

Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara

Kevin Gabriel Manopo, Hans Tumaliang, Sartje Silimang

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Manado, 95115, Indonesia

Email: kevinmanopo20@gmail.com, hans.tumaliang@gmail.com, sartje.silimang@unsrat.ac.id

Abstrak - Keandalan sistem menjadi bagian penting dalam pendistribusian energi listrik. Gangguan-gangguan baik oleh faktor internal maupun eksternal yang menyebabkan pemadaman yang durasinya begitu lama dan sering terjadi dapat mempengaruhi tingkat keandalan sistem, bahkan pemadaman yang terjadi dapat menimbulkan kerugian biaya karena energi yang tidak tersalurkan. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan indeks keandalan berdasarkan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index) di area Minahasa Utara yang terdapat 9 penyulang dari 4 Gardu Induk dan membandingkan hasil perhitungan dengan standar PLN, IEEE, WCS&WCC yang telah dikalikan dengan faktor penyesuaian daerah Sulawesi sebesar 1,3 serta perhitungan kerugian biaya yang dialami akibat adanya pemadaman tahun 2019 dan 2020. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa menunjukkan bahwa hampir semua penyulang di tahun 2019 dan 2020 memiliki nilai SAIFI dan SAIDI melebihi standar kecuali penyulang SW 2 dengan nilai SAIFI dan SAIDI tahun 2019 sebesar 0,00028 kali/pelanggan/tahun dan 0,00083 jam/pelanggan/tahun serta tahun 2020 sebesar 0,00011 kali/pelanggan/tahun dan 0,00032 jam/pelanggan/tahun. Dengan total kerugian biaya di tahun 2019 dan 2020 sebesar Rp.2.069.227.200 dan Rp.859.432.000. Semua penyulang yang tidak melebihi standar dapat dikatakan andal dan yang melebihi standar dapat dikatakan tidak andal.

Kata kunci – Keandalan; Kerugian Biaya; Minahasa Utara; SAIDI; SAIFI.

Abstract - System reliability becomes an important part in the distribution of electrical energy. Disruptions from both internal and external factors that caused a long duration blackouts and often occurred can affect the level of system reliability, in fact the blackouts that occurred can cause cost losses due to undistributed energy. Therefore, it needs to calculate the reliability index based on SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) and SAIDI (System Average Interruption Duration Index) in North Minahasa area which have 9 feeder from 4 main station and compare the result of calculating with PLN, IEEE, and WCS&WCC standard which has been multiplied with Sulawesi area adjustment factors by 1.3 and the calculation of cost loss experienced due to blackouts in 2019 and 2020. Based on the calculation result and analysis shows that almost all feeder in 2019 and 2020 had SAIFI and SAIDI value exceeding the standard except SW 2 feeder with SAIFI and SAIDI value by 0,00028 times/customer/year and 0,00083 hours/customer/year in 2019

and in 2020 by 0,00011 times/customer/year and 0,00032 hours/customer/year. With the total of cost loss in 2019 and 2020 is Rp.2.069.227.200 and Rp.859.432.000. All the feeders that do not exceed the standard can be said reliable and the feeders that exceed the standard is unreliable.

Keywords – Reliability; Cost loss; North Minahasa; SAIDI; SAIFI.

I. PENDAHULUAN

Listrik menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan manusia apalagi di zaman yang semakin maju. Pekerjaan manusia dipermudah dengan bantuan teknologi-teknologi yang pada umumnya teknologi-teknologi itu bersumber dari listrik guna mengoperasikannya. Untuk dapat menerima listrik sampai kepada konsumen melewati suatu sistem penyaluran tenaga listrik mulai dari pembangkitan tenaga listrik, jaringan transmisi dan jaringan distribusi sampai ke konsumen. Kemampuan sistem tenaga untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan kondisi operasi tertentu ini disebut dengan keandalan sistem tenaga. Keandalan sistem menjadi bagian penting dalam pendistribusian energi listrik. Hal inilah yang membuat penulis melakukan penelitian tentang SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) di daerah Kabupaten Minahasa Utara yang memiliki banyak konsumen tenaga listrik yang kecil maupun besar seperti pabrik, industri, perkantoran, tempat wisata, dan sebagainya. Dengan adanya pemadaman tentunya mengganggu proses pekerjaan ataupun aktivitas masyarakat dan menimbulkan ketidaknyamanan bahkan dapat juga menimbulkan kerugian biaya karena energi yang tidak tersalurkan, apalagi di daerah ini terdapat Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Pariwisata Likupang yang menjadi destinasi superprioritas di Indonesia. Dengan adanya penelitian mengenai keandalan sistem pada area tersebut maka dapat mengetahui tingkat keandalan sistem dan menjadi bahan acuan untuk perencanaan pendistribusian di waktu mendatang sehingga listrik tetap tersalurkan secara terus-menerus dan mutu pelayanannya tetap terjaga dan tidak menimbulkan kerugian bagi beberapa pihak.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem distribusi tenaga listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem tenaga yang dimulai dari PMT incoming di Gardu Induk sampai dengan alat penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk sebagai pusat-pusat beban ke pelanggan-pelanggan secara langsung atau melalui gardu-gardu distribusi dengan mutu yang memadai sesuai standar pelayanan yang berlaku. Sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu distribusi primer, atau sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan distribusi sekunder, atau sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR).

1) Sistem jaringan distribusi primer

Sistem jaringan distribusi primer merupakan bagian dari sistem tenaga listrik antara Gardu Induk (GI) dan gardu distribusi. Pada jaringan distribusi primer umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa dengan menggunakan tiga atau empat kawat/kabel sebagai penghantar, dengan besar tegangan antara 6kV, 12kV, atau 20kV.

2) Sistem jaringan distribusi sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan sambungan rumah pada pelanggan yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan dengan tegangan operasi yakni tegangan rendah 380/220V.

B. Gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik

Salah satu faktor yang mempengaruhi keandalan sistem adalah masalah gangguan, baik yang terjadi pada peralatan maupun yang terjadi pada sistem. Gangguan adalah keadaan komponen/sistem/peralatan jika tidak dapat menjalankan fungsi sebenarnya akibat dari suatu atau beberapa kejadian yang berhubungan langsung dengan komponen/sistem/peralatan tersebut. Adapun beberapa penyebab gangguan yang dapat dikelompokkan yaitu gangguan intern, gangguan extern dan gangguan karena faktor manusia.

- 1) Gangguan Intern (dari dalam), yaitu gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Misalnya gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat *switching*, kegagalan isolasi, kerusakan pada pembangkit dan lain-lain.
- 2) Gangguan Extern (dari luar), yaitu gangguan yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem. Misalnya terputusnya saluran/kabel karena angin, badai, petir, pepohonan, layang – layang dan sebagainya.

- 3) Gangguan karena faktor manusia, yaitu gangguan yang disebabkan oleh kecerobohan atau kelalaian operator, ketidakteitian, tidak mengindahkan peraturan pengamanan diri, dan lain-lain.

C. Keandalan sistem distribusi

Keandalan sistem distribusi adalah kemampuan sistem distribusi dalam menyalurkan tenaga listrik dengan baik dan stabil kepada pelanggan. Struktur jaringan tegangan menengah memegang peranan penting dalam menentukan keandalan penyaluran tenaga listrik karena jaringan yang baik memungkinkan dapat melakukan manuver tegangan dengan mengalokasikan tempat gangguan dan beban dapat dipindahkan melalui jaringan lainnya. Jaringan distribusi tenaga listrik adalah jaringan tenaga listrik yang memasok kelistrikan ke beban (pelanggan) mempergunakan tegangan menengah 20 kV dan tegangan rendah 220-380kV. Jaringan tegangan menengah disebut sebagai jaringan distribusi primer dan untuk jaringan tegangan rendah disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Jaringan dikatakan andal apabila jaringan tersebut frekuensi pemadamannya rendah dan mutu tegangan optimal (sesuai standar). Mutu pelayanan antara lain tergantung dari lamanya pemadaman dan frekuensi pemadaman yang terjadi.

1) Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keandalan

Tingkat keandalan jaringan distribusi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi adalah:

- Frekuensi gangguan pada jaringan. Pengusahaan pengaturan dan pengoperasian jaringan yang tepat haruslah dilakukan sehingga didapat frekuensi pemadaman yang kecil.
- Kecepatan mengisolasi gangguan. Kecepatan untuk mengirim petugas ke lapangan harus cepat karena proses mengisolasi gangguan sangatlah berpengaruh pada luas daerah yang mengalami pemadaman.
- Kecepatan melakukan pengalihan beban. Setelah melakukan pengisolasian, kecepatan untuk melakukan pengalihan adalah kunci agar listrik yang mengalir dapat termanfaatkan.
- Indeks keandalan sistem. Indeks keandalan sistem merupakan indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran atau satuan yang beberapa distandarkan dalam standar internasional.

2) System Avarage Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani (Saodah, 2008:47). Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_t} \text{ kali/pelanggan/tahun} \quad (1)$$

Dimana :

- λ_i = angka kegagalan rata-rata/frekuensi padam (kali)
- N_i = jumlah pelanggan yang padam (pelanggan)
- N_t = jumlah pelanggan yang dilayani (pelanggan)

3) System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani (Saodah, 2008:47). Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_t} \text{ jam/pelanggan/tahun} \quad (2)$$

Dimana :

- U_i = waktu pemadaman dalam periode tertentu (jam)
- N_i = jumlah pelanggan yang padam (pelanggan)
- N_t = jumlah pelanggan yang dilayani (pelanggan)

D. Standar nilai indeks keandalan

Adapun beberapa standar nilai keandalan yang digunakan yakni standar PLN, IEEE, WCS&WCC.

1) Standar nilai indeks keandalan SPLN 68-2 : 1986

TABEL I
STANDAR NILAI INDEKS KEANDALAN SPLN 68-2 : 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21,09	Jam/pelanggan/tahun

2) Standar nilai indeks keandalan IEEE std 1366 – 2003

TABEL II
STANDAR NILAI INDEKS KEANDALAN IEEE STD 1366 – 2003

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,3	Jam/pelanggan/tahun

3) Standar nilai indeks keandalan WCS (World Class Service) & WCC (World Class Company)

TABEL III
STANDAR NILAI INDEKS KEANDALAN WCS (WORLD CLASS SERVICE) & WCC (WORLD CLASS COMPANY)

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	1,666	Jam/pelanggan/tahun

III. METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak, yakni:

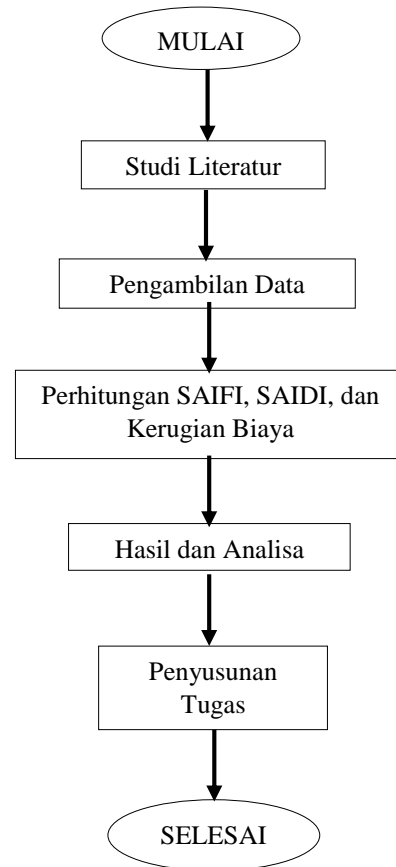
- 1) Perangkat keras (*hardware*). Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini berupa komputer/laptop.
- 2) Perangkat lunak (*software*). Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini berupa aplikasi *Microsoft office*.

