JREEC
JOURNAL RENEWABLE ENERGY ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Analisa Indeks Keandalan Sistem Kelistrikan di Electricidade de Timor- Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Area Dili

Titiek Suheta[1], Andrianus Da Costa[2], Ainul Yakin[3], Aji Mataram[4], Fernando[5]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4,5]

INFORMASI ARTIKEL
Jurnal JREEC –
Volume 04 Nomer 02,
Oktober 2024

Halaman:
49-56
Tanggal Terbit :
30 Oktober 2024

DOI:
10.31284/j.JREEC.2024.v41i2.6762

EMAIL
titieksuehta@gmail.com

PENERBIT
Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRACT
The increasing need for electrical energy requires the reliability of good electrical power distribution. Because the larger and more complex the distribution system will allow the reliability to decline so that it will result in disruptions/outages. Intentional or accidental blackouts caused by power interruptions will certainly harm customers and PLN itself. There are several parameters that can be used as a reference in determining the reliability of a distribution system, namely by analyzing SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) which is the calculation of the average number of interruptions for one year, SAIDI (System Average Interruption Duration Index) which is the average duration of system interruptions for one year, CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) the average duration of interruptions which is determined based on the number of disturbances that and ASAI (Average Service Availability Index) the ability of a system to supply other systems within a period of one year, expressed as a percentage %. In this study, the reliability of the electricity system in the service area of Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli, Dili was evaluated. The reliability index calculation is obtained from customer secondary data and outages/outages from Dili feeders 01 to 11. Based on the analysis, the total value of SAIFI was 0.146 times/customer/year, SAIDI was 2.60 hours/customer/year, CAIDI was 195.16 hours/time/year and ASAI was 1098.33%. All of these values are still below the IEEE std 1366-2003 standard, so the system is categorized as still reliable, meaning that the system responds very quickly in overcoming disturbances.

Kata kunci: SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik yang meningkat membutuhkan keandalan dari pendistribusian daya listrik yang baik. Karena dengan semakin besar dan kompleks sistem distribusi akan memungkinkan keandalan semakin menurun sehingga mengakibatkan terjadinya gangguan/pemadaman. Pemadaman disengaja atau tidak disengaja yang diakibatkan oleh adanya gangguan listrik tentu akan merugikan pelanggan maupun PLN sendiri. Adapun beberapa parameter yang dapat dijadikan acuan dalam mengetahui keandalan suatu sistem distribusi yaitu dengan menganalisa SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) merupakan perhitungan indeks jumlah rata-rata gangguan selama satu tahun, SAIDI (System Average Interruption Duration Index) indeks durasi rata-rata gangguan sistem selama satu tahun, CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Indeks*) durasi gangguan rata-rata yang ditentukan berdasarkan jumlah gangguan yang berkelanjutan dan ASAI (*Average Service Availability Index*) kemampuan dari suatu sistem untuk mensuplai sistem lain dalam jangka waktu satu tahunnya, dinyatakan dalam presentase %. Pada penelitian ini mengevalusai keandalan sistem kelistrikan di daerah pelayanan Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli, Dili. Perhitungan indeks keandalan diperoleh dari data sekunder pelanggan dan gangguan/pemadaman dari penyulang Dili 01 hingga 11. berdasarkan analisa didapatkan nilai total SAIFI sebesar 0,146 kali/pelanggan/tahun, SAIDI sebesar 2,60 jam/pelanggan/tahun, CAIDI sebesar 195,16 jam/kali/tahun dan ASAI 1098,33%. Semua nilai-nilai tersebut masih dibawah standar IEEE std 1366-2003, sehingga sistem dikategorikan masih handal artinya sistem sangat cepat merespon dalam mengatasi gangguan.

Kata kunci: SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat, sehingga semakin tinggi pula kebutuhan listrik bagi masyarakat. Permintaan energi listrik tersebut perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit energi dan kemampuan infrastruktur yang ada, agar tingkat kontinuitas penyaluran energi listrik ke konsumen berjalan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar[1][2][3][4][5][6][7].

