

Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Menggunakan Metode Failure Modes and Effects Analysis di Penyulang Hanoman

Asri Indah Lestari^{1*}, Taufik Barlian², Nuril Hidayah³

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia.

e-mail: asri_indahlestari@um-palembang.ac.id^{1*}, taufikbar018@gmail.com², nurilheer@gmail.com³

ABSTRAK

Perhitungan indeks keandalan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Hanoman dari rekapitulasi data PT. PLN (Persero) UP2D S2JB menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan mengidentifikasi keandalan dengan nilai indeks SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI dan ASUI dan dibandingkan dengan Standar PLN dengan nilai target tahun 2023 dan 2024 serta IEEE *standard* dengan nilai target tahun 2022 periode 1 tahun. Hasil perhitungan didapatkan nilai indeks SAIFI sebesar 1,020946144 gangguan/konsumen, nilai indeks SAIDI 0,947157819 jam/konsumen, nilai indeks CAIDI 0,927725546 jam/gangguan, nilai indeks ASAI 0,999879048 p.u. dan nilai indeks ASUI 0,000120952 p.u. Perbandingan dengan Standar PLN didapat nilai SAIFI dan SAIDI terkategori andal karena nilainya tidak lebih dari 1,8 kali/pelanggan/tahun untuk tahun 2023, tidak lebih dari 4,31 kali/pelanggan/tahun untuk tahun 2024, nilai SAIDI tidak melebihi dari 2,68 jam/pelanggan/tahun untuk tahun 2023, tidak lebih dari 6,43 jam/pelanggan/tahun untuk tahun 2024. Perbandingan dengan IEEE *standard* didapat indeks nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI juga terkategori handal karena SAIFI tidak lebih dari 1,10 *interruptions/customer/year* dan indeks SAIDI tidak lebih dari 2,09 *hours/customer/year*, untuk indeks nilai CAIDI tidak lebih dari 1,96 *hours/interruption/year*.

Kata Kunci: Keandalan, Penyulang, FMEA, SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, ASUI

Evaluation of the Reliability Index of the 20 kV Distribution System Using the Failure Modes and Effects Analysis Method in the Hanoman Feeder

ABSTRACT

The calculation of the reliability index of the 20 kV distribution system at the Hanoman feeder from the data recapitulation of PT. PLN (Persero) UP2D S2JB uses the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method by identifying reliability with index values of SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI and ASUI and comparing it with PLN Standards with target values for 2023 and 2024 as well as IEEE standards with target values for 2022 for a period of 1 year. The results of the calculation obtained the value of the SAIFI index of 1,020946144 disturbances/consumer, the value of the SAIDI index of 0,947157819 hours/consumer, the value of the CAIDI index of 0,927725546 hours/disorder, the value of the ASAI index of 0,999879048 p.u. and the value of the ASUI index of 0,000120952 p.u. Compared to the PLN Standard, the value of SAIFI and SAIDI is categorized as reliable because the value is no more than 1,8 times/customer/year for 2023, no more than 4,31 times/customer/year for 2024, the value of SAIDI does not exceed 2.68 hours/customer/year for 2023, no more than 6.43 hours/customer/year for 2024. Comparison with IEEE standards, the value index of SAIFI, SAIDI and CAIDI is also categorized as reliable because the SAIFI is not more than 1,10 interruptions/customer/year and the SAIDI index is not more than 2,09 hours/customer/year, for the CAIDI value index is not more than 1,96 hours/interruption/year.

Keywords: Reliability, Feeder, FMEA, SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, ASUI

Correspondence author: Asri Indah Lestari, Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia.

E-Mail: asri_indahlestari@um-palembang.ac.id

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri dari sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Sistem distribusi ini berperan untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkitan sampai ke konsumen. Sistem distribusi tenaga listrik terdiri dari berbagai macam jenis konsumen, sehingga tingkat keandalan pada sistem distribusi sangat penting dalam menentukan kinerja sistem. Keandalan sistem tenaga listrik ini dapat ditinjau berdasarkan sejauh mana kontinuitas penyaluran energi listrik dari sistem pembangkitan hingga sampai ke konsumen [1].

