

Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV GI Tengkwang Pada Penyulang T4

Abdul Makruf*, Rani Ilham, Bima Sakti, Erdin Syam, Muhammad Akbar, Y Yudistira

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mulawarman
Samarinda, Indonesia

*Abdmakruf02@gmail.com

Abstract— *Electricity is a basic human need in carrying out daily activities. PLN is a state-owned company that serves electricity needs in Indonesia. As more industries, companies, and households grow and develop, the need for reliable, cheap, and economical electric power arises. Thus the electricity demand requires the development of generating capacity and transmission or distribution lines. The distance between generators and consumers is very far, so it can trigger disturbances in the open-air network. This disturbance can cause fault currents that will disrupt the distribution system, which results in a system that cannot be said to be reliable. To increase the reliability value, namely by reducing the frequency of disturbances and carrying out preventive maintenance to improve the distribution system's reliability. For the reliability of the distribution system, it is necessary to calculate the SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) values.*

Abstrak— Listrik merupakan kebutuhan pokok manusia di dalam menjalankan aktivitasnya sehari-hari. PLN merupakan perusahaan milik negara yang melayani kebutuhan listrik di Indonesia. Semakin banyak industri dan perusahaan serta rumah tangga yang tumbuh dan berkembang, maka dibutuhkan tenaga listrik yang handal, murah dan ekonomis. Dengan demikian kebutuhan listrik tersebut membutuhkan pengembangan kapasitas pembangkit dan saluran transmisi atau distribusinya. Jarak antara pembangkit dan konsumen sangatlah jauh, hal ini dapat memicu terjadinya gangguan pada jaringan udara terbuka, gangguan ini dapat menyebabkan arus gangguan yang akan mengganggu sistem distribusi, yang berakibatkan suatu sistem tidak bisa dikatakan handal. Untuk meningkatkan nilai keandalan yaitu dengan mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan dilakukan pemeliharaan secara preventif guna meningkatkan keandalan dari sistem distribusi. Agar dapat melihat keandalan dari sistem distribusi diperlukan perhitungan terhadap nilai SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*).

Kata Kunci— *Sistem Distribusi; Keandalan; Gangguan; SAIDI; SAIFI*

I. PENDAHULUAN

KEMAJUAN teknologi dan pertambahan jumlah penduduk membuat pertambahan beban dari saluran distribusi menjadi lebih banyak, tentu dari pertambahan beban pada saluran distribusi harus diikuti dengan kualitas penyaluran energi yang diterima oleh konsumen harus lebih baik, karena sistem distribusi tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting di dalam penyaluran energi listrik, penyaluran yang andal dan secara terus menerus dari sistem distribusi menuju ke beban dan juga pelanggan, merupakan indikator bahwa saluran distribusi itu dikatakan andal. Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi adanya gangguan yaitu

gangguan internal, gangguan eksternal dan faktor manusia, faktor gangguan internal terjadi disebabkan oleh gangguan hubung singkat, kerusakan alat, *switching*, kegagalan pada isolasi, dan kerusakan pada pembangkit, faktor gangguan eksternal terjadi disebabkan oleh luar sistem, misalkan angin kencang yang menyebabkan kabel putus, sambaran petir, ranting pohon, dan lain sebagainya, dan yang terakhir yaitu gangguan yang disebabkan oleh manusia, hal ini bisa terjadi dikarenakan kelalaian atau kecerobohan operator, karena tidak taat peraturan yang sudah ditetapkan. Dari faktor gangguan di atas membuat penyaluran distribusi listrik akan mengalami pemadaman.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem keandalan 20 kV gardu induk tengkwang, dan mencari tahu gangguan dan solusi penyelesaian dari gangguan tersebut. Untuk mengetahui keandal-

Naskah diterima 20 Desember 2021, diterima setelah revisi 11 Agustus 2022, terbit online 2 September 2022. Emitor merupakan jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi Sinta 4 dengan alamat Gedung H Lantai 2 UMS, Jalan Ahmad Yani Tromol Pos 1 Surakarta Indonesia 57165.

an dari sistem distribusi 20 kV, digunakan perhitungan SAIDI (System Average Interruption Frequency Index) [1–3], SAIFI (System Average Interruption Duration Index) [4–7], dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) [8–10].

II. METODE PENELITIAN

Keandalan adalah tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem agar dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan kondisi waktu operasi tertentu. Laju kegagalan adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada selang waktu tertentu. Nilai laju kegagalan dinyatakan dalam Persamaan (1) berikut.

