

# TUGAS AKHIR

## ANALISIS INDEKS KEANDALAN SISTEM DAN MENENTUKAN PROBABILITAS GANGGUAN DENGAN SIMULASI MONTE CARLO PADAPT. PLN BANDA ACEH

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**FARHAN ABDILAH HIDAYAT**

**1907220089**



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADDIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Farhan Abdilah Hidayat  
NPM : 1907220089  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : ANALISIS INDEKS KEANDALAN SISTEM DAN  
MENENTUKAN PROBABILITAS GANGGUAN  
DENGAN SIMULASI MONTE CARLO PADA PT. PLN  
BANDA ACEH  
Bidang Ilmu : Analisa Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Mengetahu dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Elvv Sahnur Nasution. S.T., M.Pd

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Basaribu, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc.



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Farhan Abdilah Hidayat  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 3 April 2001  
Npm : 1907220089  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul :

**“ANALISIS INDEKS KEANDALAN SISTEM DAN MENENTUKAN PROBABILITAS GANGGUAN DENGAN SIMULASI MONTE CARLO PADA PT. PLN BANDA ACEH”.**

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinal dan Otentik.

Bila Kemudian Hari diduga Kuat ada ketidak sesuaian antara Fakta dan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan Sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan Kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Oktober 2023

Saya yang menandatangani,



Farhan Abdilah Hidayat

## ABSTRAK

Sebagai infrastruktur yang penting bagi segala aspek untuk mencapai tujuan, sistem tenaga harus dapat diandalkan selama kondisi normal dan dalam menghadapi kondisi abnormal atau mengalami gangguan. Fungsionalitas sistem tenaga listrik dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal. Evaluasi keandalan sistem menggunakan parameter SAIDI, SAIFI, ASAI dan Monte Carlo membantu untuk menentukan seberapa layak kualitas pelayanan serta penyaluran energi listrik kepada pelanggan dan mempertimbangkan cadangan daya untuk dikemudian hari. Evaluasi keandalan sistem dapat dilakukan metode perhitungan parameter indeks keandalan dan metode untuk menentukan probabilitas gangguan dengan cara metode simulasi Monte Carlo . Dari hasil analisis yang sudah dilakukan hasil analisis SAIFI pada periode tahun 2022 yaitu sebesar 0,09154 kali per pelanggan dalam setahun. Artinya hal ini menunjukkan durasi lama gangguan pada UP Banda Aceh masih sesuai standar SPLN yaitu 3,2 kali/tahun. Hasil analisis SAIDI pada periode tahun 2022 yaitu sebesar 0,9148 jam/tahun menunjukkan bahwa pelayanan terhadap pelanggan UP Banda Aceh masih sesuai standar SPLN yaitu 2,1 jam/tahun. Dengan perhitungan analisis ASAI, nilai ASAI dapat ditentukan sebesar 99,98 %. Dari perhitungan ASAI, Nilai tersebut menunjukkan kemampuan dalam sistem untuk menjaga atau tetap mendistribusikan listrik dalam waktu 1 tahun. Pembuatan prediksi dan evaluasi menggunakan simulasi Monte Carlo probabilitas yang dihasilkan menunjukkan nilai rata-rata gangguan sebanyak 1545 kali.

**Kata kunci: SAIDI,SAIFI, ASAI, Monte Carlo**

## **ABSTRACT**

*As an important infrastructure for all aspects to achieve goals, the power system must be reliable during normal conditions and in the face of abnormal conditions or disruptions. Power system functionality can be affected by various internal and external factors. Evaluation of system reliability using SAIDI, SAIFI, ASAI and Monte Carlo parameters helps to determine how feasible the quality of service and distribution of electrical energy to customers and consider power reserves for the future. Evaluation of system reliability can be done by calculating the reliability index parameters and methods for determining the probability of interference by means of the Monte Carlo simulation method. From the results of the analysis that has been carried out, the SAIFI analysis results in the 2022 period are 0.09154 times per customer in a year. This means that this shows the long duration of interference at UP Banda Aceh is still in accordance with the SPLN standard of 3.2 times / year. The results of the SAIDI analysis in the 2022 period, which amounted to 0.9148 hours / year, showed that service to UP Banda Aceh customers was still in accordance with SPLN standards, namely 2.1 hours / year. With the ASAI analysis calculation, the ASAI value can be determined as 99.98%. From the ASAI calculation, this value shows the ability of the system to maintain or continue to distribute electricity within 1 year. Making predictions and evaluations using Monte Carlo simulations the resulting probability shows the average value of interference 1545 times.*

**Keyword : SAIFI, SAIDI, ASAI, MONTE CARLO**

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISIS INDEKS KEANDALAN SISTEM DAN MENENTUKAN PROBABILITAS GANGGUAN DENGAN SIMULASI MONTE CARLO PADA PT. PLN BANDA ACEH” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Ayahanda tercinta Ramu, Ibunda tercinta Hariani dan serta seluruh saudara kandung yang telah mendukung penuh secara moril maupun materil untuk penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penyelesaian tugas akhir sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T., selaku dosen Pembanding I serta ketua program studi Teknik Elektro UMSU yang telah memberikan masukan, informasi dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc., selaku dosen pembanding II dalam tugas akhir ini yang telah memberikan saran dalam penyelesaian tugas akhir sarjana.

6. Kepada seluruh dosen dan staff fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu-ilmu dan pelayan bagi seluruh mahasiswa fakultas Teknik UMSU.
7. Kepada seluruh rekan-rekan mahasiswa seperjuangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama kelas B1 Pagi angkatan 19, yang telah memberikan segudang ilmu, semangat, informasi dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulisan tugas akhir sarjana ini tentunya masih terlalu jauh dari perkataan sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap masukan agar penulisan tugas akhir ini menjadi lebih baik dan terbarukan. Semoga tugas akhir sarjana ini bermanfaat bagi dunia teknologi dan kelistrikan.

Medan, 24 Agustus 2023

Farhan Abdilah Hidayat

## DAFTAR ISI

<b>TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II</b> .....	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Relevan .....	4
2.2 Pembangkit Tenaga Listrik .....	8
2.3 Sistem Distribusi Listrik .....	9
<b>2.3.1 Jaringan Distribusi Primer</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.2 Jaringan Distribusi Sekunder</b> .....	<b>10</b>
2.4 Pengaruh Gangguan Terhadap Sistem Distribusi .....	10
2.5 Jenis-jenis Gangguan Pada Sistem Distribusi .....	10
2.6 Transmisi Listrik.....	11
2.6.1 Klasifikasi Transmisi Listrik Berdasarkan Tegangan .....	11
2.7 Komponen Jaringan Transmisi .....	11
<b>2.7.1 Konduktor</b> .....	<b>11</b>
<b>2.7.2 Isolator</b> .....	<b>12</b>
<b>2.7.3 Arrester</b> .....	<b>13</b>
<b>2.7.4 Menara Tiang</b> .....	<b>13</b>
2.8 Simulasi Monte Carlo .....	17
2.9 Defenisi Indeks Keandalan .....	18



2.10 Keandalan Sistem Tenaga Listrik .....	20
2.11 Faktor Mempengaruhi Indeks Keandalan .....	21
2.12 Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) .....	22
2.13 Indikator Keandalan .....	22
<b>BAB III.....</b>	<b>24</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Waktu Dan Tempat .....	24
<b>3.1.1 Waktu .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2 Tempat.....</b>	<b>24</b>
3.2 Alat dan Bahan .....	24
3.3 Metode Penelitian .....	25
3.4 Flowchart Penelitian .....	27
<b>BAB IV.....</b>	<b>28</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1 SLD UP Banda Aceh.....	28
4.2 Data SAIDI, SAIFI dan ASAI.....	29
4.3 Analisis SAIDI dan SAIFI per Bulan .....	29
4.4 Analisis SAIDI dan SAIFI per Tahun.....	31
4.5 Perhitungan ASAI.....	33
4.6 Analisis Jumlah Gangguan Dengan Monte Carlo .....	33
<b>BAB V.....</b>	<b>35</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>36</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Isolator .....	13
Gambar 2. 2 Arrester .....	13
Gambar 2. 3 Tension Tower .....	15
Gambar 2. 4 Suspension Tower.....	15
Gambar 2. 5 Tiang .....	16
Gambar 2. 6 Tiang Portal .....	16
Gambar 4. 1 SLD UP Banda Aceh.....	28
Gambar 4. 2 Grafik SAIDI dan SAIFI Selama Setahun .....	31
Gambar 4. 3 Data lama padam dan frekuensi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 4 Data distribusi frekuensi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 5 Data frekuensi kumulatif.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 6 Range number.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 7 Angka acak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori standar indeks keandalan .....	23
Tabel 2. 2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003 .....	23
Tabel 4. 13 Data total pelanggan padam dan durasi padam .....	29
Tabel 4. 14 Hasil analisis SAIDI dan SAIFI per bulan selama setahun .....	30
Tabel 4. 15 Perhitungan SAIDI per Tahun .....	31
Tabel 4. 16 Perhitungan SAIFI per Tahun .....	32
Tabel 4. 18 Simulasi Monte Carlo .....	34

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Di ruang publik, sistem kelistrikan sangat penting karena distribusi dan perannya yang luas diperlukan dalam masyarakat saat ini. PT. PLN (Persero) sebagai pemasok sistem tenaga listrik negara dibangun agar terhubung dengan kuat untuk berbagai tujuan. Sebagai infrastruktur yang penting bagi segala aspek untuk mencapai tujuan, sistem tenaga harus dapat diandalkan selama kondisi normal dan dalam menghadapi kondisi abnormal atau mengalami gangguan.