Kontinuitas penyaluran energi listrik dapat dilihat dari berapa banyak jumlah sistem yang mengalami gangguan, baik itu gangguan simetris ataupun gangguan asimetris, dan seberapa sering gangguan tersebut terjadi dalam satuan waktu. Cara untuk mengetahui keandalan dari suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan menetapkan suatu indeks keandalan. Indeks keandalan adalah parameter yang menunjukkan tingkat keandalan dari sistem pembangkitan sampai ke konsumen [2]. Indeks keandalan terdiri dari *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI), *Average Service Availability Index* (ASAI) dan *Average Service Unavailability Index* (ASUI) [3].

Keandalan sistem tenaga listrik pada sistem distribusi telah dijadikan topik pada beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh A. F. Setiawan [4], menjelaskan bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Gading dan Penyulang Bangsal belum mencapai nilai standar yang ditetapkan oleh PT. PLN (persero), sehingga perlu di tingkatkan untuk mencapai keandalan sistem distribusi yang baik pada Penyulang Gading dan Penyulang Bangsal. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh H. M. Muskita [5], menjelaskan bahwa nilai SAIFI dari bulan Januari sampai Desember bahwa nilainya tidak melebihi standar yang dipakai sedangkan nilai SAIDI di bulan Oktober memiliki nilai yang melebihi dari standar SPLN dan IEE. Solusi yang diharapkan pada Penyulang Lateri 2 untuk meningkatkan keandalan perlu dilakukan rabas pohon agar meningkatkan kualitas pelayanan dan mengurangi gangguan listrik. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh R. Anshori [6], menunjukkan bahwa nilai indeks keandalan Penyulang Baddoka dan Penyulang Kapasa untuk SAIDI dan SAIFI sudah tergolong handal dan memenuhi standar PLN.

Penelitian ini dilakukan di Penyulang Hanoman yang termasuk dalam Gardu Induk Talang Kelapa, Sistem Distribusi 20 kV di PT PLN termasuk dalam kategori penyulang “sakit” yang sering mengalami gangguan berdasarkan rekapitulasi data oleh PT. PLN UP2D S2JB. Penelitian ini melaksanakan kalkulasi indikator keandalan SAIFI, CAIDI, SAIDI, ASAI dan ASUI dan akan dibandingkan dengan panduan standar PLN 59 Tahun 1985, target keandalan PLN tahun 2023 sampai 2024 dan IEEE *standard* 1366-2012 target tahun 2022.

II. METODE PENELITIAN

A. Standar PLN No 59 Tahun 1985

Standar PLN No 59 Tahun 1985 adalah ukuran indeks keandalan untuk membandingkan kinerja sistem distribusi. Indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadaman rata-rata dan indeks durasi pemadaman rata-rata [7].

B. Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Beberapa indeks keandalan sistem untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan suatu sistem digunakan dalam menilai penampilan keandalan sistem secara menyeluruh adalah *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI), *Average Service Availability Index* (ASAI), dan *Average Service Unavailability Index* (ASUI) [3].

C. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) adalah indeks keandalan sistem tenaga listrik yang menyatakan rata-rata frekuensi pemadaman pada sisi konsumen. Persamaan untuk SAIFI sebagai berikut [8], [9]:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda LP \times NLP)}{\sum N} \quad (1)$$

Dengan:

SAIFI = Kegagalan pelanggan per tahun (failure/year customer)

λLP = Total laju kegagalan titik beban dalam satu tahun (gangguan per tahun)

NLP = Total pelanggan titik beban yang mengalami pemadaman

N = Total pelanggan pada penyulang

D. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) adalah indeks keandalan sistem tenaga listrik yang menyatakan rata-rata durasi lama pemadaman pada sisi konsumen. Persamaan untuk SAIDI sebagai berikut [8], [9]:

$$SAIDI = \frac{\sum(U LP \times NLP)}{\sum N} \quad (2)$$

Dengan:

SAIDI = Durasi gangguan per tahun (hour/year customer)

U = Rata-rata durasi kegagalan titik beban dalam satu tahun (jam per tahun)

NLP = Total pelanggan di titik beban yang mengalami gangguan

N = Total pelanggan pada penyulang

E. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI) adalah indeks durasi gangguan konsumen rata-rata setiap tahun, dan menginformasikan waktu rata-rata untuk pernormalan kembali gangguan setiap pelanggan dalam satu tahun. Persamaan untuk CAIDI sebagai berikut [10]:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

F. Average Service Availability Index (ASAI)

Average Service Availability Index (ASAI) adalah indeks yang mempresentasikan waktu ketersediaan daya untuk pelanggan dalam satu tahun. Persamaan untuk ASAI sebagai berikut [10], (Nugraha, 2019):

$$ASAI = \frac{\sum NLP \times 8760 - (\sum NLP \times ULP)}{\sum NLP \times 8760} \quad (4)$$