B. Pengambilan data dan pengumpulan data

Untuk lokasi penelitian tugas akhir dilaksanakan di PT. PLN (Persero) ULP Airmadidi, yang berlokasi di Jl. Raya Manado-Bitung, Kabupaten Minahasa Utara. Sedangkan untuk pengambilan data dan pengumpulan data dilakukan di PT. PLN (Persero) UP2D Wilayah Sulutenggo yang berlokasi di Jl. Betesda No.32 Manado.

C. Langkah-langkah penelitian

Berikut ini langkah-langkah penelitian yang dapat dilihat melalui gambar flowchart di bawah ini:

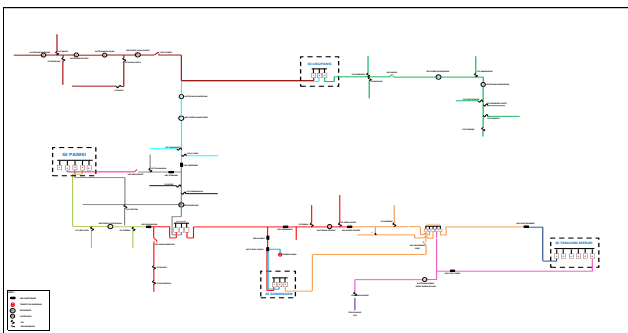


Gambar 1. Flowchart penelitian

Untuk lebih memperjelas gambar *flowchart* diatas, maka berikut ini diberikan penjelasan dari setiap langkah-langkah dari gambaran diagram alir tersebut.

- Mulai
- Studi literatur. Mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang berhubungan dengan judul tugas akhir berupa teori-teori tentang perhitungan indeks keandalan distribusi sistem tenaga listrik berdasarkan SAIFI dan SAIDI, guna dijadikan bahan referensi untuk penelitian. Dengan mempelajari berbagai pustaka dapat dijadikan landasan bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
- Pengambilan data. Pengambilan data dilakukan secara online setelah melakukan wawancara lewat aplikasi *zoom* bersama pimpinan PT. PLN (persero) UP2D Wilayah Suluttenggo. Adapun beberapa data yang hendak dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu Data Jumlah Pelanggan, Data Penyulang, Data Gangguan, Data Energi Yang Tak Tersalurkan. Semua data yang dibutuhkan merupakan data pada tahun 2019 dan 2020.
- Perhitungan indeks keandalan. Setelah semua data sudah lengkap atau sesuai dengan yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan SAIDI & SAIFI untuk mengetahui indeks keandalan di area Minahasa Utara dan perhitungan kerugian biaya akibat pemadaman selama tahun 2019 dan 2020 dengan menggunakan rumus-rumus yang telah disiapkan.
- Hasil dan Analisa. Melakukan analisa data dari hasil perhitungan dan melakukan perbandingan dengan standar yang dipakai yakni SPLN, IEEE, WCS & WCC untuk mengetahui apakah sistem tersebut dapat dikatakan andal atau tidak.
- Penyusunan Skripsi. Setelah melakukan pengumpulan data, perhitungan, mengetahui hasil, melakukan analisa dan menarik kesimpulan serta telah disetujui oleh dosen pembimbing yang bersangkutan maka langkah berikutnya adalah penyusunan skripsi.
- Selesai.

D. Sistem kelistrikan Minahasa Utara



Gambar 2. *Single line diagram* ULP Airmadidi
(sumber : PLN UP2D Wilayah Suluttenggo)

Pada sistem kelistrikan di daerah Minahasa Utara atau yang termasuk dalam area ULP Airmadidi terdapat 4 Gardu Induk yaitu, GI Tanjung Merah, GI Paniki, GI Likupang dan GI Sawangan. Dari keempat GI tersebut tidak semua penyulangnya menyuplai tegangan ke area ULP Airmadidi seperti GI Tanjung Merah hanya terdapat satu penyulang yang menyuplai tegangan ke daerah Minahasa Utara dan GI Paniki hanya dua penyulang yang menyuplai tegangan ke daerah Minahasa Utara sementara untuk GI Likupang dan GI Sawangan yang masing-masing memiliki tiga penyulang, semuanya disuplai ke daerah Minahasa Utara. Sehingga jumlah penyulang yang menyuplai tegangan ke daerah minahasa utara atau yang termasuk dalam area ULP Airmadidi berjumlah 9 penyulang, dimana penyulang SJ 6 merupakan penyulang dari GI Tanjung Merah, penyulang SN 3 dan SN 4 dari GI Paniki, penyulang SU 1, SU 2 dan SU 3 dari GI Likupang serta penyulang SW 1, SW 2 dan SW 3 dari GI Sawangan. Semua penyulang didominasi oleh konsumen tipe beban rumah tangga, kecuali penyulang SW 2 yang menyuplai tegangannya ke satu pelanggan tipe pabrik.