Fungsionalitas sistem tenaga listrik dapat dipengaruhi oleh berbagai peristiwa bahaya alam. Setelah mengalami peristiwa tersebut, sistem jaringan listrik mengalami kerusakan yang dapat menghentikan semua kegiatan yang ada[1]. Sangat penting melakukan upaya tanggap darurat untuk pemulihan karena banyak utilitas seperti suplai air, telekomunikasi, rumah sakit dan sebagainya sangat bergantung pada catu daya secara terus menerus[2]

Gangguan yang diakibatkan alam yaitu merusak komponen pada pembangkit, transmisi, gardu dan perangkat lainnya. Tidak hanya itu, energi listrik yang seharusnya dapat disalurkan kepada pelanggan terpaksa terhentikan dan menimbulkan kerugian. Dampak gangguan yang dialami PT. PLN (Persero) Banda Aceh berupa kerugian yaitu hilangnya momen menjual tenaga listrik kepada pelanggan dan melakukan perbaikan serta penggantian sistem kelistrikan.

Evaluasi keandalan sistem sangat diperlukan sebagai acuan apakah tingkat kelayakan listrik pasca bencana alam tersebut masih layak atau tidak. Dengan beberapa parameter seperti SAIDI, SAIFI, dan ASAI berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) membantu untuk menentukan seberapa layak kualitas pelayanan serta penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Ketidakmampuan pembangkit disebabkan oleh bencana alam dapat dihitung dari beberapa nilai indeks. Oleh karena itu penelitian analisa kerugian akibat

gangguan PT. PLN (Persero) Banda Aceh diharapkan dapat mengevaluasi kembali berupa tingkat keandalan listrik yang disalurkan kepada pelanggan dan mempertimbangkan cadangan daya untuk dikemudian hari.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada sudah dipaparkan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar tingkat indeks keandalan SAIDI, SAIFI dan ASAI pada PT. PLN Banda Aceh.
2. Seberapa besar hasil Simulasi Monte Carlo untuk menentukan gangguan yang akan terjadi pada periode berikutnya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa kelayakan energi listrik berdasarkan indeks keandalan yang didistribusikan pasca akibat bencana alam.
2. Menentukan probabilitas gangguan yang akan terjadi dengan Simulasi Monte Carlo.

## **1.4 Ruang Lingkup**

1. Pasokan Listrik : Penelitian ini dapat mengetahui berapa energi atau daya yang tidak disalurkan kepada pelanggan pada saat terjadinya bencana alam.
2. Indeks keandalan : Penelitian ini dapat mengukur seberapa mutunya kualitas sistem tenaga listrik berdasarkan standar indeks-indeks keandalan atau SPLN.
3. Simulasi Monte Carlo : Dengan metode Simulasi Monte Carlo, probabilitas gangguan yang akan terjadi dapat ditentukan untuk periode berikutnya.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini menganalisa seberapa besar dampak bencana alam terhadap keandalan sistem tenaga dan pembangkit listrik sehingga dapat memberikan beberapa manfaat. Berikut adalah beberapa manfaat dari penelitian ini :

1. Pemahaman indeks keandalan sistem tenaga.
2. Pemahaman terhadap indeks keandalan pembangkit listrik.
3. Peningkatan kelayakan energi listrik yang disalurkan.
4. Dapat mempertimbangkan probabilitas gangguan yang akan datang.

Dengan beberapa manfaat diatas, dapat disatukan untuk mengetahui seberapa handal listrik yang disediakan oleh PT. PLN Banda Aceh sehingga dapat berupaya meingkatkan keandalan sistem tenaga.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Relevan**

Analisa perhitungan rugi-rugi daya dilakukan pada sistem transmisi tegangan tinggi 150 kv pada gardu induk Sungguminasa ke gardu induk Bollangi. Analisis dilakukan dengan melalui survei pada lokasi dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya selama sepuluh hari secara manual[3]

Hasil yang luar biasa dari gangguan daya telah membuat bidang nilai ekonomi keandalan tenaga listrik menjadi bidang minat yang populer di kalangan peneliti. Alam telah menjadi musuh nomor satu terhadap keamanan pasokan listrik. Makalah ini memperkenalkan analisis keandalan tenaga listrik terbaru dan menyeluruh di Swedia dan berfokus pada perjuangan negara tersebut melawan bencana alam terkait perubahan iklim melalui pemutakhiran kebijakan tenaga listrik negara tersebut untuk meningkatkan kualitas layanannya. Makalah ini menyoroti badai Gudrun tahun 2005 sebagai studi kasus untuk menunjukkan dampak parah peristiwa cuaca ekstrem pada sistem energi. Kerusakan ekonomi akibat badai pada layanan tenaga listrik diperkirakan sekitar €3 miliar [4]

Memperkirakan dampak ekonomi dari pemadaman listrik adalah tugas yang kompleks. Beberapa metode telah diusulkan untuk memperkirakan biaya ini. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan tertentu. Untuk pengguna industri, nilai relatif (RW) yang baru diperkenalkan adalah pendekatan yang masuk akal. Model hibrida baru yang menggunakan riset pelanggan dan pendekatan analitik tidak langsung diusulkan untuk pelanggan di industri jasa. Ada model ekonometrik baru untuk pelanggan rumah tangga dalam literatur. Namun, saat menghitung biaya gangguan pelanggan, disarankan untuk menggunakan rumus yang digunakan Badan Pasar Energi. Metodologi ini berasal dari penelitian pelanggan yang ekstensif sesuai dengan rekomendasi Dewan Regulator Energi Eropa (CEER) [5]

Studi kasus berskala besar hanya terfokus konsekuensi dari pemadaman listrik jika terjadi bencana alam adalah wajib untuk pengoperasian dan desain sistem kelistrikan. Sayangnya, informasi mengenai akibat pemadaman listrik akibat bencana alam sangat terbatas. Karena masalah privasi, beberapa institusi menyimpan informasi akhir sebagai rahasia dagang. Kurangnya data yang memadai mencegah pemahaman tentang biaya ekonomi dari peristiwa semacam itu. Departemen Energi AS telah menetapkan aturan yang mewajibkan utilitas untuk melaporkan pemadaman listrik yang mematikan daya lebih dari 300 MW atau memengaruhi lebih dari 50.000 pelanggan. Sekali lagi di Amerika Serikat, setelah Katrina pada tahun 2005, Komisi Utilitas Umum negara bagian mulai mengeluarkan peraturan baru untuk memperkuat infrastruktur terhadap bencana alam, dengan fokus khusus pada sistem transmisi dan distribusi. Menganalisis bencana alam besar dan dampak kelistrikannya sangat penting untuk memperkirakan biaya pemadaman pelanggan. Ini adalah langkah awal untuk lebih memahami nilai keandalan sistem tenaga listrik[6]

Tiap gangguan pada infrastruktur kota yang vital seperti sanitasi air, tempat pembuangan sampah, fasilitas medis, layanan darurat, jaringan komunikasi, dan kantor kepolisian akan memperburuk situasi selama kejadian dan dapat menghambat upaya pemulihan setelahnya. Langkah awal dalam meningkatkan ketahanan jaringan listrik terhadap risiko tersebut adalah mengevaluasi kerentanan berbagai komponen sistem terhadap skenario bencana. Dengan mengidentifikasi kelemahan dalam sistem, tindakan perbaikan dapat dilakukan untuk memperkuat jaringan distribusi energi [7]

Studi ini menemukan bahwa menggabungkan informasi tentang distribusi spasial dampak bencana memiliki implikasi penting untuk menilai ketahanan infrastruktur. Secara khusus, faktor ketidakpastian dalam penilaian metrik ketahanan infrastruktur secara signifikan lebih tinggi daripada metode sebelumnya. Penelitian ini menyajikan studi kasus jaringan distribusi listrik yang terkena dampak badai yang meluluhlantahkan negara. Studi ini menyimpulkan bahwa peningkatan karakterisasi gangguan bencana secara



dramatis mengubah pemulihan jaringan, termasuk perubahan properti sistem baru seperti antifrangility [8]

Tingkat keandalan suatu sistem distribusi dapat ditentukan dengan menghitung frekuensi pemadaman dan lamanya pemadamana yang dialami oleh sistem distribusi dalam kurun waktu waktu tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan indeks keandalan sistem yakni SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (Persero) Rayon Bagan Batu Riau dengan menggunakan data monitoring gangguan yang terjadi selama tahun 2014. Sebelum dievaluasi SAIDI tertinggi 88,1295 , terendah 0,081. Bila dibandingkan dengan nilai indeks keandalan sesuai target untuk tahun 2014 tertinggi pada bulan Desember 2014 sebesar 68,04 dan terendah Januari 2014 sebesar 5,78 adalah jauh diatas target PLN Rayon Bagan Batu. Sedangkan SAIFI tertinggi September 2014 sebesar 1,8549 dan terendah bulan Maret sebesar 0,018. Bila dibandingkan dengan target PLN untuk tahun 2014 masih diatas target yang telah ditentukan. Setelah dilakukan evaluasi keandalan, maka nilai SAIDI tertinggi terjadi pada bulan November 2014 sebesar 0.0076 , dan terendah terjadi pada bulan Mei sebesar 0,00011. Bila dibandingkan dengan nilai indeks keandalan sesuai target untuk tahun 2014 yaitu nilai tertinggi pada bulan Desember 2014 sebesar 68,04 dan terendah pada bulan Januari 2014 sebesar 5,78 adalah jauh bawah target/ketetapan PLN Rayon Bagan Batu.Sedangkan untuk nilai SAIFI tertinggi terjadi bulan September 2014 yakni sebesar 0,11541 dan terendah pada bulan Maret sebesar 0,01304. Bila dibandingkan dengan target PLN untuk tahun 2014 masih dibawah target yang telah ditentukan[9]

Model yang diusulkan memperhitungkan keterbatasan fisik jaringan listrik yang terkait dengan penyebaran dan pemulihan unit. Nilai beban yang hilang digunakan sebagai besaran yang berguna untuk menggambarkan kekritisian beban dari setiap jaringan listrik. Model diformulasikan sebagai program integer campuran dan kemudian didekomposisi menjadi masalah master integer dan beberapa subproblem linier, yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma dekomposisi Benders. Berbagai skenario dikembangkan untuk mengevaluasi model yang diusulkan dalam sistem uji standar bus IEEE 118.