Dengan:

U = Rata-rata durasi kegagalan titik beban dalam satu tahun (jam/tahun)

N_{LP} = Total pelanggan titik beban yang mengalami pemadaman

8760 = Total total jam dalam satu tahun

G. Average Service Unavailability Index (ASUI)

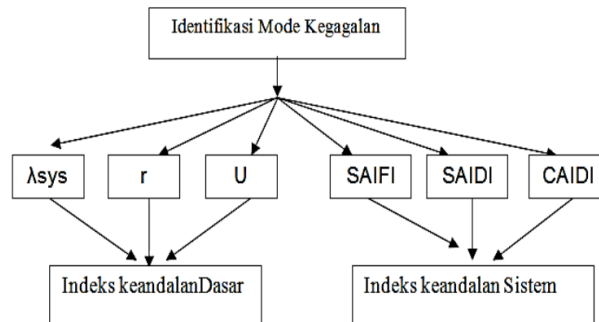
Average Service Unavailability Index (ASUI) adalah indeks yang mempresentasikan waktu ketidakterediaan daya pada konsumen dalam satu tahun. Persamaan untuk ASUI sebagai berikut [10]:

$$ASUI = 1 - ASAI \quad (5)$$

H. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)



Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya kegagalan pada setiap peralatan, mengidentifikasi penyebab kegagalan, serta menunjukkan dampak yang ditimbulkan dari kegagalan peralatan tersebut [11]. Kerangka konsep metode FMEA dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini [12]:



Gambar 1. Kerangka Konsep Metode FMEA

Skema metode FMEA dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini [12]:



Gambar 2. Skema Metode FMEA

Hasil indeks kegagalan metode FMEA ini memerlukan perhitungan untuk setiap titik beban dan indeks keandalan secara keseluruhan sebagai berikut [11]:

- a. Laju kegagalan untuk setiap titik beban adalah hasil penjumlahan keseluruhan indeks dalam sistem dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda_{LP} = \frac{\text{jumlah gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} \quad (6)$$

Dengan;

$$\lambda_{LP} = \text{laju kegagalan}$$

- b. Waktu pemadaman pada setiap titik beban dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{\text{jumlah jam padam}}{\text{jumlah gangguan}} \quad (7)$$

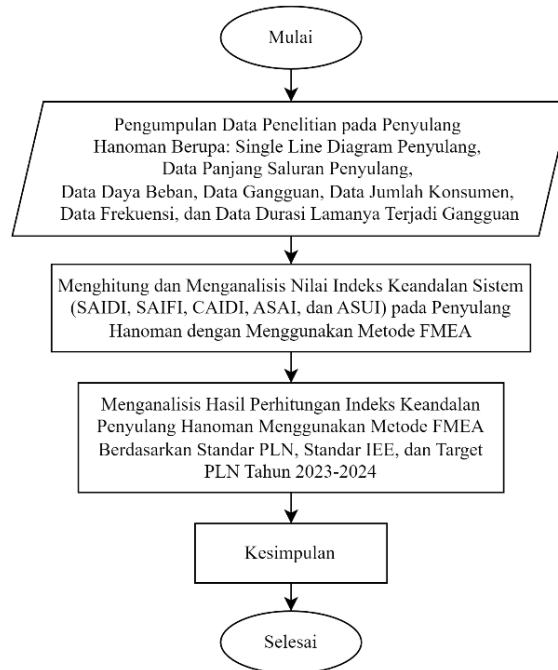
$$U = \sum \lambda_{LP} \times r \quad (8)$$

Dengan;

$$r = \text{waktu pemadaman}$$

$$U = \text{durasi pemadaman harian}$$

Proses penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir penelitian yang di gambarkan pada Gambar 3 berikut ini:

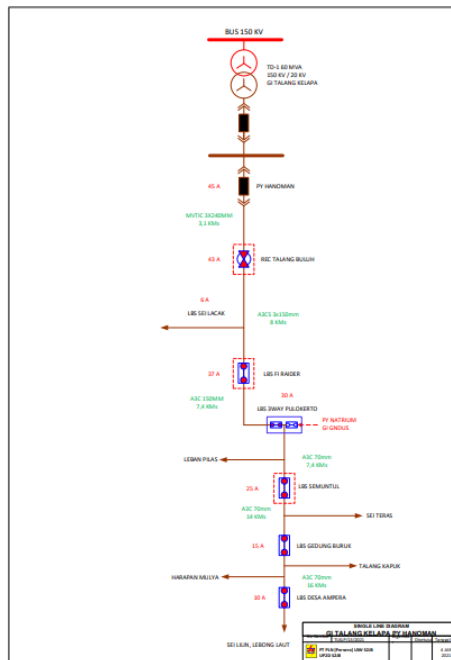


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penyulang Hanoman

Gardu Induk Talang Kelapa memiliki 6 penyulang yang disalurkan melalui transformator *step down* 150/20 kV yang memiliki daya sebesar 60 MVA terdiri dari Penyulang Krisna, Semar, Abimanyu, Gatot Kaca, Petruk, dan Hanoman. Penyulang Hanoman melayani 6873 konsumen, dengan cakupan dari daerah Gardu Induk Talang Kelapa menuju ke *Recloser* Talang Buluh, Sei Lacak hingga ke Pulo Kerto Kecamatan Gandus melayani 729 konsumen, dan dari wilayah Leban Pilas hingga ke Sei Lilin, Lebong Laut melayani 6144 konsumen. *One Line Diagram* Penyulang Hanoman dapat dilihat pada Gambar 3 dan Data Penyulang Hanoman dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:



Gambar 4. Single Line Diagram Penyalang Hanoman

Tabel 1. Data Panjang Saluran Penyalang Hanoman

Gardu Induk	Penyalang	No. Trafo	Transformator			Saluran Penyalang	
			Tegangan Primer (kV)	Tegangan Sekunder (kV)	Daya (MVA)	Jenis Kabel	Panjang (KMs)
Talang Kelapa	Hanoman	TD-2	150	20	60	MVTIC 3X240MM	3.1
						A3CS 3X150MM	8
						A3C 150MM	7.4
						A3C 70MM	7.4
						A3C 70MM	14
Total Panjang Saluran						A3C 70MM	16
							55.9

Penyalang Hanoman sendiri memiliki beberapa *load point* yang dilindungi dan berdampingan dengan posisi *load break switch* (LBS) yang terintegrasi langsung ke SCADA di PT. PLN (Persero) UP2D S2JB, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Data Pembebanan Daya Penyalang Hanoman

Load Point	Arus (A)	Pembebanan Daya	
		MVA	kVA
Penyalang Hanoman	45	1,559	1558,8
Talang Buluh	43	1,49	1489,6
Sei Lacak	6	0,208	207,8
LBS Fi Raider	37	1,346	1345,8
Pulokerto	30	1,039	1039,2
LBS Semuntul	25	0,866	866
LBS Gedung Buruk	15	0,52	519,6
LBS Desa Ampera	10	0,346	346,4

Rekapitulasi data gangguan pada Penyulang Hanoman bulan Mei 2023 sampai dengan bulan Mei 2024 pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Lama Padam Penyulang Hanoman