E. Standar nilai indeks keandalan berdasarkan faktor penyesuaian daerah Sulawesi

Berdasarkan tabel (1), (2), dan (3) mengenai standar nilai indeks keandalan SPLN, IEEE dan WCS&WCC, untuk daerah Sulawesi memiliki faktor penyesuaian daerah sebesar 1,3 maka untuk standar nilai indeks keandalan perlu dikalikan dengan faktor penyesuaian daerah Sulawesi sehingga didapatkan standar nilai indeks keandalan sebagai berikut:

- 1) Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : $1986 \times$ Faktor Penyesuaian Daerah Sulawesi

$$\text{SAIFI} : 3,2 \times 1,3 = 4,16 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

$$\text{SAIDI} : 21,09 \times 1,3 = 27,417 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- 2) Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003 \times Faktor Penyesuaian Daerah Sulawesi

$$\text{SAIFI} : 1,45 \times 1,3 = 1,885 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

$$\text{SAIDI} : 2,3 \times 1,3 = 2,99 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- 3) Standar Nilai Indeks Keandalan WCS (World Class Service) & WCC (World Class Company) \times Faktor Penyesuaian Daerah Sulawesi

$$\text{SAIFI} : 3 \times 1,3 = 3,9 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

$$\text{SAIDI} : 1,666 \times 1,3 = 2,1658 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2019

Dengan memakai persamaan (1) untuk perhitungan SAIFI dan persamaan (2) untuk perhitungan SAIDI maka didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI pada tahun 2019 disetiap bulan.

❖ Januari

$$\bullet \text{ SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N t}$$

$$= \frac{(0 \times 0) + (6 \times 9.314) + (5 \times 9.558) + (3 \times 3.276) + (6 \times 4.553) + (5 \times 2.160) + (4 \times 11.822) + (0 \times 0) + (6 \times 7.716)}{52.785}$$

$$= \frac{0 + 55.884 + 47.790 + 9.828 + 27.318 + 10.800 + 47.288 + 0 + 46.296}{52.785}$$

$$= \frac{245.204}{52.785}$$

SAIFI = 4,65 kali/pelanggan/bulan

$$\bullet \text{ SAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{N t}$$

$$= \frac{(0 \times 0) + (28,95 \times 9.314) + (21,65 \times 9.558) + (8,6 \times 3.276) + (26,28 \times 4.553) + (12,52 \times 2.160) + (19,82 \times 11.822) + (0 \times 0) + (17,58 \times 7.716)}{52.785}$$

$$= \frac{0 + 269.640 + 206.931 + 28.174 + 119.653 + 27.043 + 234.312 + 0 + 135.647}{52.785}$$

$$= \frac{1.021.400}{52.785}$$

SAIDI = 19,35 jam/pelanggan/bulan

Dengan menggunakan cara yang sama, untuk menghitung nilai SAIFI dan SAIDI untuk bulan berikutnya di tahun 2019.

• Hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2019

Berikut ini merupakan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2019 yang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PERBULAN TAHUN 2019

Bulan	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	SPLN		IEEE		WCS&WCC	
			SAIFI 4,16	SAIDI 27,417	SAIFI 1,885	SAIDI 2,99	SAIFI 3,9	SAIDI 2,1658
Januari	4,65	19,35	x	✓	x	x	x	x
Februari	2,35	10,87	✓	✓	x	x	✓	x
Maret	1,96	4,82	✓	✓	x	x	✓	x
April	2,93	10,46	✓	✓	x	x	✓	x
Mei	2,12	2,83	✓	✓	x	✓	✓	x
Juni	2,37	6,36	✓	✓	x	x	✓	x
Juli	1,64	5,31	✓	✓	✓	x	✓	x
Agustus	1,95	3,69	✓	✓	x	x	✓	x
September	2,5	9,45	✓	✓	x	x	✓	x
Oktober	2,17	4,92	✓	✓	x	x	✓	x
November	2,42	6,1	✓	✓	x	x	✓	x
Desember	2,16	6,48	✓	✓	x	x	✓	x

Ket: ✓ = Nilainya tidak melebihi standar yang dipakai
x = Nilainya melebihi standar yang dipakai

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat bentuk grafik dibawah ini:



Gambar 3. Grafik SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2019

B. Perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2020

Dengan memakai persamaan (1) untuk perhitungan SAIFI dan persamaan (2) untuk perhitungan SAIDI maka didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI pada tahun 2020 disetiap bulan.

❖ Januari

$$\bullet \text{ SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N t}$$

$$= \frac{(4 \times 4.385) + (2 \times 9.314) + (2 \times 9.558) + (0 \times 0) + (4 \times 4.553) + (0 \times 0) + (1 \times 11.822) + (0 \times 0) + (2 \times 7.716)}{52.785}$$

$$= \frac{17.540 + 18.628 + 19.116 + 0 + 18.212 + 0 + 11.822 + 0 + 15.432}{52.785}$$

$$= \frac{100.750}{52.785}$$

$$= \frac{100.750}{52.785}$$

SAIFI = 1,91 kali/pelanggan/bulan

$$\bullet \text{ SAIDI} = \frac{\sum U_i N_i}{N t}$$

$$= \frac{(13,78 \times 4.385) + (2,65 \times 9.314) + (5,1 \times 9.558) + (0 \times 0) + (7,7 \times 4.553) + (0 \times 0) + (4,02 \times 11.822) + (0 \times 0) + (6,77 \times 7.716)}{52.785}$$

$$= \frac{60.425 + 24.682 + 48.746 + 0 + 35.058 + 0 + 47.524 + 0 + 52.237}{52.785}$$

$$= \frac{268.672}{52.785}$$

SAIDI = 5,09 jam/pelanggan/bulan

Dengan menggunakan cara yang sama, untuk menghitung nilai SAIFI dan SAIDI untuk bulan berikutnya di tahun 2020.

- Hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2020

Berikut ini merupakan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2020 yang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PERBULAN TAHUN 2020

Bulan	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	SPLN		IEEE		WCS&WCC	
			SAIFI 4,16	SAIDI 27,417	SAIFI 1,885	SAIDI 2,99	SAIFI 3,9	SAIDI 2,1658
Januari	1,91	5,09	✓	✓	x	x	✓	x
Februari	1,52	4,28	✓	✓	✓	x	✓	x
Maret	0,88	1,87	✓	✓	✓	✓	✓	✓
April	0,69	1,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mei	1,53	2,71	✓	✓	✓	✓	✓	x
Juni	1,8	5,75	✓	✓	✓	x	✓	x
Juli	1,69	4,3	✓	✓	✓	x	✓	x
Agustus	1,02	1,97	✓	✓	✓	✓	✓	✓
September	1,73	3,77	✓	✓	✓	x	✓	x
Oktober	0,91	2,39	✓	✓	✓	✓	✓	x
November	1,8	4,04	✓	✓	✓	x	✓	x
Desember	1,18	3,24	✓	✓	✓	x	✓	x

Ket: ✓ = Nilainya tidak melebihi standar yang dipakai
x = Nilainya melebihi standar yang dipakai

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat bentuk grafik dibawah ini:



Gambar 4. Grafik SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2020

- Analisa hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perbulan tahun 2019 dan 2020

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai SAIFI di bulan Januari 2019 melebihi ketiga standar yang dipakai baik SPLN, IEEE maupun WCS&WCC hal ini diakibatkan banyaknya gangguan yang terjadi pada bulan Januari 2019 yang berdasarkan data bahwa gangguan yang menyebabkan pemadaman banyak diakibatkan oleh hilang tegangan atau gangguan dari pembangkit dan saluran transmisi, kemudian gangguan dari luar berupa temuan ular dan pohon roboh di Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) maupun yang disebabkan oleh karena adanya penarikan jaringan baru, pengamanan terhadap kawat jatuh dan pekerjaan pemeliharaan jaringan serta gangguan-gangguan lain yang tidak ditemukan. Dan untuk bulan lainnya memiliki nilai SAIFI yang baik jika di bandingkan dengan standar SPLN dan WCS&WCC karena berada dibawah standar yang berlaku namun tidak halnya jika dibandingkan dengan standar dari IEEE karena hanya bulan Juli saja yang memiliki nilai SAIFI dibawah standar yang ditetapkan oleh IEEE. Sementara untuk hasil perhitungan SAIDI menunjukkan hasil yang baik jika dibandingkan dengan standar SPLN namun berbeda hal nya jika dibandingkan dengan standar IEEE dan WCS&WCC karena dari hasil dalam tabel tersebut terlihat bahwa semua bulan di tahun 2019 memiliki nilai SAIDI di atas standar yang di tetapkan IEEE kecuali bulan Mei dan seluruh bulan di tahun 2019 memiliki nilai SAIDI diatas standar WCS&WCC hal ini diakibatkan lamanya durasi waktu pemadaman yang terjadi. Dari semua

hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI disetiap bulan tahun 2019 jika dibandingkan setiap bulannya, bulan Januari merupakan bulan yang memiliki nilai SAIFI dan SAIDI terbesar dan bulan Juli menjadi bulan yang memiliki nilai SAIFI terkecil serta bulan Mei memiliki nilai SAIDI terkecil.

Berdasarkan hasil perhitungan di tahun 2020, nilai SAIFI dan SAIDI disetiap bulan memiliki nilai yang lebih baik jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Terlihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI disetiap bulan selama tahun 2020 berada di bawah standar SPLN, juga nilai SAIFI disetiap bulan berada di bawah standar WCS&WCC, serta terdapat beberapa bulan yang memiliki nilai SAIDI di bawah standar WCS&WCC dibandingkan tahun sebelumnya sama sekali tidak memiliki nilai dibawa standar WCS&WCC. Demikian juga nilai SAIFI dan SAIDI ketika dibandingkan dengan standar IEEE yang tahun sebelumnya hanya terdapat satu bulan saja yang memiliki nilai SAIFI dibawa standar namun di tahun 2020 hanya bulan Januari yang melebihi standar yang berlaku serta terdapat lima bulan yakni bulan Maret, April, Mei, Agustus, dan Oktober yang memiliki nilai SAIDI dibawah standar yang berlaku sehingga terlihat bahwa nilai ditahun 2020 lebih baik dari tahun sebelumnya.

C. Perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2019

Berikut ini merupakan perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2019 dengan memakai persamaan (1) untuk perhitungan SAIFI dan persamaan (2) untuk perhitungan SAIDI.

❖ Penyulang SJ 6

$$SAIFI = \frac{16 \times 4.385}{52.785} = 1,33 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

$$SAIDI = \frac{30,72 \times 4.385}{52.785} = 2,55 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, untuk menghitung nilai SAIFI dan SAIDI untuk penyulang SN 3, SN 4, SU 1, SU 2, SU 3, SW 1, SW 2, SW 3 di tahun 2019.

- Hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2019

Berikut ini merupakan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI per penyulang tahun 2019 yang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PERPENYULANG TAHUN 2019

Penyulang	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	SPLN		IEEE		WCS&WCC	
			SAIFI 4,16	SAIDI 27,417	SAIFI 1,885	SAIDI 2,99	SAIFI 3,9	SAIDI 2,1658
SJ 6	0,58	1,6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SN 3	4,94	15,9	x	✓	x	x	x	x
SN 4	3,8	10,61	✓	✓	x	x	✓	x
SU 1	1,74	4,84	✓	✓	✓	x	✓	x
SU 2	3,88	12,06	✓	✓	x	x	✓	x
SU 3	1,19	2,6	✓	✓	✓	✓	✓	x
SW 1	6,94	25,23	x	✓	x	x	x	x
SW 2	0,00028	0,00083	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SW 3	6,14	17,8	x	✓	x	x	x	x

Ket: ✓ = Nilainya tidak melebihi standar yang dipakai
x = Nilainya melebihi standar yang dipakai

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat bentuk grafik dibawah ini:



Gambar 5. Grafik SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2019

D. Perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2020

Berikut ini merupakan perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2020 dengan memakai persamaan (1)

untuk perhitungan SAIFI dan persamaan (2) untuk perhitungan SAIDI.