Sehingga dibutuhkan keandalan dalam pendistribusian energi listrik yang baik, karena semakin besar dan kompleks sistem distribusi akan memungkinkan keandalan semakin menurun. Hal ini terlihat dari seringnya terjadi pemadaman listrik baik sengaja (pemeliharaan) ataupun akibat gangguan. Untuk mengetahui tingkat keandalan pada jaringan distribusi diperlukan indeks keandalan, yaitu SAIDI *(System Average Interruption Duration Index*), SAIFI *(System Average Interruption Frequency Index)*, CAIFI *(Customer Average Interruption Frequency Index)*, CAIDI *(Customer Average Interruption Duration Index)*, ASAI *(Average Service Availability Index) dan* ASUI *(Average Service Availability Index).* Nilai SAIDI, SAIFI, CAIFI, CAIDI dan ASUI menunjukkan besarnya kegagalan atau pemadaman yang mengakibatkan penyaluran energi listrik kepada masyarakat tidak maksimal. Dengan semakin tinggi nilai dari indeks keandalan tersebut menunjukkan tingkat kontinuitas penyaluran listrik yang buruk[4][8][9][10].

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan nilai keandalan SAIDI, SAIFI, Area Timika, Ciputat, UP3 Bogor dan ULP3 Merauke masih memenuhi target SPLN No.68-2: 1986[5][1][11][7]. Dengan menggunakan beberapa metode bertujuan mendapatkan nilai keandalan sesuai standar, diantaranya dengan penambahan sectionalizer dan FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*)[3][12][13], metode RIA (*Reliability Index Assessment*) diasumsikan sistem berada pada kondisi perfect switching dan imperfect switching[6], *section technique* mengevaluasi keandalan dengan memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil, bertujuan meminimalkan kesalahan dalam waktu yang lebih singkat[2]. Untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik yang didasarkan dalam bentuk indeks SAIFI, SAIDI, dan lain-lain diperoleh melalui proses penilaian reliabilitas[14] dan berdampak signifikan pada pelanggan[15][16].

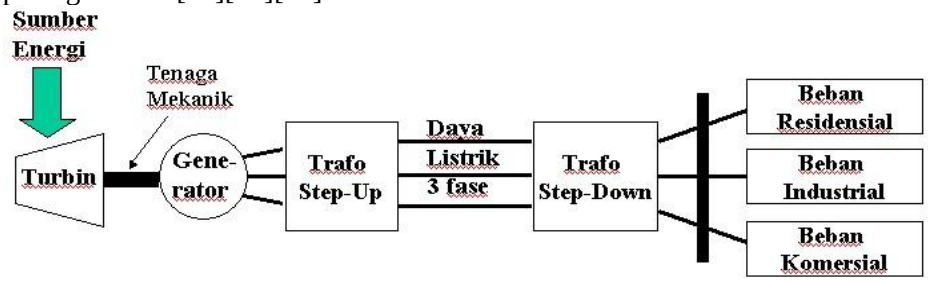
Frekuensi pemadaman dan lamanya padam dari suatu sistem merupakan mutu pelayanan yang sangat dapat dirasakan khususnya oleh pelanggan, seperti pelanggan dari Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli Dili pada tahun 2021 yang mengalami pemadaman, dampak yang dapat ditimbulkan akibat dari seringnya terjadi pemadaman mempengaruhi keandalan sistem tenaga listrik di wilayah tersebut, sehingga dapat merugikan banyak pihak seperti pelanggan dan sejumlah kegiatan usaha atau aktivitas produksi yang terhambat.

Dalam penelitian ini akan mengevaluasi keandalan berdasarkan parameter atau index seperti SAIFI, SAIDI, CAIDI dan ASAI yang tidak memenuhi standar IEEE untuk penyulang Dili 01 sampai 11 pada Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli Dili, sehingga diperlukan penindakan lebih lanjut permasalahan kualitas jaringan, ketersediaan daya, kemampuan peralatan dan lain sebagainya.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Sistem Tenaga Listrik

Meliputi sistem pembangkitan, transmisi dan distribusi yang secara garis besar ditunjukkan pada gambar 1[17][18][19].