Selang Waktu (hari)	Tanggal Padam	Tanggal Nyala	Jumlah Pelanggan Padam (NLP)	Jumlah Total Konsumen (ΣN)	Jumlah Gangguan	Jam Padam Switch	Jam Nyala Switch	Lama Padam	Lama Padam (Jam)	
31	2023-05-01	2023-05-01	6144	6873	1	03:15	05:19	02:04:00	2.0666667	
		Total Mei 2023			1				2.0666667	
31	2023-07-06	2023-07-06	6144	6873	1	07:56	09:11	01:14:52	1.2477774	
		Total Juli 2023			1				1.2477774	
31	2023-08-19	2023-08-19	6144	6873	1	20:58	21:57	00:58:49	0.9802781	
	2023-08-21	2023-08-21	6144	6873	1	16:56	17:12	00:15:23	0.2563888	
		Total Agustus 2023			2				1.2366669	
30	2023-09-21	2023-09-22	6144	6873	1	23:25	00:37	01:11:31	1.1919441	
		Total September 2023			1				1.1919441	
P	2023-10-10	2023-10-10	6144	6873	1	16:26	17:22	00:56:00	0.9333333	
E	31	2023-10-23	2023-10-23	6144	6873	1	04:25	05:25	00:59:45	0.995833
		2023-10-28	2023-10-28	6144	6873	1	17:02	17:16	00:13:03	0.2175003
		Total Oktober 2023			3				2.1466663	
N	30	2023-11-02	2023-11-02	6144	6873	1	17:20	17:37	00:16:18	0.2716667
Y		2023-11-17	2023-11-17	6144	6873	1	17:36	19:24	01:47:42	1.7949997
		Total November 2023			2				2.0666667	
U		2023-12-06	2023-12-06	6144	6873	1	13:11	13:27	00:15:48	0.2633333
L		2023-12-12	2023-12-12	6144	6873	1	05:15	06:02	00:46:30	0.7750003
A	31	2023-12-13	2023-12-13	6144	6873	1	07:43	12:11	04:28:00	4.4666667
		2023-12-22	2023-12-22	6144	6873	1	15:22	16:02	00:39:20	0.6555555
N		2023-12-24	2023-12-24	6144	6873	1	08:57	09:40	00:43:00	0.7166667
		2023-12-24	2023-12-24	6144	6873	1	14:15	14:23	00:07:16	0.1211114
		2023-12-25	2023-12-25	6144	6873	1	14:22	14:44	00:22:00	0.3666667
		2023-12-30	2023-12-30	6144	6873	1	16:17	16:52	00:34:13	0.5702781
		Total Desember 2023			8				7.9352797	
H		2024-01-15	2024-01-15	6144	6873	1	15:51	16:58	01:06:29	1.1080555
		2024-01-19	2024-01-19	6144	6873	1	00:37	01:34	00:56:03	0.9341663
A	31	2024-01-25	2024-01-25	6144	6873	1	01:41	03:19	01:37:41	1.6280559
		2024-01-27	2024-01-27	6144	6873	1	11:40	12:37	00:56:24	0.9399996
N		2024-01-31	2024-01-31	6144	6873	1	16:34	17:29	00:54:05	0.9013888
		Total Januari 2024			5				5.5116663	
O	29	2024-02-07	2024-02-07	6144	6873	1	21:24	21:42	00:18:00	0.3
		2024-02-28	2024-02-28	6144	6873	1	00:00	00:08	00:07:05	0.1180558
		Total Februari 2024			2				0.4180558	
M		2024-03-02	2024-03-02	6144	6873	1	16:28	16:34	00:06:00	0.1
A	31	2024-03-07	2024-03-07	6144	6873	1	01:33	02:43	01:09:03	1.1508333
		2024-03-09	2024-03-09	6144	6873	1	05:06	06:39	01:32:50	1.5472219
N		2024-03-26	2024-03-26	6144	6873	1	13:51	14:35	00:43:43	0.7286114
		Total Maret 2024			4				3.5266666	
		2024-04-02	2024-04-02	6144	6873	1	19:21	19:30	00:09:00	0.15
		2024-04-05	2024-04-05	6144	6873	1	21:06	21:24	00:18:00	0.3
	30	2024-04-12	2024-04-12	6144	6873	1	18:37	18:56	00:18:43	0.3119444
		2024-04-16	2024-04-16	6144	6873	1	11:30	12:40	01:09:42	1.1616667
		2024-04-16	2024-04-16	6144	6873	1	13:50	15:28	01:37:01	1.6169447
		Total April 2024			5				3.5405558	
	31	2024-05-08	2024-05-08	6144	6873	1	05:09	06:52	01:42:06	1.7016666
		Total Mei 2024			1				1.7016666	



B. Perhitungan Indeks Keandalan

1. Perhitungan Indeks Keandalan Dasar dengan Metode *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)

Indeks keandalan dasar Penyulang Hanoman Bulan Mei 2023 dihitung menggunakan data Tabel 3.

- a. Laju Kegagalan dihitung dengan menggunakan persamaan (6):

$$\lambda_{LP} = \frac{1 \text{ kali}}{31 \text{ hari}} = 0,032258065 \text{ (kali/hari)}$$

- b. Waktu Pemadaman dihitung dengan menggunakan persamaan (7):

$$r = \frac{2,0666667 \text{ jam}}{1 \text{ kali}} = 2,0666667 \text{ (jam/kali)}$$