Makalah ini memberikan prototipe dan bukti konsep bagi perusahaan utilitas untuk mempertimbangkan ekonomi bencana dan menggabungkan model keterlibatan unit dalam pemulihan pasca bencana[10]

Mengetahui rata-rata energi yang tidak tersalurkan secara teknis dan ekonomis akibat terjadinya pemadaman di PT. PLN (Persero) Rayon Belawan. Berdasarkan hasil analisis indeks keandalan dengan menggunakan metode section tehnikenilai indeks keandalan SAIFI penyulang Lamhotma 01 (LH01) adalah 1,6 kali pelanggan/tahun melebihi standar yang ditetapkan oleh IEEE Std 1366-2003 yaitu 1,45 kali pelanggan/tahun, dan memenuhi standar yang di tetapkan SPLN sebesar 3,0 kali pelanggan/tahun. Nilai SAIDI penyulang Lamhotma 01 (LH01) adalah Sebesar 2,0 jam/tahun memenuhi standar yang telah di tetapkan IEEE std 1366-2003 yaitu 2.30 jam/tahun, dan juga memenuhi standar SPLN, dan nilai CAIDI penyulang Lamhotma (LH01) adalah 4,6 jam/pelanggan melebihi standar yang di tetapkan IEEE-1366-2003 yaitu 1,47 Jam/pelanggan, dan juga melebihi standar yang di tetapkan SPLN. Serta energi yang tidak tersalurkan (ENS) akibat terjadinya pemadaman pada penyulang Lamhotma tahun 2021 sebesar 32681,33 kWh dan rata-rata energi tak tersalurkan 4,7 kwh/pelanggan dan kerugian ekonomis diperkirakan sebesar Rp 40.105.090,00[11]

Keandalan dalam sistem jaringan distribusi listrik merupakan kemampuan sistem untuk memberikan pasokan tenaga listrik yang cukup kepada konsumen dengan kualitas yang memuaskan. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam memperhitungkan tingkat keandalan suatu jaringan sistem distribusi seperti metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA), dengan mempertimbangkan nilai-nilai indeks keandalan seperti SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index). Pada penelitian ini, dilakukan analisis keandalan sistem distribusi 20kV pada penyulang Prajurit di Gardu Induk Balaraja. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Section Technique, diperoleh nilai indeks keandalan jaringan distribusi pada penyulang Prajurit sebesar 2.1876 untuk SAIFI, 20.9624 untuk SAIDI, dan 9.5823 untuk CAIDI. Hasil analisis menggunakan

metode RIA menunjukkan indeks keandalan sebesar 2.2025 untuk SAIFI, 21.3445 untuk SAIDI dan 9.6910 untuk CAIDI. Pengujian keandalan sistem distribusi juga dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer, diperoleh nilai indeks keandalan sebesar 1.5697 untuk SAIFI, 18.6939 untuk SAIDI, dan 11.9092 untuk CAIDI. Dengan demikian, berdasarkan hasil analisis, simulasi, dan standar indeks keandalan yang tertera pada SPLN 68-2: 1986 maka jaringan distribusi listrik pada penyulang Prajurit dapat dikategorikan sebagai jaringan yang andal [12]

Keandalan sistem jaringan distribusi adalah ukuran tingkat pelayanan sistem penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan beberapa nilai indeks keandalan sistem jaringan distribusi tenaga listrik di PT PLN (Persero) APJ Bandung, yaitu laju kegagalan, waktu keluaran rata-rata, rata-rata ketidaktersediaan tahunan, SAIFI, SAIDI, CAIDI, ENS, dan AENS. Hasil tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat keandalan sistem. Pencarian nilai indeks keandalan sendiri dilakukan dengan cara merekap data dasar gangguan pada setiap unit dalam jaringan (UPJ) kemudian menghitung indeks keandalan dengan menggunakan rumus indeks keandalan. Hasil dari penelitian ini, nilai indeks keandalan SAIFI pada sistem 2,02 gangguan/pelanggan/tahun dengan target 1,27 gangguan/pelanggan/tahun, sedangkan indeks keandalan SAIDI pada sistem 0,28 jam/pelanggan/tahun dengan target 0,21 jam/pelanggan/tahun. jam/pelanggan/tahun, dengan hasil tersebut menunjukkan sistem jaringan distribusi tenaga listrik PT PLN (Persero) APJ Bandung belum dapat mencapai target keandalan khususnya SAIFI dan SAIDI. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat keandalan sistem keandalan sistem jaringan distribusi tenaga listrik PT PLN (Persero) APJ Bandung[13]

## **2.2 Pembangkit Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik terbagi menjadi tiga bagian yaitu pembangkitan tenaga listrik, transmisi dan distribusi. Listrik dapat dihasilkan dari sistem pembangkit tenaga listrik, adapun sistem pembangkit tenaga listrik tersebut meliputi

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dll. Dari pembangkit ini, semua energi yang dihasilkan dapat disalurkan melalui jaringan distribusi hingga sampai ke pelanggan[14]

Pembangkit listrik adalah peralatan atau mesin yang menghasilkan energi listrik dengan menghasilkannya melalui konversi berbagai sumber energi primer. Pembangkit listrik atau power plant (PLT) di Indonesia sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil dan sebagian kecil menggunakan sumber energi dari energi baru dan terbarukan (EBT). Jumlah dan kapasitas terpasang pembangkit listrik di Indonesia saat ini semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi[15]

### **2.3 Sistem Distribusi Listrik**

Sistem distribusi listrik mempunyai fungsi utama yaitu mengalirkan tenaga listrik dari Gardu Induk distribusi (*distribution substation*) listrik dengan kualitas pelayanan yang tinggi dan menyalurkannya ke pelanggan-pelanggan diseluruh daerah. Permasalahan utama dalam pelaksanaan pengoperasian jaringan distribusi adalah cepatnya penanganan gangguan, mengingat sebagian besar gangguan pada jaringan listrik terjadi pada jaringan distribusi, khususnya pada jaringan tegangan menengah.

Dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan merupakan hal yang sangat penting bagi kinerja sistem tersebut. Keandalan ini tercermin dari sejauh mana sumber energi listrik tersebut mampu mensuplai konsumen secara kontinyu. Masalah yang paling mendasar dari sistem distribusi tenaga listrik adalah kualitas, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan tenaga listrik kepada pelanggan[16].

Jaringan distribusi terdapat dua bagian, yaitu :

#### **2.3.1 Jaringan Distribusi Primer**

Jaringan distribusi primer merupakan komponen jaringan listrik yang dipasang antar gardu induk (GI). Umumnya jaringan distribusi primer terdiri

dari jaringan tiga fasa 3 atau 4 sirkuit. Jaringan distribusi primer mempunyai tegangan operasi 20 kV dan sering disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM).

### 2.3.2 Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan sekunder atau bisa disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR) adalah jaringan yang terhubung kepada konsumen atau pelanggan. Pada jaringan primer, tegangan sebesar 20kV diturunkan dengan menggunakan trafo pada gardu distribusi menjadi tegangan 380/220 V.[17]

### 2.4 Pengaruh Gangguan Terhadap Sistem Distribusi

Adapun pengaruh gangguan yang terjadi terhadap sistem distribusi yaitu :

1. Ketika gangguan menyebabkan penurunan tegangan yang signifikan, berarti kualitas daya yang diterima konsumen rendah, yang mempengaruhi pengoperasian PLN dan peralatan listrik konsumen.
2. Gangguan akan mengganggu kelangsungan pelayanan ketenagalistrikan kepada konsumen apabila terjadi gangguan dan mengakibatkan terganggunya rangkaian listrik atau jalur distribusi.
3. Mempengaruhi kondisi atau kesehatan komponen listrik pada pelanggan [18]

### 2.5 Jenis-jenis Gangguan Pada Sistem Distribusi

#### 1. Gangguan Hubung Singkat

Terjadinya gangguan hubung singkat antara fasa biasanya bersifat sementara dan permanen. Gangguan sementara terjadi karena tertiuap angin, sambaran petir dan binantang. Sedangkan untuk gangguan permanen biasanya terjadi adanya hubung singkat pada generator dan belitan trafo.

#### 2. Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih terjadi karena adanya *overload* pada sistem distribusi sehingga menyebabkan terjadinya pemadaman sementara. Gangguan ini dapat merusak komponen apabila beban lebih terjadi secara terus-menerus

### 3. Gangguan Internal

Gangguan internal merupakan gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Gangguan ini terjadi karena adanya kegagalan isolasi, kerusakan pada alat, kerusakan pada pembangkit dan lain-lain.

### 4. Gangguan Eksternal

Penyebab gangguan eksternal adalah kerusakan yang diakibatkan faktor cuaca ekstrim, pohon, binatang dan sebagainya sehingga dapat memadamkan sistem distribusi[19]

## 2.6 Transmisi Listrik

Sistem kelistrikan terdiri dari tiga bagian utama: pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Saluran listrik tegangan tinggi merupakan penghubung antara pusat pembangkit listrik dengan sistem distribusi, dan hubungan antar sistem juga dapat bermuara pada sistem tenaga lainnya[20]. Saluran transmisi terhubung ke semua berbagai beban melalui sistem jaringan distribusi.

Saluran transmisi adalah sarana yang digunakan untuk mengalirkan tenaga listrik dari pembangkit/stasiun pembangkit ke gardu distribusi sampai kepada konsumen yang menggunakan tenaga listrik.

### 2.6.1 Klasifikasi Transmisi Listrik Berdasarkan Tegangan

Transmisi listrik dibagi berdasarkan klasifikasi tegangan menjadi : Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200kV, 500kV, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70kV-150kV, Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 70kV-150kV [21].

## 2.7 Komponen Jaringan Transmisi

Komponen pada jaringan transmisi terdiri dari atas konduktor, isolator, *arrester* dan infrastruktur tiang penyangga.