Gambar 1. Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

2. Keandalan Sistem Distribusi

- **Laju Kegagalan (*Failure Rate*)**
  Jumlah gangguan yang terjadi karena disebabkan oleh faktor internal maupun eksternal sehingga mengakibatkan padam selama periode waktu tertentu (T) dan dinyatakan dalam satuan kegagalan per tahun, dinyatakan[20][21]:
  $\lambda = \frac{f}{\mathrm{T}}$ (1)
- **Laju Perbaikan**
  Waktu yang dibutuhkan suatu alat yang gagal beroperasi kembali dengan cara diganti atau diperbaiki dalam suatu menit dan dinyatakan[22][23]:
  $r = \frac{U}{\lambda}$ (2)
  U = waktu kegagalan/tahun (jam/tahun)
  λ = angka kegagalan/tahun (gangguan/tahun)
  r = waktu kegagalan (jam)

3. Indeks Keandalan Distribusi

- **SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)**
  Banyaknya pemadaman yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan[24][25]:
  SAIFI = $\frac{\sum \lambda \mathrm{i} \,.\, N_{\mathrm{i}}}{\sum \mathrm{N}}$ kali/pelanggan/tahun (3)
- **SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)**
  Jumlah perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani[26][27]:
  SAIDI = $\frac{\sum U_{\mathrm{i}} \,.\, N_{\mathrm{i}}}{\sum \mathrm{N}}$ (jam/tahun x pelanggan) (4)
- **CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)**
  Durasi gangguan yang dialami konsumen, semakin tinggi nilai CAIDI semakin baik kualitas pelayanan sistem distribusi tenaga listrik[28][29]:
  CAIDI = $\frac{\mathrm{Saidi}}{\mathrm{Saifi}}$ (jam/pelanggan x kegagalan) (5)
- **ASAI (*Average Service Availabelity Index*)**
  Mengukur ketersediaan layanan selama periode waktu tertentu dinyatakan dalam prosentase, semakin tinggi nilai ASAI maka semakin baik kualitas pelayanan sistem distribusi tenaga listrik[30][31]:
  ASAI = $\frac{\sum N_{\mathrm{i}} .8760 - \sum U_{\mathrm{i}} \,.\, N_{\mathrm{i}}}{\sum N_{\mathrm{i}} \,.\, 8760}\ x\ 100\%$ (6)

Keterangan:
λ = angka kegagalan
f = banyaknya kegagalan yang terjadi pada waktu T
T = Selang waktu pengamatan (tahun)
N_i= Jumlah pelanggan padam
N = Jumlah pelanggan yang dilayani
$\boldsymbol{U_i}$= Durasi lama gangguan
8760 = Jumlah jam dalam satu tahun

4. Standar Nilai Indeks Keandalan

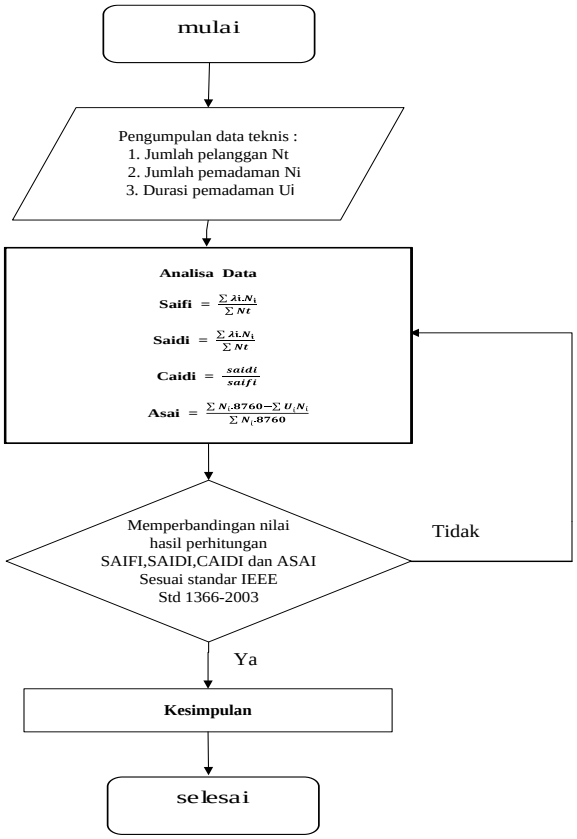
Berikut tabel standar indeks keandalan pada IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) std 1366 – 2003[32][23]:

Tabel 1. Standar IEEE std 1366 – 2003

Indikator Kerja	Standard Nilai	Satuan
SAIFI	1.45	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2.3	Jam/pelanggan/tahun

CAIDI	1.47	Jam/kali/tahun
ASAI	99.92	Persen

METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan survey lapangan, identifikasi masalah dan study literatur. Sumber berasal dari Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli Dili berupa data sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan.
2. Pengumpulan data masing-masing penyulang meliputi data pelanggan, data lama padam, jumlah dan durasi pelanggan padam dan nyala, data gangguan.
3. Pengolahan data menentukan nilai SAIDI, SAIFI, CAIDI dan ASAI untuk mengetahui seberapa besar tingkat keandalan sistem distribusi pada setiap penyulang di Electricidade de Timor-Leste, Empresa Publica (EDTL, E.P) Cai-coli, Dili dan membandingkan dengan standar nilai indeks keandalan yang digunakan adalah IEEE std 1366-2003.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai laju kegagagaln

Pada tabel 2 hasil analisa laju kegagalan pada tahun 2021 dari 11 penyulang selama 12 bulan (T).

$\lambda = \frac{f}{T} = \frac{13}{12}$ = 1,08 kali/pertahun

Tabel 2. Nilai laju Kegagalan

No	Penyulang	Jumlah laju kegagalan (kali/tahun)	Laju kegagalan (kali/tahun)
1	DILI 01	13	1,08333333
2	DILI 02	9	0,75
3	DILI 03	9	0,75

4	DILI 04	8	0,66666667
5	DILI 05	8	0,66666667
6	DILI 06	10	0,83333333
7	DILI 07	11	0,91666667
8	DILI 08	9	0,75
9	DILI 09	6	0,5
10	DILI 10	10	0,83333333
11	DILI 11	9	0,75
Total		102	8,5

Hasil perhitungan nilai indeks keandalan

- **SAIFI**

Total pelanggan yang dilayani sebanyak 98.073, maka nilai SAIFI pada Penyulang DILI 01:

SAIFI= $\frac{\sum \lambda i \,.\, N_i}{\sum N} = \frac{1{,}08 \text{ x } 2.076}{98.073} = 0{,}023$ kali/pelanggan/tahun

Tabel 3. Nilai SAIFI

No	Penyulang	Jumlah Pelanggan Padam	Jumlah Laju Kegagalan (kali/tahun)	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)
1	DILI 01	2.076	1,08333333	0,022931898
2	DILI 02	1.513	0,75	0,011570463
3	DILI 03	1.737	0,75	0,013283473
4	DILI 04	1.376	0,66666667	0,009353577
5	DILI 05	1.434	0,66666667	0,009747841
6	DILI 06	1.804	0,83333333	0,015328718
7	DILI 07	2.102	0,91666667	0,01964693
8	DILI 08	1.556	0,75	0,0118993
9	DILI 09	1.073	0,5	0,005470415
10	DILI 10	1.755	0,83333333	0,014912361
11	DILI 11	1.729	0,75	0,013222294

- **SAIDI**

Penyulang Dili 01 nilai Durasi gangguan (jam/tahun) = $\frac{1189}{60} = 19{,}817$, sehingga nilai:

SAIDI = $\frac{\sum U_i \,.\, N_i}{\sum N} = \frac{19{,}817 \text{ x } 2.076}{98.073}$ = 0.419 jam/pelanggan/tahun

