

# Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng Dengan Metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA)

Rika Nurul Annisa<sup>1)</sup>, Hamma<sup>2)</sup>, Nandy Rizaldy Najib<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro D4 Teknik Listrik / Politeknik Negeri Ujung Pandang  
<sup>1</sup>rikanurulannisa@gmail.com, <sup>2</sup>hamma.gatto@gmail.com, <sup>3</sup>nandy@poliupg.ac.id

## Abstrak

Kualitas keandalan jaringan pelayanan energi pada sistem distribusi dapat dilihat dari seberapa sering terjadi pemadaman dan lamanya padam dalam waktu tertentu. Evaluasi keandalan penyulang radial memerlukan perhitungan yang cukup rumit dan sangat banyak. Metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) digunakan untuk menganalisis keandalan sistem distribusi yang besar dan kompleks menjadi bentuk yang sederhana, dengan elemen pendekatan ekuivalen. Rangkaian ekuivalen digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi, dan menyusun kembali ke dalam bentuk seri. Sebagai sampel Penyulang Parang Banoa dan Penyulang RRI yang berkonfigurasi radial. Telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode RNEA. Dari keandalan ini didapatkan nilai indeks keandalan *load point* dan indeks keandalan sistem. Pada penyulang Parang Banoa dengan menggunakan metode RNEA pada tahun 2021 dengan nilai SAIFI sebesar 4,813 [kegagalan/pelanggan/tahun] dan SAIDI sebesar 12,003 [jam/pelanggan/tahun]. Sedangkan pada penyulang RRI memiliki nilai SAIFI sebesar 1,827 [kegagalan/pelanggan/tahun] dan SAIDI sebesar 4,619 [jam/pelanggan/tahun]. Berdasarkan hasil perhitungan penyulang Parang Banoa dikategorikan tidak andal karena nilainya sudah melebihi standar SPLN 68-2 tahun 1986. Sedangkan pada penyulang RRI dikatakan andal karena nilainya berada dibawah standar SPLN 68-2 tahun 1986 tersebut. Kerugian ekonomis pada Penyulang Parang Banoa dengan nilai ENS : 6.549.928,32 kWh/tahun, AENS : 1563,60 dan nilai kerugian ekonomis sebesar Rp. 26.854.706,11. Sedangkan pada Penyulang RRI dengan nilai ENS : 7.160.697,13 kWh/tahun, AENS : 702,64 dan nilai kerugian ekonomis sebesar Rp. 29.358.858,23 selama tahun 2021.

**Keywords:** Keandalan, Sistem Distribusi, RNEA, SAIFI, SAIDI

## I. PENDAHULUAN

Keandalan sistem distribusi adalah peluang suatu komponen atau sistem distribusi dalam memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode tertentu. Dengan tingkat keandalan yang sesuai dengan standar, masyarakat pengguna dapat menikmati energi listrik secara kontinyu. Ada beberapa faktor yang harus diketahui dan dihitung sebelum melakukan perhitungan analisis keandalan antara lain: frekuensi kegagalan dan lama/ durasi kegagalan. Untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban diperlukan sistem distribusi. Metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) digunakan untuk menganalisis keandalan sistem distribusi yang besar dan kompleks, dengan pendekatan elemen ekuivalen. Rangkaian ekuivalen digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi ke dalam bentuk seri dan sederhana.

Untuk analisis data-data yang didapat dari Penyulang Parang Banoa kemudian diolah dengan metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) dan setelah itu dibandingkan dengan hasil yang terjadi dilapangan selama 1 tahun. Data yang dilapangan, yaitu data yang didapat dari PLN ULP Kalebajeng mengenai laju kegagalan penyulang dengan memasukkan data-data gangguan yang sering terjadi selama setahun. Sehingga dapat dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode RNEA.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Sistem jaringan distribusi

Yang dimaksud dengan sistem distribusi dalam sistem tenaga listrik adalah bagian jaringan tenaga listrik yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik ke tempat-tempat akhir. Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen (beban), merupakan hal yang penting untuk dipelajari. Penyaluran tenaga listrik ini melalui beberapa tahapan yaitu dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk.