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (1)$$

dengan: λ merupakan laju kegagalan (kegagalan/tahun), f adalah banyaknya kegagalan selama selang waktu (tahun), dan T yaitu jumlah lamanya selang waktu (tahun).

Laju perbaikan adalah waktu dibutuhkannya alat yang gagal beroperasi kembali dengan cara diperbaiki atau diganti dengan satuan jam seperti yang tertera dalam Persamaan (2) berikut.

$$r = \frac{U}{\lambda} \quad (2)$$

dengan: U adalah waktu kegagalan per tahun (jam/tahun), λ yaitu angka kegagalan per tahun (gangguan/tahun), dan r merupakan waktu kegagalan (jam).

Laju perbaikan per tahun adalah waktu perbaikan rata-rata per tahun pada alat seperti yang dirumuskan dalam Persamaan (3) berikut.

$$U = \sum_i \lambda_i r_i \quad (3)$$

dengan: U yaitu waktu kegagalan per tahun (jam/tahun), λ adalah angka kegagalan per tahun (gangguan/tahun), dan r merupakan waktu kegagalan (jam). Indeks keandalan merupakan indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran yang beberapa diacu dengan standar internasional yaitu IEEE. Berikut beberapa indikator keandalan yaitu:

SAIFI (S) merupakan indeks yang menunjukkan jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (tahun).

$$S = \frac{\text{Jumlah gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah gangguan}} \quad (4)$$

$$= \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N}$$

dengan: λ_i adalah laju kegagalan unit (kali/tahun), N_i merupakan banyak pelanggan pada unit, dan N jumlah total pelanggan.

SAIDI (\mathcal{D}) merupakan indeks yang menunjukkan nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Persamaan SAIDI dapat dinyatakan dalam bentuk Persamaan (5) berikut.

$$\mathcal{D} = \frac{\text{Jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah gangguan}} \quad (5)$$

$$= \frac{\sum U_i N_i}{N}$$

dengan: U_i adalah lama durasi gangguan rata-rata, dan N_i yaitu banyak pelanggan pada unit dari jumlah total N .

CAIDI (\mathcal{C}) merupakan indeks lamanya gangguan pada konsumen rata-rata tiap tahun dengan formula dalam Persamaan (6) berikut [11–15].

$$\mathcal{C} = \frac{\text{Jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah pelanggan terganggu}} \quad (6)$$

$$= \frac{\sum U_i N_i}{N}$$

dengan: U_i adalah lama durasi gangguan rata-rata, N_i yaitu jumlah pelanggan pada unit ke i dari total N pelanggan.

ASAI atau Average Service Availability Index dengan notasi \mathcal{A} merupakan suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/mensuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun [16–18], sedangkan ASUI atau Average Service Unavailability Index dengan notasi \mathcal{U} merupakan indeks yang menyatakan ketidakmampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem [19,20]. Formula ASAI dan ASUI tampil dalam Persamaan (7) dan (8) berikut.

$$\mathcal{A} = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}} \quad (7)$$

$$= \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i \times N_i}{\sum N_i \times 8760}$$

