

EVALUASI KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG STROBERI 2 PT. PLN (PERSERO) ULP KOTA METRO DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)

Herri Gusmedi¹, Lukmanul Hakim², Rizki Ramadan³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Lampung; Kota Bandar Lampung, Lampung 3514

Riwayat artikel:

Received: 26 September 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

Keywords:

Keandalan; Sistem Distribusi;
FMEA; SAIDI; SAIFI

Correspondent Email:

ramada.rizki15@gmail.com

Abstrak. Kontinuitas dan ketersediaan tenaga listrik pada konsumen perlu dijaga dan ditingkatkan. Keandalan suatu jaringan distribusi dari suatu penyulang dapat digambarkan melalui besaran dari indeks-indeks keandalan yang akan dibandingkan dengan indeks acuan pada Standar PLN untuk mengetahui tingkat keandalan dari jaringan distribusi tersebut. Indeks-indeks keandalan digunakan pada sistem distribusi yaitu SAIDI, SAIFI, CAIDI. Metode yang digunakan dalam menghitung indeks keandalan di tugas akhir ini adalah menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), dimana metode ini memperhitungkan indeks kegagalan pada tiap-tiap peralatan yang membentuk sistem distribusi tenaga listrik sehingga dapat mempresentasikan indeks keandalan sistem dalam keseluruhan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang Stroberi 2 didapatkan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 2,958 gangguan/pelanggan tahun dan SAIDI sebesar 9,138 Jam/pelanggan tahun.

Abstract. Continuity and availability of electricity to consumers need to be maintained and improved. The reliability of a distribution network from a repeater can be described through the magnitude of the reliability indices which will be compared with the reference index in the PLN Standard to determine the level of reliability of the distribution network. Reliability indices used in the distribution system are SAIDI, SAIFI, CAIDI. The method used in calculating the reliability index in this final project is using the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method, where this method takes into account the failure index of each equipment that makes up the electricity distribution system so that it can present the system reliability index as a whole. Based on the results obtained from the analysis of the Strawberry Feeder, the SAIFI reliability index value is 2.958 disturbances/customer year and SAIDI is 9.138 hours/customer year.

1. PENDAHULUAN

PT. PLN(Persero) selalu berusaha untuk meningkatkan mutu, keandalan serta kontinuitas energi listrik dalam penyalurannya untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dalam proses distribusi listrik terdapat banyak

komponen yang terlibat di dalamnya. Agar proses penyaluran daya listrik terhadap konsumen tetap memuaskan, maka tingkat keandalan dalam penyulang tersebut harus selalu dijaga. Penggunaan evaluasi keandalan sistem pada jaringan distribusi 20 kV

merupakan salah satu faktor yang penting untuk meningkatkan dan menjamin penanganan secara benar terhadap permasalahan yang real terjadi di lapangan, sehingga dapat diantisipasi terjadinya gangguan serta mengurangi kerugian akibat energi yang tidak tersuplai pada sistem distribusi[1]

Indeks-indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)[2].

Failure Mode and Effect analysis (FMEA)”. FMEA yang merupakan metode untuk menilai dampak dari setiap kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan pada komponen peralatan dengan cara menjabarkan keseluruhan kegagalan, kemudian, analisis dampak yang dapat diprediksi pada sistem sebagai efek dari penyebab kegagalan yang teridentifikasi dievaluasi[3]. Salah satu faktor yang penting dalam suksesnya penerapan FMEA adalah melakukan penaksiran sebelum proses berlangsung (before the event) dan bukan melakukan sesudah terjadi (after the fact)[4]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah sebuah sistem yang memiliki beberapa sistem lain diantaranya sistem pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi dan beban yang saling terhubung untuk menyuplai energi listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan[5].

2.2. Jaringan Distribusi

Fungsi sistem distribusi listrik adalah untuk mendistribusikan energi listrik ke titik beban yang berbeda untuk aplikasi yang beragam. Sistem distribusi harus direncanakan sedemikian rupa sehingga harus menyalurkan energi ke titik-titik beban dengan keandalan yang tinggi [6]. Sistem Tenaga Listrik adalah sebuah sistem yang memiliki beberapa sistem lain diantaranya sistem pembangkitan, sistem transmisi, sistem distribusi dan beban yang saling terhubung untuk menyuplai energi listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan[5]. Jaringan distribusi listrik dibedakan menjadi dua yaitu

jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

2.3. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan atau reliability menyatakan kemungkinan suatu peralatan (device) yang bekerja sesuai standarnya dalam selang waktu dan kondisi tertentu. Analisa bentuk kegagalan merupakan suatu analisa bagian dari sistem atau peralatan yang dapat gagal, bentuk kegagalan yang mungkin, efek masing-masing, bentuk kegagalan dari sistem yang kompleks. [7]. Keandalan dalam sistem distribusi merupakan suatu ukuran tingkat pelayanan penyedia tenaga listrik dari sistem ke konsumen. Ukuran keandalan ini dapat dilihat dari seberapa banyak atau seberapa sering sistem mengalami pemadaman dan juga seberapa lama sistem mengalami pemadaman serta seberapa cepat waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk memulihkan kembali kondisi dari saat terjadinya pemadaman.

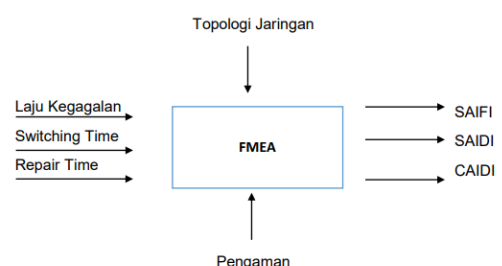
2.4. Failure Mode and Effect Analysis

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu gangguan. Menurut John Moubray, definisi dari failure mode and effect analysis adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.[8]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode FMEA

Skema FMEA dapat dilihat pada gambar 1.



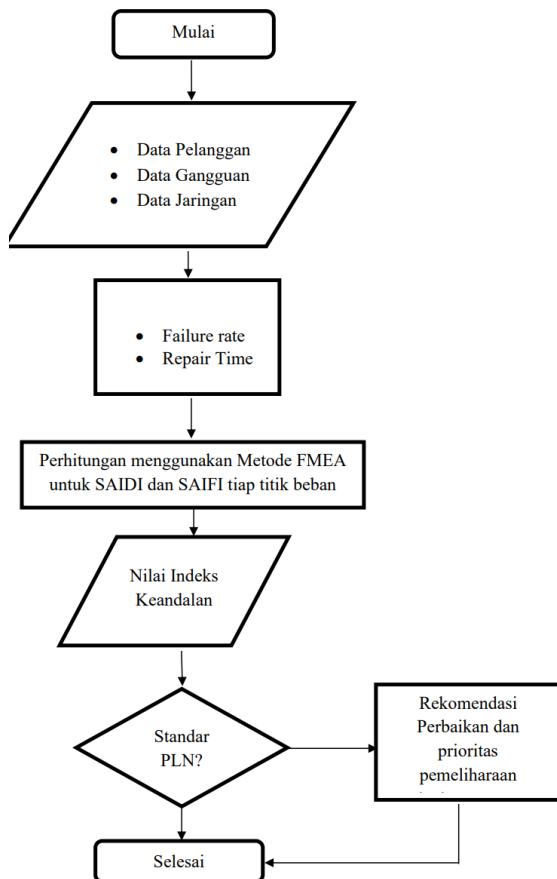
3.2. Prosedur FMEA

Gambar 1. Skema FMEA

Prosedur dari metode FMEA adalah:

- Memasukkan data konsumen, topologi jaringan serta data keandalan peralatan
- Topologi jaringan diperinci dengan membagi jaringan kedalam beberapa line
- Membuat asumsi bahwa tiap kegagalan berefek pada tiap peralatan secara bergantian.
- Tiap titik beban atau load point ditentukan tiap mode kegagalannya.
- Setelah dilakukan hal diatas didapat nilai indeks tiap titik beban yang mempresentasikan indeks keandalan pada seluruh sistem.