❖ Penyulang SJ 6

$$SAIFI = \frac{16 \times 4.385}{52.785} = 1,33 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

$$SAIDI = \frac{30,72 \times 4.385}{52.785} = 2,55 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, untuk menghitung nilai SAIFI dan SAIDI untuk penyulang SN 3, SN 4, SU 1, SU 2, SU 3, SW 1, SW 2, SW 3 di tahun 2020.

- Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Perpenyulang tahun 2020

Berikut ini merupakan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2020 yang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN SAIFI DAN SAIDI PER PENYULANG TAHUN 2020

Penyulang	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	SPLN		IEEE		WCS&WCC	
			SAIFI 4,16	SAIDI 27,417	SAIFI 1,885	SAIDI 2,99	SAIFI 3,9	SAIDI 2,1658
SJ 6	1,33	2,55	✓	✓	✓	✓	✓	X
SN 3	3,71	7,25	✓	✓	X	X	✓	X
SN 4	1,81	2,6	✓	✓	✓	✓	✓	X
SU 1	1,37	3,42	✓	✓	✓	X	✓	X
SU 2	1,9	4,92	✓	✓	X	X	✓	X
SU 3	1,35	2,93	✓	✓	✓	✓	✓	X
SW 1	4,03	13,85	✓	✓	X	X	X	X
SW 2	0,00011	0,00032	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SW 3	1,17	3,59	✓	✓	✓	X	✓	X

Ket: ✓ = Nilainya tidak melebihi standar yang dipakai
x = Nilainya melebihi standar yang dipakai

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat bentuk grafik dibawah ini:



Gambar 6. Grafik SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2020

- Analisa hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI perpenyulang tahun 2019 dan 2020

Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa penyulang SW 2 merupakan penyulang yang memiliki nilai SAIFI dan SAIDI terkecil dan berada dibawah semua standar yang dipakai atau dapat dikatakan andal untuk penyulang SW 2. Sedangkan penyulang SN 3, SW 1, dan SW 3 merupakan penyulang yang memiliki nilai SAIFI lebih besar dari seluruh standar yang dipakai namun memiliki nilai SAIDI dibawah standar SPLN. Setiap penyulang jika dibandingkan dengan SPLN memiliki nilai SAIDI dibawah standar atau dapat dikatakan andal untuk semua penyulang. Jika dibandingkan dengan standar IEEE penyulang SJ 6, SU 1, SU 3, dan SW 2 memiliki nilai SAIFI lebih kecil dari standar nilai yang dipakai atau dapat dikatakan

andal dan penyulang lainnya memiliki nilai yang melebihi standar atau tidak andal, sementara penyulang SJ 6, SU 3 dan SW 2 merupakan penyulang yang memiliki nilai SAIDI lebih kecil dari standar yang dipakai atau dapat dikatakan andal tetapi tidak dengan penyulang lainnya. Jika dibandingkan dengan standar WCS&WCC penyulang SN 3, SW1, dan SW 3 merupakan penyulang yang memiliki nilai SAIFI lebih besar dari standar nilai atau dapat dikatakan ketiga penyulang tersebut tidak andal, sementara untuk nilai SAIDI dari penyulang SW 2 merupakan penyulang dengan nilai SAIDI lebih kecil dari standar nilai atau dapat dikatakan andal untuk penyulang tersebut dan tidak andal untuk penyulang lainnya.

Jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya nilai SAIFI maupun SAIDI di tahun 2020 lebih baik dikarenakan semua penyulang memiliki nilai SAIFI dan SAIDI dibawah standar SPLN atau dapat dikatakan andal untuk semua penyulang. Jika dibandingkan dengan standar IEEE penyulang SN 3, SU 2, dan SW 1 memiliki nilai SAIFI lebih besar dari standar nilai atau dapat dikatakan tidak andal. Sama halnya dengan nilai SAIFI, nilai SAIDI ketiga penyulang tersebut serta penyulang SW 3 dan SU 1 juga memiliki nilai diatas standar IEEE atau tidak andal untuk kelima penyulang tersebut. Jika dibandingkan dengan standar WCS&WCC penyulang SW 1 merupakan satu-satunya penyulang yang memiliki nilai SAIFI diatas nilai standar yang berlaku dan dapat dikatakan tidak andal. Sementara penyulang SW 2 merupakan penyulang dengan nilai SAIDI lebih kecil dari standar WCS&WCC atau dapat dikatakan andal untuk penyulang tersebut namun tidak dengan penyulang lainnya.

Dari keseluruhan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI, untuk tahun 2019 penyulang dengan nilai SAIFI dan SAIDI terbesar yakni penyulang SW 1 dikarenakan banyaknya gangguan yang terjadi pada penyulang ini sementara penyulang SW 1 merupakan penyulang dengan jumlah pelanggan terbanyak di Minahasa Utara. Dan untuk penyulang dengan nilai SAIFI dan SAIDI terkecil yakni penyulang SW 2 dikarenakan minimnya gangguan yang terjadi pada penyulang ini bahkan dengan durasi waktu pemadaman yang tidak begitu lama serta penyulang SW 2 merupakan penyulang dengan jumlah pelanggan terkecil yaitu hanya memiliki satu pelanggan yang didistribusikan ke perusahaan aqua. Tidak berbeda dengan tahun 2019, penyulang dengan nilai SAIFI dan SAIDI terbesar tahun 2020 yakni penyulang SW 1 dan penyulang dengan nilai SAIFI dan SAIDI terkecil tahun 2020 yakni penyulang SW 2.

E. Perhitungan kerugian biaya

Berikut ini merupakan perhitungan kerugian biaya yang dialami dikarenakan energi yang tak tersalurkan akibat pemadaman selama tahun 2019 dan 2020.