- c. Durasi Pemadaman dihitung dengan menggunakan persamaan (8):

$$U = 0,032258065 \times 2,0666667$$

$$U = 0,06666667 \text{ (jam/hari)}$$

Tabel 4. Indeks Keandalan Dasar Penyulang Hanoman

Bulan/Tahun	Laju Kegagalan λ (kali/hari)	Waktu Pemadaman r (jam/kali)	Durasi Pemadaman U (jam/hari)
Mei 2023	0,032258065	2,0666667	0,06666667
Juli 2023	0,032258065	1,2477774	0,04025088
Agustus 2023	0,064516129	0,618333495	0,03989248
September 2023	0,033333333	1,19194411	0,03973147
Oktober 2023	0,096774194	0,715555444	0,0692473
November 2023	0,066666667	1,03333335	0,06888889
Desember 2023	0,258064516	0,991909968	0,255976766
Januari 2024	0,161290323	1,102333271	0,177795689
Februari 2024	0,068965517	0,209027945	0,01441572
Maret 2024	0,129032258	0,881666658	0,11376344
April 2024	0,166666667	0,708111176	0,11801853
Mei 2024	0,032258065	1,70166667	0,05489247
Total	1,142083797	12,46832619	1,059540314

2. Perhitungan Indeks Keandalan Sistem

Indeks keandalan sistem Penyulang Hanoman pada Bulan Mei 2023 dihitung menggunakan data Tabel 3 dan Tabel 4.

- a. SAIFI dihitung dengan menggunakan persamaan (1):

$$SAIFI = \frac{0,032258065 \times 6144}{6873}$$

$$SAIFI = 0,028836541 \text{ gangguan/pelanggan}$$

- b. SAIDI dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$SAIDI = \frac{0,06666667 \times 6144}{6873}$$

$$SAIDI = 0,05959552 \text{ jam/pelanggan}$$

- c. CAIDI dihitung dengan menggunakan persamaan (3):

$$CAIDI = \frac{0,05959552}{0,028836541}$$

$$CAIDI = 2,0666667 \text{ jam/gangguan}$$

d. ASAI dihitung dengan menggunakan persamaan (4):

$$ASAI = \frac{6144 \times 744 - (6144 \times 0,06666667)}{6144 \times 744}$$

$$ASAI = 0,999910394 \text{ p.u.}$$

e. ASUI dihitung dengan menggunakan persamaan (5):

$$ASUI = 1 - 0,999910394$$

$$ASUI = 0,00008961 \text{ p.u.}$$

Tabel 5. Indeks Keandalan Sistem Penyulang Hanoman

Bulan/Tahun	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI
Mei 2023	0,028836541	0,05959552	2,0666667	0,999910394	0,00008961
Juli 2023	0,028836541	0,035981585	1,2477774	0,999945899	0,00005410
Agustus 2023	0,057673083	0,035661199	0,618333495	0,999946381	0,00005362
September 2023	0,029797759	0,035517264	1,19194411	0,999944817	0,00005518
Oktober 2023	0,086509624	0,061902432	0,715555444	0,999906926	0,00009307
November 2023	0,059595519	0,061582037	1,03333335	0,999904321	0,0000957
Desember 2023	0,23069233	0,228826022	0,991909968	0,999655945	0,00034405
Januari 2024	0,144182707	0,158937394	1,102333271	0,999761027	0,000238973
Februari 2024	0,061650537	0,012886685	0,209027945	0,999979288	0,00002071
Maret 2024	0,115346165	0,101696868	0,881666658	0,999847092	0,000152908
April 2024	0,148988797	0,105500632	0,708111176	0,999836085	0,000163915
Mei 2024	0,028836541	0,049070181	1,70166667	0,99992622	0,00007378
Total					
SAIFI	1,020946144				
SAIDI		0,947157819			
CAIDI			0,927725546		
ASAI				0,999879048	
ASUI					0,000120952

C. Perbandingan Indeks Keandalan Hasil Metode FMEA dengan Standar PLN dan Standar IEEE

Perbandingan hasil perhitungan keandalan dengan menggunakan metode FMEA dengan target keandalan PLN tahun 2023-2024 [13] dan Standar IEE [14] ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Indeks Keandalan Hasil Metode FMEA dengan Standar PLN dan Standar IEEE

Indeks Keandalan	Hasil Keandalan	Standar Target PLN		IEEE Standard	Ketercapaian Keandalan	
		2023	2024	2022	SPLN	IEEE
SAIFI (<i>fail/customer/year</i>)	1,020946144	1,8	4,31	1,10	✓	✓
SAIDI (<i>hours/customer/year</i>)	0,947157819	2,68	6,43	2,09	✓	✓
CAIDI (<i>hours/fail/year</i>)	0,927725546			1,96		✓
ASAI (per unit)	0,999879048					
ASUI (per unit)	0,000120952					

Tabel 6 diatas terlihat bahwa nilai indeks SAIFI, SAIDI dan CAIDI dapat dikategorikan andal karena setiap indeks nilainya tidak melebihi dari nilai target yang telah ditetapkan oleh PLN maupun Standar IEEE.

