjadi 23,786 MWh/yr sementara pada penyulang Antang terjadi penurunan 9,6% dari 9,373 MWh/yr menjadi 8,3821 MWh/yr.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis dan seluruh staf pengajar Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada teman-teman program studi D4 Teknik Listrik yang telah membantu pada penyelesaian penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Teguh, M. A., & Rijanto, T. 2019. Penentuan Kerugian Ekonomis Berdasarkan Nilai Saidi, Saifi Dan Caidi

Menggunakan Metode Section Technique Di Pt. Pln Distribusi Area Gresik. Jurnal Teknik Elektro, 445 – 452.

- [2] H, M. A., Asmar, & Gusa, R. F. 2018. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Pada Penyulang Pangkalbalam Gi Air Anyir Di Pln Area Bangka. SNPPM, 978-602.
- [3] Imran, M., Bintoro, A., Ezwarsyah. 2019. Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Wilayah Kota Lhokseumawe Di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe. Jurnal Energi Listrik. Volume 08 Nomor 01 Tahun 2019.
- [4] Mardiansyah, F. (2018). Evaluasi Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi pada Penyulang PM. 6 Photo Gardu Induk Pematangsiantar.
- [5] Gumilang, A. P., Wibowo, R. S., & Negara, I. M. Y. 2018. Penilaian Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jawa Bagian Timur Dan Bali Menggunakan Formula Analitis Deduksi Dan Sensitivitas Analitis Dari Expected Energy Not Served. Jurnal Teknik ITS Vol. 7, No. 1, 2337-3520.