Tabel 4. Nilai SAIDI

No	Penyulang	Jumlah Pelanggan Padam	Jumlah Durasi Gangguan (jam/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
1	DILI 01	2.076	19,81666667	0,419477328
2	DILI 02	1.513	13,5	0,208268331
3	DILI 03	1.737	17,03333333	0,30168242
4	DILI 04	1.376	6,766666667	0,094938804
5	DILI 05	1.434	12,03333333	0,175948528
6	DILI 06	1.804	15,96666667	0,293698232
7	DILI 07	2.102	15,46666667	0,331497286
8	DILI 08	1.556	7,9	0,125339288
9	DILI 09	1.073	5,566666667	0,060903952
10	DILI 10	1.755	17,9	0,320317519
11	DILI 11	1.729	15,51666667	0,273554563

- **CAIDI**

Pada penyulang Dili 01 nilai CAIDI= $\frac{\textbf{SAIDI}}{\textbf{SAIFI}} = \frac{0{,}4194773}{0{,}0229319} = 18{,}29231$ jam/kali/tahun

Tabel 5. Nilai CAIDI

No	Penyulang	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	CAIDI (kali/jam/tahun)
1	DILI 01	0,419477328	0,022931898	18,29230743
2	DILI 02	0,208268331	0,011570463	17,99999972
3	DILI 03	0,30168242	0,013283473	22,71111028
4	DILI 04	0,094938804	0,009353577	10,14999974
5	DILI 05	0,175948528	0,009747841	18,0499998
6	DILI 06	0,293698232	0,015328718	19,15999965
7	DILI 07	0,331497286	0,01964693	16,87272699
8	DILI 08	0,125339288	0,0118993	10,53333289
9	DILI 09	0,060903952	0,005470415	11,13333312
10	DILI 10	0,320317519	0,014912361	21,48000029
11	DILI 11	0,273554563	0,013222294	20,68888826

- **ASAI**

  Jumlah jam dalam satu tahun sebesar 8760, sehingga nilai ASAI pada Penyulang Dili 01:

$$\text{ASAI} = \frac{2.076 \text{ x } 8760 \; - 19{,}817 \text{ x } 2.076}{2.076 \text{ x } 8760} \; x \; 100\% = \frac{18185{,}76 - 41{,}1394}{18185{,}76} x 100\% = 99{,}773\%$$

Tabel 6. Nilai ASAI

No	Penyulang	Jumlah Pelanggan Padam	Jumlah Durasi Gangguan (jam/tahun)	ASAI dinyatakan dalam %
1	DILI 01	2,076	19,81666667	99,77378234
2	DILI 02	1,513	13,5	99,84589041
3	DILI 03	1,737	17,03333333	99,80555556
4	DILI 04	1,376	6,766666667	99,92275495
5	DILI 05	1,434	12,03333333	99,86263318
6	DILI 06	1,804	15,96666667	99,81773212
7	DILI 07	2,102	15,46666667	99,82343988
8	DILI 08	1,556	7,9	99,90981735
9	DILI 09	1,073	5,566666667	99,93645358
10	DILI 10	1,755	17,9	99,7956621
11	DILI 11	1,729	15,51666667	99,8228691

Hasil Analisa:

Mengidentifikasi dari hasil analisa nilai indeks keandalan terhadap standar IEEE Std 1366-2003 didapatkan, bahwa:

a. SAIFI dari hasil perhitungan nilainya lebih kecil dari 1,45 kali/pelanggan/tahun, sehingga dikategorikan sistem masih handal.
b. Untuk SAIDI hasil perhitungan masih dibawah standar yang besarnya 2,3 jam/pelanggan/tahun, maka sistem masih dikategorikan handal.
c. Besarnya nilai CAIDI dari hasil perhitungan dikategorikan masih dibawah standar yang besarnya 1,47 jam/pelanggan/tahun, sehingga sistem masih handal.
d. Untuk ASAI dari hasil perhitungan hasilnya masih dibawah standar 99,92%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa nilai indeks keandalan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Standar internasional yang digunakan yaitu IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar nilai SAIFI 1,45 kali/pelanggan/tahun, SAIDI 2,3 jam/pelanggan/tahun, CAIDI 1,47 jam/gangguan dan ASAI 99,92%. Dari 11 penyulang hasil analisa didapatkan masing-masing nilai indeks keandalan besarnya nilai masih dibawah standar, sehingga dapat dikategorikan semua penyulang masih dalam keadaan handal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Pt dan P. L. N. Up, "ANALISA INDEKS KEANDALAN SAIDI DAN SAIFI INSTITUT TEKNOLOGI PLN INDEKS KEANDALAN SAIDI DAN SAIFI Di PT . PLN UP3 BOGOR," 2020.

[2] Mohammad Rexy Hanif dan Titiek Suheta, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kv di PT. PLN (Persero) Rayon Kudus Kota Menggunakan Metode Section Technique," *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terap.*, vol. 11, no. 2, hal. 56–63, 2020, doi: 10.48056/jintake.v11i2.134.

[3] A. F. Setiawan dan T. Suheta, "Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS)," *Cyclotron*, vol. 3, no. 1, 2020, doi: 10.30651/cl.v3i1.4304.

[4] F. Funan dan W. Sutama, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT PLN (PERSERO) Rayon Kefamenanu," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 3, no. 2, hal. 32–36, 2020, [Daring]. Tersedia pada: http://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/2888.

[5] J. D. Haryantho dan H. H. Tumbelaka, "Analisa Keandalan Sistem Kelistrikan Di Daerah Pelayanan P.T. PLN (Persero) Area Timika Berbasis SAIDI SAIFI," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 71–74, 2017, doi: 10.9744/jte.10.2.71-74.

[6] F. T. Industri, "Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi Pt . Pln (Persero) Surabaya Utara Menggunakan Metode Ria (Reliability Index Assessment) Reability Distribution System Pt . Pln (Persero) North Surabaya Using Ria Method (Reliability Index Assessment)," 2016.

[7] I. Hajar dan M. H. Pratama, "ANALISA NILAI SAIDI SAIFI SEBAGAI INDEKS KEANDALAN PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK PADA PENYULANG CAHAYA PT. PLN (PERSERO) AREA CIPUTAT," *J. Ilm.*, vol. 10, no. 1, hal. 70–77, 2018.

[8] K. ALI, "ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK (STUDI KASUS DI PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK 150 KV GEJAYAN)," hal. 1–14, 2017.

[9] T. Arfianto, dan wahyu A. Purbandoko, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Dari Gangguan Faktor Alam Di Pt. Pln (Persero) Rayon Cimahi Selatan," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, 2018, doi: 10.33387/protk.v5i2.705.

[10] T. D. D. Bobo, W. F. Galla, dan E. R. Mauboy, "Analisis Keandalan Pada Jaringan Distribusi Penyulang Oesao, Camplong Dan Buraen," *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 1, hal. 63–71, 2019, doi: 10.35508/jme.v8i1.964.

[11] S. Dan *et al.*, "EVALUASI KEANDALAN JARINGAN BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN SAIDI DAN SAIFI PADA PT PLN (PERSERO)," 2019.

[12] D. Oleh dan P. Studi Sarjana Teknik Elektro, "STUDI INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI DENGAN NILAI SAIFI SAIDI PADA PENYULANG F3 HORIZON UP3 BENGKULU," 2020.

[13] B. A. Izzaty, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Pada Pt . Pln (Persero) Unit Layanan Pelanggan Gedangan Dengan Metode Fmea (Failure Modes and Effects Analysis)," 2019.

[14] Y. Dechgummarn, P. Fuangfoo, dan W. Kampeerawat, "Predictive Reliability Analysis of Power Distribution Systems Considering the Effects of Seasonal Factors on Outage Data Using Weibull Analysis Combined With Polynomial Regression," *IEEE Access*, vol. 11, no. November, hal. 138261–138278, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3340515.

[15] C. Wang, T. Zhang, F. Luo, P. Li, dan L. Yao, "Fault incidence matrix based reliability evaluation method for complex distribution system," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 6, hal. 6736–6745, 2018, doi: 10.1109/TPWRS.2018.2830645.

