

Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Pada Penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota

Muliadi^{1*}, Jamal Aswizar²⁾

^{1, 2)}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: muljadi.tripa@gmail.com

ABSTRACT

*In the electric power distribution system network, the level of reliability is a significant factor in determining the performance of a system. The system's reliability can be seen from the extent to which the supply of electrical energy can distribute energy continuously in one year to customers or consumers. The most basic problem in the distribution of electrical energy lies in the quality, continuity and availability of electrical energy services to customers. PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh City, especially the Suak Ribee feeder, still has a network pattern with a radial system so that it is still vulnerable to various kinds of disturbances, both internal and external disturbances. The purpose of this study was to determine the level of reliability of the 20 kV distribution network on the Suak Ribee feeder. The level of reliability is calculated by the simulation method using Etap 12.6 software (Electrical Transient Analyzer Program). The results show that the distribution system network at the Suak Ribee feeder has a good level of reliability with a SAIFI index of 1.12 failure/year*customers, and a SAIDI index of 21.82 hours/year*customers, and a CAIDI index of 18.50 hours/failure*

Keywords: Feeder, SAIFI, SAIDI, CAIDI, ETAP Software.

ABSTRAK

*Pada jaringan sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan kinerja suatu sistem tersebut. Keandalan sistem dapat dilihat dari sejauh mana suplai energi listrik mampu mendistribusikan energi secara kontinyu dalam satu tahun ke pelanggan atau konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada distribusi energi listrik adalah terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan energi listrik terhadap pelanggan. PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota khususnya penyulang Suak Ribee masih memiliki pola jaringan dengan sistem radial sehingga masih rentan terhadap berbagai macam gangguan baik gangguan internal maupun eksternal. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat keandalan jaringan distribusi 20 kV pada penyulang Suak Ribee. Tingkat keandalan tersebut dihitung dengan metode simulasi menggunakan software Etap 12.6 (Electrical Transient Analyzer Program). Hasilnya didapatkan bahwa jaringan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee memiliki tingkat keandalan yang baik dengan indeks SAIFI sebanyak 1,12 gangguan/tahun*pelanggan, indeks SAIDI sebanyak 21,82 jam/tahun*pelanggan, dan indeks CAIDI sebanyak 18,50 jam/gangguan.*

Kata Kunci: Penyulang, SAIFI, SAIDI, CAIDI, Software ETAP.

I. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi tenaga listrik berfungsi sebagai media untuk menyalurkan energi listrik bertegangan menengah (20 kV) dan bertegangan rendah (380V atau 220V) sesuai dengan kebutuhan konsumen [1]. Untuk menyalurkan energi listrik, umumnya jaringan distribusi masih menggunakan saluran udara sehingga masih sangat rawan terhadap berbagai macam gangguan, baik *internal* maupun *eksternal* [2]. Gangguan – gangguan tersebut akan sangat berpengaruh terhadap keandalan jaringan distribusi dalam mendistribusikan energi listrik. Adapun dampak langsung yang dapat dirasakan pelanggan dari gangguan tersebut yaitu terputusnya suplai aliran listrik atau pemadaman sehingga menyebabkan kerugian baik bagi pelanggan maupun penyedia energi listrik itu sendiri [3][4].

Pada sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan merupakan salah satu faktor yang sangat penting agar mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik terhadap pelanggan dapat dilakukan secara kontinyu dalam satu tahun [5][6]. Untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi, ada 3 (tiga) indeks keandalan yang sering digunakan yaitu indeks *System Average Duration Index (SAIDI)*, *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, dan *Customer Average Interruption Frequency Index (CAIDI)* [7].

PT. PLN (Persero) ULP. Meulaboh Kota sangat berperan penting untuk menyalurkan energi listrik untuk semua pelanggan yang berada di wilayah Aceh Barat dan sekitarnya khususnya bagi pelanggan yang berada pada layanan penyulang Suak Ribee. Jaringan sistem distribusi

tenaga listrik pada wilayah tersebut masih menggunakan sistem radial sehingga pemadaman listrik masih sangat sering terjadi baik disebabkan oleh gangguan maupun jadwal pemadaman yang sudah terencana. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat keandalan jaringan sistem distribusi 20 kV pada penyulang Suak Ribee. Adapun tingkat keandalan yang dimaksud berupa indeks *SAIFI*, *SAIDI*, dan *CAIDI*. Untuk mendapatkan semua parameter tersebut, penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi menggunakan *software Etap 12.6 (Electrical Transient Analyzer Program)*.

Manfaat penelitian ini yaitu agar jaringan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota dapat mengurangi frekuensi pemadaman listrik dan dapat meningkatkan kualitas, mutu, serta kontinuitas pelayanan listrik terhadap pelanggan listrik.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP. Meulaboh Kota pada jaringan distribusi gardu hubung (GH) Kota Padang khususnya penyulang Suak Ribee. Penyulang Suak Ribee terdiri dari 15 bus atau beban trafo, panjang saluran 5,90 kilo meter sirkuit (KMS) dan melayani pelanggan sebanyak 510 total pelanggan. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan observasi lapangan untuk mendapatkan data yang diperlukan antara lain:

1. Data beban pada penyulang Suak Ribee

Data beban hasil pengukuran pada transformator distribusi penyulang Suak Ribee dengan nilai $\cos \phi$ sebesar 0,85, data beban selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. DATA BEBAN PENYULANG SUAK RIBEE

No	Bus	kVA	kW
1	Bus JP 138 / JP 138	19,8	16,838
2	Bus JP 184 / JP 184	9,97	8,475
3	Bus JP 48 / JP 48	58,5	49,725
4	Bus JP 08 / JP 08	129	110
5	Bus JP 65 / JP 65	23,81	20,238
6	Bus JP 128 / JP 128	41,02	34,867
7	Bus JP 45 / JP 45	70,09	59,576
8	Bus JP 164 / JP 164	28,08	23,868
9	Bus JP 92 / JP 92	26,85	22,823
10	Bus JP 55 / JP 55	57,26	48,671
11	Bus 16 / JP 104	37,5	31,875
12	Bus JP 23 / JP 23	40,7	34,595
13	Bus JP 165 / JP 165	18,16	15,436
14	Bus JP 40 / JP 40	39,71	33,753
15	Bus JP 206 / JP 206	25,13	21,36

2. Data parameter jaringan

Data parameter yang terdapat pada jaringan distribusi penyulang Suak Ribee yang terdiri dari nilai resistansi, reaktansi, dan panjang saluran. Data selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. DATA PARAMETER JARINGAN

No	DARI BUS	KE BUS	Resistansi (R)	Reaktansi (X)	Panjang Saluran	R_{total}	X_{total}
			(Ω)	(Ω)	(km)	(Ω)	(Ω)
1	GH	JP 138	0,2162	0,3305	0,45	0,0973	0,1487
2	JP 138	JP 184	0,2162	0,3305	0,05	0,0108	0,0165
3	JP 184	JP 48	0,2162	0,3305	0,25	0,0541	0,0826
4	JP 48	JP 08	0,4608	0,3572	0,65	0,2995	0,2322
5	JP 08	JP 65	0,2162	0,3305	0,35	0,0757	0,1157
6	JP 65	JP 128	0,2162	0,3305	0,60	0,1297	0,1983
7	JP 128	JP 45	0,2162	0,3305	0,15	0,0324	0,0496
8	JP 45	JP 164	0,2162	0,3305	0,15	0,0324	0,0496
9	JP 164	JP 92	0,2162	0,3305	0,20	0,0432	0,0661
10	JP 92	JP 55	0,2162	0,3305	0,30	0,0649	0,0992
11	JP 55	JP 104	0,2162	0,3305	0,60	0,1297	0,1983
12	JP 104	JP 23	0,2162	0,3305	0,50	0,1081	0,1653
13	JP 23	JP 165	0,4608	0,3572	1,20	0,5530	0,4286
14	JP 165	JP 40	0,4608	0,3572	1,30	0,5990	0,4644
15	JP 40	JP 206	0,4608	0,3572	1,05	0,4838	0,3751

A. Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik yang baik merupakan sistem yang dapat menjamin kelangsungan penyaluran dan mampu memberikan kepuasan terhadap pengguna energi listrik karena memiliki kualitas yang baik. Pengoperasian jaringan distribusi tenaga listrik bertujuan agar sedapat mungkin menjamin tidak adanya pemadaman listrik juga dapat memberikan stabilitas terhadap tegangan maupun frekuensi [8].

B. Komponen Utama Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik memiliki jaringan tegangan rendah dan jaringan tegangan menengah dengan topologi jaringan berbentuk radial serta memiliki

saluran sistem 3 fasa dan 1 fasa. Secara umum komponen utama sistem jaringan distribusi tenaga listrik yaitu [1][9]:

1. Gardu induk (*sub-station*) yang terdiri dari:

- Transformator
- Pengatur tegangan
- Kapasitor paralel (*shunt capacitor*)

2. Penyulang (*feeder*)

Merupakan konduktor yang menghubungkan gardu induk dengan pelanggan. Pada *feeder* juga memungkinkan untuk dilakukan pemasangan transformator, pengatur tegangan, dan kapasitor.

3. Beban (*load*), terdapat beberapa model beban, yaitu :
 - Beban dengan daya (P) konstan
 - Beban dengan arus (I) konstan
 - Beban dengan impedansi (Z) konstan
 - Beban campuran.
4. Pembangkit listrik berdaya kecil (*distributed generation*) yang terdiri dari:
 - Pembangkit dari energi terbarukan
 - Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)
 - Pembangkit listrik tenaga angin (PLTB)
 - Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH)
 - Pembangkit listrik dengan mesin pembakaran
5. Alat pengendali berbasis elektronika, seperti:
 - *Distribution static compensator* (DSC)
 - *Unified power flow controller* (UPFC)
 - *Active shunt filter* (ASF)
 - *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA)

C. Penyulang

Penyulang merupakan penghubung antar jaringan listrik, biasanya melalui kabel bawah tanah (*underground line*) dan saluran udara (*over head line*). Komponen-komponen yang terdapat pada penyulang terdiri dari konduktor, isolator, *arrester*, pelebur, dan transformator [10].

D. Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Keandalan sistem distribusi merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem distribusi dalam memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan baik melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu selanjutnya membandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan [11].

E. Indeks Keandalan

Indeks keandalan adalah suatu parameter keandalan yang dinyatakan dalam keandalan pada tiap titik beban, antara lain [12]:

λ = frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (gangguan/tahun)

r = lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (jam/gangguan)

U = lama atau durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (jam/tahun).

Berdasarkan standart PLN menurut majalah FOKUS penerbit PT. PLN Februari 2011 menetapkan bahwa sistem dalam kondisi baik jika [13]:

Indeks *SAIFI* : 3,2 (gangguan/tahun*pelanggan)

Indeks *SAIDI* : 21,09 (jam/tahun*pelanggan)

Sedangkan menurut *IEEE P1366-2003*, nilai indeks keandalan telah memenuhi standart jika memenuhi: Indeks *SAIFI*: 1,45 (gangguan/tahun*pelanggan), Indeks *SAIDI*: 2,3 (jam/tahun*pelanggan). Menurut *World Class Service* (WCS), nilai indeks keandalan telah memenuhi standart jika

memenuhi: *SAIDI*: 1,66 (jam/tahun*pelanggan) dan Menurut *World Class Company* (WCC), nilai indeks keandalan telah memenuhi standart jika memenuhi: *SAIFI*: 3 (gangguan/tahun*pelanggan)[13].

Untuk menghitung performa keandalan sistem, maka indeks keandalan yang digunakan yaitu [7][12][14]:

1. Indeks *SAIFI*

Indeks *SAIFI* dengan satuan (gangguan/tahun*pelanggan) merupakan indeks yang menginformasikan banyaknya frekuensi pemadaman rata-rata tiap pelanggan dalam jangka waktu setahun pada area yang dianalisis. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum n} \quad (1)$$

dengan

λ_i = indeks kegagalan rata-rata pertahun (gangguan/tahun)

N_i = jumlah pelanggan padam

N = jumlah total pelanggan

2. Indeks *SAIDI*

Indeks *SAIDI* dengan satuan (jam/tahun*pelanggan) merupakan indeks yang menginformasikan banyaknya durasi pemadaman rata-rata tiap pelanggan dalam kurun waktu setahun pada area yang dianalisis. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum n} \quad (2)$$

dengan

U_i = durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

N_i = jumlah pelanggan padam

N = jumlah total pelanggan

3. Indeks *CAIDI*

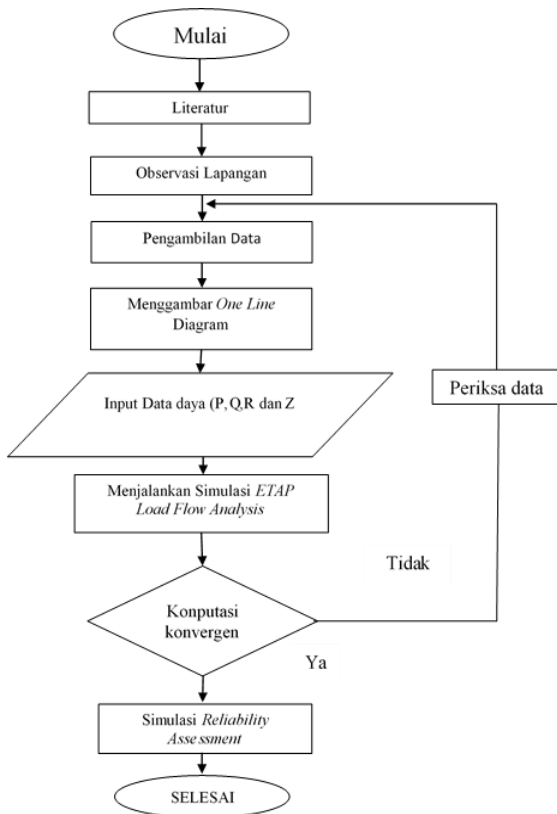
Indeks *CAIDI* merupakan indeks yang menginformasikan banyaknya durasi pemadaman rata-rata pelanggan untuk setiap gangguan yang terjadi. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \text{ (jam/gangguan)} \quad (3)$$

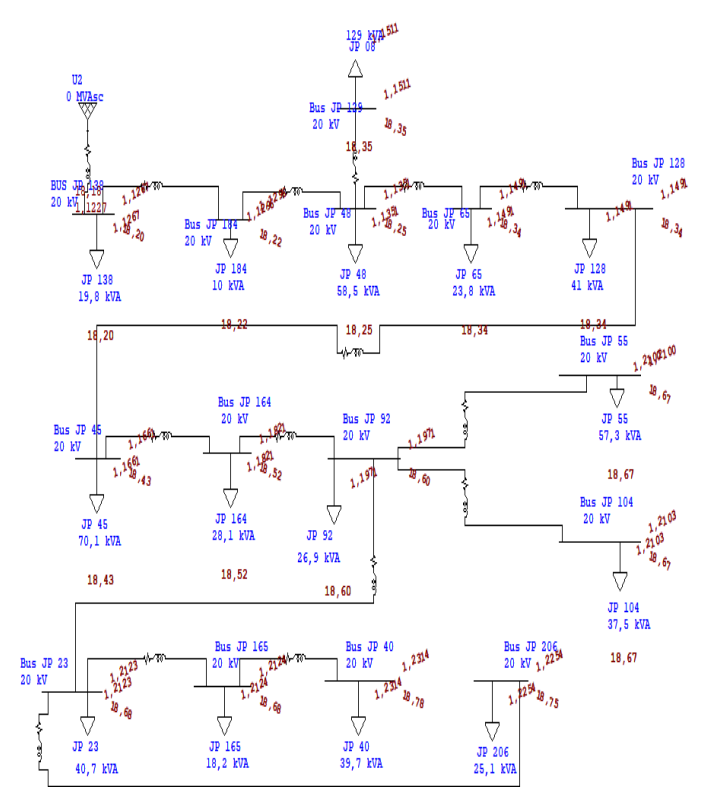
F. *Etap* Power Station

Software Etap merupakan salah satu *software full* grafis yang digunakan untuk menganalisis, mendesain, dan menguji kondisi sistem tenaga listrik. Untuk simulasi sistem *real time*, optimasi, manajemen energi sistem, dan simulasi *intelligent load shedding*, *software Etap* dapat digunakan secara *off-line* dan sudah dilengkapi dengan fasilitas seperti jaringan AC dan DC, desain jaringan kabel, grid pentanahan, GIS, desain panel, arc-flash, koordinasi peralatan proteksi, dan diagram sistem kontrol AC/DC. *Software Etap* juga menyediakan fasilitas *library* untuk mempermudah desain suatu sistem kelistrikan baik untuk mengedit atau dengan menambahkan informasi peralatan [15].

Selanjutnya, menggambar *one line diagram* dan menginput semua data untuk disimulasikan menggunakan *software Etap*. Apabila hasilnya konvergen, maka dilanjutkan ke simulasi *reliability assessment* dan analisis, namun apabila hasilnya belum konvergen maka dilakukan periksa data untuk diinput kembali. Selengkapanya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian



Gambar 2. One line diagram hasil simulasi menggunakan software ETAP

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Indeks Keandalan

Pada penelitian ini analisa keandalan sistem distribusi dilakukan dengan metode simulasi menggunakan software *Etap*. Simulasi tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai indeks keandalan jaringan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee. Tampilan hasil simulasi software *Etap12.6* selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 menunjukkan tampilan hasil simulasi software *Etap* berupa *one line diagram*. Hasil tersebut muncul setelah dilakukan input data seperti data gangguan pada bus, data beban, dan data resistansi pada saluran. Kemudian untuk mendapatkan nilai indeks keandalan jaringan sistem distribusi (*SAIFI*, *SAIDI*, dan *CAIDI*) pada penyulang Suak Ribee, maka dijalankan perintah *reliability assesment*. Adapun nilai rata-rata kegagalan, lamanya gangguan yang terjadi pada penyulang Suak Ribee selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. RATA-RATA KEGAGALAN DAN LAMA GANGGUAN PADA PENYULANG SUAK RIBEE

No	Bus	Jumlah Pelanggan	Panjang Saluran	Rata-rata Kegagalan	Lama Gangguan	Lama Gangguan Pertahun
			(km)	(Frekuensi/tahun)	(Jam)	(Jam/Tahun)
1	JP 23	52	144	1,21	18,68	22,65
2	JP 40	26	274	1,23	18,78	23,12
3	JP 45	34	306	1,16	18,43	21,49
4	JP 48	42	122	1,13	18,25	20,72
5	JP 55	38	320	1,21	18,67	22,59
6	JP 65	33	230	1,14	18,34	21,07
7	JP 92	56	850	1,19	18,60	22,27
8	JP 104	54	800	1,21	18,67	22,59
9	JP 128	36	750	1,14	18,34	21,07
10	JP 08	18	645	1,15	18,35	21,12
11	JP 138	24	656	1,12	18,20	20,51
12	JP 164	13	760	1,18	18,52	21,89
13	JP 165	22	655	1,21	18,68	22,65
14	JP 184	23	1.665	1,12	18,22	20,58
15	JP 206	39	950	1,22	18,75	22,97

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa pada penyulang Suak Ribee rata-rata kegagalan terendah terjadi pada bus JP 138 dan JP 184 dengan 1,12 frekuensi/tahun, sedangkan rata-rata kegagalan tertinggi terjadi pada bus JP 40 dengan 1,23

frekuensi/tahun. Selanjutnya, pada tabel juga menunjukkan bahwa lama gangguan yang terjadi pada semua bus penyulang Suak Ribee juga bervariasi. Gangguan yang paling lama terjadi pada bus JP 40 dengan lama gangguan

yaitu 18,78 jam atau 23,12 jam/tahun. Namun, bus yang paling sedikit mengalami gangguan yaitu bus JP 138 yaitu selama 18,20 jam atau 20,51 jam/tahun.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3, maka nilai indeks keandalan jaringan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee didapatkan seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL 4. NILAI INDEKS KEANDALAN PADA PENYULANG SUAK RIBEE

Indeks keandalan		
SAIFI	SAIDI	CAIDI
1,17	21,82	18,50

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai indeks keandalan jaringan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee, yaitu indeks SAIFI sebanyak 1,17 gangguan/tahun*pelanggan. Nilai indeks SAIDI sebanyak 21,82 jam/tahun*pelanggan dan nilai indeks CAIDI sebanyak 18,50 jam/gangguan. Jadi, berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa jaringan sistem distribusi penyulang Suak Ribee memiliki tingkat keandalan yang bagus.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, maka analisis keandalan sistem distribusi pada penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota dapat disimpulkan bahwa jaringan sistem distribusi penyulang Suak Ribee memiliki keandalan yang bagus dengan nilai indeks SAIFI sebanyak 1,12 gangguan/tahun*pelanggan, indeks SAIDI sebanyak 21,82 jam/tahun*pelanggan, dan indeks CAIDI sebanyak 18,50 jam/gangguan.

REFERENSI

- [1] Ramadoni Syahputra, Buku Ajar: Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, Pertama. Yogyakarta: LP3M UMY Yogyakarta, 2017.
- [2] Yolnardi, Fadhli Palaha, and Jefri Efendi, "Perencanaan Penempatan Recloser Berdasarkan Gangguan Di Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan ETAP 12.6," SainETn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind., vol. 5, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [3] R. Berlianti and R. Fauzi, "Analisis Penerapan Tindakan Pemeliharaan Sistem Distribusi 20 kV Dalam Pengoptimalan ENS dan FGTM," J. Sain, Energi, Teknol. Ind., vol. 5, no. 2, pp. 44–50, 2021.
- [4] Y. T. K. Privanto, M. Otong, and Y. M. Safarudin, "Analisis Indeks SAIDI, SAIFI, CAIDI Dan Non-Delivery Energy Sistem Distribusi 20 kV Pada PT. PLN (Persero) Area Balikpapan Penyulang J2," in National Conference of Industry, Engineering and Technology (NCIET), 2020, pp. B415–B422.
- [5] M. Marwan, Alimin, and A. E. T. Putri, "Penggunaan Metode Reliability Network Equivalent Approach untuk mengevaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV," J. Teknol. Elekterika, vol. 17, no. 2, pp. 42–49, 2020.
- [6] Dasman and H. Handayani, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode SAIDI dan SAIFI di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015," J. Tek. Elektro ITP, vol. 6, no. 2, pp. 170–179, 2017.
- [7] A. T. Prabowo, B. Winardi, and S. Handoko, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kV pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11," Transient, vol. 2, no. 4, pp. 1004–1012, 2013.
- [8] M. Sodikin, "Studi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Wilayah Bantul Berdasarkan Ketersediaan Daya Pada Tahun 2016 Dan 2017," Universitas Teknologi Yogyakarta, 2018.
- [9] A. W. Aris, "Audit Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Balai," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [10] N. Wijayanti, "Analisis Keandalan Penyulang Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) APJ Klaten Rayon Boyolali," Universitas Teknologi Yogyakarta, 2018.
- [11] A. T. Koitoli, L. S. Patras, and G. M. C. Mangindaan, "Studi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Wilaya Tobelo Berdasarkan Ketersedian Daya Pada Tahun 2019-2020," Univ. Sam Ratulangi Repos., pp. 1–8, 2021.
- [12] A. M. Syafar, Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dengan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). Makassar: Rizky Artha Mulia, 2018.

- [13] M. W. Muntasyir, "Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada PT. PLN Rayon Palur," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [14] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," J. Nas. Tek. Elektro, vol. 10, no. 2, 2021.
- [15] A. B. Saputra, "Rekonfigurasi Sistem Distribusi Untuk Mengatasi Beban Lebih dan Meminimalkan Rugi – Rugi Pada Jaringan Distribusi Tengkwang Samarinda," Institut Teknologi Nasional Malang, 2016.