1. Perhitungan Kerugian Biaya Tahun 2019

- Januari

$$\text{Kerugian biaya} = \text{ENS (KWH)} \times \text{TDL}$$

$$\text{Kerugian biaya} = 84.969 \times 1.600 = \text{Rp.135.950.400}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk menghitung kerugian biaya di bulan berikutnya. Setelah dilakukan perhitungan per bulan maka didapatkan total kerugian biaya selama tahun 2019, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 135.950.400 + 148.417.600 + 129.019.200 + \\ &62.275.200 + 47.403.200 + 137.440.000 + \\ &376.153.600 + 301.660.800 + 191.560.000 + \\ &139.217.600 + 307.622.400 + 92.507.200 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. 2.069.227.200}$$

2. Perhitungan Kerugian Biaya Tahun 2020

- Januari

$$\text{Kerugian biaya} = \text{ENS (KWH)} \times \text{TDL}$$

$$\text{Kerugian biaya} = 120.796 \times 1.600 = \text{Rp.193.273.600}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk menghitung kerugian biaya di bulan berikutnya. Setelah dilakukan perhitungan per bulan maka didapatkan total kerugian biaya selama tahun 2020, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 193.273.600 + 44.169.600 + 39.979.200 + \\ &42.603.200 + 54.273.600 + 55.521.600 + \\ &117.689.600 + 72.065.600 + 71.915.200 + \\ &41.345.600 + 25.728.000 + 100.867.200 \end{aligned}$$

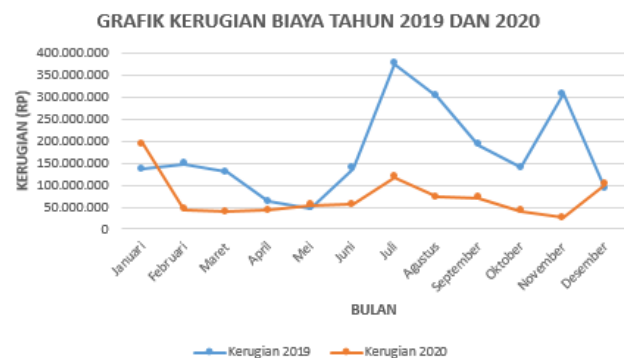
$$\text{Total} = \text{Rp.859.432.000}$$

- Hasil perhitungan kerugian biaya tahun 2019 dan 2020

TABEL VIII
HASIL PERHITUNGAN KERUGIAN BIAYA TAHUN 2019 DAN 2020

Bulan	Kerugian Biaya 2019 (Rupiah)	Kerugian Biaya 2020 (Rupiah)
Januari	135.950.400	193.273.600
Februari	148.417.600	44.169.600
Maret	129.019.200	39.979.200
April	62.275.200	42.603.200
Mei	47.403.200	54.273.600
Juni	137.440.000	55.521.600
Juli	376.153.600	117.689.600
Agustus	301.660.800	72.065.600
September	191.560.000	71.915.200
Oktober	139.217.600	41.345.600
November	307.622.400	25.728.000
Desember	92.507.200	100.867.200
Total	2.069.227.200	859.432.000

Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat bentuk grafik dibawah ini:



Gambar 7. Grafik kerugian biaya tahun 2019 dan 2020

- Analisa hasil perhitungan kerugian biaya tahun 2019 dan 2020

Berdasarkan hasil perhitungan kerugian biaya dapat dilihat bahwa kerugian ditahun 2019 lebih besar daripada kerugian yang terjadi ditahun 2020 atau dapat dikatakan di tahun 2020 pihak PLN dapat memperkecil kerugian dari tahun sebelumnya. Dimana bulan Januari sampai Februari tahun 2019 mengalami kenaikan kerugian akibat banyaknya energi yang tak tersalurkan yang disebabkan dari pemadaman atau gangguan-gangguan yang terjadi, namun mengalami penurunan di bulan Maret – Mei dan naik kembali pada bulan

Juni sampai puncaknya pada bulan Juli dengan kerugian terbesar jika dibandingkan dengan bulan lainnya di tahun 2019, dan kerugian yang dialami sampai bulan Desember tidak lagi melebihi kerugian di bulan Juli. Sementara di tahun 2020 kerugian yang dialami di bulan Januari merupakan kerugian terbesar dan merupakan puncaknya, tetapi sampai bulan Desember kerugian yang dialami tidak lagi melebihi kerugian bulan Januari. Walaupun begitu kerugian masih terus dialami pihak PLN yang diakibatkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibuat diatas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada perhitungan ditahun 2019 bulan Januari merupakan bulan dengan nilai SAIFI dan SAIDI terbesar bahkan melebihi ketiga standar yang digunakan. Sedangkan bulan Juli merupakan bulan dengan nilai SAIFI terkecil dan bulan Mei merupakan bulan dengan nilai SAIDI terkecil.
2. Pada perhitungan ditahun 2020 bulan Januari masih menjadi bulan dengan nilai SAIFI terbesar namun lebih kecil nilainya dari tahun sebelumnya dengan nilai SAIDI terbesar berada di bulan Juni. Sementara bulan April merupakan bulan dengan nilai SAIFI dan SAIDI terkecil.
3. Berdasarkan Standar PLN Penyulang dengan nilai SAIFI yang melebihi standar yakni penyulang SN 3, SW 1 dan SW 3 untuk tahun 2019, namun ditahun 2020 semua penyulang memiliki nilai SAIFI di bawah standar. Sedangkan semua penyulang di tahun 2019 maupun tahun 2020 memiliki nilai SAIDI dibawah standar.
4. Berdasarkan Standar IEEE penyulang dengan nilai SAIFI yang melebihi standar yakni penyulang SN 3, SN 4, SU 2, SW 1, dan SW 3 untuk tahun 2019, dan di tahun 2020 penyulang dengan nilai SAIFI yang melebihi standar yakni penyulang SN 3, SU 2 dan SW 1. Sementara untuk nilai SAIDI di tahun 2019 hampir semua penyulang memiliki nilai melebihi standar kecuali penyulang SJ 6, SU 3 dan SW 2, sedangkan di tahun 2020 penyulang dengan nilai SAIDI yang melebihi standar yakni penyulang SN 3, SU 1, SU2, SW 1 dan SW 3.
5. Berdasarkan Standar WCS&WCC penyulang dengan nilai SAIFI yang melebihi standar yakni penyulang SN 3, SW 1 dan SW 3 untuk tahun 2019 dan untuk tahun 2020 penyulang dengan nilai SAIFI yang melebihi standar yakni penyulang SW 1. Sementara nilai SAIDI di tahun 2019 dan 2020 hampir semua penyulang memiliki nilai melebihi standar kecuali penyulang SJ 6 dan SW 2 tahun 2019 serta SW 2 tahun 2020.
6. Semua penyulang yang melebihi standar dapat dikatakan tidak andal sedangkan semua penyulang yang tidak melebihi standar dapat dikatakan andal.
7. Nilai kerugian biaya di tahun 2019 sebesar Rp. 2.069.227.200 dan di tahun 2020 sebesar Rp. 859.432.000, artinya nilai kerugian biaya ditahun 2019 lebih besar daripada tahun 2020.

B. Saran

Berdasarkan dari kesimpulan tersebut, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk penyulang-penyulang yang memiliki nilai SAIFI dan SAIDI yang melebihi standar agar dapat meningkatkan keandalan disetiap penyulang dengan mengurangi atau memperkecil gangguan-gangguan yang ada dengan dapat melakukan penjadwalan pemeliharaan jaringan secara rutin.
2. Melakukan perawatan, pengecekan, pemeliharaan ataupun penggantian peralatan switching sebelum terjadi kerusakan-kerusakan yang dapat menyebabkan gangguan sehingga mengakibatkan pemadaman yang memakan waktu lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldi, Rinaldi. (2013). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Artikel <https://distribusitenaga.blogspot.com/2013/11/sistem-distribusi-tenaga-listrik.html>
- [2] Hajar, I., & Pratama, M. H. (2018, Januari-Juni). Analisa Nilai SAIDI SAIFI Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) Area Ciputat. Jurnal Energi & Kelistrikan, Vol. 10 No. 1, Hal. 70-77.
- [3] [https://alfith.itp.ac.id/wp-content/uploads/2018/12/ Presentasi-Arsitektur-dan-Peralatan-Tipe-Jaringan-Spindel-dan-Mesh.pdf](https://alfith.itp.ac.id/wp-content/uploads/2018/12/Presentasi-Arsitektur-dan-Peralatan-Tipe-Jaringan-Spindel-dan-Mesh.pdf)
- [4] IAEETA. (2017). Tipe-tipe Jaringan Distribusi Listrik. Artikel. <https://iaeeta.org/2017/09/29/tipe-tipe-jaringan-distribusi-listrik/>
- [5] IEEE Std. 1366-2003. (2003). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. USA
- [6] Ir. Slamet Suropto, M.Eng. (2017). sistem tenaga listrik. Bantul, Yogyakarta: Penerbit LP3M UMY.
- [7] Khaidir Ali. (2017). Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Studi Kasus di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Gejayan). Skripsi.

- [8] Kurniawan, H. T. (n.d.). Evaluasi Keandalan sistem Jaringan Distribusi menggunakan Indeks SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (PERSERO) Area Pontianak.
- [9] Muhammad Imran, A. B. (2019). Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Wilayah Kota Lhokseumawe di PT PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe. Jurnal Energi Elektrik, vol 08, hal 42-47.
- [10] Nurdiana, N. (2017). Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Talang Ratu Palembang. Jurnal Ampere, vol 2, hal 23-30.
- [11] Oktaviani, W. A. (2019, September). Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Tenggiri Gardu Induk Sei Kedukan dengan Metode Failure Mode Effect Analysis. Jurnal Surya Energi, Vol. 4 No. 1, Hal. 323-330.
- [12] Praditama, F. Analisis Keandalan dan Nilai Ekonomis di Penyulang Pujon PT. PLN (Persero) Area Malang. Jurnal, Hal 1-7
- [13] Rura, D. L. (2021). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Indeks SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (PERSERO) Area Bitung. Jurnal
- [14] Saodah, S. (2008). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik berdasarkan SAIDI dan SAIFI. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, hal 45-51.
- [15] Silimang, S. (2020). Bahan Ajar Mata Kuliah Keandalan Sistem Tenaga Listrik.
- [16] Standar PLN (SPLN) No 59. (1985). Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- [17] Standar PLN (SPLN) No 68-2. (1986). Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian dua. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.

Dalam menempuh pendidikan penulis melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu (KKT) di Kelurahan Karombasan Selatan, Kecamatan Wanea pada bulan Agustus-September 2020, dan Kerja Praktek/Magang di PT. Jago Elfah Anugerah pada bulan Oktober-Desember 2020.

Selama menempuh pendidikan penulis terlibat dalam kegiatan dan organisasi di dalam dan luar kampus, terutama dalam kegiatan di Laboratorium Tenaga Listrik Unsrat, UPK Kristen FT. Unsrat dan Himpunan Mahasiswa Elektro FT. Unsrat. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada November 2021 dengan judul Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap **Kevin Gabriel Manopo**, anak pertama dari dua bersaudara. Lahir dari pasangan suami istri Ardy Ferry Manopo (ayah) dan Anita Christine Runtu, S.AP (ibu), di Manado pada tanggal 12 November 2000. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD Negeri 113 Manado (2005-2011), SMP Katolik St. Rafael Manado (2011-2014), dan SMA Negeri 9 Manado (2014-2017).

Pada tahun 2017 penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro Program Studi S-1 Teknik Elektro dengan mengambil konsentrasi minat tenaga listrik pada tahun 2019.