[16] S. Wang, Y. Ding, C. Ye, C. Wan, dan Y. Mo, "Reliability evaluation of integrated electricity–gas system utilizing network equivalent and integrated optimal power flow techniques," *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 7, no. 6, hal. 1523–1535, 2019, doi: 10.1007/s40565-019-0566-x.

[17] B. Pandjaitan, "DIKTAT PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK," hal. 482, 2012.

[18] R. Sianipar, "Mengurangi Gangguan Kedip Tegangan Pada Peralatan Industri," *J. JETri*, vol. 13, no. 1, hal. 43–60, 2015.

[19] S. Hidayat, S. Legino, dan N. F. Mulyanti, "Penyeimbangan beban pada jaringan tegangan

rendah gardu distribusi CD 33 penyulang Sawah di PT PLN (Persero) Area Bintaro," *J. Ilm. sutet*, vol. 8, no. 1, hal. 21–27, 2018, [Daring]. Tersedia pada: https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/712.

[20] D. Wahyudi, "EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK BERDASARKAN SAIDI DAN SAIFI PADA PT. PLN (PERSERO) RAYON KAKAP," hal. 2–8, 2003.

[21] D. I. Pt, P. L. N. Persero, dan U. L. P. Rasau, "PERHITUNGAN INDEKS KEANDALAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT PLN (PERSERO) ULP RASAU JAYA," hal. 1–10, 2021.

[22] T. T. Setiawan, A. Asni, dan B. Sugeng, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dari GI Industri Penyulang I . 5 sampai dengan Gardu Hubung Rapak," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 6, no. 2, hal. 147–156, 2018.

[23] K. Dan, K. Di, P. T. Pln, A. P. J. Jember, J. M. T. Haryono, dan A. K. S. Distribusi, "Martha Yudistya Perdana[1] , Ir . Teguh Utomo , MT . [2] , Dr . Ir . Harry Soekotjo D ., M . Sc . [3]," *Anal. Keandalan Sist. Distrib. Tenaga List. Penyulang Jember Kota Dan Kalisat Di Pt.Pln Apj Jember*, hal. 1–9.

[24] B. Santander, "ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK (STUDI KASUS DI PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK 150 KV GEJAYAN) TUGAS," **経済志林**, vol. 87, no. 1,2, hal. 149–200, 2017.

[25] J. Husna dan Z. Pelawi, "MENENTUKAN INDEKS SAIDI DAN SAIFI PADA TEGANGAN MENENGAH DI PT. PLN WILAYAH NAD CABANG LANGSA," vol. 3814, hal. 13–17.

[26] K. G. Manopo, H. Tumaliang, dan S. Silimang, "Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, hal. 1–12, 2020.

[27] N. Nurdiana, "Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Talang Ratu Palembang," *J. Ampere*, vol. 2, no. 1, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i1.1208.

[28] M. A. Rofiq, H. Tasmono, dan R. S. Widagdo, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA) Pada Penyulang PT. PLN ULP Giri," *Snhrp*, vol. 5, hal. 117–133, 2023.

[29] V. Reza *et al.*, "STUDI EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK PADA PLN ULP MANAHAN," *Bussiness Law binus*, vol. 7, no. 2, hal. 33–48, 2020, [Daring]. Tersedia pada: http://repository.radenintan.ac.id/11375/1/PERPUS PUSAT.pdf%0Ahttp://business-law.binus.ac.id/2015/10/08/pariwisata-syariah/%0Ahttps://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results%0Ahttps://journal.uir.ac.id/index.php/kiat/article/view/8839.

[30] N. I. Arifani dan H. Winarno, "Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 Kv Pada Penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 Di Gi Pandean Lamper," *Gema Teknol.*, vol. 17, no. 3, hal. 131–134, 2015, doi: 10.14710/gt.v17i3.8929.

[31] S. S. Jendry Richardo Rumbay, Lily S. Patras, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Indeks SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Sangihe," 2022.

[32] J. Teixeira dan N. Grid, "IEEE 1366- Reliability Indices Some Important Definitions," 2019.