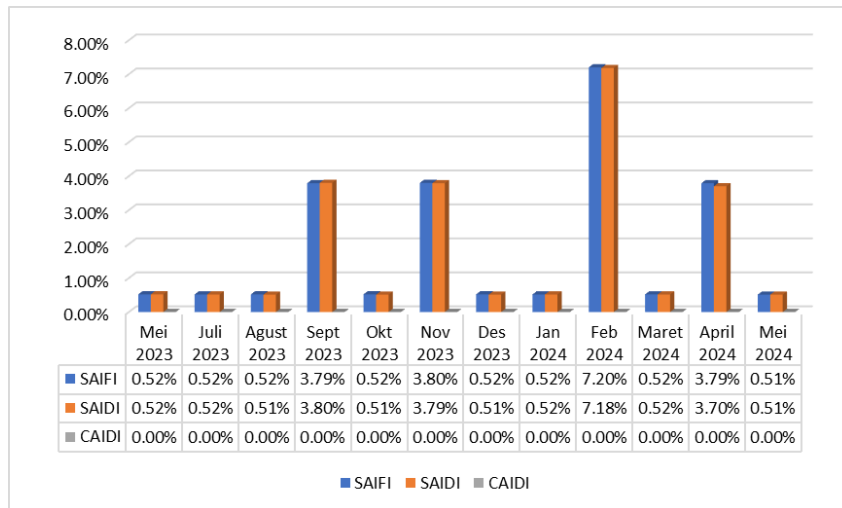
D. Perbandingan Hasil Perhitungan FMEA dengan Hasil Realisasi PT. PLN UP2D S2JB

Tabel 8 adalah perbandingan hasil perhitungan menggunakan metode FMEA dengan data realisasi dari PT. PLN UP2D S2JB untuk indeks keandalan sistem distribusi pada Penyulang Hanoman diperlukan sebagai validasi keakuratan analisis apakah hasil perhitungan FMEA telah sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Perhitungan FMEA dan Hasil Realisasi PT. PLN UP2D S2JB

Bulan/Tahun	Hasil Perhitungan FMEA			Data Realisasi PLN		
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	SAIFI	SAIDI	CAIDI
Mei 2023	0.028836541	0.05959552	2.0666667	0.028687893	0.059288312	2.066667
Juli 2023	0.028836541	0.035981585	1.2477774	0.028687893	0.035796115	1.247778
Agustus 2023	0.057673083	0.035661199	0.618333495	0.057375786	0.035477361	0.618333
September 2023	0.029797759	0.035517264	1.19194411	0.028687893	0.034194375	1.191944
Oktober 2023	0.086509624	0.061902432	0.715555444	0.086063679	0.061583344	0.715556
November 2023	0.059595519	0.061582037	1.03333335	0.057375786	0.059288312	1.033333
Desember 2023	0.23069233	0.228826022	0.991909968	0.229503145	0.227646401	0.99191
Januari 2024	0.144182707	0.158937394	1.102333271	0.143439465	0.158118104	1.102333
Februari 2024	0.061650537	0.012886685	0.209027945	0.057375786	0.011993133	0.209028
Maret 2024	0.115346165	0.101696868	0.881666658	0.114751572	0.101172636	0.881667
April 2024	0.148988797	0.105500632	0.708111176	0.143439465	0.101571079	0.708111
Mei 2024	0.028836541	0.049070181	1.70166667	0.028687893	0.048817231	1.701667
Total	1.020946144	0.947157819	0.927725546	1.004076258	0.934946405	0.931151

Berdasarkan Tabel 8 diatas dengan menggunakan metode FMEA dan hasil realisasi keandalan yang terjadi di lapangan berdasarkan data rekapitulasi dari PT. PLN UP2D S2JB didapatkan selisih hasil indeks keandalan yang tidak terlalu signifikan terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Selisih Indeks Keandalan Hasil Perhitungan FMEA dengan Realisasi PT. PLN UP2D S2JB