### 2.7.1 Konduktor

Konduktor berfungsi untuk mendistribusikan arus listrik dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Jenis konduktor biasa yang digunakan pada saluran

transmisi adalah tembaga yang memiliki tingkat konduktivitas 100% (CU 100%) atau aluminium dengan konduktivitas 61% (AL 61%). kawat konduktor dengan material tembaga mempunyai keunggulan dibandingkan dengan konduktor berbahan aluminium karena memiliki nilai konduktivitas tinggi dan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Kekurangannya adalah tembaga lebih berat dari aluminium untuk ketahanan yang sama dan tentu lebih mahal. Oleh karena itu urutan posisi konduktor aluminium lebih unggul dari pada konduktor tembaga. Konduktor yang digunakan pada saluran transmisi, biasanya tidak dilapisi oleh isolasi. Kawat ini hanya berbahan tembaga atau aluminium dengan inti baja (*steel-reinforced aluminium cable/ACSR*). Kawat konduktor aluminium terdiri dari berbagai jenis. AAC (*All-Aluminium Conductor*), kawat konduktif yang seluruhnya terbuat dari aluminium. AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conductor*), kawat konduktif yang terbuat dari campuran aluminium. ACSR (*Aluminium Conductor, Steel Reinforced*), yaitu konduktor aluminium yang dilapisi kawat baja. ACAR (*Aluminium Conductor, Alloy Reinforced*), yaitu kawat konduktor paduan antara aluminium dan logam yang diperkuat[20].

### **2.7.2 Isolator**

Isolator dari sistem transmisi daya memastikan bahwa konduktor berlabuh ke tanah. Isolator biasanya terbuat dari porselen, tetapi kaca dan bahan isolasi sintetis juga sering digunakan di sini. Bahan isolasi harus memiliki ketahanan yang tinggi untuk mencegah arus bocor dan ketebalan yang cukup (sesuai standar) untuk mencegah kerusakan akibat tekanan listrik tegangan tinggi dan melindungi fungsi isolasi. Jenis isolator yang biasa digunakan pada saluran transmisi adalah jenis porselen atau kaca, yang berfungsi sebagai isolator regangan antara konduktor penghantar dan kutub. Contoh isolator seperti pada gambar



Gambar 2. 1 Isolator

### 2.7.3 Arrester

Arrester adalah perangkat yang melindungi sistem kelistrikan dari tegangan petir. Penangkal petir ini melindungi peralatan listrik dengan membatasi lonjakan masuk dan mengalihkannya ke ground[22]. Contoh arrester seperti pada gambar



Gambar 2. 2 Arrester

### 2.7.4 Menara Tiang

Daya listrik yang harus didistribusikan lewat saluran transmisi udara biasanya hanya konduktor telanjang tanpa isolator. Udara yang berada di sepanjang kabel merupakan media isolasi antara konduktor tersebut dengan benda sekelilingnya dan untuk menyanggah atau merentangkan konduktor dengan ketinggian dan jarak yang cukup aman untuk keselamatan manusia dan lingkungan sekitarnya, menara tiang dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang sangat kokoh. Struktur menara baja merupakan struktur Saluran Transmisi



Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN karena kemudahan perakitannya, terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya. Harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan menggunakan saluran bawah tanah, serta perawatannya lebih mudah.

Adapun beberapa menara tiang mempunyai fungsi masing-masing, yaitu :

1. Menara penegang (*Tension Tower*)

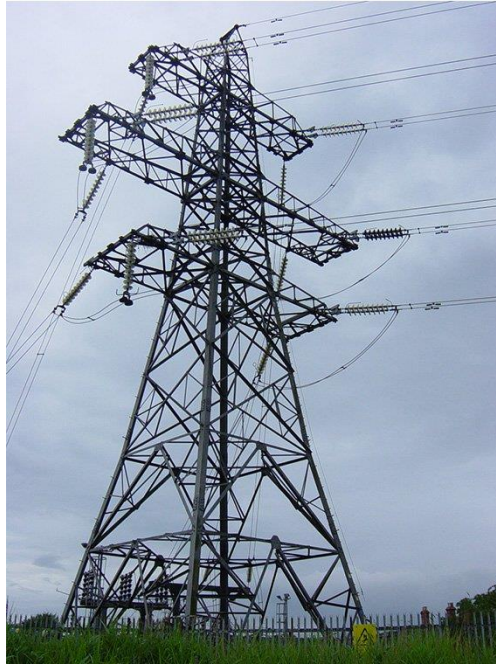
Selain gaya gravitasi, menara penegang juga menahan gaya tarik kabel saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau sangat tinggi (SUTET). Batang tegangan terdiri dari:

a. Tiang Sudut (*Angle Tower*)

Tiang sudut adalah tiang tarik yang menerima gaya tarik yang diakibatkan oleh perubahan arah saluran tegangan tinggi (SUTT) atau perubahan arah yang sangat besar (SUTET).

b. Tiang Akhir (*Dead end tower*)

Tiang akhir adalah tiang tegangan yang didesain cukup kuat untuk menahan tarikan konduktor dari satu arah saja. Tiang terakhir ditempatkan di ujung saluran atas tegangan tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET) yang masuk ke gardu induk.



Gambar 2. 3 Tension Tower

2. Tiang penyangga (*Suspension tower*)

Merupakan tower penyangga yang menanggung gaya berat hampir sepenuhnya. Biasanya tidak memiliki sudut belokan. Tiang penyangga untuk mendukung/ menyangga dan harus kuat terhadap gaya berat dari peralatan listrik yang ada pada tiang tersebut.



Gambar 2. 4 Suspension Tower

### 3. Tiang transposisi

Merupakan tower tension yang berfungsi sebagai tempat untuk perubahan posisi kawat fasa dalam perbaikan impedansi transmisi dan berfungsi sebagai tempat untuk memindahkan posisi susunan fasa konduktor SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) atau SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi).



Gambar 2. 6 Tiang Transposisi

### 4. Tiang portal (*granty tower*)

Merupakan sebuah tower dengan bentuk portal sebagai persilangan dua saluran transmisi. Posisinya sendiri berada di bawah saluran transmisi existing.



Gambar 2. 6 Tiang Portal

##### 5. Tiang penyekat (*Section Tower*)

Yakni, tiang isolasi antara beberapa penyangga dengan beberapa penyangga lainnya untuk kenyamanan pengembangan (penarikan konduktor) biasanya sudut lentur kecil[23]

## 2.8 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo (MCS) adalah metode yang banyak digunakan untuk mengevaluasi keandalan dalam sistem tenaga listrik. Metode Monte Carlo adalah teknik matematika komputasi yang memungkinkan perhitungan risiko secara kuantitatif dan pengambilan keputusan. Metode ini banyak digunakan oleh ahli bidang seperti keuangan, manajemen proyek energi, manufaktur dan teknik minyak dan gas.

Teknik stokastik Simulasi Monte Carlo (SMC) digunakan untuk memecahkan masalah matematika. Simulasi Monte Carlo menggunakan angka acak dan probabilitas statistik untuk menemukan jawaban. Untuk proyek Manhattan selama Perang Dunia II, metode Monte Carlo pertama kali dirancang untuk menangani masalah seperti disain reaktor nuklir, ekonometrik, evolusi bintang, ramalan bursa saham, dan banyak lagi[24]

SMC melakukan analisis risiko dengan memasukkan nilai yang berbeda (distribusi probabilitas) untuk setiap faktor dengan ketidakpastiannya sendiri dan membangun model hasil yang mungkin. Kemudian hitung hasilnya berulang kali menggunakan kumpulan nilai acak yang berbeda dari fungsi probabilitas setiap kali[25]

SMC terdiri dari model matematika yang didefinisikan dalam program komputer. Dengan pengambilan *sampling* distribusi kegagalan dan distribusi perbaikan setiap komponen dalam sistem secara acak, keandalan dan ketersediaan sistem dapat diprediksi. *sampling* acak ini digunakan untuk menilai keandalan dan ketersediaan atau parameter lain yang diinginkan[26]

Pengujian memakai Monte Carlo biasanya dilakukan pada komputer menggunakan memakai *sample* acak atau bilangan random, simulasi Monte Carlo sangat efektif waktu dipakai buat memodelkan :

1. Aliran antrian dalam sebuah kegiatan,
2. Evolusi sebuah epidemi penyakit berdasarkan ruang dan waktu,
3. Uji statistik,
4. Prediksi harga.

Kesamaan dari permasalahan di atas adalah semuanya merupakan situasi nyata di industri yang sulit untuk dimodelkan dengan metode analitik. Dalam simulasi, pengujian dilakukan pada data nyata yang digabungkan dengan angka acak, memungkinkan Anda mendapatkan perkiraan hasil dari masalah yang harus diselesaikan, baik sebagian atau seluruhnya [27]

## 2.9 Defenisi Indeks Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu perangkat atau sistem dapat menjalankan fungsinya dengan benar untuk jangka waktu tertentu dan dalam kondisi operasi tertentu. Probabilitas keandalan sistem distribusi diharapkan menjadi patokan untuk menjalankan fungsi dari sistem distribusi dengan dalam kurun waktu tertentu.