$$\mathcal{U} = 1 - \text{ASAI} \quad (8)$$

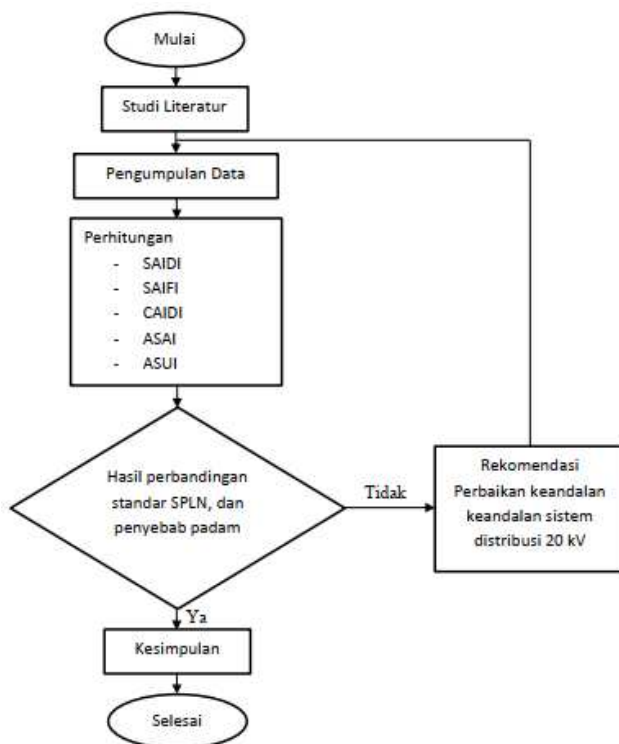
$$= 1 - \mathcal{A}$$

Adapun langkah penelitian memiliki tahap penyelesaian dengan memulai studi literatur, yaitu metode landasan berpikir untuk menyelesaikan masalah secara ilmiah. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari referensi pada buku standar PLN dan jurnal.

1. Pengumpulan data dilakukan dengan cara memvalidasi data yang diperlukan sebagai berikut

2. *Data Single Line Diagram* (SLD) pada penyulang gardu induk Data beban
3. Data gangguan pelanggan

Selanjutnya, menghitung nilai pada laju kegagalan, laju perbaikan, laju perbaikan per tahun, ASAI, ASUI, SAIDI dan CAIDI. Perbandingan apakah sudah memenuhi standar PLN dan mengetahui faktor apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya pemadaman. Keluaran penelitian yang ingin dicapai adalah penekanan pada jumlah gangguan dan lamanya waktu terjadinya gangguan pada penyulang sehingga didapatkan nilai keandalan yang baik dan dapat digunakan untuk mengatasi terjadinya gangguan pemadaman.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

i. *Data Penyulang Tengkawang 4*

Data yang didapatkan dari UP3 Samarinda dirangkum dalam tabel untuk memudahkan perhitungan besar SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Data yang didapatkan berupa jumlah pelanggan, jumlah gangguan, durasi gangguan, penyebab terjadinya gangguan dan ENS dalam satu periode (satu tahun) 2020.

Pada penyulang T4 terdapat 11.016 pelanggan, penyulang ini menggunakan sistem radial, ketika terjadi gangguan pada satu titik maka titik yang lain akan



Gambar 2: Singel line diagram Penyulang T4

merasakan dampaknya yaitu terjadi pemadaman dikarenakan satu jalur dan tidak ada penyulang lain yang mem-backup. Pada penelitian ini hanya memasukkan indeks yang diperlukan ke dalam tabel untuk menghitung jumlah SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI dan ASUI. Luaran penelitian terlihat dalam Tabel 1 dan 2 berikut.

Dari Tabel 1 dapat diketahui jumlah pemadaman terbesar terjadi pada bulan April yaitu sebanyak 7 kali pemadaman dan 63.182 pelanggan yang terkena pemadaman. Pada bulan Januari, Mei dan Agustus tidak ada pemadaman pada penyulang T4.

Setelah dihitung jumlah pelanggan padam dan jumlah lama waktu pemadaman per-bulan, dan total menjadi per-tahun maka dapat dihitung SAIFI, SAIDI dan CAIDI menggunakan rumus berikut:

$$SAIFI = \frac{218.34}{11016} = 0.0198 \text{ kali/tahun}$$

$$SAIDI = \frac{41261.82}{11016} = 3.7456 \text{ jam/tahun}$$

$$CAIDI = \frac{3.7456}{0.0198} = 188.9796$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai SAIFI sebesar 0,0198 kali/tahun, nilai SAIDI sebesar 3,7556 jam/ tahun dan nilai CAIDI sebesar 188.9796. Setelah mendapatkan nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI, maka indeks keandalan berikutnya yang akan dicari adalah ASUI dan ASAI dengan cara mencari nilai laju kegagalan dan laju perbaikan terlebih dahulu menggunakan perhitungan:

$$\lambda = \frac{27}{12} = 2.25 \text{ kali/tahun}$$

$$r = \frac{4.8}{2.25} = 2.133 \text{ jam}$$

$$U = 2.25 \times 2.133 = 4.8 \text{ jam/tahun}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai laju kegagalan 2,25 kali per-tahun, laju perbaikan 2,133 jam, laju perbaikan per-tahun 4,8 jam. Dari perhitungan

Tabel 1: Data pemadaman pada penyulang T4 dengan \mathcal{J} jumlah pelanggan padam, \mathcal{L} lama padam (jam), \mathcal{JL} perkalian jumlah pelanggan padam dengan lama padam, T_P total jumlah pelanggan, dan T_J total jam keseluruhan pelanggan padam