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis keandalan sistem distribusi pada Penyulang Hanoman di Gardu Induk Talang Kelapa berdasarkan data yang diambil di PT. PLN (Persero) UP2D S2JB dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan hasil nilai indeks keandalan sebesar: SAIFI :



1.020946144 gangguan per konsumen dalam setahun, SAIDI : 0.947157819 jam per konsumen dalam setahun, CAIDI : 0.927725546 jam per gangguan dalam setahun, ASAI : 0.999879048 p.u. dan ASUI : 0.000120952 p.u. Pada indeks nilai SAIFI, Penyulang Hanoman dapat dikategorikan handal karena nilai tidak melebihi dari nilai standar target yang ditetapkan PLN yaitu tidak lebih dari 1.8 kali/pelanggan/tahun untuk target tahun 2023, dan tidak lebih dari 4.31 kali/pelanggan/tahun untuk target tahun 2024 serta tidak lebih dari 1.10 *interruptions/customer/year* untuk IEEE standards target tahun 2022. Untuk nilai SAIDI juga dapat dikategorikan andal karena nilainya tidak melebihi batas standar yang ditetapkan oleh PLN yaitu tidak melebihi dari 2.68 jam/pelanggan/tahun untuk target tahun 2023, tidak lebih dari 6.43 jam/pelanggan/tahun untuk target tahun 2024 dan dapat dikategorikan andal karena nilainya tidak melebihi standar yang ditetapkan oleh IEEE standard yaitu tidak lebih dari 2.09 *hours/customer/year*. Untuk indeks nilai CAIDI juga dapat dikategorikan andal karena nilainya tidak melebihi standar yang ditetapkan oleh Standar IEEE 1366-2012 untuk target tahun 2022 yaitu tidak lebih dari 1.96 *hours/interruption/year*. Data-data tersebut diambil dalam periode 1 tahun dimulai dari bulan Mei 2023 sampai bulan Mei 2024.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Palembang atas dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian Dosen Muda Tahun Anggaran 2024 dengan Nomor Kontrak 144.2/H-5/LPPM-UMP/VIII/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Funan and W. Utama, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Kefamenanu," *Jurnal Ilmiah TELSINAS*, vol. 3, no. 2, pp. 32-36, 2020.
- [2] S. S. Akhmad, Nurhidayanti and N. A. Noor, "Analisis Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik di ULP Sungguminasa," *Jurnal ELEKTRIK*, vol. 1, no. 2, pp. 26-38, 2022.
- [3] Nirmalasari, T. I. Yusuf and Y. Mohamad, "Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Distribusi Primer PT.PLN (Persero) ULP Bangkir," *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 4, no. 2, pp. 268-277, 2023.
- [4] A. F. Setiawan and T. Suheta, "Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)," *Cyclotron Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 11-17, 2020.
- [5] H. M. Muskita and M. D. Haludin, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) ULPLTD Hative Kecil Untuk Penyulang Lateri 2 Dengan Metode FMEA," *ELKO Elektronikal dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 369-379, 2023.
- [6] R. Anshori, S. Tato and A. Ar, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 kV Pada PT.PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Makasar, 2020.
- [7] SPLN, SPLN Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV, 1985.
- [8] M. N. Ramadhan, T. Suheta, N. P. U. Putra and Riny, "Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada Penyulang Sistem Distribusi PT. PLN UP3 Surabaya Utara dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA)," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, Surabaya, 2022.
- [9] A. Pramudaswari, "Studi Analisis Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. PLN (PERSERO) UP3 Surabaya Utara ULP Ploso," Institut Teknologi Sepuluh November, 2019.



-
- [10] R. W. Pratama and TrisnaWati, "Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Cempaka Putih Jakarta Pusat Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)," in *Seminar Nasional Teknik Elektro ,Sistem Informasi, danTeknik Informatika*, Surabaya, 2024.
- [11] U. Situmeang, A. Tanjung and R. O. Rivand, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan Metode FMEA," *Jurnal Teknik*, vol. 16, no. 1, pp. 80-87, 2022.
- [12] A. M. Syafar, Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA (Failure Mode Efect Analysis), Parang: Rizky Artha Mulia, 2018.
- [13] P. P. (. U. S2JB, Interviewee, *Target Keandalan Sistem Distribusi*. [Interview]. 11 Juli 2024.
- [14] eia.gov, "Reliability metrics of U.S. distribution system. U.S. Energy Information Administration, Distribution System Reliability," 2024. [Online]. Available: https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_11_01.html.