Keandalan suatu sistem distribusi diukur dari kemampuannya untuk terus memasok listrik ke pelanggan tanpa gangguan. Seiring berjalannya waktu, meningkatnya tekanan akibat munculnya kawasan industri, komersial, dan pemukiman baru tentu saja menuntut tingkat keandalan yang lebih tinggi[28]

Untuk mengukur tingkat keandalan dari beberapa titik/*load point* digunakan indeks-indeks keandalan dasar, yaitu :

$\lambda$  = Frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (*fault/year*)

r = Lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (*hours/fault*)

U = Lama durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (*hours/year*)

Berdasarkan indeks keandalan dasar tersebut, dapat diperoleh keandalan untuk beberapa titik beban, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan keandalan sistem secara keseluruhan. Indeks-indeks keandalan sistem yang penting adalah:

### 1. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI adalah salah satu indeks keandalan yang perhitungannya adalah perkalian frekuensi pemadaman pada salah satu penyulang dengan jumlah pelanggan yang mengalami *trouble* atau gangguan dibagi dengan keseluruhan jumlah pelanggan yang dilayani. Maka dari itu dapat dirumuskan sebagai berikut[29] :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}} = \frac{\lambda_i}{N_i} \quad (2.12)$$

Dimana :

$\lambda_i$  = durasi pemadaman rata-rata pertahun

$N_i$  = total konsumen

### 2. SAIDI (*System Average Interruption Duration Indeks*)

SAIDI adalah tingkat dimana rata-rata kegagalan pada pelanggan selama periode waktu tertentu. Untuk menentukan jumlah dan berapa lama durasi pemadaman terjadi selama berturut-turut untuk jumlah semua pelanggan selama waktu periode tertentu, dapat dirumuskan sebagai berikut [29]:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Durasi pemadaman pada konsumen})}{\text{Total pelanggan}} \quad (2.13)$$

Atau

$$SAIDI = \frac{t_i}{N_i} \text{ (jam/tahun)} \quad (2.14)$$

Dimana :

$t_i$  = Lama gangguan (jam)

$N$  = Total pelanggan

### 3. ASAI (*Average System Availability Index*)

ASAI merupakan indeks yang menentukan kemampuan suatu sistem tenaga untuk menyuplai/memberikan energi listrik selama jangka waktu 1 tahun.

ASAI dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$ASAI = \frac{\sum Ni \times 8760 - \sum Ui \times N}{\sum Ni \times 8760} \quad (2.15)$$

Atau

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} \quad (2.16)$$

Dimana :

Ni = Jumlah konsumen padam

Ui = Durasi pemadaman rata-rata pertahun

N = Total konsumen

8760 merupakan total jam selama waktu 1 tahun. Biasanya ASAI dinyatakan dengan persentase [29]

## 2.10 Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan adalah tingkat keberhasilan pengoperasian suatu sistem atau bagian dari suatu sistem kelistrikan untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi pengoperasian tertentu. Untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem, audit harus dilakukan dengan cara menghitung atau menganalisis tingkat efisiensi atau keberhasilan operasional sistem yang dipertimbangkan selama jangka waktu tertentu dan kemudian membandingkannya dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Keandalan tenaga listrik menjaga keberlangsungan penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan, khususnya konsumen tenaga listrik besar yang memerlukan kontinuitas penyaluran tenaga listrik secara mutlak. Jika listrik padam atau tidak terdistribusi, maka mengganggu proses produksi pelanggan besar tersebut. Struktur jaringan tegangan menengah memegang peranan penting dalam

kaitannya dengan keandalan penyaluran tenaga listrik, karena jaringan yang baik memungkinkan untuk dikendalikan dengan membagi tegangan, gangguan dan beban dapat ditransfer melalui jaringan lain. Kontinuitas pelayanan yang merupakan salah satu bagian dari kualitas pelayanan bergantung pada jenis fasilitas distribusi dan perangkat keamanannya. Jaringan distribusi sebagai sarana transmisi tenaga listrik mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada penataan saluran dan organisasi kerjanya. Tingkat kontinuitas layanan suatu saklar didasarkan pada berapa lama waktu yang diperlukan untuk memulihkan pasokan setelah gangguan[9]

### 2.11 Faktor Mempengaruhi Indeks Keandalan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam sistem distribusi, yaitu :

1. Gangguan/*Outgae*. Kasus dimana komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, karena sesuatu yang berkaitan langsung dengan komponen tersebut. Kesalahan dapat menyebabkan kesalahan atau tidak, itu selalu tergantung pada konfigurasi sistem.
2. Kegagalan. Suatu kondisi yang terjadi dimana ketika komponen tidak bekerja dengan semestinya diakibatkan dengan malfungsi dari komponen tersebut.
3. Rata-rata gangguan. Beberapa jumlah gangguan yang terjadi pada satu periode tertentu.
4. Lama gangguan/*Outage Duration*. Merupakan kondisi jika suatu komponen mengalami *outage* sampai suatu komponen tersebut berfungsi normal kembali.
5. *Switching Time*. Interval waktu antara saat operasi pensaklaran diminta karena kegagalan daya paksa dan saat operasi *switching time* dilakukan.
6. Pemadaman. Terhentinya distribusi listrik atau pelayanan listrik pada pelanggan akibat kondisi komponen yang mengalami gangguan
7. Jumlah total pelanggan yang dilayani.
8. Laporan periode ke periode[30]



## 2.12 Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

SPLN merupakan standar perusahaan PT. PLN (Persero), diputuskan oleh pemerintah dan wajib. Ini dapat berupa peraturan, instruksi, pedoman, metode pengujian dan spesifikasi teknis. Sejak tahun 1976 telah diselesaikan lebih dari 262 standar, meliputi 59 standar di sektor pembangkitan, 68 standar di sektor transmisi, 99 standar di sektor distribusi, 6 standar di sektor SCADA dan 30 standar di sektor umum [31]

Maka berdasarkan SPLN nomor 68-2 tahun 1986 menetapkan bahwa sistem dalam kondisi baik jika telah memenuhi standart seperti dibawah ini:

1. SAIFI : 3,2 kali/pelanggan/tahun
2. SAIDI : 2,3 Jam/pelanggan/tahun
3. CAIDI : 6,56 Jam/pelanggan/tahun

## 2.13 Indikator Keandalan

Indikator keandalan berupa keandalan dasar dan beberapa sistem peringkat keandalan berdasarkan keandalannya adalah:

1. Frekuensi kegagalan ( $\lambda$ ),
2. Rata-rata waktu perbaikan ( $r$ ),
3. Rata-rata ketidakterersediaan tahunan ( $U$ ),
4. Rata-rata indeks frekuensi kegagalan sistem (Keandalan, yang memberikan informasi tentang rata-rata frekuensi kegagalan yang dihadapi oleh setiap peserta selama periode waktu tertentu. Dapat juga didefinisikan sebagai:
  - a. Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Sistem (SAIDI),
  - b. Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Pelanggan (CAIDI),
  - c. Pematian Energi (ENS) dan Pematian Energi Rata-Rata (AENS).

Sebaliknya, ketika menentukan manfaat keandalan dari sistem distribusi listrik itu sendiri, selain mencatat nilai keandalan, sebaiknya harus membandingkan nilai tersebut dengan target keandalan, seperti Tabel Standar Keandalan Kelas ini[13]

Tabel 2. 1 Kategori standar indeks keandalan

	SAIFI, No. of Interruption/Year			SAIDI, No. of Interruption/Year		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
IEEE Std. 1366-2000	0,90	1,10	1,45	0,89	1,5	2,30
EI (1999) [excludes storms]	0,92	1,32	1,71	1,16	1,74	2,23
EI (1999) [with storms]	1,11	1,33	2,15	1,36	3,00	4,38
CEA (2001) [with storms]	1,03	1,95	1,15	0,73	2,26	3,28
PA Consulting (2001) [with storms] IP & L Large City Comparison	0,72	0,95	1,15	1,55	3,05	8,35
	0,72	0,95	1,15	1,02	1,02	2,41

Tabel 2. 2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,3	Jam/pelanggan/tahun
ASAI	99,92	Persen

## BAB III

### METODE PENELITIAN

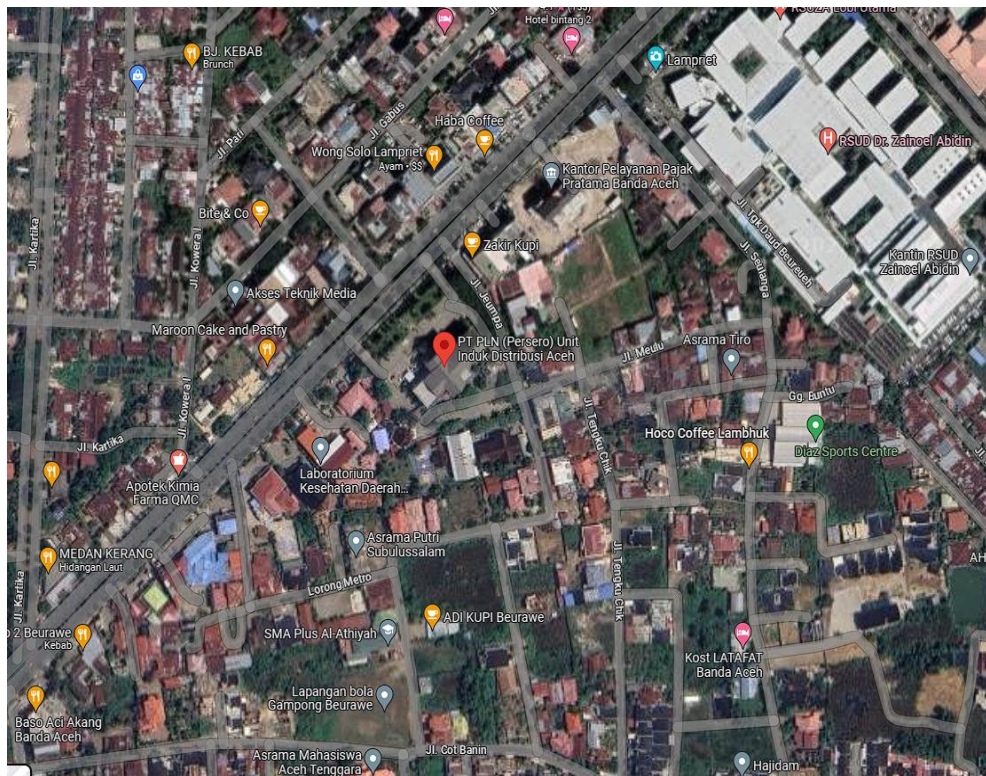
#### 3.1 Waktu Dan Tempat

##### 3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 3 bulan terhitung dari tanggal 19 Juni 2023 sampai 1 September 2023. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian.