BULAN	CAUSE	\mathcal{J}	\mathcal{L}	\mathcal{JL}	T_P	T_J
JANUARI						
FEBRUARI	Binatang	7.322	0,11	805,42	14.644	1.610,84
	Kendaraan	7.322	0,11	805,42		
MARET	Benda Asing	8.255	0,00	0,00		
	Dalam Investigasi	10.471	0,05	523,55		
	Binatang	10.471	0,15	1.570,65		
	Dalam Investigasi	10.471	0,39	4.083,69		
APRIL	Binatang	7.443	0,01	74,43	63.182	7.042,01
	Dalam Investigasi	7.443	0,00	0,00		
	Layanan / Kawat	9.44	0,06	566,40		
	Dalam Investigasi	7.443	0,03	223,29		
MEI						
	Binatang	9.608	0,00	0,00		
	Benda Asing	9.608	0,06	576,48		
JUNI	Benda Asing	7.352	0,11	808,72	53.136	3.018,56
	Benda Asing	7.352	0,00	0,00		
	Benda Asing	9.608	0,15	1.441,20		
	Binatang	9.608	0,02	192,16		
JULI	Benda Asing	7.352	0,01	73,52	7.352	73,52
AGUSTUS						
	Dalam Investigasi	9.771	0,05	488,55		
SEPTEMBER	Dalam Investigasi	7.478	0,09	673,02	27.02	1.747,83
	Lifetime	9.771	0,06	586,26		
OKTOBER	Binatang	9.771	0,00	0,00	9.771	
	Dalam Investigasi	9.771	1,83	17.880,93		
	Dalam Investigasi	7.478	0,84	6.281,52	28.015	27.769,06
NOVEBER	Dalam Investigasi	5.383	0,67	3.606,61		
	Dalam Investigasi	5.383	0,00	0,00		
DESEMBER	Binatang	7.61	0,00	0,00	15.22	
	Binatang	7.61	0,00	0,00		
TOTAL			4.8		218.34	41261.82

Tabel 2: Perbandingan hasil perhitungan nilai indeks keandalan penyulang T4

Penyulang	Nilai Indeks Keandalan				
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI
Industri Penyulang	0.0198	37.456	188,9796	0,999	0,001

ini maka nilai ASUI dan ASAI dapat dihitung sebagai berikut.

$$ASAI = \frac{218.34 \times 8760 - 4.8}{218.34 \times 8760} = 0.9999$$

$$ASUI = 1 - 0.9999 = 0.001$$

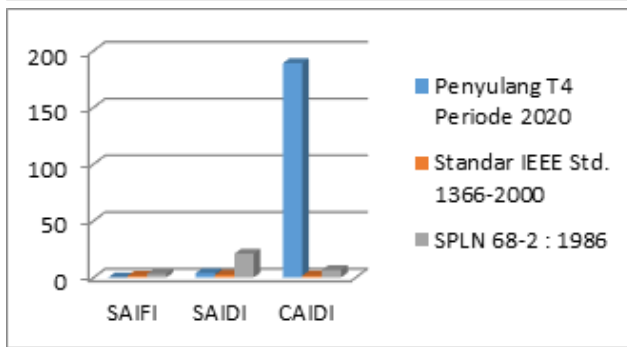
Selanjutnya Tabel 2 berisikan hasil perhitungan sesuai formula yang sesuai. Adapun sesuai standar IEEE nomor 1366 tahun 2000 dan SPLN 68-2 tahun 1986 bila disejajarkan dari hasil penelitian dapat ditabulasikan

Tabel 3: Perbandingan hasil uji dengan komparasi standar baku

Penyulang	Nilai Indeks Keandalan		
	SAIFI	SAIDI	CAIDI
Industri Penyulang	0.0198	37.456	188,9796
Standar IEEE No. 1366: 2000	1,45	2,3	1,59
SPLN 68-2: 1986	3,2	21	6,56

dalam Tabel 3 berikut.