### B. Keandalan Sistem Jaringan Distribusi

Keandalan memiliki definisi yang bermacam – macam, salah satunya, keandalan menyatakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Tugas utama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah menyuplai energi listrik secara kontinyu kepada pelanggan (konsumen).

Keandalan suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh penilaian kecukupan (*adequacy assessment*) berkaitan dengan kemampuan sistem untuk memasok energi listrik ke pelanggan dengan memenuhi persyaratan dengan cara yang memuaskan dan penilaian keandalan (*security assessment*) berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk tetap mampu bertahan akibat adanya

gangguan atau hilangnya elemen sistem yang tidak dapat diantisipasi (Billinton & Allan, 1996:8).

Keandalan diukur sebagai probabilitas, sehingga probabilitas yang berubah terhadap waktu.

1. Perhitungan Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga (Billinton & Allan, 1996). Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks *load point* dan indeks sistem. Indeks keandalan *Load point* antara lain:

a. Frekuensi pemadaman (*Outage*)

Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Untuk menghitung frekuensi pemadaman digunakan persamaan berikut:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $\lambda_{LP}$  = frekuensi gangguan *load point*.
- $\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K.
- K = semua peralatan terhadap *load point*.

b. Lama pemadaman (*Outage Duration*)

Periode dari satu permulaan komponen mengalami keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya (SPLN 59, 1985). Untuk menghitung lama pemadaman digunakan persamaan berikut:

$$U_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i r_i \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- $U_{LP}$  = rata – rata gangguan tahunan
- $r_i$  = waktu perbaikan (*repairing time*)

Berdasarkan indeks-indeks *load point*, diperoleh jumlah indeks keandalan untuk mengetahui indeks keandalan system secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bias didapatkan dengan lengkap mengenai kinerja system. Indeks indeks ini adalah SAIFI dan SAIDI.

a. *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI)

SAIFI adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu (umumnya tahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaanya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- $\lambda_k$  = frekuensi padam
- $M_k$  = jumlah pelanggan pada saluran
- M = jumlah pelanggan pada sistem

b. *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

SAIDI adalah perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi (Billinton & Wang, 1998). Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- $U_k$  = waktu padam dalam periode tertentu
- $M_k$  = pelanggan pada saluran

2. Perhitungan Nilai Ekonomis Akibat Nilai Keandalan.

Kerugian ekonomis sistem distribusi dapat diketahui berdasarkan keandalan sistem yakni indeks SAIDI. (Tri Rijanto 2019)

$$P \text{ penyulang} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \dots\dots\dots (5)$$

$$ENS = SAIDI \times \text{Daya Penyulang} \dots\dots\dots (6)$$

$$AENS = \frac{ENS}{M} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Kerugian} = ENS \times Rp/kWh \dots\dots\dots (8)$$

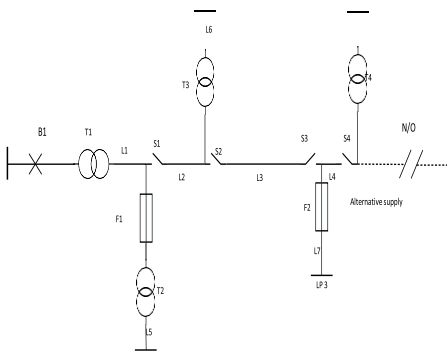
Keterangan :

- V = Tegangan Penyulang (V)
- I = Beban Penyulang (A)
- ENS = *Energy Not Supplied*
- AENS = *Average Energy Not Supplied*

C. *Reability Network Equivalent Approach* (RNEA)

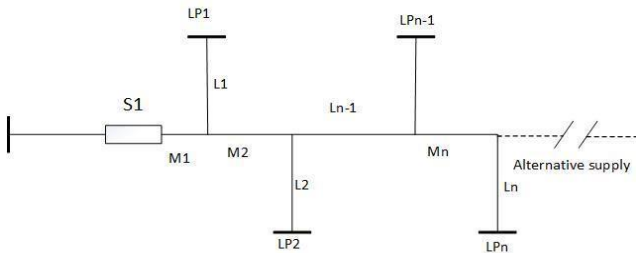
Metode Keandalan Jaringan Dengan Pendekatan atau *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) merupakan penyederhanaan dari metode *Failure Mode and Effect A nalysis* (FMEA). Pada metode FMEA, kemungkinan terjadinya kegagalan atau tidak berfungsinya tiap komponen pada sistem distribusi diidentifikasi dan dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap titik beban (*Load Point*). Metode RNEA pertama kali diperkenalkan oleh R.Billinton dan P.wang pada tahun 1998. Metode pendekatan keandalan jaringan (*Reliability Network Equivalent Approach*). Metode pendekatan digunakan untuk menganalisis sistem distribusi radial yang kompleks secara sederhana.

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa sistem distribusi radial yang terdiri dari *transformator*, saluran, *Breaker*, *Fuse*, dan *Disconnecting Switch*. S<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>, disebut sebagai Section utama (*main section*) yang menyalurkan energi ke lokasi beban. Indeks kegagalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi  $\lambda$  (Kegagalan/Tahun), dan rata rata waktu keluar (*outrage*) r (Jam/Kegagalan), dan Rata-rata ketetersediaan (*Unavailability*) tahunan U (jam/Tahun). Sistem distribusi radial ini.



Gambar 1 Contoh Sistem Distribusi Bentuk Radial Sumber : R. Bilinton dan P. Wang(1998)  
 Dimana, B : Breaker; T : Transformator; L : Line; S : Disconnecting Switch; F : Fuse

Penyulang umum terdiri dari n Section utama (main section), n Section cabang (lateral section) dan komponen seri. Secara berurutan Si, Li, Mi, dan Lpi menggambarkan komponen seri I, Li dapat disebut dengan sebagai saluran dengan Fuse dan Transformator pada Section cabang i, Mi dapat disebut sebagai saluran dengan dua Disconnecting Switch atau saluran dengan dua Disconnecting Switch di kedua ujungnya pada Section utama I, dan Lpi



Gambar 2 Penyulang Umum

Dimana; S : Komponen Seri; M Saluran dengan Disconnecting Switch; L : Saluran dengan Fuse dan Transformator; Lp : Load Point.

Berdasarkan data elemen dan konfigurasi pada Penyulang umum, didapatkan formula untuk menghitung tiga indeks titik beban (load point indexes) sesuai dengan persamaan :

$$\lambda_j = \lambda_{sj} + \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} + \sum_{k=1}^n P_{kj} \lambda_{kj} \dots\dots\dots(9)$$

$$U_j = \lambda_{sj} r_{sj} + \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} r_{sj} + \sum_{k=1}^n P_{kj} \lambda_{kj} r_{sj} \dots\dots\dots(10)$$

$$r_j = \frac{U_j}{\lambda_j} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan,

- $\lambda_{sj}$  : Laju kegagalan pada titik beban j
- $U_j$  : Rata-rata ketaktersediaan tahunan pada titik beban
- $r_j$  : Rata-rata lama padam pada titik beban j
- $\lambda_{sj}$  : Laju kegagalan komponen seri terhadap titik beban
- $\lambda_{ij}$  : Laju kegagalan Section utama i terhadap titik beban
- $\lambda_{kj}$  : Laju kegagalan Section cabang k terhadap titik beban
- $p_{kj}$  : Parameter control Section cabang k terhadap titik beban
- $r_{ij}$  : Waktu switching (switching time) atau waktu perbaikan (repair time) titikbeban j pada main section i.
- $r_{sj}$  : Waktu perbaikan (repair time) untuk elemen seri s terhadap titik beban j.
- $r_{kj}$  : Waktu switching (switching time) atau waktu perbaikan (repair time) titikbeban j pada lateral section k.

Proses yang digunakan untuk mengevaluasi indeks keandalan sistem distribusi yang menggunakan RNEA terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Proses *Bottom-up*, digunakan untuk mencari semua Penyulang cabang (sub feeder) kemudian diganti dengan jaringan Section cabang (lateral section) sehingga sistem dapat direduksi menjadi sistem distribusi umum.
- b. Prosedur *Top-down*, proses ini digunakan untuk mengevaluasi indeks titik beban (load point) tiap Penyulang (feeder) dan komponen seri untuk Penyulang cabang (sub feeder), sampai semua indeks titik beban (load point) baik pada Penyulang utama (feeder) maupun Penyulang cabang (sub feeder) dievaluasi.

D. Standar Keandalan Sistem 20kV

Keandalan sistem distribusi merupakan tingkat kebersihan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik padaperiode waktu dan dalam kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui sebelum menghitung indeks keandalan system yaitu dengan mengetahui nilai data keandalan peralatan. Data – data ini didapat dari data SPLN 59 tahun 1985 untuk data keandalan peralatan.

Tabel 1 Keandalan Peralatan SPLN 59 Tahun 1985

KOMPONEN	$\lambda$ ( Failure Rate) (Kegagalan/tahun/km)	Repair time (Waktu / Jam)	$r_s$ (switching time) (jam)
SUTM/Saluran udara	0.2	3	0.15
Trafo Distribusi	0.005	10	0.15
FCO	0.003	10	0.15
LBS/Pemisah	0.003	10	0.15
CB	0.004	10	0.15
Sectionalizer	0.003	10	0.15

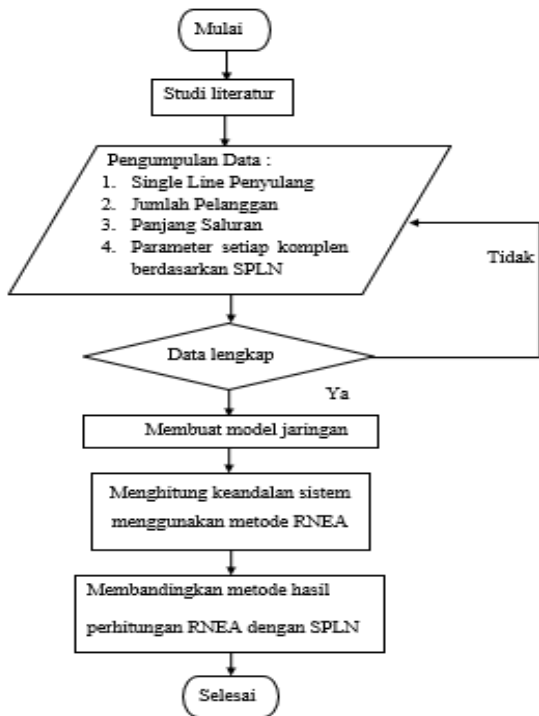
Adapun untuk mengukur suatu keandalan suatu sistem maka diperlukan patokan/standar yang berguna untuk menilai keadaan keandalan sistem kondisi baik ataupun kurang baik. Maka berdasarkan SPLN NO.68-2 : 1986 bahwa sistem dalam kondisi baik jika telah memenuhi syarat seperti dibawah ini :

1. SAIFI : 3.2 kali/pelanggan/tahun
2. SAIDI : 21 jam/pelanggan/tahun

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini yang dicari adalah menghitung indeks keandalan sistem, yaitu nilai SAIDI dan SAIFI dari Penyulang Parangbanoa, dan Penyulang RRI, Rayon Kalebajeng. Setelah nilai indeks keandalannya didapatkan, selanjutnya menentukan kerugian berdasarkan nilai SAIDI. Metode Pengumpulan data adalah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel kegiatan penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam

kegiatan ini adalah studi literatur, wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi). Setelah melakukan pengolahan data dan melakukan perhitungan selanjutnya membandingkan hasil perhitungan dengan Standar PLN 68-2 : 1986. Kemudian membuat kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan dan hasil perbandingan dengan SPLN

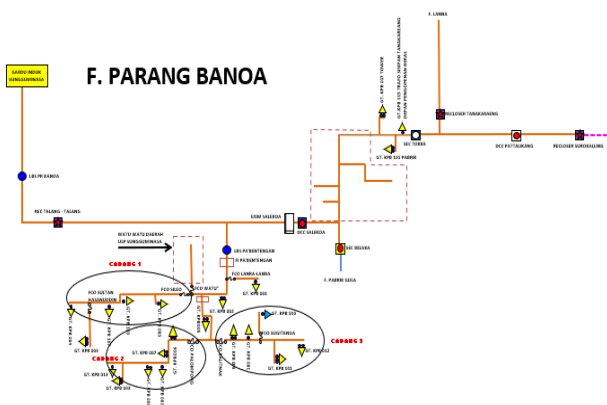


Gambar 3 Flowchart Tahapan Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Perhitungan Dengan Metode RNEA

Perhitungan dimulai dengan menganalisis *Single Line* Diagram radial dari penyulang Parang Banoa dan Penyulang RRI. Kemudian menentukan jumlah penyulang cabang dan menghitung indeks keandalannya. Penentuan penyulang cabang adalah beban yang lebih dari 1 dan dipisahkan oleh pemangam atau pemisah. Penyulang Parang Banoa sebagai sample yang djelaskan pada gambar 4 berikut



Gambar 4 Penyulang Parang Banoa

##### a) Menghitung Laju Kegagalan

Untuk mencari nilai indeks laju kegagalan pada penyulang Parang Banoa, adalah dengan menghitung  $\lambda$  tiap komponen pada penyulang. Pada Panjang saluran dikalikan dengan nilai indeks kegagalan. Sehingga didapat nilai laju kegagalan pada penyulang Parang Banoa dalam satu tahun. Selanjutnya menghitung nilai U yaitu mengkalikan nilai  $\lambda$  pada tiap peralatan dengan waktu perbaikan (r)

Tabel 2 Panjang Saluran Penyulang Parang Banoa

Penghantar	Panjang Saluran (km)	Saluran	Panjang Saluran (kms)
L 1	3.79	L 23	0.40
L 2	0.58	L 24	1.03
L 3	0.37	L 25	0.37
L 4	0.6	L 26	0.02
L 5	0.65	L 27	0.04
L 6	0.80	L 28	0.42
L 7	0.57	L 29	0.80
L 8	0.70	L 30	0.46
L 9	0.12	L 31	0.64
L 10	0.34	L 32	0.24
L 11	1.36	L 33	0.04
L 12	0.48	L 34	0.68
L 13	0.17	L 35	0.07
L 14	0.88	L 36	3.56
L 15	0.13	L 37	0.06
L 16	0.07	L 38	2.93
L 17	0.15	L 39	5.6
L 18	0.39	L 40	0.14
L 19	0.38	L 41	0.63
L 20	0.07	L 42	0.01
L 21	0.43	L 43	0.18
L 22	0.66	L 44	0.22
TOTAL			32.23

Perhitungan indeks keandalan penyulang cabang 1 Penyulang Parang Banoa adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Perhitungan Laju Kegagalan ( $\lambda_{e1}$ ) Ekuivalen Cabang 1

KOMPONEN	Panjang Saluran (km)	$\lambda_i$ Angka Keluaran (kms)	$\lambda_{e1} = L \times \lambda_i$
FCO SILEO		0.003	0.003
FCO ST. Hasanuddin		0.003	0.003
Line 28	0.42	0.2	0.084
Line 29	0.8	0.2	0.16
Line 30	0.46	0.2	0.092
Line 31	0.64	0.2	0.128
Line 32	0.24	0.2	0.048
Line 33	0.04	0.2	0.008
Line 34	0.68	0.2	0.136
Line 35	0.07	0.2	0.014
LP 15		0.005	0.005
LP 16		0.005	0.005
LP 17		0.005	0.005
LP 18		0.005	0.005
LP 19		0.005	0.005
$\lambda_{e1}$		TOTAL	0.701

Tabel 4 Perhitungan Laju Ketaktersediaan ( $U_{e1}$ ) Ekuivalen Cabang 1

KOMPONEN	Repair Time (Jam)(r)	$\lambda e1 = L * \lambda i$	$U_{e1} = \lambda e1 * \text{Repair Time (r)}$
FCO SILEO	10	0.003	0.03
FCO ST. Hasanudin	10	0.003	0.03
Line 28	3	0.084	0.252
Line 29	3	0.16	0.48
Line 30	3	0.092	0.276
Line 31	3	0.128	0.384
Line 32	3	0.048	0.144
Line 33	3	0.008	0.024
Line 34	3	0.136	0.408
Line 35	3	0.014	0.042
LP 15	10	0.005	0.05
LP 16	10	0.005	0.05
LP 17	10	0.005	0.05
LP 18	10	0.005	0.05
LP 19	10	0.005	0.05
<b>U<sub>e1</sub></b>	<b>TOTAL</b>		<b>2.32</b>

Kemudian untuk menghitung indeks keandalan *load point* kita harus memperhatikan letak dari *load point* tersebut. Jika terletak di penyulang cabang maka nilai dari laju kegagalan penyulang cabang ditambahkan dengan laju kegagalan pada penyulang utama.

Tabel 5 Indeks Keandalan *Load Point* Penyulang Parang Banoa

Load Point	$\lambda$	$\frac{U}{r\lambda}$	U
LP1	4,381	1,625,199	7,12
LP2	4,381	1,625,199	7,12
LP3	4,381	1,625,199	7,12
LP4	5,100	3,045,098	15,530
LP5	5,100	3,045,098	15,530
LP6	5,100	3,045,098	15,530
LP7	5,100	3,045,098	15,530
LP8	5,100	3,045,098	15,530
LP9	5,100	3,045,098	15,530
LP10	5,084	2,996,459	15,234
LP11	5,084	2,996,459	15,234
LP12	5,084	2,996,459	15,234
LP13	5,084	2,996,459	15,234
LP14	5,084	2,996,459	15,234
LP15	5,084	1,856,805	9,44
LP16	5,084	1,856,805	9,44
LP17	5,084	1,856,805	9,44
LP18	5,084	1,856,805	9,44
LP19	5,084	1,856,805	9,44
LP20	4,381	2,999,771	13,142
LP21	4,381	2,999,771	13,142
LP22	4,381	2,999,771	13,142

b) Menghitung Indeks Keandalan Sistem  
 Indeks yang dihitung adalah SAIFI dan SAIDI pada penyulang Parang Banoa adalah srbagai berikut :

Tabel 6 Indeks Keandalan Sistem Penyulang Parang Banoa

Load Point	$\lambda$	$\frac{U}{r\lambda}$	U	Mk (Jumlah Pelanggan)	SAIFI ( $\lambda * Mk$ )	SAIDI ( $U * Mk$ )
LP1	4,381	1,625,199	7,12	386	1,691,066	2,748,320
LP2	4,381	1,625,199	7,12	236	1,033,916	1,680,320
LP3	4,381	1,625,199	7,12	257	1,125,917	1,829,840
LP4	5,100	3,045,098	15,530	249	1,269,900	3,866,970
LP5	5,100	3,045,098	15,530	394	2,009,400	6,118,820
LP6	5,100	3,045,098	15,530	123	627,300	1,910,190
LP7	5,100	3,045,098	15,530	228	1,162,800	3,540,840
LP8	5,100	3,045,098	15,530	94	479,400	1,459,820
LP9	5,100	3,045,098	15,530	43	219,300	667,790
LP10	5,082	2,997,638	15,234	220	1,118,040	3,351,480
LP11	5,082	2,997,638	15,234	109	553,938	1,660,506
LP12	5,082	2,997,638	15,234	115	584,430	1,751,910
LP13	5,082	2,997,638	15,234	263	1,336,566	4,006,542
LP14	5,082	2,997,638	15,234	123	625,086	1,873,782
LP15	5,082	1,857,536	9,44	9	45,738	8,496
LP16	5,082	1,857,536	9,44	119	604,758	1,123,36
LP17	5,082	1,857,536	9,44	394	2,002,308	3,719,360
LP18	5,082	1,857,536	9,44	81	411,642	764,640
LP19	5,082	1,857,536	9,44	130	660,660	1,227,200
LP20	4,381	2,999,771	13,142	263	1,152,203	3,456,346
LP21	4,381	2,999,771	13,142	321	1,406,301	4,218,582
LP22	4,381	2,999,771	13,142	32	140,192	420,544
<b>TOTAL</b>				<b>4189</b>	<b>20,260,861</b>	<b>50,282,298</b>

c) Perhitungan Kerugian Ekonomis  
 Hasil perhitungan kerugian ditampilkan dalam tabel 7:  
 Tabel 7 Kerugian Ekonomis Penyulang Parang Banoa

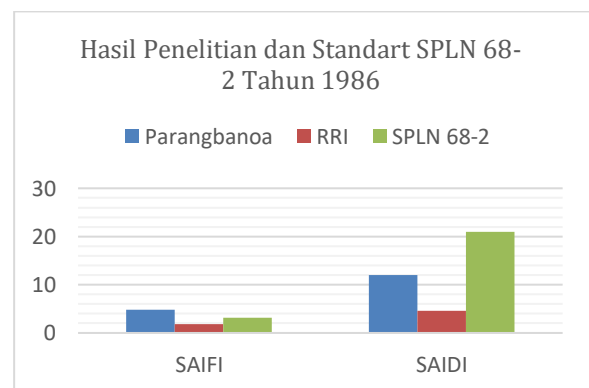
PENYULANG	ENS (kWh)	AENS	Kerugian Ekonomis (Rp)
PARANGBANO	6.549.928,32	1.563.60	26.854.706,11

B. Analisis Hasil Perhitungan

a) Perbandingan Indeks Keandalan Sistem

Tabel 8 Perbandingan Indeks Keandalan Kedua Penyulang Dengan Standar SPLN-68-2 Tahun 1986

PENYULANG	SAIFI (kegagalan/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
PARANGBANO	4,813	12,003
RRI	1,827	4,619
SPLN 68-2	3,2	21



Gambar 5 Grafik Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Kedua Penyulang dengan Standar SPLN 68-2 Tahun 1986

Pada perbandingan ini kita bandingkan antara data hasil hitungan yang ada pada tabel 4.34 Dengan data Standar dari SPLN 68-2 tahun 1986 Yang mana nilai SAIFI 3,2 [kegagalan/pelanggan/tahun] dan SAIDI 21 [jam/pelanggan/tahun]. Untuk penyulang PARANGBANO dapat dikategorikan masih belum andal karena memiliki nilai SAIFI yang jauh lebih besar di bandingkan dengan Standar SPLN 68-2 walaupun nilai SAIDI nya di bawah standar SPLN 68-2. Untuk Penyulang RRI dapat di kategorikan andal karena nilai SAIFI dan SAIDI nya lebih kecil dibandingkan dengan Standar SPLN 68-2.

Pada Penyulang RRI nilai SAIFI = 1,827 [kegagalan/pelanggan/tahun] dan SAIDI = 4,619 [jam/pelanggan/tahun]. Nilai yang kecil menandakan bahwa Penyulang RRI dikategorikan handal, panjang saluran yang terbilang pendek dan Suplai beban dekat dengan Gardu Induk semakin meningkatkan keandalan pada Penyulang RRI.

Pada metode RNEA indeks keandalan ini merupakan hitungan untuk mendapatkan nilai dari keandalan peralatan. Hasil dari perhitungan keandalan akan tetap sama, jika tidak adanya penambahan jumlah pelanggan dan komponen pada jaringan.

b) Analisis Kerugian Ekonomis

Tabel 9 Kerugian Ekonomis Penyulang Parang Banoa dan Penyulang RRI

PENYULANG	ENS (kWh)	AENS	Kerugian Ekonomis (Rp)
PARANGBANO	6.549.928,32	1.563,60	26.854.706,11
RRI	7.160.697,13	702,64	29.358.858,23

Pada Penyulang Parang Banoa diperoleh dari nilai ENS atau energi yang tidak disalurkan oleh sistem selama satu tahun sebesar 6.549.928,32 kWh, nilai AENS : 1.563,60 maka nilai rupiah yang didapatkan sebesar Rp.458.858,23 pertahun. Sedangkan untuk penyulang RRI nilai ENS : 7.160.679,13, dan nilai AENS : 702,64 maka nilai rupiah yang didapatkan sebesar Rp. 29.358.858,23. Semakin tinggi nilai SAIDI dan jumlah pelanggan maka secara otomatis nilai kerugian ekonomis juga akan meningkat. Kerugian energi yang tidak tersalurkan akibat terjadinya pemadaman.

**C. KESIMPULAN**

Pada Penyulang Parang Banoa dengan nilai SAIFI sebesar 4,813 [kegagalan/pelanggan/tahun], nilai SAIDI sebesar 12,003 [jam/pelanggan/tahun]. Sedangkan pada Penyulang RRI dengan nilai SAIFI sebesar 1,827 [kegagalan/pelanggan/tahun], nilai SAIDI sebesar 4.619 [jam/pelanggan/tahun]. Hasil perbandingan pada Standar SPLN 68-2 tahun 1986 dimana nilai pada standar SAIFI = 3,2 [kegagalan/pelanggan/tahun] dan SAIDI = 21 [jam/pelanggan/tahun]. Maka pada Penyulang Parang Banoa dapat dikatakan masih belum handal. Sedangkan pada Penyulang RRI Penyulang tersebut masih terhitung handal. Dan kerugian ekonomis pada Penyulang Parang Banoa dengan nilai ENS : 6.549.928,32 kWh/tahun, AENS : 1563,60 dan nilai kerugian ekonomis sebesar Rp.

26.854.706,11. Sedangkan pada Penyulang RRI dengan nilai ENS : 7.160.697,13 kWh/tahun, AENS : 702,64 dan nilai kerugian ekonomis sebesar Rp. 29.358.858,23 selama tahun 2021.

**REFERENSI**

- [1] Adiguna, M. F. (2019). Analisis Keandalan Pada Penyulang Kayutangi Menggunakan Metode Reliability Network Equivalent Approach ( RNEA ). 1–9.
- [2] Ballinton, R & Wang, P. (1998). *Reliability Network Equivalent Approach to Distribution System Reability Evaluation.*
- [3] Fadli Admajaya, 2019. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv PT. PLN (PERSERO) Area Pelayanan Jaringan (APJ) Pontianak Metode Reliability Network Equivalent Approach.
- [4] Nanzani, S. (2019). Evaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA) di PT.PLN Rayon Mojokerto. 111–119.
- [5] PT.PLN (PERSERO). 1985. *SPLN 59: Keandalan Pada Sistem Distribusi 20KV dan 6KV.* Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [6] PT. PLN (Persero). (1986). *SPLN 68-2:1986 - Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik - Bagian Dua : Sistem Didtribusi.* Jakarta: Departemen Pertambangan Dan Energi - Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [7] Rifqi Anshori (2020). Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 kv Pada PT.PLN (Persero) Rayon Daya dengan Metode *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA).
- [8] Saldiana. (2019). Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 kV Pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Menggunakan Metode Section Technique.
- [9] Sukerayasa, I Wayan. 2008. *Evaluasi Penyulang Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach.* Teknologi Elektro Vol 7. 1 . Universitas Udayana.
- [10] Tri Rijanto (2019). Penentuan Kerugian Ekonomis berdasarkan nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI menggunakan Metode *Section Technique* di PT. PLN Distrbusi Area Gresik. Universitas Negeri Surabaya.
- [11] Wisesa, C. P. (2014). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kv di PT. PLN (Persero) APJ Banyuwangi dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach ( 20. 1–6)
- [12] Turan Gonen, *Electric Power Distribution Engineering 3 Edition* CRC Press, vol.145,no2.
- [13] Billiton, R. Allan, Ronald N. 1984. *Reliability Network Equivalent Approach.* 1 st ed. New York