##### 3.1.2 Tempat

Adapun lokasi yang digunakan sebagai objek penelitian adalah PT. PLN Unit Distribusi Aceh.



Gambar 3. 1 Tempat objek penelitian

#### 3.2 Alat dan Bahan

1. Laptop Asus A43S
2. Microsoft Office 2019

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara penjabaran suatu permasalahan yang dilakukan dengan mencapai suatu tujuan penelitian. Berikut langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi literatur

Melakukan studi literatur untuk memahami Simulasi Monte Carlo untuk menentukan gangguan yang akan terjadi dan persamaan-persamaan untuk menganalisa indeks keandalan seperti SAIDI, SAIFI, dan ASAI

2. Pengumpulan data

Mengumpulkan data pelanggan periode tahun 2022 PT. PLN Banda Aceh.

3. Pengolahan data dan analisa SAIDI, SAIFI dan ASAI

Menganalisis semua data yang telah dikumpulkan lalu menghitung SAIFI, SAIDI dan ASAI dengan persamaan-persamaan dibawah berikut :

$$a. SAIFI = \frac{\text{Jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}} = \frac{\lambda_i}{N_i}$$

$$b. SAIDI = \frac{\sum_{i=0}^n (\text{Durasi pemadaman pada konsumen})}{\text{Total pelanggan}}$$

$$c. ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760}$$

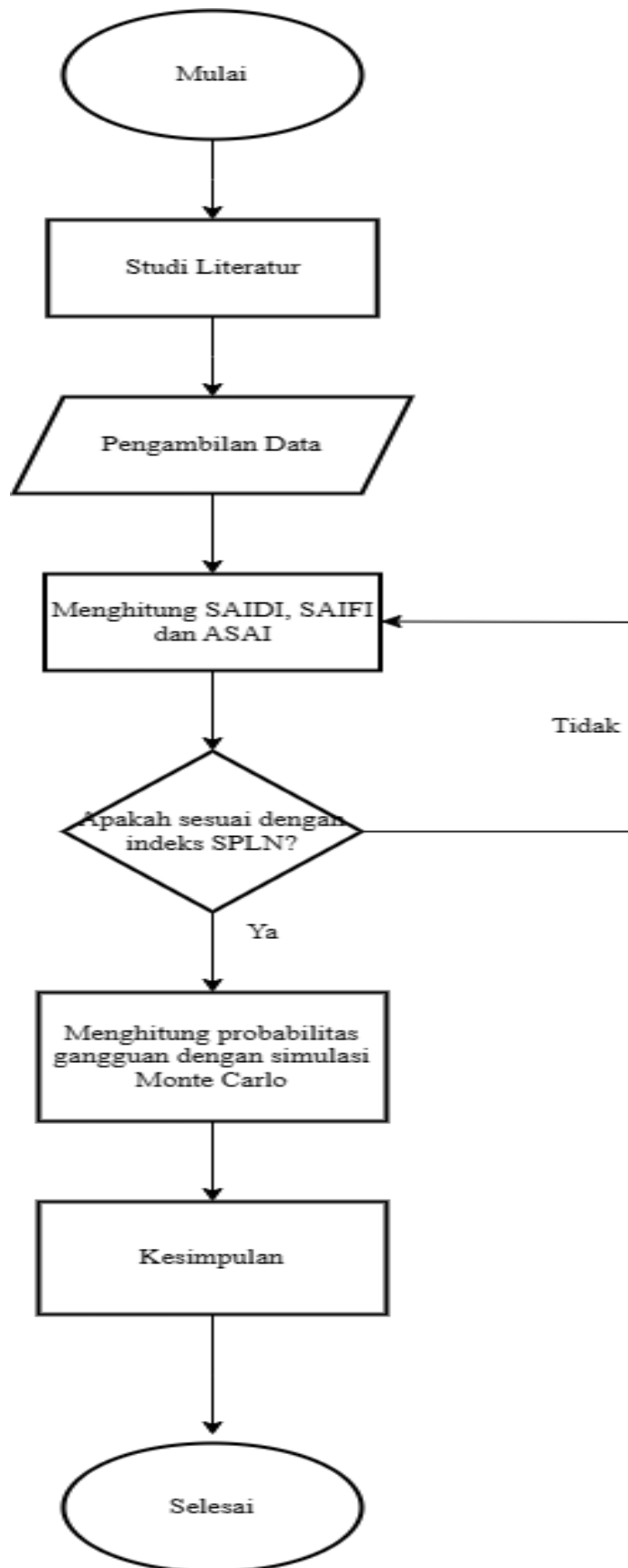
4. Pengolahan data dan analisa simulasi Monte Carlo

Dari semua data gangguan yang ada, untuk simulasi Monte Carlo memerlukan tahap-tahap agar dapat memunculkan nilai probabilitas gangguan yang akan terjadi. Berikut beberapa tahapan untuk melakukan simulasi Monte Carlo :

- a. Mengurutkan semua frekuensi padam pada data pelanggan
- b. Mengurutkan distribusi frekuensi dari frekuensi yang ada
- c. Membuat frekuensi kumulatif
- d. Mengurutkan *range number*
- e. Membuat bilangan acak 10 iterasi

- f. Menentukan nilai simulasi yang muncul berdasarkan bilangan acak dan *range number* yang sudah terbentuk
  - g. Menjumlahkan semua frekuensi sehingga mendapatkan nilai rata-rata gangguan yang akan terjadi pada periode berikutnya
5. Identifikasi indeks keandalan : Menentukan kelayakan sistem tenaga berdasarkan indeks yang ada.
  6. Identifikasi frekuensi gangguan : Menentukan frekuensi gangguan yang terjadi pada periode berikutnya.
  7. Rekomendasi keandalan: Meningkatkan kualitas indeks keandalan sistem tenaga listrik berdasarkan SPLN terhadap pelanggan.

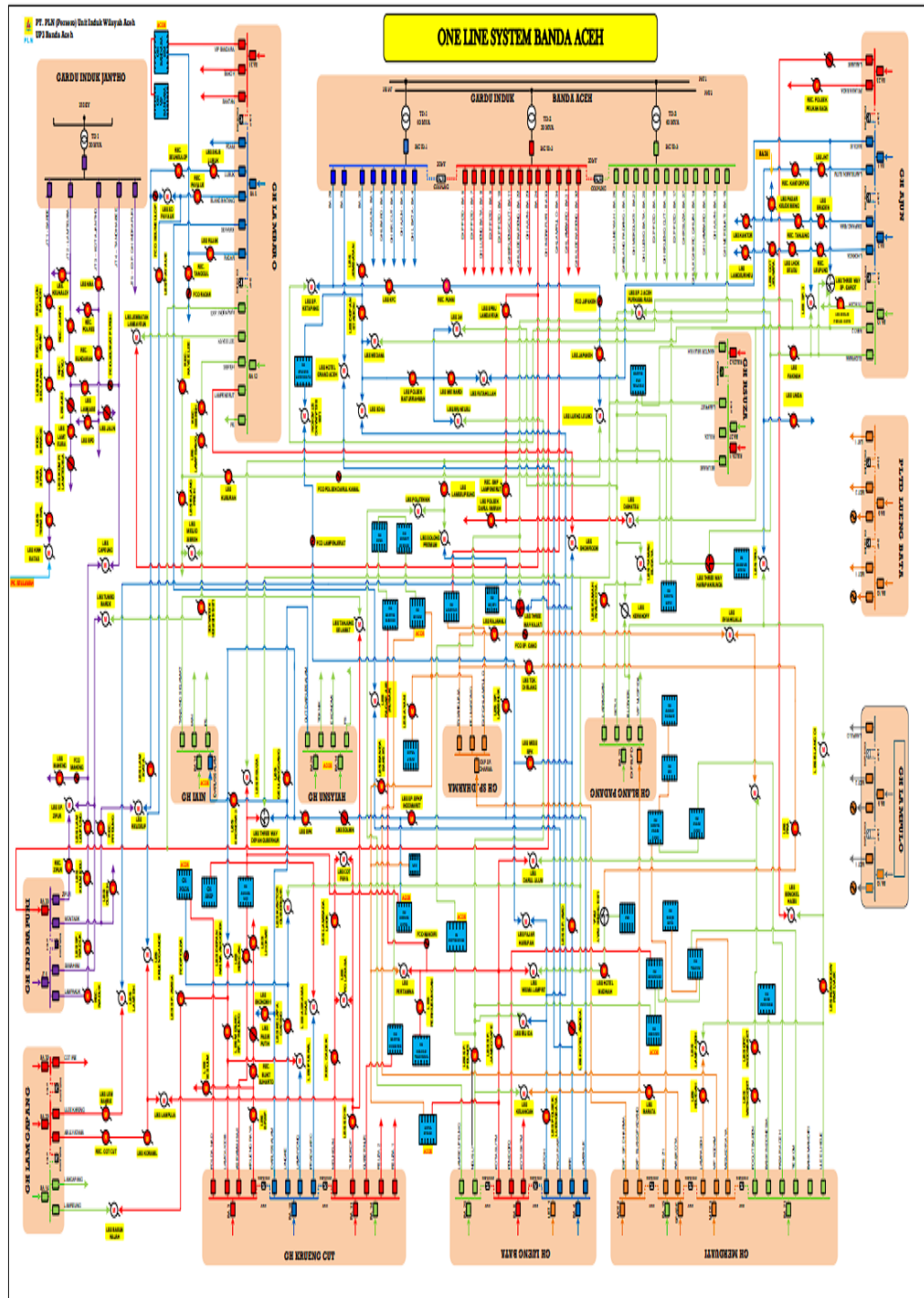
### 3.4 Flowchart Penelitian



# BAB IV

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 SLD UP Banda Aceh



Gambar 4. 1 SLD UP Banda Aceh

## 4.2 Data SAIDI, SAIFI dan ASAI

Data yang dibutuhkan untuk menentukan nilai indeks keandalan yang berhubungan dengan pelanggan didapat dari data PT. PLN (persero) Banda Aceh mulai dari bulan Januari 2022 sampai dengan Desember 2022. Dari data yang dibutuhkan terdapat nama penyulang, durasi padam dan jumlah pelanggan yang padam selama per bulannya, akan dianalisis untuk menentukan nilai indeks keandalan dan untuk menjalankan simulasi Monte Carlo yang bertujuan