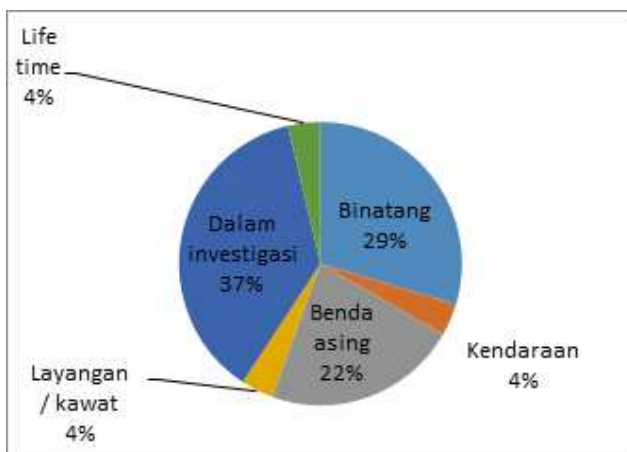
Dari data perhitungan diatas didapatkan hasil perbandingan pada nilai SAIFI dapat dikatakan handal dikarenakan nilainya dibawah standar IEEE Std. 1366-2000 dan SPLN 68-2:1986, pada perhitungan di atas didapatkan hasil perbandingan nilai SAIDI dapat dikatakan handal walaupun nilai standar IEEE Std. 1366-2000 masih lebih besar daripada nilai yang didapatkan.



Gambar 3: Grafik Perbandingan antara Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI dengan standar baku

pada perhitungan di atas didapatkan hasil perbandingan nilai CAIDI dapat dikatakan tidak handal dikarenakan nilai yang didapatkan lebih besar dari nilai standar IEEE Std. 1366-2000 dan SPLN 68-2:1986. pada perhitungan di atas didapatkan hasil perbandingan nilai SAIDI dapat dikatakan handal walaupun nilai standar IEEE Std. 1366-2000 masih lebih besar daripada nilai yang didapatkan.

Adapun gangguan yang terjadi dari penyulang Tengkwang 4 yaitu dari 27 gangguan yang terjadi selama tahun 2020, penyebabnya bermacam macam yaitu 8 kali disebabkan oleh binatang, 1 kali disebabkan oleh kendaraan, 6 kali disebabkan oleh benda asing, 1 kali disebabkan oleh layangan atau kawat, 1 kali disebabkan oleh *life time*, dan 10 kali masih dalam investigasi atau belum diketahui penyebabnya.



Gambar 4: Diagram persentase gangguan pada penyulang T4

Dari gambar tersebut dapat dilihat persentase terbesar adalah sebanyak 37% yaitu gangguan yang penyebabnya yang masih dalam investigasi. Sebanyak 29% diakibatkan oleh binatang, 22% diakibatkan oleh benda asing, sebanyak 4% diakibatkan oleh layangan atau kawat, 4% diakibatkan oleh kendaraan dan 4%

diakibatkan oleh *life time*.

IV. KESIMPULAN

Pada hasil analisis keandalan sistem penyulang Tengkwang 4 didapatkan nilai SAIFI sebesar 0,0198 kali/tahun, nilai SAIDI sebesar 3,7556 jam/tahun dan nilai CAIDI sebesar 188.9796, nilai ASAI sebesar 0,9999 dan nilai ASUI sebesar 0,001. Penyebab pemadaman pada penyulang T4 kebanyakan diakibatkan oleh faktor eksternal yaitu sebanyak 29% diakibatkan oleh binatang, 22% diakibatkan oleh benda asing, sebanyak 4% diakibatkan oleh layangan atau kawat, 4% diakibatkan oleh kendaraan, 4% diakibatkan oleh *life time* dan sebesar 37% masih dalam investigasi. Perbandingan pada nilai SAIFI dan SAIDI dapat dikatakan handal dikarenakan nilainya mendekati standar IEEE Std. 1366-2000 dan SPLN 68-2:1986. Sedangkan nilai CAIFI kurang handal karena hasil yang didapatkan jauh lebih besar dari nilai standar IEEE Std. 1366-2000 dan SPLN 68-2:1986. Penyulang T4 memiliki kemampuan menyuplai daya sebesar 0,999 yang didapatkan dari nilai ASAI dan ketidakmampuan penyulang T4 untuk menyuplai daya sebesar 0,001 didapatkan dari nilai ASUI. Gangguan yang terjadi pada penyulang T4 paling banyak penyebabnya masih dalam investigasi. Diperkirakan gangguan tersebut berupa gangguan eksternal seperti beban lebih dan hubung singkat. Untuk meningkatkan nilai keandalan yaitu dengan melakukan pemeliharaan jaringan secara preventif dan pemeliharaan *breakdown*. Pemeliharaan pada jaringan distribusi meliputi pemeliharaan kabel penghantar, isolator, transformator dan tiang. Sedangkan pemeliharaan pada gardu distribusi meliputi pemeliharaan NH Fuse, *lightning arrester* dan *box panel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. C. López, M. Lavorato, dan M. J. Rider, "Optimal re-configuration of electrical distribution systems considering reliability indices improvement," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 78, pp. 837–845, 2016.
- [2] R. Morsali, N. Ghadimi, M. Karimi, dan S. Mohajeryami, "Solving a novel multiobjective placement problem of recloser and distributed generation sources in simultaneous mode by improved harmony search algorithm," *Complexity*, vol. 21, no. 1, pp. 328–339, 2015.
- [3] A. Ahadi, N. Ghadimi, dan D. Mirabbasi, "An analytical methodology for assessment of smart monitoring impact on future electric power distribution system reliability," *Complexity*, vol. 21, no. 1, pp. 99–113, 2015.
- [4] M. Ghiasi, N. Ghadimi, dan E. Ahmadinia, "An analytical methodology for reliability assessment and failure analysis in