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 2. Prosedur Penelitian

3.4. Metode FMEA

Failure Analysis menggunakan 2 indikator yaitu *Failure rate* dan *Unavailability*[9]

3.4.1. Failure Rate

Frekuensi suatu sistem/komponen yang mengalami kegagalan kerja, dengan dilambangkan λ (lambda)[7].

$$\lambda_{LP} = \sum \lambda_i \quad (1)$$

dimana :

λ = laju kegagalan

I = komponen/peralatan

3.4.2. Unavailability

Waktu dimana sistem tidak dapat menyuplai daya ke pelanggan.[10]

$$U_{LP} = \sum \lambda_i r_i \quad (2)$$

Dimana :

U_{LP} = Waktu rata-rata kegagalan load point dalam satu tahun

r = laju perbaikan

3.4.3. SAIDI

Indeks ini digunakan untuk mengetahui menit/waktu pemadaman pada pelanggan dan dibuat untuk memberikan informasi mengenai waktu rata-rata konsumen yang mengalami pemadaman. [11]

$$SAIDI = \frac{\sum U_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \text{ (jam/thn plggn)} \quad (3)$$

Dimana :

N_{LP} = jumlah pelanggan load point

N = jumlah pelanggan pada penyulang

3.4.4. SAIFI

Index ini memberikan informasi mengenai frekuensi rata-rata pemadaman dalam kurun waktu satu tahun.[12]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{LP} \times N_{LP}}{\sum N} \text{ (gangguan/thn.cust)} \quad (4)$$

3.4.5. CAIDI

Memberikan informasi mengenai rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan layanan untuk rata-rata pelanggan dalam setiap interupsi/gangguan.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \text{ (jam/plnggn.gnggn)} \quad (5)$$

3.4.6. Standar SPLN

Nilai laju kegagalan dan laju perbaikan dari komponen atau peralatan listrik berdasarkan SPLN 1985[13] dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Standar SPLN 1985

Komponen	laju kegagalan	laju perbaikan
saluran udara	0.2/km/tahun	3 jam
pemutus tegangan	0.004/unit/tahun	10 jam
sakelar beban	0.003/unit/tahun	10 jam
sakelar pemisah	0.003/unit/tahun	10 jam
trafo distribusi	0.005/unit/tahun	10 jam

Switching Time adalah 0.15 jam.

Indeks frekuensi kegagalan (SAIFI) dan juga indeks durasi (SAIDI) kegagalan dengan nilai standar atau target dari PLN adalah sebagai berikut:

SAIFI : 3,2 kali/pelanggan×tahun

SAIDI : 21,09 jam/pelanggan×tahun

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Metode FMEA

Penyulang Stroberi 2 merupakan penyulang yang berada dibawah naungan PLN ULP Kota Metro. Penyulang Stroberi 2 bersumber dari Gardu Induk (GI) Seputih Banyak. Panjang saluran penyulang Stroberi 2 adalah 65,818 kms dengan Jumlah pelanggan yang dilayani adalah 7697 pelanggan

4.2. Data Jaringan Penyulang Stroberi 2

Data jaringan Penyulang stroberi 2 dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Data Jaringan

Saluran	Panjang (KM)	Saluran	Panjang (KM)
L1	0,097	L51	0,172
L2 (SKTM)	0,006	L52	0,323
L3	0,107	L53	0,115
L4	0,69	L54	0,248
L5	1,089	L55	1,065
L6	0,069	L56	1,102
L7	0,77	L57	0,907
L8	1,122	L58	0,961
L9	0,518	L59	0,6
L10	0,217	L60	0,519
L11	0,196	L61	0,252
L12	1,465	L62	0,946
L13	0,284	L63	0,472
L14	0,094	L64	0,358
L15	1,714	L65	0,067
L16	1,204	L66	0,107

L17	0,059	L68	1,11
L18	0,527	L69	0,981
L19	1,336	L70	1,246
L20	2,056	L71	0,563
L21	0,659	L72	0,297
L22	0,246	L73	0,002
L23	0,888	L74	0,925
L24	1,285	L75	0,442
L25	0,908	L76	0,989
L27	0,543	L77	2,041
L28	0,673	L80	1,271
L29	0,06	L81	1,439
L30	0,167	L82	0,89
L31	0,948	L83	1,853
L32	0,992	L84	0,48
L33	0,654	L85	0,16
L34	0,016	L86	0,467
L35	0,382	L87	0,663
L36	0,515	L88	1,535
L37	0,553	L89	0,924
L38	0,797	L90	0,994
L39	0,38	L91	0,866
L40	0,506	L92	1,339
L41	0,716	L93	0,836
L42	0,282	L94	0,76
L43	0,083	L95	0,14
L44	0,108	L96	0,728
L45	0,112	L97	0,082
L46	1,2	L98	1,139
L47	1,165	L99	0,668
L48	0,121	L100	1,003
L49	0,46	L101	1,507
L50	0,225		

4.3. Data Pelanggan Penyulang Stroberi 2

Data pelanggan Penyulang stroberi 2 dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. Data Pelanggan

No. LP	Trafo	Cust	No. LP	Trafo	Cust
LP 1	SK118	1	LP 41	SK071	1
LP 2	SK092	74	LP 42	SK054	25
LP 3	SK236	1	LP 43	SK137	74
LP 4	SK203	147	LP 44	SK070	74
LP 5	SK100	74	LP 45	SK072	147
LP 6	SK241	294	LP 46	SK183	74
LP 7	SK189	235	LP 47	SK147	37
LP 8	SK104	74	LP 48	SK052	74
LP 9	SK242	2	LP 49	SK051	74
LP 10	SK158	74	LP 50	SK184	74
LP 11	SK204	147	LP 51	SK083	74
LP 12	SK156	147	LP 52	SK116	1
LP 13	SK155	147	LP 53	SK039	74
LP 14	SK206	147	LP 54	SK226	147
LP 15	SK122	147	LP 55	SK040	147
LP 16	SK196	20	LP 56	SK217	147
LP 18	SK123	147	LP 57	SK019	147
LP 19	SK245	1	LP 58	SK161	235
LP 20	SK205	147	LP 59	SK111	1
LP 21	SK124	74	LP 60	SK239	1
LP 22	SK173	74	LP 61	SK243	1
LP 23	SK091	147	LP 62	SK033	147

LP 24	SK202	147	LP 63	SK032	147
LP 25	SK199	20	LP 64	SK234	147
LP 26	SK098	1	LP 65	SK133	74
LP 27	SK090	147	LP 66	SK110	1
LP 28	SK172	235	LP 67	SK214	147
LP 29	SK089	235	LP 68	SK076	147
LP 30	SK130	147	LP 69	SK153	147
LP 31	SK216	147	LP 70	SK238	147
LP 32	SK097	1	LP 71	SK095	147
LP 33	SK181	1	LP 72	SK223	147
LP 34	SK088	147	LP 73	SK140	147
LP 35	SK099	1	LP 74	SK215	147
LP 36	SK246	147	LP 75	SK213	147
LP 37	SK096	1	LP 76	SK127	74
LP 38	SK136	147	LP 77	SK077	235
LP 39	SK0237	50	LP 78	SK157	74
LP 40	SK053	147	LP 79	SK154	74

4.4. Hasil Perhitungan dengan Excel

Hasil perhitungan index keandalan Penyulang stroberi 2 dapat dilihat pada table 4. Tabel 4. Hasil Perhitungan Index Keandalan Penyulang Stroberi 2 dengan Excel

NO LP	LAMDA LP	U LP	Jumlah Pelanggan	SAIDI	SAIFI	CAIDI
LP1	0,03	0,165	1	2,06E-05	3,74E-06	5,516
LP2	2,145	6,743	74	0,063	0,02	3,144
LP3	2,864	8,944	1	0,001	0	3,123
LP4	2,864	8,944	147	0,165	0,053	3,123
LP5	2,864	8,944	74	0,083	0,027	3,123
LP6	3,658	11,326	294	0,418	0,135	3,096
LP7	3,658	11,326	235	0,334	0,108	3,096
LP8	3,658	11,326	74	0,105	0,034	3,096
LP9	3,658	11,326	2	0,003	0,001	3,096
LP10	3,658	11,326	74	0,105	0,034	3,096
LP11	3,926	12,192	147	0,225	0,072	3,105
LP12	4,298	13,31	147	0,246	0,079	3,096
LP13	4,298	13,31	147	0,246	0,079	3,096
LP14	3,926	12,192	147	0,225	0,072	3,105
LP15	4,153	12,872	147	0,238	0,077	3,1
LP16	4,153	12,872	20	0,032	0,01	3,1
LP18	4,443	13,743	147	0,254	0,082	3,093
LP19	4,443	13,743	1	0,002	0,001	3,093
LP20	4,443	13,743	147	0,254	0,082	3,093
LP21	4,443	13,743	74	0,128	0,041	3,093
LP22	2,145	6,743	74	0,063	0,02	3,144
LP23	2,368	7,412	147	0,137	0,044	3,131
LP24	2,368	7,412	147	0,137	0,044	3,131
LP25	2,145	6,743	20	0,017	0,005	3,144