Dari semua tabel data laporan gangguan yang tertera, dapat ditotalkan semua pelanggan padam dan total durasi padam setiap bulannya seperti pada tabel 4.13

Tabel 4. 1 Data total pelanggan padam dan durasi padam

Bulan	Total Pelanggan Padam	Jam x Lama Pelanggan Padam
Januari	326.190	23.483,20
Februari	239.978	17.832,20
Maret	267.089	16.645,39
April	261.890	14.006,07
Mei	191.006	14.155,93
Juni	235.115	39.980,81
Juli	255.329	40.458,32
Agustus	263.199	19.225,19
September	272.344	17.056,38
Oktober	311.469	28.500,11
November	205.680	14.525,22
Desember	146.742	23.152,54

## 4.3 Analisis SAIDI dan SAIFI per Bulan

Dari data yang sudah tersedia, untuk menentukan nilai indeks keandalan setiap bulannya seperti SAIFI dan SAIDI. SAIFI adalah salah satu indeks keandalan yang perhitungannya adalah perkalian frekuensi pemadaman pada salah satu penyulang dengan jumlah pelanggan yang mengalami *trouble* atau gangguan dibagi dengan keseluruhan jumlah pelanggan yang dilayani. Sedangkan SAIDI adalah tingkat dimana rata-rata kegagalan pada pelanggan selama periode waktu tertentu. Untuk menentukan jumlah dan berapa lama



durasi pemadaman terjadi selama berturut-turut untuk jumlah semua pelanggan selama waktu periode tertentu menggunakan rumus yang sudah dirumuskan sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}} = \frac{\lambda_i}{N_i}$$

$$SAIFI = \frac{\lambda_i}{N} = \frac{326.190}{294.067} = 1,1092 \text{ kali pemadaman/bulan}$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{0=i}^n (\text{Durasi pemadaman pada konsumen})}{\text{Total pelanggan}}$$

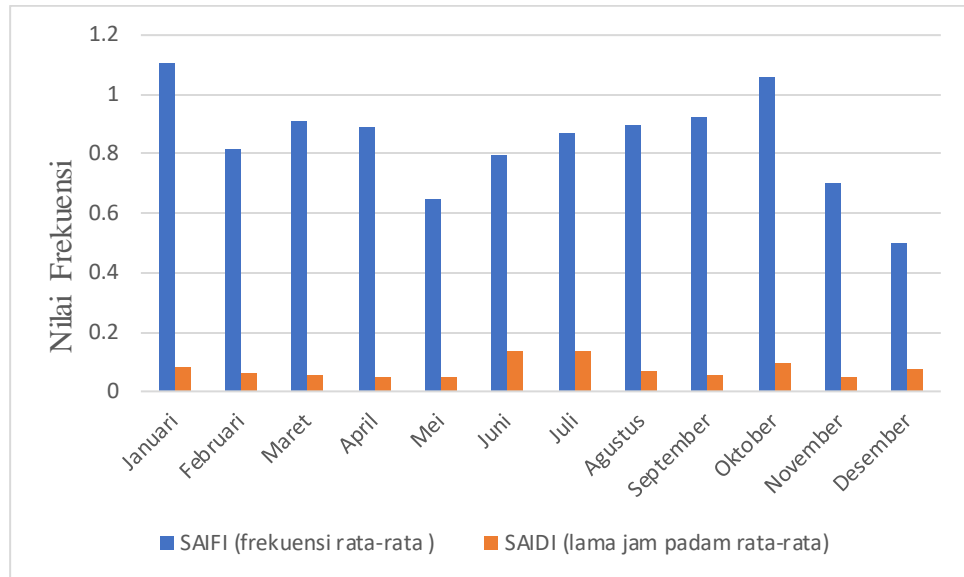
$$SAIDI = \frac{t_i \cdot N_i}{N} = \frac{23.483,20}{294.067} = 0,0798 \text{ jam/bulan}$$

Perhitungan di atas merupakan perhitungan dimulai pada bulan Januari. Untuk pada bulan Februari hingga Desember dapat dihitung dengan cara yang sama sehingga nilainya tertera pada tabel 4.14

Tabel 4. 2 Hasil analisis SAIDI dan SAIFI per bulan selama setahun

Bulan	SAIFI	SAIDI
Januari	1.1092	0,0798
Februari	0.8161	0,0606
Maret	0.9083	0,0566
April	0.8906	0,0476
Mei	0.6495	0,0481
Juni	0.7995	0,1359
Juli	0.8683	0,1375
Agustus	0.895	0,0653
September	0.9261	0,0580
Oktober	1.0591	0,0969
November	0.6994	0,0493
Desember	0.499	0,0787

Dari hasil analisis indeks keandalan perbulan mulai Januari hingga Desember, dapat dilihat kelajuan tingkat SAIDI dan SAIFI melalui grafik dibawah ini.



Gambar 4. 2 Grafik SAIDI dan SAIFI Selama Setahun

#### 4.4 Analisis SAIDI dan SAIFI per Tahun

Untuk menghitung SAIDI dan SAIFI per tahun dapat dirumuskan dengan cara seperti cara dibawah :

a. SAIDI

Tabel 4. 3 Perhitungan SAIDI per Tahun

Bulan	SAIDI	Jam x Lama Pelanggan Padam
Januari	0,0798	23.483,20
Februari	0,0606	17.832,20
Maret	0,0566	16645,39
April	0,0476	14.006,07
Mei	0,0481	14.155,93
Juni	0,1359	39.980,81
Juli	0,1375	40.458,32
Agustus	0,0653	19.225,19
September	0,058	17.056,38
Oktober	0,0969	28.500,11
November	0,0493	14.525,22
Desember	0,0787	23.152,54

Jumlah jam x pelanggan padam = 269021,36 Jadi total indeks pemadaman rata-rata (SAIDI)

$$\begin{aligned} \text{SAIDI} &= \text{Rata-rata jam x pelanggan padam} / \text{Total keseluruhan pelanggan} \\ &= \frac{224.148,47}{294.067} \\ &= 0,0762 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Jumlah rata-rata SAIDI tahun 2022 adalah 0,0762 jam/tahun. Dengan SPLN yang tertera bahwa SAIDI sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, maka indeks keandalan SADFI tahun 2022 masih layak dan sesuai standar SPLN.

#### b. SAIFI

Tabel 4. 4 Perhitungan SAIFI per Tahun

Bulan	SAIFI	Pelanggan Padam
Januari	1,1092	326.190
Februari	0,816	239.978
Maret	0,9082	267.089
April	0,8905	261.890
Mei	0,6495	191.006
Juni	0,7995	235.115
Juli	0,8682	255.329
Agustus	0,8950	263.199
September	0,9261	272.344
Oktober	1,0591	311.469
November	0,6994	205.680
Desember	0,499	146.742

$$\begin{aligned} f_{rata-rata} &= \frac{f1 + f2 + f3 + f4 \dots + f12}{12} \\ f_{rata-rata} &= \frac{1,1092 + 0,816 + 0,9082 + 0,8905 \dots + 0,499}{12} \\ &= 0,843342 \text{ kali per pelanggan dalam setahun} \end{aligned}$$

Jumlah rata-rata SAIFI tahun 2022 adalah 0,843342 kali/tahun. Dengan SPLN yang tertera bahwa SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun, maka indeks keandalan SAIFI tahun 2022 masih layak dan sesuai standar SPLN.

#### 4.5 Perhitungan ASAI

ASAI merupakan indikator yang menunjukkan kemampuan suatu sistem untuk menyuplai sistem dalam jangka waktu 1 tahun. Dengan hasil analisis SAIDI pertahun, maka ASAI dapat ditentukan melalui persamaan dibawah ini

$$ASAI = \frac{8760 - 0,9148}{8760}$$

$$ASAI = 0,9998 \times 100$$

$$ASAI = 99,98\%$$

Dengan hasil analisis ASAI periode tahun 2022 masih sesuai dengan standar ASAI Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003 yaitu sebesar 99,92%.

#### 4.6 Analisis Jumlah Gangguan Dengan Monte Carlo

SMC terdiri dari model matematika yang didefinisikan dalam program komputer. Dengan pengambilan *sampling* distribusi kegagalan dan distribusi perbaikan setiap komponen dalam sistem secara acak, keandalan dan ketersediaan sistem dapat diprediksi. *sampling* acak ini digunakan untuk menilai keandalan dan ketersediaan atau parameter lain yang diinginkan.

Analisis metode Monte Carlo dapat memprediksi jumlah gangguan yang akan terjadi pada periode tahun berikutnya berdasarkan data yang ada. Dengan bantuan komputer, untuk membangkitkan angka acak diperlukan perangkat lunak *Microsoft Office Excel 2019* sebagai media untuk melakukan simulasi Monte Carlo yang bertujuan menentukan probabilitas jumlah gangguan yang akan datang.