- distributed power system,” *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [5] R. Morsali, N. Ghadimi, M. Karimi, dan S. Mohajeryami, “Solving a novel multiobjective placement problem of recloser and distributed generation sources in simultaneous mode by improved harmony search algorithm,” *Complexity*, vol. 21, no. 1, pp. 328–339, 2015.
- [6] S. Lei, J. Wang, dan Y. Hou, “Remote-controlled switch allocation enabling prompt restoration of distribution systems,” *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 33, no. 3, pp. 3129–3142, 2017.
- [7] A. Ahadi, N. Ghadimi, dan D. Mirabbasi, “An analytical methodology for assessment of smart monitoring impact on future electric power distribution system reliability,” *Complexity*, vol. 21, no. 1, pp. 99–113, 2015.
- [8] P. C. Sekhar, R. Deshpande, dan V. Sankar, “Evaluation and improvement of reliability indices of electrical power distribution system,” in *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*. IEEE, 2016, pp. 1–6.
- [9] M. Ghiasi, N. Ghadimi, dan E. Ahmadiania, “An analytical methodology for reliability assessment and failure analysis in distributed power system,” *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [10] J. C. López, M. Lavorato, dan M. J. Rider, “Optimal re-configuration of electrical distribution systems considering reliability indices improvement,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 78, pp. 837–845, 2016.
- [11] A. Tiwary, “Customer orientated indices and reliability evaluation of meshed power distribution system,” *Reliability: Theory & Applications*, vol. 15, no. 1, pp. 10–19, 2020.
- [12] P. C. Sekhar, R. Deshpande, dan V. Sankar, “Evaluation and improvement of reliability indices of electrical power distribution system,” in *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*. IEEE, 2016, pp. 1–6.
- [13] S. Jamshid dan M. Abrar, “Evaluation of load point and customer point indices of a distribution generation system,” in *2020 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*. IEEE, 2020, pp. 1–5.
- [14] X. Song, Y. Zhao, J. Zhou, dan Z. Weng, “Reliability varying characteristics of pv-ess-based standalone microgrid,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 120 872–120 883, 2019.
- [15] M. Ghiasi, N. Ghadimi, dan E. Ahmadiania, “An analytical methodology for reliability assessment and failure analysis in distributed power system,” *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [16] T. Adefarati dan R. Bansal, “Integration of renewable distributed generators into the distribution system: a review,” *IET Renewable Power Generation*, vol. 10, no. 7, pp. 873–884, 2016.
- [17] D. R. Hogan, G. A. Stevens, A. R. Hosseinpoor, dan T. Boerma, “Monitoring universal health coverage within the sustainable development goals: development and baseline data for an index of essential health services,” *The Lancet Global Health*, vol. 6, no. 2, pp. e152–e168, 2018.
- [18] C. Nan dan G. Sansavini, “A quantitative method for assessing resilience of interdependent infrastructures,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 157, pp. 35–53, 2017.
- [19] O. J. Ayamolowo, A. O. Salau, C. A. Mmonyi, A. O. Ajibade, A. J. Akinwumi, dan O. A. Onifade, “Energy audit and reliability analysis of power distribution system: a case study of afe babalola university,” in *2019 IEEE AFRICON*. IEEE, 2019, pp. 1–8.
- [20] T. Prakash dan D. K. Thippeswamy, “Reliability analysis of power distribution system: a case study,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. 6, no. 07, pp. 557–561, 2017.