LP26	2,145	6,743	1	0,001	0	3,144
LP27	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP28	2,145	6,743	235	0,199	0,063	3,144
LP29	2,145	6,743	235	0,199	0,063	3,144
LP30	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP31	2,221	6,971	147	0,129	0,041	3,139
LP32	2,218	6,962	1	0,001	0	3,139
LP33	2,218	6,962	1	0,001	0	3,139
LP34	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP35	2,145	6,743	1	0,001	0	3,144
LP36	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP37	2,145	6,743	1	0,001	0	3,144
LP38	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP39	2,145	6,743	50	0,042	0,013	3,144
LP40	2,145	6,743	147	0,124	0,04	3,144
LP41	2,145	6,743	1	0,001	0	3,144
LP42	2,651	8,261	25	0,026	0,008	3,117
LP43	2,651	8,261	74	0,077	0,025	3,117
LP44	2,651	8,261	74	0,077	0,025	3,117
LP45	2,651	8,261	147	0,152	0,049	3,117
LP46	1,108	3,402	74	0,032	0,01	3,069
LP47	1,108	3,402	37	0,016	0,005	3,069
LP48	1,108	3,402	74	0,032	0,01	3,069
LP49	1,108	3,402	74	0,032	0,01	3,069
LP50	1,108	3,402	74	0,032	0,01	3,069
LP51	1,108	3,402	74	0,032	0,01	3,069
LP52	1,108	3,402	1	0	0	3,069
LP53	1,888	5,742	74	0,053	0,018	3,041
LP54	1,888	5,742	147	0,106	0,035	3,041
LP55	1,888	5,742	147	0,106	0,035	3,041
LP56	1,888	5,742	147	0,106	0,035	3,041
LP57	2,571	7,853	147	0,145	0,047	3,054
LP58	2,571	7,923	235	0,234	0,076	3,082
LP59	2,571	7,923	1	0,001	0	3,082
LP60	2,571	7,923	1	0,001	0	3,082
LP61	2,571	7,923	1	0,001	0	3,082
LP62	2,571	7,923	147	0,146	0,047	3,082
LP63	2,571	7,923	147	0,146	0,047	3,082
LP64	2,749	8,457	147	0,156	0,051	3,076
LP65	3,038	9,323	74	0,087	0,028	3,069

LP66	3,038	9,323	1	0,001	0	3,069
LP67	3,306	10,091	147	0,186	0,061	3,053
LP68	3,996	12,163	147	0,224	0,074	3,044
LP69	3,996	12,163	147	0,224	0,074	3,044
LP70	3,996	12,163	147	0,224	0,074	3,044
LP71	3,893	11,852	147	0,219	0,072	3,045
LP72	3,893	11,852	147	0,219	0,072	3,045
LP73	3,893	11,852	147	0,219	0,072	3,045
LP74	3,306	10,091	147	0,186	0,061	3,053
LP75	3,306	10,091	147	0,186	0,061	3,053
LP76	3,534	10,775	74	0,1	0,033	3,049
LP77	3,808	11,597	235	0,342	0,112	3,046
LP78	3,808	11,597	74	0,108	0,035	3,046
LP79	3,808	11,597	74	0,108	0,035	3,046
Total		7967	9,138	2,96		3,088

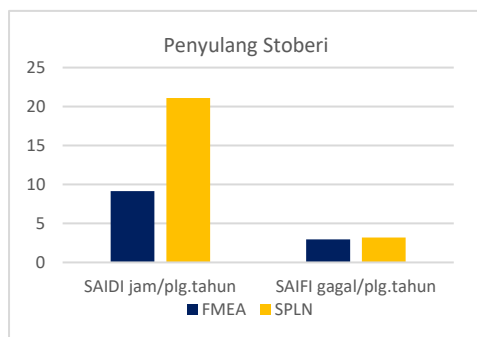
Dari hasil perhtungan dan analisis pada yang tersaji pada table 4, nilai SAIDI penyulang Stroberi 2 adalah 9,138 jam/tahun×pelanggan. Nilai SAIFI penyulang Nila adalah 2,96 gangguan/tahun×pelanggan.

4.5. Perbandingan Metode FMEA dan SPLN

Perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI antara metode FMEA dengan standar PLN pada penyulang Nila dapat dilihat pada table 4.

Tabel 5. Perbandingan FMEA dan SPLN

Index	FMEA	SPLN
SAIDI jam/plg.tahun	9,138	21,094
SAIFI gagal/plg.tahun	2,96	3,21



Gambar 3. Perbandingan FMEA dan SPLN

Nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang stroberi 2 dapat dikatakan handal karena berada

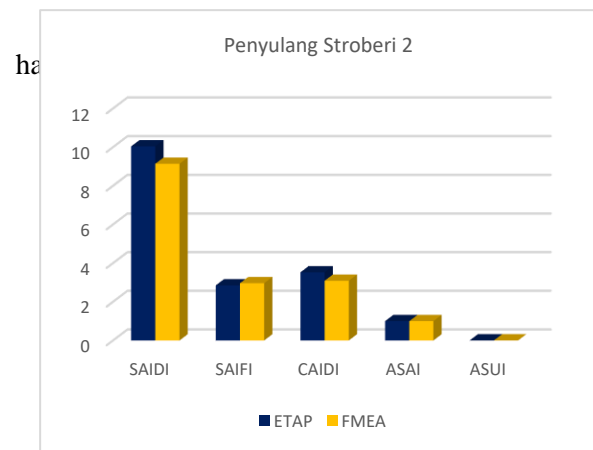
dibawah standar yang ditetapkan oleh SPLN. Itu dikarenakan cukup baiknya switching yang terpasang dimana hal itu dapat melokalisir area gangguan yang luas menjadi lebih kecil. Manuver penyulang dari NILA juga menjadi hal yang mempengaruhi nilai keandalan karena dapat memberikan daya ke konsumen Ketika terjadi gangguan di sekitar L5 – L57.

4.6. Hasil perhitungan ETAP dan Excel

Hasil perhitungan ETAP dan FMEA dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan ETAP dan Excel

Index	ETAP	FMEA
SAIDI	10,039	9,138
SAIFI	2,849	2,959
CAIDI	3,523	3,087
ASAI	0,999	0,999
ASUI	0,001	0,001



Gambar 4. Hasil Perhitungan ETAP dan FMEA

Dari tabel 6 menunjukkan bahwa adanya selisih indeks keandalan antara perhitungan menggunakan Software Etap dan manual Excel. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan metode yang digunakan sehingga menimbulkan selisih.

5. KESIMPULAN

- Berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA, penyulang Stroberi 2 bahwa nilai SAIDI dan SAIFI lebih kecil dibandingkan dengan standar

- SPLN59, maka penyulang Stroberi 2 dalam level handal.
- b. Nilai laju kegagalan paling besar terjadi diakibatkan oleh kegagalan saluran dibandingkan dengan komponen lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fatoni, R. Seto Wibowo, A. Soeprijanto, and J. T. Elektro, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [2] Faisal Adhithana Nugraha, "Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi Pt. Pln (Persero) Surabaya Utara Menggunakan Metode Ria (Reliability Index Assessment)," Nstitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [3] Ms. Alexandre Neves Silvestre Baleia, "Failure Modes And Effects Analysis (Fmea) For Smart Electrical Distribution Systems," *Instituto Superior Tecnico*, Nov. 2018.
- [4] David J. Smith, *Reliability, Maintainability And Risk*, Seventh. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.
- [5] Turan Gönen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3rd Ed. Boca Raton: Crc Press, 2014.
- [6] P. Ebiarede And P. A. Umukoro, "Reliability Analysis Of A Distribution Network Using Etap Software," *Journal Of Science Technology And Education*, Vol. 10, No. 2, 2022.
- [7] Tosa Anhar Husada, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kv Di Pt. Pln (Persero) Area Tanjung Karang Menggunakan Metode Fmea," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [8] John Moubray, *Reliability-Centered-Maintenance-Ii*. New York: Industrial Press Inc., 1997.
- [9] H.-Z. Huang *Et Al.*, "Reliability Analysis Of Distribution System Based On The Minimum Cut-Set Method," 2012.
- [10] P. Kafle, M. Bhandari, And L. B. Rana, "Reliability Analysis Techniques In Distribution System: A Comprehensive Review," *International Journal Of Engineering And Manufacturing*, Vol. 12, No. 2, Pp. 11–24, Apr. 2022, Doi: 10.5815/Ijem.2022.02.02.
- [11] M. Anshori, A. A. R, J. Teknik Eletro, And P. Negeri Ujung Pandang, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 Kv Pada Pt.Pln (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Failure Modes And Effects Analysis (Fmea)," 2020.
- [12] Roystone Anthony, "Reliability Analysis Of Distribution Network," Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Johor, 2014.
- [13] "Spln59 1985."