Dari angka acak yang muncul, kemudian simulasi Monte Carlo dapat dilakukan dengan cara angka random menjadi acuan untuk menentukan nilai frekuensi yang muncul dan dibatasi dengan *range number*. Kemudian hasil dari simulasi dibagi dengan banyaknya jumlah iterasi yang dilakukan. Sehingga hasil dari simulasi Monte Carlo dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 4. 5 Simulasi Monte Carlo

Simulasi	Angka Random	n (simulasi)
1	0,264754187	1930
2	0,605182542	1930
3	0,996824625	2
4	0,187609675	1930
5	0,363006655	1930
6	0,230834428	1930
7	0,359019191	1930
8	0,376941022	1930
9	0,743214428	1930
10	0,883078484	1930
11	0,998762154	1
12	0,494312406	1930
13	0,454233378	1930
14	0,032740229	1930
15	0,999713265	1
16	0,674350833	1930
17	0,889069972	1930
18	0,351004029	1930
19	0,983991481	20
20	0,828906602	1930
Jumlah		30904
		1545

Simulasi Monte Carlo menggunakan 20 kali percobaan sehingga melalui simulasi ini dapat menentukan jumlah gangguan yang akan terjadi yaitu sebesar 1545 kali pada periode berikutnya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diuraikan :

1. Dengan beberapa kali gangguan dan pemadaman yang terjadi berasal dari beberapa faktor gangguan internal maupun eksternal, hasil analisis SAIFI pada periode tahun 2022 yaitu sebesar 0,843342 kali per pelanggan dalam setahun. Artinya hal ini menunjukkan durasi lama gangguan pada UP Banda Aceh masih sesuai standar SPLN yaitu 3,2 kali/tahun.
2. Berdasarkan data durasi lama gangguan tahun 2022, hasil analisis SAIDI pada periode tahun 2022 yaitu sebesar 0,0762 jam/tahun dalam setahun. Dari hasil analisis tersebut, menunjukkan bahwa pelayanan terhadap pelanggan UP Banda Aceh masih sesuai standar SPLN yaitu 2,1 jam/tahun.
3. Dengan perhitungan analisis ASAI, nilai ASAI dapat ditentukan sebesar 99,98 %. Dari perhitungan ASAI, Nilai tersebut menunjukkan kemampuan dalam sistem untuk menjaga atau tetap mendistribusikan listrik dalam waktu 1 tahun.
4. Simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk pembuatan prediksi dan evaluasi. Probabilitas yang dihasilkan dari simulasi Monte Carlo menunjukkan nilai rata-rata gangguan sebanyak 1545 kali.

#### **5.2 Saran**

1. Disarankan kepada PT. PLN UP Banda Aceh untuk tetap menjaga kualitas mutu pelayanan terhadap pelanggan sehingga masyarakat dapat memberikan umpan balik yang baik.
2. Untuk jumlah semua gangguan yang terjadi, ada baiknya PT. PLN Banda Aceh memikirkan adanya gangguan dan meminimalisir ssterjadinya gangguan.

## Daftar Pustaka

- [1] S. A. Zareei, M. Hosseini, and M. Ghafory-Ashtiany, "Evaluation of power substation equipment seismic vulnerability by multivariate fragility analysis: A case study on a 420 kV circuit breaker," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 92, pp. 79–94, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.soildyn.2016.09.026.
- [2] M. Panteli and P. Mancarella, "Modeling and evaluating the resilience of critical electrical power infrastructure to extreme weather events," *IEEE Syst J*, vol. 11, no. 3, pp. 1733–1742, Sep. 2017, doi: 10.1109/JSYST.2015.2389272.
- [3] AGUS SETIAWAN and ANGGIT PRIATAMA, "ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV DI PLN SUNGGUMINASA," 2021.
- [4] N. Gündüz, S. Küfeoğlu, and M. Lehtonen, "Impacts of natural disasters on swedish electric power policy: A case study," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 2, 2017, doi: 10.3390/su9020230.
- [5] Sinan Küfeoğlu, Samuel Prittinen, and Matti Lehtonen, *2015 12th International Conference on the European Energy Market (EEM) 19-22 May 2015, Lisbon, Portugal*. 2015.
- [6] S. Kufeoglu, S. Küfeoğlu, S. Prittinen, and M. Lehtonen, "A Summary of the Recent Extreme Weather Events and Their Impacts on Electricity," *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, vol. 9, no. 4, 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/337886516>
- [7] S. Mohagheghi and P. Javanbakht, "Power grid and natural disasters: A framework for vulnerability assessment," in *IEEE Green Technologies Conference*, IEEE Computer Society, Jul. 2015, pp. 199–205. doi: 10.1109/GREENTECH.2015.27.
- [8] B. Rachunok and R. Nateghi, "The sensitivity of electric power infrastructure resilience to the spatial distribution of disaster impacts," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 193, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.res.2019.106658.
- [9] Erhaleni, "EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN SAIDI DAN SAIFI PADA PT.PLN (Persero) RAYON BAGAN BATU TAHUN 2015," *Teknik Elektro ITP*, vol. 5, no. 2, Jul. 2016.
- [10] A. Arab, A. Khodaei, S. K. Khator, and Z. Han, "Electric Power Grid Restoration Considering Disaster Economics," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 639–649, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2523545.

- [11] J. E. Elektro and G. Sihombing, "Analisis Indeks Keandalan Secara Teknis dan Ekonomis Jaringan Distribusi 20 KV Menggunakan Metode Section Technique pada PT. PLN (Persero) Rayon Belawan," 2022. [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- [12] U. K. Luthfiyani and A. Setiawan, "Analisis Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi dengan Metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA): Studi Kasus Gardu Induk Balaraja Useful for a research reference View project," 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i1.1782.
- [13] T. Sucita, Y. Mulyadi, and C. Timotius, "Reliability Evaluation of Power Distribution System with Reliability Index Assessment (RIA)," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jul. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/384/1/012072.
- [14] U. PENDIDIKAN DAN PELATIHAN Muhammad Aminudin, "Edu Elekrika Journal SIMULATOR SISTEM TENAGA LISTRIK TIGA FASA DOUBLE FEEDERS," 2017. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edue1>
- [15] M. Ahsan, Y. Zulfadli, ; Diksi, and E. Umar, "Pemanfaatan Simulasi Monte Carlo Untuk Perhitungan Kinerja Gangguan Tenaga Listrik Pada PT PLN (Persero) UIW Suluttenggo," vol. 12, no. 2, 2022, doi: 10.33322/sutet.v12i2.1869.
- [16] J. Teknologi and E. Uda, "ANALISIS PENINGKATAN KINERJA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DENGAN METODE THERMOVISI JARINGAN PT. PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU," Mar. 2020.
- [17] W. Susongko, I. N. Setiawan, and I. N. Budiastra, "Wahyu Susongko, I Nyoman Setiawan, I Nyoman Budiastra 26," 2016.
- [18] D. Pembimbing, S. Rony, S. T. Wibowo, M. T. Eng, I. Made, and Y. Negara, "(PERSERO) AREA TANJUNG KARANG MENGGUNAKAN METODE FMEA Tosa Anhar Husada NRP 2214105007."
- [19] Rizal A. Duyo, "ANALISIS PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS DI PT. PLN (PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR," *Vertex Elektro*, vol. 12, Aug. 2020.
- [20] P. Daya *et al.*, "Novendry Tenda\_1\_," *Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [21] W. F. Galla, A. S. Sampeallo, A. Lenjo, and H. Artikel, "ANALISIS TEGANGAN SALURAN TRANSMISI 70 KV PADA SISTEM TIMOR DENGAN PARAMETER ABCD Info Artikel ABSTRACT," *Jurnal Media Elektro*, 2020.



- [22] I. Hajar, E. Rahman, T. Elektro, and S. Tinggi Teknik PLN Jakarta, “KAJIAN PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU GARDU INDUK TELUK BETUNG.”
- [23] M. Sofyan, D. Dian Purnama, and A. Rokhman, “PERILAKU STRUKTUR TOWER TRANSMISI TIPE SUSPENSION TERHADAP BEBAN ANGIN,” 2018.
- [24] I. Manuaba, W. Sukerayasa, I. Made, and O. Widnya, “Studi Keandalan Penyulang 20 kV ... Manuaba, Sukerayasa,” 2004.
- [25] A. Zarei, M. Najafi Harsini, and H. Hemmati, “Loss of Load Probability Calculation by Using Monte Carlo Simulation,” 2014.
- [26] R. Oktavian, S. Rony, S. T. Wibowo, E. I. Made, and Y. Negara, “ANALYSIS OF POWER SYSTEM RELIABILITY IN BALI REGION 150KV POWER SYSTEM USING MONTE CARLO METHOD,” 2017.
- [27] I. Ardiansah, T. Pujiyanto, and I. I. Perdana, “PENERAPAN SIMULASI MONTE CARLO DALAM MEMPREDIKSI PERSEDIAAN PRODUK JADI PADA IKM BULUK LUPA,” vol. 01, [Online]. Available: <http://jurnal.unpad.ac.id/justin>
- [28] A. Fatoni, R. Seto Wibowo, A. Soeprijanto, and J. T. Elektro, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis),” *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [29] T. Arfianto and W. A. Purbandoko, “Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Dari Gangguan Faktor Alam di PT. PLN (PERSERO) Rayon Cimahi Selatan,” 2018.
- [30] T. Arfianto and W. A. Purbandoko, “Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Dari Gangguan Faktor Alam di PT. PLN (PERSERO) Rayon Cimahi Selatan,” 2018.
- [31] J. Teknologi and E. Uda, “ANALISIS PENINGKATAN KINERJA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DENGAN METODE THERMOVISI JARINGAN PT. PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU,” 2020.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Farhan Abdilah Hidayat  
 Alamat : Jln. Bustamam No. 95 Bandar Khalifah  
 Npm : 1907220089  
 Tempat/Tanggal Lahir : Bandar Khalifah, 3 April 2001  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Agama : Islam  
 Status : Belum Menikah  
 No Telepon/ Watsapp : 08116090304  
 Email : farhanabdilah034@gmail.com  
 Tinggi/Berat Badan : 180 cm / 68 kg  
 Kewarganegaraan : Indonesia

### ORANG TUA

Nama Ayah : Ramu  
 Agama : Islam  
 Nama Ibu : Hariani  
 Agama : Islam  
 Alamat : Jln. Bustamam No. 95 Bandar Khalifah

### RIWAYAT PENDIDIKAN

2006-2012 : SD Swasta Ikhwanul Muslimin  
 2012-2015 : SMP Negeri 1 Percut Sei Tuan  
 2015-2018 : MAN 2 Model Medan  
 2019-2023 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara