

# ANALISIS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PT PLN (PERSERO) UP3 METRO MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY NETWORK EQUIVALENT APPROACH* (RNEA)

Abdullah Azzam<sup>1\*</sup>, Herri Gusmedi<sup>2</sup>, Zulmiftah Huda<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Universitas Lampung; Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

## Riwayat artikel:

Received: 22 November 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

## Keywords:

Keandalan, Sistem Distribusi, RNEA, SAIDI SAIFI

## Correspondent Email:

azam123939@gmail.com

**Abstrak.** Kualitas keandalan jaringan distribusi sangat penting dalam menentukan kinerja sistem distribusi tenaga listrik. Dalam suatu jaringan distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman listrik dan seberapa sering terjadinya pemadaman listrik dalam kurun waktu tertentu. Sistem distribusi tentunya memiliki nilai keandalan, dimana indeks-indeks keandalan yang digunakan untuk menghitung nilai keandalan yaitu SAIDI dan SAIFI. Metode yang digunakan dalam menghitung indeks keandalan pada tugas akhir ini adalah menggunakan metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA), dimana prinsip utama dari metode RNEA adalah elemen ekuivalen dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang Strawberry dan penyulang Nila, didapatkan nilai indeks keandalan untuk penyulang Strawberry yaitu, nilai SAIDI sebesar 9,2718 dan nilai SAIFI sebesar 3,0055. Penyulang Nila diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 13,8186 dan SAIFI sebesar 4,44104

**Abstract.** The quality of reliability in distribution networks is crucial in determining the performance of electric power distribution systems. In a distribution network, reliability can be assessed based on the duration and frequency of power outages within a specific time frame. Distribution systems inherently possess reliability values, where reliability indices such as SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) are used to calculate the reliability value. The method employed to calculate reliability indices in this study is the Reliability Network Equivalent Approach (RNEA). The main principle of the RNEA method is that equivalent elements can be used to replace parts of the distribution network, reorganizing large distribution systems into simpler and serial forms. Based on the results obtained from the analysis of the Strawberry and Nila feeders, the reliability indices for the Strawberry feeder are as follows: SAIDI value of 9.2718 and SAIFI value of 3.0055. For the Nila feeder, the reliability indices are SAIDI value of 13.8186 and SAIFI value of 4.44104.

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai pemasok listrik utama di Indonesia, Pemerintah melalui PT. PLN (Persero) selalu berupaya untuk meningkatkan kualitas keandalan dan kontinuitas tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.

Kualitas keandalan jaringan distribusi sangat penting dalam menentukan kinerja sistem distribusi tenaga listrik, sistem dapat dikatakan andal apabila frekuensi gangguan atau pemadamannya rendah dan tegangan dalam batas operasi normal[1].

Keandalan sistem merupakan kemampuan sistem untuk berfungsi sesuai dengan fungsinya selama periode waktu tertentu. Nilai keandalan sistem dapat dilihat dari berapa banyak kegagalan sistem yang terjadi dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kegagalan. [2]. Sistem distribusi tentunya memiliki nilai keandalan tertentu, dimana nilai keandalan diperoleh dengan menghitung indeks keandalannya. Indeks keandalan yang digunakan untuk menentukan tingkat keandalan sistem distribusi adalah *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI). [3].

Evaluasi keandalan sistem jaringan distribusi tenaga listrik pada PT. PLN (Persero) UP3 Metro dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satu metodenya adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada metode FMEA menggunakan perhitungan yang sangat banyak, sehingga membutuhkan waktu perhitungan yang lama. Salah satu metode penyederhanaan dari metode FMEA adalah *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA), juga dikenal sebagai metode untuk keandalan jaringan dengan pendekatan yang sama [4].

Pada tahun 1998 Billinton dan Wang mengenalkan metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA). [5] Metode ini merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi sistem distribusi yang menggunakan proses berulang dan berurutan untuk mengevaluasi indeks keandalan per titik beban (*load point*). Metode RNEA ini merupakan penyederhanaan dari metode FMEA, dan merupakan solusi dari masalah yang dihadapi pada metode FMEA [6]. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghitung indeks keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang *Strawberry* dan penyulang Nila dengan menggunakan metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) serta mengevaluasi tingkat keandalan sistem terhadap standar SPLN No.59 : 1985

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut: 1) hasil perhitungan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapat dari penelitian terdahulu; 2) data yang diambil adalah data dalam kurun waktu satu tahun kebelakang (Januari 2022 – Desember 2022). 3) penelitian terbatas hanya di sistem distribusi 20 kV pada penyulang yang tingkat keandalan terburuk. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah dengan dilakukannya analisis keandalan pada jaringan distribusi listrik 20 kV menggunakan metode RNEA (*Reliability Network Equivalent Approach*) diharapkan dapat mengetahui indeks keandalan dari tiap titik beban pada setiap penyulang. Sehingga metode RNEA dapat diterapkan dalam menghitung indeks keandalan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik adalah sistem yang terdiri dari lima subsistem utama yaitu pembangkit listrik, sistem transmisi, gardu induk, sistem distribusi, dan beban. Pada jaringan listrik, sumber energi biasanya berasal dari pembangkit listrik [7].

### 2.2 Sistem Distribusi Listrik

Secara umum, jaringan distribusi listrik terdiri dari berbagai perangkat dan komponen yang mendistribusikan daya dari pembangkit listrik ke konsumen akhir [8]. Perangkat dan komponen termasuk transformator, jaringan kabel, jaringan pipa, jaringan penghantar udara, switchgear, dan banyak perangkat lainnya. Selain itu, jaringan distribusi tenaga listrik dilengkapi dengan sistem proteksi dan pengendalian yang bertujuan untuk menjamin keamanan dan kualitas listrik yang disalurkan kepada konsumen [9].

### 2.3 Keandalan Sistem Listrik

Keandalan memiliki beberapa definisi, salah satunya adalah keandalan menyatakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam periode waktu tertentu dan dalam kondisi operasi tertentu. Tugas utama dari

sistem distribusi tenaga listrik adalah menyuplai energi listrik kepada pelanggan (konsumen) secara terus menerus. Suatu jaringan dianggap andal jika jaringan tersebut memiliki frekuensi pemadaman listrik yang rendah dan mutu tegangan optimal (sesuai standar). [10].

Merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks *load point* dan indeks sistem [11]. Berdasarkan indeks-indeks *load point*, diperoleh jumlah indeks kegagalan untuk menentukan indeks keandalan sistem secara keseluruhan yang dapat mengevaluasi dengan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah indeks SAIDI dan SAIFI

#### SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Indeks SAIDI adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan yang terjadi untuk setiap pelanggan selama satu tahun.

$$SAIDI = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$U_{LP}$  = Total ketidaktersediaan *load point*

$N_{LP}$  = Jumlah Pelanggan pada *load point*

$N$  = Jumlah Pelanggan pada penyulang

#### SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Indeks Indeks SAIFI adalah jumlah rata-rata dari kegagalan yang terjadi pada tiap pelanggan yang dilayani pertahun.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \quad (2.2)$$

Keterangan:

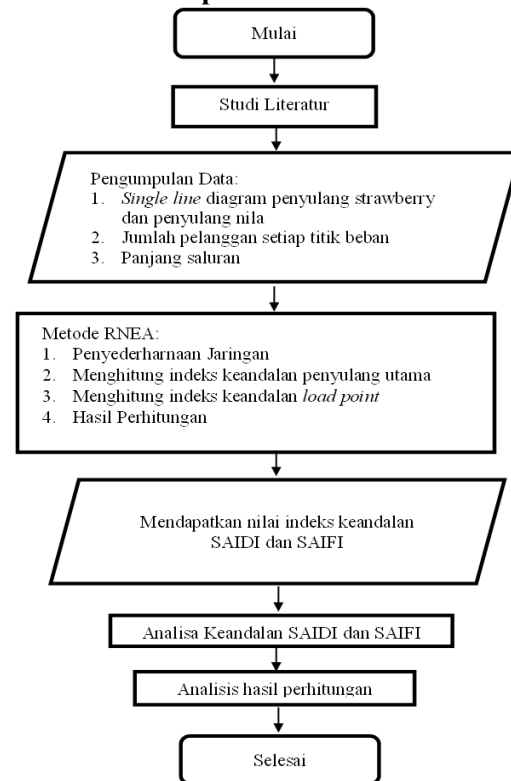
$\lambda_{LP}$  = Laju kegagalan pada *load point*

$N_{LP}$  = Jumlah Pelanggan pada *load point*

$N$  = Jumlah Pelanggan pada penyulang

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Prosedur penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

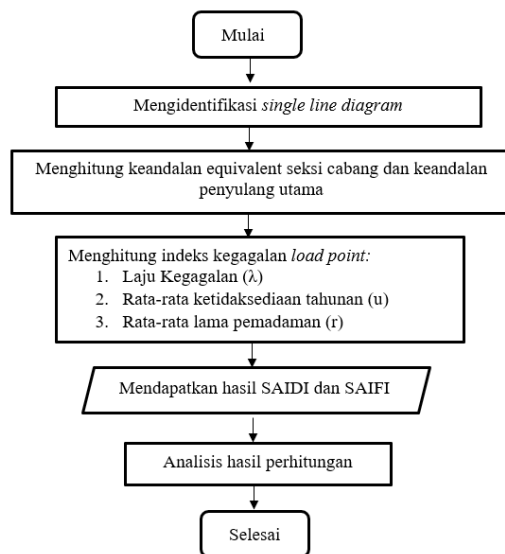
#### 3.2 Metode RNEA

Metode *Reliability Network Equivalent Approach* (RNEA) digunakan untuk menganalisis sistem distribusi radial yang kompleks secara sederhana. Prinsip utama dari metode RNEA adalah elemen ekuivalen dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan Menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Metode RNEA merupakan penyederhanaan dari metode FMEA, dan merupakan solusi dari masalah yang dihadapi metode FMEA Metode FMEA menggunakan perhitungan yang sangat banyak, sehingga membutuhkan waktu perhitungan yang lama [5].

Untuk menunjukkan keberhasilan yang lebih baik dalam periode kurun waktu tertentu dan dalam kondisi operasi dibutuhkannya evaluasi keandalan yang merupakan unjuk tingkat

keberhasilan suatu sistem [12]. Untuk mengukur hal tersebut perlu diadakannya pemeriksaan, pemeriksaan ini dilakukan dengan cara menganalisa tingkat suatu keberhasilan atau operasi dalam sistem yang ditinjau pada kurun waktu tertentu lalu dibandingkan dengan nilai standar yang telah ditetapkan, yaitu standar SPLN No.59 tahun 1985.

### 3.3 Tahapan Perhitungan RNEA



Gambar 2. Tahapan Perhitungan RNEA

Tahapan dari metode RNEA adalah:

- Mengidentifikasi *single line diagram*/topologi jaringan pada penyulang *Strawberry* dan penyulang Nila. Pada tahapan ini penyulang – penyulang cabang direduksi sehingga menghasilkan jaringan ekuivalen.
- Menghitung keandalan equivalent seksi cabang, sehingga mendapatkan nilai  $\lambda_e$  dan  $U_e$
- Menghitung indeks kegagalan *load point*, mendapatkan nilai laju kegagalan setiap *load point* ( $\lambda_{LP}$ ), jumlah ketidaktersediaan tahunan setiap *load point* ( $U_{LP}$ ), dan rata-rata lamanya pemadaman ( $r$ )
- Mendapatkan nilai indeks keandalan sistem, yaitu SAIDI dan SAIFI.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Jaringan Penyulang *Strawberry*

Data jaringan Penyulang *Strawberry* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Data Saluran Penyulang *Strawberry*

Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)
L1	0,097	L35	0,382	L69	0,981
L2	0,006	L36	0,515	L70	1,246
L3	0,107	L37	0,553	L71	0,563
L4	0,69	L38	0,797	L72	0,297
L5	1,089	L39	0,38	L73	0,002
L6	0,069	L40	0,506	L74	0,925
L7	0,77	L41	0,716	L75	0,442
L8	1,122	L42	0,282	L76	0,989
L9	0,518	L43	0,083	L77	2,041
L10	0,217	L44	0,108	L80	1,271
L11	0,196	L45	0,112	L81	1,439
L12	1,465	L46	1,2	L82	0,89
L13	0,284	L47	1,165	L83	1,853
L14	0,094	L48	0,121	L84	0,48
L15	1,714	L49	0,46	L85	0,16
L16	1,204	L50	0,225	L86	0,467
L17	0,059	L51	0,172	L87	0,663
L18	0,527	L52	0,323	L88	1,535
L19	1,336	L53	0,115	L89	0,924
L20	2,056	L54	0,248	L90	0,994
L21	0,659	L55	1,065	L91	0,866
L22	0,246	L56	1,102	L92	1,339
L23	0,888	L57	0,907	L93	0,836
L24	1,285	L58	0,961	L94	0,76
L25	0,908	L59	0,6	L95	0,14
L27	0,543	L60	0,519	L96	0,728
L28	0,673	L61	0,252	L97	0,082
L29	0,06	L62	0,946	L98	1,139
L30	0,167	L63	0,472	L99	0,668
L31	0,948	L64	0,358	L100	1,003
L32	0,992	L65	0,067	L101	1,507
L33	0,654	L66	0,107		
L34	0,016	L68	1,11		
Total Panjang Saluran				65,818	

Tabel 2. Data Trafo dan Jumlah Pelanggan Penyulang *Strawberry*

Trafo	Pelanggan	Trafo	Pelanggan	Trafo	Pelanggan
LP 1	1	LP 28	235	LP 54	147
LP 2	74	LP 29	235	LP 55	147
LP 3	1	LP 30	147	LP 56	147
LP 4	147	LP 31	147	LP 57	147
LP 5	74	LP 32	1	LP 58	235
LP 6	294	LP 33	1	LP 59	1
LP 7	235	LP 34	147	LP 60	1
LP 8	74	LP 35	1	LP 61	1
LP 9	2	LP 36	147	LP 62	147
LP 10	74	LP 37	1	LP 63	147
LP 11	147	LP 38	147	LP 64	147

Trafo	Pelanggan Trafo	Pelanggan Trafo	Pelanggan Trafo	Pelanggan Trafo	Pelanggan Trafo
LP 12	147	LP 39	50	LP 65	74
LP 13	147	LP 40	147	LP 66	1
LP 14	147	LP 41	1	LP 67	147
LP 15	147	LP 42	25	LP 68	147
LP 16	20	LP 43	74	LP 69	147
LP 18	147	LP 44	74	LP 70	147
LP19	1	LP 45	147	LP 71	147
LP 20	147	LP 46	74	LP 72	147
LP 21	74	LP 47	37	LP 73	147
LP 22	74	LP 48	74	LP 74	147
LP 23	147	LP 49	74	LP 75	147
LP 24	147	LP 50	74	LP 76	74
LP 25	20	LP 51	74	LP 77	235
LP 26	1	LP 52	1	LP 78	74
LP 27	147	LP 53	74	LP 79	74

Tabel 3. Data Saluran Jaringan Equivalent *Strawberry*

Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)
L1	0,097	L35	0,382	L64	0,358
L2	0,006	L36	0,515	L65	0,067
L3	0,107	L37	0,553	L66	0,107
L4	0,69	L38	0,797	LE7	3,9
L5	1,089	L39	0,38	L72	0,297
L6	0,069	L40	0,506	L73	0,002
L7	0,77	L41	0,716	L74	0,925
L8	1,122	LE5	0,365	L75	0,442
L9	0,518	L44	0,108	L76	0,989
LE1	3,97	L45	0,112	L77	2,041
L16	1,204	L46	1,2	L80	1,271
L17	0,059	L47	1,165	L81	1,439
LE2	1,863	L48	0,121	L82	0,89
L20	2,056	L49	0,46	LE8	2,333
L21	0,659	L50	0,225	L85	0,16
LE3	1,133	L51	0,172	L86	0,467
L24	1,285	L52	0,323	L87	0,663
L25	0,908	LE6	2,53	LE9	3,453
L27	0,543	L57	0,907	LE10	3,801
L28	0,673	L58	0,961	L96	0,868
L29	0,06	L59	0,6	L97	0,082
LE4	1,115	L60	0,519	L98	1,139
L32	0,992	L61	0,252	L99	0,668
L33	0,654	L62	0,946	L100	1,003
L34	0,016	L63	0,472	L101	1,507
Total Panjang Saluran			65,818		

Tabel 4. Data Trafo dan Jumlah Pelanggan Jaringan Equivalent Penyulang *Strawberry*

Trafo	Pelanggan	Trafo	Pelanggan
LP 1	1	LP 40	147
LP 2	74	LP 41	1
LP 3	1	LPE6	320
LP 4	147	LP 46	74
LP 5	74	LP 47	37
LPE1	679	LP 48	74
LP 11	147	LP 49	74
LPE2	294	LP 50	74
LP 14	147	LP 51	74
LPE3	167	LP 52	1
LP 18	147	LPE7	235
LP19	1	LP 57	147
LP 20	147	LP 58	235
LP 21	74	LP 59	1
LP 22	74	LP 60	1
LPE4	294	LP 61	1
LP 25	20	LP 62	147
LP 26	1	LP 63	147
LP 27	147	LP 64	147
LP 28	235	LPE8	75
LP 29	235	LP 67	147
LP 30	147	LPE9	441
LP 31	147	LPE10	441
LPE5	2	LP 74	147
LP 34	147	LP 75	147
LP 35	1	LP 76	74
LP 36	147	LP 77	235
LP 37	1	LP 78	74
LP 38	147	LP 79	74
LP 39	50		

#### 4.2 Hasil Perhitungan Matlab Penyulang *Strawberry*

Hasil perhitungan Matlab Penyulang *Strawberry* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Matlab Penyulang *Strawberry*

NO LP	SAIDI	SAIFI
LP1	0,0000206	0,0000037
LP2	0,062632	0,01992
LP3	0,0011226	0,00036
LP4	0,1650249	0,05285
LP5	0,0830738	0,0266
LPE1	0,9610062	0,31135
LP11	0,2249504	0,07244
LPE2	0,489305	0,15844
LP14	0,2249504	0,07244
LPE3	0,2687574	0,08694
LP18	0,2410139	0,07779
LP19	0,0016396	0,00053
LP20	0,2410139	0,07779
LP21	0,1213267	0,03916
LP22	0,062632	0,01992
LPE4	0,3528923	0,11374
LP25	0,0169276	0,00538
LP26	0,0008464	0,00027
LP27	0,1244177	0,03957
LP28	0,198899	0,06326
LP29	0,198899	0,06326
LP30	0,1244177	0,03957
LP31	0,1286245	0,04097
LPE5	0,0017352	0,00056
LP34	0,1244177	0,03957
LP35	0,0008464	0,00027
LP36	0,1244177	0,03957
LP37	0,0008464	0,00027
LP38	0,1244177	0,03957
LP39	0,0423189	0,01346
LP40	0,1244177	0,03957
LP41	0,0008464	0,00027
LPE6	0,3298044	0,10626
LP46	0,0315951	0,01029
LP47	0,0157976	0,00515
LP48	0,0315951	0,01029
LP49	0,0315951	0,01029
LP50	0,0315951	0,01029
LP51	0,0315951	0,01029
LP52	0,000427	0,00014
LPE7	0,3679144	0,12173
LP57	0,1448966	0,04744
LP58	0,2316374	0,07584
LP59	0,0009857	0,00032
LP60	0,0009857	0,00032
LP61	0,0009857	0,00032
LP62	0,1448966	0,04744
LP63	0,1448966	0,04744
LP64	0,1547495	0,05072
LPE8	0,0871043	0,0286
LP67	0,1775329	0,0578
LPE9	0,7306418	0,23941
LPE10	0,7421996	0,24327

NO LP	SAIDI	SAIFI
LP74	0,1775329	0,0578
LP75	0,1775329	0,0578
LP76	0,1097061	0,03588
LP77	0,3282331	0,10721
LP78	0,1033585	0,03376
LP79	0,1033585	0,03376

Keterangan :

LE/LPE  = Saluran atau *Load point* Equivalent

Tabel 6. Indeks Keandalan metode RNEA Penyulang *Strawberry*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIDI	9,2718
SAIFI	3,0055

Dari hasil perhitungan menggunakan metode RNEA didapatkan nilai SAIDI penyulang strawberry adalah 9,2718 jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI penyulang *Strawberry* adalah 3,0055 gangguan/pelanggan/tahun.

#### 4.3 Perbandingan Metode RNEA dan FMEA Penyulang *Strawberry*

Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian [13] dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang berjudul “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Metro dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)” dalam kasus yang sama, maka didapatkan hasil perhitungan pada penyulang strawberry seperti pada tabel 7.

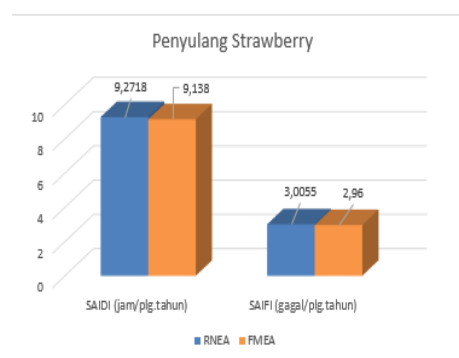
Tabel 7. Hasil Perhitungan Metode FMEA Penyulang *Strawberry*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIDI jam/plg.tahun	9,138
SAIFI gagal/plg.tahun	2,960
CAIDI jam/plg.gagal	3,088
ASAI pu	0,999
ASUI pu	0,001

Perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI, antara hasil perhitungan metode RNEA, FMEA dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 3.

Tabel 8. Perbandingan Metode RNEA dan FMEA pada Penyulang *Strawberry*

Indeks Keandalan	RNEA	FMEA
SAIDI	9,2718	9,138
SAIFI	3,0055	2,96



Gambar 3. Perbandingan RNEA dan FMEA pada Penyulang *Strawberry*

Berdasarkan dari Tabel 8 dan Gambar 3 dapat dilihat adanya perbedaan nilai antara perhitungan metode RNEA dengan perhitungan metode FMEA. Nilai SAIDI hasil perhitungan RNEA adalah 9,2718 Jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI hasil perhitungan RNEA adalah 3,005 gangguan/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai SAIDI hasil perhitungan FMEA adalah 9,138 jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI hasil perhitungan FMEA adalah 2,960 kegagalan/pelanggan/tahun.

Dalam hasil perhitungan metode perhitungan RNEA dengan metode perhitungan FMEA pada penyulang *Strawberry* terdapat selisih perbedaan nilai SAIDI sebesar 0,1338 atau sebesar 1,443% dan Nilai SAIFI sebesar 0,0455 atau sebesar 1,514%. Perbedaan hasil perhitungan metode RNEA dan metode FMEA disebabkan karena pada perhitungan metode RNEA mereduksi jaringan dari yang awalnya memiliki total 79 *Load Point* menjadi 59 *Load point* atau mereduksi sebanyak 20 *Load Point*

dengan persentase 25%. Hal ini disebabkan karena prinsip utama dari metode RNEA adalah menggabungkan beberapa *Load Point* sehingga didapatkan jaringan ekuivalen yang dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Maka dapat dikatakan baik Metode RNEA maupun metode FMEA pada penyulang *Strawberry* nilai SAIDI dan nilai SAIFI berada dibawah standart SPLN No.59 Tahun 1985.

#### 4.4 Data Jaringan Penyulang Nila

Data jaringan Penyulang Nila dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Data Saluran Penyulang Nila

Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)
L 1	0,1	L 58	0,24	L 109	0,86
L 2	12	L 59	1,46	L 110	1,01
L 3	0,72	L 60	0,35	L 112	1,19
L 4	0,64	L 61	0,1	L 113	1,43
L 5	1,11	L 63	0,62	L 114	0,95
L 6	0,15	L 64	0,38	L 115	1,47
L 7	0,27	L 65	0,58	L 116	1,11
L 8	0,5	L 66	0,53	L 117	0,4
L 14	0,13	L 70	1,59	L 118	1,07
L 15	0,06	L 71	0,72	L 119	0,64
L 16	0,92	L 72	1,5	L 120	0,56
L 17	1,01	L 73	0,22	L 121	0,05
L 20	0,13	L 74	0,76	L 122	0,48
L 21	0,11	L 75	0,45	L 123	0,32
L 22	0,57	L 76	0,16	L 124	0,03
L 23	0,18	L 77	0,51	L 125	0,56
L 24	0,16	L 82	0,85	L 126	0,6
L 25	0,56	L 83	0,72	L 127	2,24
L 26	0,84	L 84	0,65	L 128	0,04
L 27	0,92	L 85	1,14	L 129	0,51
L 28	0,12	L 86	0,13	L 130	1,26
L 29	0,46	L 87	0,89	L 131	0,47
L 30	2,43	L 88	0,58	L 132	0,49
L 31	0,77	L 89	0,43	L 133	1,23
L 32	0,44	L 90	0,43	L 134	0,77
L 33	1,22	L 91	0,24	L 135	1,01
L 34	0,78	L 92	1,66	L 136	0,66
L 35	0,76	L 93	0,85	L 137	0,69
L 36	0,55	L 94	1,54	L 138	1,27
L 37	0,16	L 95	1,14	L 139	0,22
L 38	1,13	L 96	1,04	L 140	0,35
L 39	0,17	L 97	0,22	L 141	0,2
L 40	0,13	L 101	0,33	L 142	0,42
L 41	1,37	L 102	0,05	L 143	1,33
L 53	0,58	L 104	0,29	L 144	0,92
L 54	0,61	L 105	0,86	L 145	0,47
L 55	0,67	L 106	0,51	L 146	1,1
L 56	0,64	L 107	1,31	L 147	0,4
L 57	0,11	L 108	0,98	L 148	0,44
Total Panjang Saluran				107,568	

Tabel 10. Data Trafo dan Jumlah Pelanggan Penyulang Nila

Trafo	Pelanggan	Trafo	Pelanggan	Trafo	Pelanggan
LP 1	147	LP 39	1	LP 77	74
LP 2	74	LP 40	1	LP 78	50
LP 3	1	LP 41	1	LP 79	100
LP 4	235	LP 42	147	LP 80	74
LP 5	74	LP 43	74	LP 81	74
LP 6	235	LP 44	147	LP 82	147
LP 7	1	LP 45	100	LP 83	1
LP 8	147	LP 46	74	LP 84	37
LP 9	147	LP 47	50	LP 85	74
LP 10	74	LP 48	74	LP 86	74
LP 11	1	LP 49	147	LP 87	37
LP 12	147	LP 50	1	LP 88	147
LP 13	74	LP 51	100	LP 89	74
LP 14	147	LP 52	147	LP 90	147
LP 15	147	LP 53	147	LP 91	147
LP 16	147	LP 54	147	LP 92	50
LP 17	74	LP 55	1	LP 93	1
LP 18	74	LP 56	100	LP 94	147
LP 19	74	LP 57	235	LP 95	147
LP 20	74	LP 58	74	LP 96	147
LP 21	235	LP 59	147	LP 97	100
LP 22	147	LP 60	100	LP 98	147
LP 23	1	LP 61	100	LP 99	100
LP 24	74	LP 62	100	LP 100	74
LP 25	235	LP 63	368	LP 101	147
LP 26	235	LP 64	147	LP 102	100
LP 27	147	LP 65	147	LP 103	100
LP 28	235	LP 66	37	LP 104	147
LP 29	147	LP 67	37	LP 105	1
LP 30	235	LP 68	74	LP 106	50
LP 31	100	LP 69	20	LP 107	147
LP 32	1	LP 70	74	LP 108	147
LP 33	1	LP 71	1	LP 109	147
LP 34	147	LP 72	74	LP 110	74
LP 35	37	LP 73	147	LP 111	147
LP 36	147	LP 74	100	LP 112	147
LP 37	100	LP 75	147	LP 113	74
LP 38	147	LP 76	147	LP 114	20

Tabel 11. Data Saluran Jaringan Equivalent Penyulang Nila

Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)
L 1	0,1	L 51	0,069	L 103	0,511
L 2	12	L 52	0,272	L 104	0,29
L 3	0,715	L 53	0,575	L 105	0,863
L 4	0,637	L 54	0,605	LE8	4,682
L 5	1,107	L 55	0,666	L 111	0,166
L 6	0,148	L 56	0,641	L 112	1,192
L 7	0,273	L 57	0,111	L 113	1,432
L 8	0,498	L 58	0,239	L 114	0,947
L 9	0,561	L 59	1,461	L 115	1,468
L 10	0,01	L 60	0,352	L 116	1,113
L 11	0,01	L 61	0,102	L 117	0,397
L 12	0,01	L 62	0,015	L 118	1,071
L 13	0,872	L 63	0,62	L 119	0,644
L 14	0,131	LE4	2,192	L 120	0,561
LE1	1,987	L 68	0,505	L 121	0,052
L 20	0,134	LE5	5,92	L 122	0,48
L 21	0,106	L 76	0,161	L 123	0,315
LE2	3,218	L 77	0,513	L 124	0,025
L 28	0,124	L 78	0,024	L 125	0,562
L 29	0,458	L 79	0,548	L 126	0,596
L 30	2,432	L 80	0,555	LE9	4,044
L 31	0,767	L 81	0,469	L 131	0,469
L 32	0,442	L 82	0,849	L 132	0,492
L 33	1,217	L 83	0,719	LE10	1,997
LE3	2,093	L 84	0,648	L 135	1,011
L 37	0,161	L 85	1,136	L 136	0,66
L 38	1,13	L 86	0,134	L 137	0,691
L 39	0,167	L 87	0,893	L 138	1,268
L 40	0,13	L 88	0,58	L 139	0,221
L 41	1,369	L 89	0,434	L 140	0,348
L 42	1,057	L 90	0,434	L 141	0,2
L 43	0,863	LE6	2,508	L 142	0,416
L 44	0,799	LE7	3,97	LE11	2,257
L 45	0,124	L 97	0,218	L 145	0,469
L 46	1,356	L 98	2,305	L 146	1,1
L 47	0,539	L 99	1,333	L 147	0,402
L 48	0,537	L 100	0,705	L 148	0,435
L 49	0,391	L 101	0,327		
L 50	0,421	L 102	0,048		
Total Panjang Saluran				107,568	



Tabel 12. Data Trafo dan Jumlah Pelanggan Jaringan Equivalent Penyulang Nila

LP	Pelanggan	LP	Pelanggan
LP 1	147	LP 61	100
LP 2	74	LP 62	100
LP 3	1	LP 64	147
LP 4	235	LP 65	147
LP 5	74	LPE6	74
LP 6	235	LPE7	168
LP 7	1	LP 71	1
LPE1	368	LP 72	74
LPE2	737	LP 73	147
LP 15	147	LP 74	100
LP 16	147	LP 75	147
LP 17	74	LP 76	147
LPE3	222	LP 77	74
LP 21	235	LPE8	445
LP 22	147	LP 83	1
LP 23	1	LP 84	37
LP 24	74	LP 85	74
LP 25	235	LP 86	74
LP 26	235	LP 87	37
LP 27	147	LP 88	147
LP 28	235	LP 89	74
LP 29	147	LP 90	147
LP 30	235	LP 91	147
LP 31	100	LP 92	50
LP 32	1	LP 93	1
LP 33	1	LP 94	147
LP 34	147	LP 95	147
LP 35	37	LP 96	147
LP 36	147	LP 97	100
LP 37	100	LPE9	468
LP 38	147	LP 102	100
LP 39	1	LPE10	247
LP 40	1	LP 105	1
LPE4	469	LP 106	50
LPE5	740	LP 107	147
LP 54	147	LP 108	147
LP 55	1	LP 109	147
LP 56	100	LP 110	74
LP 57	235	LPE11	294
LP 58	74	LP 113	74
LP 59	147	LP 114	20
LP 60	100		

#### 4.5 Hasil Perhitungan Matlab Penyulang Nila

Hasil perhitungan Matlab Penyulang Nila dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Matlab Penyulang Nila

NO LP	SAIDI	SAIFI
LP 1	0,119721	0,039785
LP 2	0,060268	0,020028
LP 3	0,000814	0,000271
LP 4	0,19139	0,063602
LP 5	0,060268	0,020028
LP 6	0,19139	0,063602
LP 7	0,000678	0,000223
LPE1	0,300513	0,095008
LPE2	0,697793	0,206251
LP 15	0,099615	0,032822
LP 16	0,099615	0,032822
LP 17	0,050146	0,016523
LPE3	0,182482	0,057713
LP 21	0,159248	0,05247
LP 22	0,099615	0,032822
LP 23	0,000678	0,000223
LP 24	0,050146	0,016523
LP 25	0,159248	0,05247
LP 26	0,159248	0,05247
LP 27	0,099615	0,032822
LP 28	0,198267	0,065384
LP 29	0,124022	0,0409
LP 30	0,198267	0,065384
LP 31	0,084369	0,027823
LP 32	0,000844	0,000278
LP 33	0,000844	0,000278
LP 34	0,168825	0,055608
LP 35	0,042493	0,013996
LP 36	0,168825	0,055608
LP 37	0,114847	0,037828
LP 38	0,168825	0,055608
LP 39	0,001148	0,000378
LP 40	0,001148	0,000378
LPE4	0,640434	0,195805
LPE5	1,272655	0,356572
LP 54	0,124022	0,0409
LP 55	0,000844	0,000278
LP 56	0,084369	0,027823
LP 57	0,198267	0,065384
LP 58	0,062433	0,020589
LP 59	0,124022	0,0409
LP 60	0,084369	0,027823
LP 61	0,084369	0,027823
LP 62	0,084369	0,027823
LP 64	0,124022	0,0409
LP 65	0,124022	0,0409
LPE6	0,088211	0,028783
LPE7	0,203816	0,065416
LP 71	0,000844	0,000278
LP 72	0,062433	0,020589
LP 73	0,124022	0,0409
LP 74	0,129574	0,042714
LP 75	0,190474	0,062789
LP 76	0,190474	0,062789
LP 77	0,095885	0,031608
LPE8	0,729453	0,226277
LP 83	0,001296	0,000427
LP 84	0,047943	0,015804
LP 85	0,095885	0,031608
LP 86	0,095885	0,031608
LP 87	0,047943	0,015804
LP 88	0,190474	0,062789
LP 89	0,095885	0,031608
LP 90	0,198467	0,065453
LP 91	0,210035	0,069135

NO LP	SAIDI	SAIFI
LP 92	0,071441	0,023515
LP 93	0,001429	0,00047
LP 94	0,210035	0,069135
LP 95	0,21948	0,072144
LP 96	0,21948	0,072144
LP 97	0,149306	0,049078
LPE9	0,796451	0,252925
LP 102	0,167205	0,05502
LPE10	0,442846	0,144519
LP 105	0,001672	0,00055
LP 106	0,083603	0,02751
LP 107	0,245792	0,08088
LP 108	0,245792	0,08088
LP 109	0,253464	0,081814
LP 110	0,127594	0,041185
LPE11	0,545592	0,175107
LP 113	0,137766	0,043871
LP 114	0,037234	0,011857

Keterangan :

LE/LPE   = Saluran atau *Load point* Equivalent

Tabel 14. Nilai Indeks Keandalan Penyulang Nila

Indeks Keandalan	Nilai
SAIDI	13,8186
SAIFI	4,44104

Dari tabel 15 hasil perhitungan menggunakan metode RNEA, nilai SAIDI penyulang Nila adalah 13,8186 jam/tahun pelanggan. Nilai SAIFI penyulang Nila adalah 4,44104 gangguan/tahun/pelanggan.

Dari hasil tersebut nilai SAIDI penyulang Nila berada dibawah standar SPLN No.59 Tahun 1985 dan nilai SAIFI penyulangg nila berada diatas standar SPLN No.59 Tahun 1985. Hal ini disebabkan karena pada penelitian ini semua *Load Point* disimulasikan mengalami gangguan, sehingga nilai SAIFI pada penyulang Nila berada diatas standar SPLN. Maka dapat dikatakan penyulang nila kurang handal.

#### 4.6 Perbandingan Metode RNEA dan FMEA Penyulang Strawberry

Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian [13] dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang berjudul “Analisis Keandalan Sistem Distribusi

20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Metro dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)” dalam kasus yang sama, maka didapatkan hasil perhitungan pada penyulang nila seperti pada tabel 15.

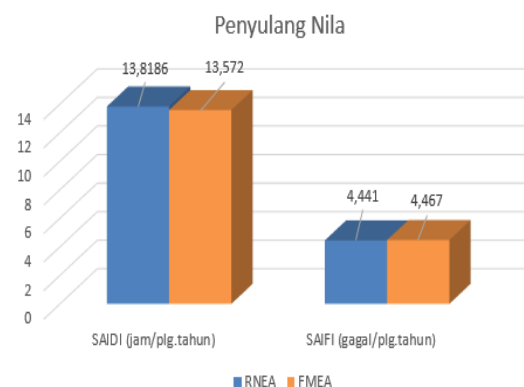
Tabel 15. Hasil Perhitungan Metode FMEA Penyulang Nila

Index Keandalan	Nilai
SAIDI jam/plg.tahun	13,572
SAIFI gagal/plg.tahun	4,467
CAIDI jam/plg.gagal	3,038
ASAI pu	0,998
ASUI pu	0,002

Perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI antara metode RNEA, metode FMEA dan standar PLN pada penyulang nila dapat dilihat pada tabel 16 dan gambar 4.

Tabel 16. Perbandingan Metode RNEA dan FMEA Penyulang Nila

Index Keandalan	RNEA	FMEA
SAIDI (jam/plg.tahun)	13,8186	13,572
SAIFI (gagal/plg.tahun)	4,441	4,467



Gambar 4. Perbandingan RNEA dan FMEA pada Penyulang Nila

Dari tabel 16 dan gambar 4 dapat dilihat adanya perbedaan nilai antara perhitungan metode RNEA dengan perhitungan metode FMEA. Nilai SAIDI hasil perhitungan RNEA adalah 13,8186 Jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI

hasil perhitungan RNEA adalah 4,441 gangguan/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai SAIDI hasil perhitungan FMEA adalah 13,572 jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI hasil perhitungan FMEA adalah 4,467 kegagalan/pelanggan/tahun.

Dalam hasil perhitungan metode RNEA dengan metode FMEA pada penyulang Nila terdapat selisih perbedaan nilai SAIDI sebesar 0,2466 atau sebesar 1,785% dan Nilai SAIFI sebesar 0,026 atau sebesar 0,585%. Perbedaan hasil perhitungan metode RNEA dan metode FMEA disebabkan karena pada perhitungan metode RNEA mereduksi jaringan dari yang sebelumnya terdapat 114 *Load Point* menjadi 83 *Load point* atau mereduksi sebanyak 31 *Load Point* dengan persentase 27,19%. Hal ini disebabkan karena prinsip utama dari metode RNEA adalah menggabungkan beberapa *Load Point* sehingga didapatkan rangkaian ekuivalen dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Maka dapat dikatakan baik Metode RNEA maupun metode FMEA pada penyulang Nila nilai SAIDI berada dibawah standart SPLN No.59 Tahun 1985 dan nilai SAIFI berada diatas standart SPLN No.59 Tahun 1985.

#### 4.7 Upaya Perbaikan Keandalan Sistem Distribusi

Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan. Terjadinya pemadaman yang diakibatkan karena beberapa gangguan tidak dapat ditanggulangi oleh peralatan pengaman pada jaringan sehingga sistem distribusi mengalami gangguan.

Dalam setiap operasi sistem distribusi, terdapat banyak gangguan yang tidak dapat dihindarkan yang mana gangguan tersebut terjadi secara acak yang diakibatkan oleh lingkungan dan kondisi alam seperti pohon, hewan, hujan, petir dan lain – lain. Oleh karena itu diperlukan

upaya pencegahan agar tidak terjadinya gangguan pada sistem distribusi.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menanggulangi gangguan pada penyulang *Strawberry* dan penyulang Nila. Pada penyulang Nila, dimana titik gangguan yang paling banyak terjadi yaitu di SK045 (*Load Point* 85) yang disebabkan oleh Kukang (Kukang). Sehingga upaya perbaikan yang dilakukan adalah dengan cara penebangan pohon – pohon yang berpotensi untuk ruang gerak kukang disekitaran area titik yang paling banyak terkena gangguan. Sehingga dapat terhindar dari gangguan yang disebabkan oleh kukang agar tidak terjadinya kegagalan. Untuk langkah lainnya dapat dilakukan pemasangan perangkat untuk kukang sehingga pergerakan kukang tidak dapat mencapai titik *load point* tersebut.

Pada penyulang *Strawberry*, dimana titik gangguan yang paling banyak terjadi yaitu di SK095 (*Load Point* 71) dan di SK077 (*Load Point* 77). Gangguan di SK095 dan di SK077 disebabkan oleh Kukang (Hewan). Upaya yang dilakukan adalah dengan cara penebangan pohon – pohon disekitaran area titik yang paling banyak terkena gangguan. Sehingga dapat terhindar dari gangguan yang disebabkan oleh kukang agar tidak terjadinya kegagalan. Untuk langkah lainnya dapat dilakukan pemasangan perangkat untuk kukang sehingga pergerakan kukang tidak dapat mencapai titik *load point* tersebut.

### 5. KESIMPULAN

Metode RNEA, pada penyulang *Strawberry* mereduksi *load point* sebesar 25% mendapatkan hasil nilai SAIDI sebesar 9,2718 (jam/pelanggan/tahun) dengan selisih sebesar 0,585% dengan metode FMEA dan nilai SAIFI sebesar 3,0055 (gangguan/pelanggan/tahun) dengan selisih sebesar 1,514% dengan metode FMEA. Sedangkan pada penyulang Nila, mereduksi *load point* sebesar 27,19% mendapatkan nilai SAIDI 13,818 (jam/pelanggan/tahun) dengan selisih sebesar

1,785% dengan metode FMEA dan Nilai SAIFI 4,441 (gangguan/pelanggan/tahun) dengan selisih sebesar 0,585% dengan metode FMEA. Jika dibandingkan dengan standar SPLN No.59 tahun 1985, maka dapat disimpulkan bahwa nilai SAIDI dan SAIFI penyulang *Strawberry* lebih kecil dari standar SPLN. Sedangkan nilai SAIDI penyulang Nila berada dibawah standar SPLN, tetapi nilai SAIFI penyulang Nila lebih besar dari standar SPLN. Dengan demikian penggunaan metode RNEA yang mereduksi *load point* dapat diterapkan pada penyulang *Strawberry* dan penyulang Nila.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmela and P. Hiron, "Optimasi Kinerja Sistem Pembangkit Hybrid," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, 2018.
- [2] A. Chowdhury and D. Koval, *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications*. New Jersey: IEEE Press, 2009.
- [3] Brown and E. Richard, *Electric Power Distribution Reliability*, 2nd ed. New York: CRC Press Tylor & Francis Group, 2009.
- [4] Y. Ding, P. Wang, L. Goel, and Q. Wu, "Reliability assessment of deregulated generating systems using reliability network equivalent and pseudo-sequential simulation techniques," *15th Power Syst. Comput. Conf. PSCC 2005*, no. September 2015, 2005.
- [5] R. Billinton and P. Wang, "Reliability Network Equivalent Approach to Distribution System reliability evaluation," *J. Distrib.*, vol. 145, no. 2, 1998.
- [6] A. Mehrtash, P. Wang, and L. Goel, "Reliability evaluation of restructured power systems with wind farms using Equivalent Multi-State models," in *2010 IEEE 11th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*, 2010, pp. 716–721. doi: 10.1109/PMAPS.2010.5528401.
- [7] P. . Wibawa, A. . Tarigan, and S. Aryza, "Comparisonal Analysis Study Of Power Loss At The Connection Point Of Pierching Connector With Line Tap Connector On 220 V Low Voltage Network At Pt. Pln (Persero) Ulp Stabat. 10.," 2022.
- [8] Y. Wang, "Analytical Complex Distribution System Reliability Evaluation Considering Stochastic Interruption Durations and Network Reconfigurations," *Electr. Power Components Syst.*, vol. 45, no. 19, pp. 2151–2163, 2017, doi: 10.1080/15325008.2017.1361484.
- [9] A. A. Sallam and O. P. Malik, *Electrical Distribution Systems*. New Jersey: IEEE Press, 2018.
- [10] P. Mazidi and G. N. Sreenivas, "Reliability Analysis of a Radial Distributed Generation Distribution System," *IJEE*, vol. 3, no. 2, 2013.
- [11] R. . Allan and R. Billinton, "Concepts Of Data For Assessing The Reliability Of Transmission And Distribution Equipment," *IEE Conf*, vol. 1, no. 406, pp. 1–6, 1995.
- [12] Y. Ding and P. Wang, "Reliability assessment of a restructured power system with hybrid market structure using reliability network equivalent approaches," in *2004 International Conference on Power System Technology, 2004. PowerCon 2004.*, 2004, vol. 1, pp. 431–435 Vol.1. doi: 10.1109/ICPST.2004.1460033.
- [13] R. Ramadan, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv PT PLN (PERSERO) UP3 Metro dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," Universitas Lampung, 2023.