

**ANALISIS PENYULANG NAYAK, KAONAK, BYAK,
BALIEM, NAPUA DAN INTERKONEKSI 20 KV
BERDASARKAN KUALITAS DAYA LISTRIK DAN
KEANDALAN PELAYANAN DI JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH PT PLN (PERSERO) UP3 WAMENA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG



**DISUSUN OLEH
MUHAMMAD YUSKI FIRMANSYAH
NIM 30602200210**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

***ANALYSIS OF NAYAK, KAONAK, BYAK, BALIEM, NAPUA
AND INTERKONEKSI FEEDER 20 KV BASED ON POWER
QUALITY AND RELIABILITY AT MEDIUM VOLTAGE
NETWORK PT PLN (PERSERO) UP3 WAMENA
FINAL PROJECT***

***PROPOSED TO COMPLETE THE REQUIREMENT TO OBTAIN A
BACHELOR'S DEGREE (S1) AT DEPARTEMENT OF ELECTRICAL
ENGINEERING, FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG***



MUHAMMAD YUSKI FIRMANSYAH

NIM 30602200210

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENYULANG NAYAK, KAONAK, BYAK, BALIEM, NAPUA DAN INTERKONEKSI 20 KV BERDASARKAN KUALITAS DAYA LISTRIK DAN KEANDALAN PELAYANAN DI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PT PLN (PERSERO) UP3 WAMENA” ini disusun oleh:

Nama : Muhammad Yuski Firmansyah
NIM : 30602200210
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Jum'at
Tanggal : 25 April 2025

Pembimbing I


Arief Marwanto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM

NIDN. 0628097501

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro




Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENYULANG NAYAK, KAONAK, BYAK, BALIEM, NAPUA DAN INTERKONEKSI 20 KV BERDASARKAN KUALITAS DAYA LISTRIK DAN KEANDALAN PELAYANAN DI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PT PLN (PERSERO) UP3 WAMENA” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Jum'at

Tanggal : 25 April 2025

Tim Penguji

Tanda Tangan

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Haddin, M.T.

NIDN. 0618066301

Ketua

Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN. 0607018501

Penguji I

Arief Marwanto, ST., M.Eng., Ph.D., IPM

NIDN. 0628097501

Penguji II

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yuski Firmansyah

NIM : 30602200210

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) **Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang** dengan judul “**Analisis Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua Dan Interkoneksi 20 kV Berdasarkan Kualitas Daya Listrik dan Keandalan Pelayanan Di Jaringan Tegangan Menengah PT PLN (Persero) UP3 Wamena**”, adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 21 April 2025

Yang Menyatakan



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yuski', is written over a light blue grid background.

Muhammad Yuski Firmansyah

NIM. 30602200210

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yuski Firmansyah

NIM : 30602200210

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Ilmiah berupa tugas akhir dengan judul : **“Analisis Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua Dan Interkoneksi 20 kV Berdasarkan Kualitas Daya Listrik dan Keandalan Pelayanan Di Jaringan Tegangan Menengah PT PLN (Persero) UP3 Wamena”**. Saya memberikan izin kepada Universitas Islam Sultan Agung untuk menggunakan karya saya untuk keperluan akademis serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 21 April 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Yuski Firmansyah

NIM. 30602200210

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbilalamin segala puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wataala, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis Jaringan 20 kV berdasarkan Kualitas Daya Listrik dan Keandalan Pelayanan di Jaringan Tegangan Menengah PT PLN (Persero) UP3 Wamena” dengan lancar. Proses penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang turut membantu dan mendukung agar terselesaikannya laporan ini. Maka dari itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

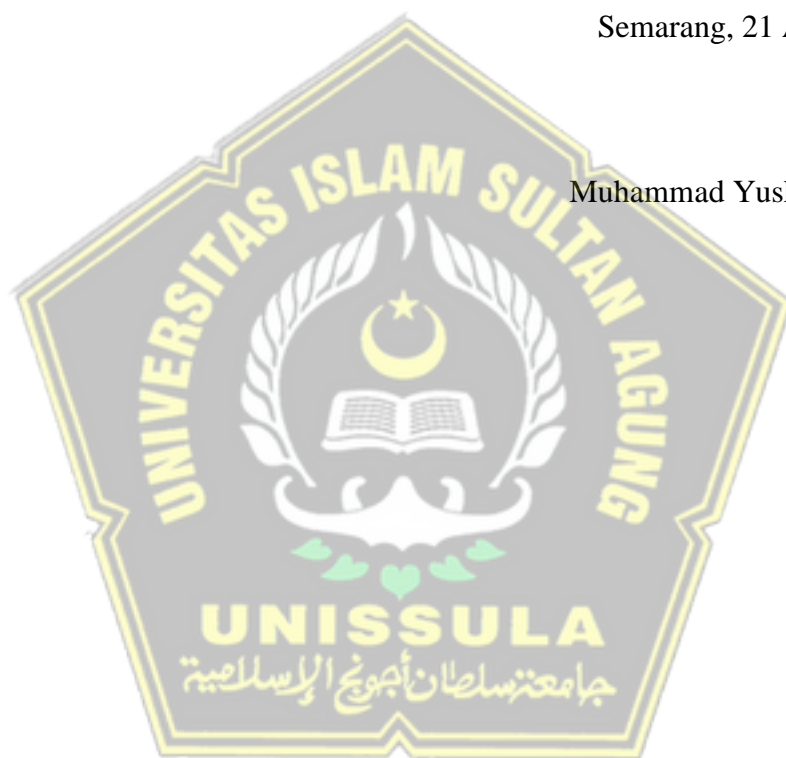
1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Dosen pembimbing saya Bapak Ir. Arief Marwanto, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM. yang telah memberikan saya dukungan dan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas bantuannya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Orang tua dan adik saya yang telah memberikan doa dan dukungan selama saya berkuliah di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Alivia Renantivani yang telah memberikan dukungan moril maupun materil
8. Teman seperjuangan saya yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Penulis memohon maaf dan terbuka terhadap semua kritik maupun saran yang membangun, agar kedepannya tugas akhir dengan judul serupa dapat menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis berharap semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis juga.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, 21 April 2025

Muhammad Yuski Firmansyah



DAFTAR ISI

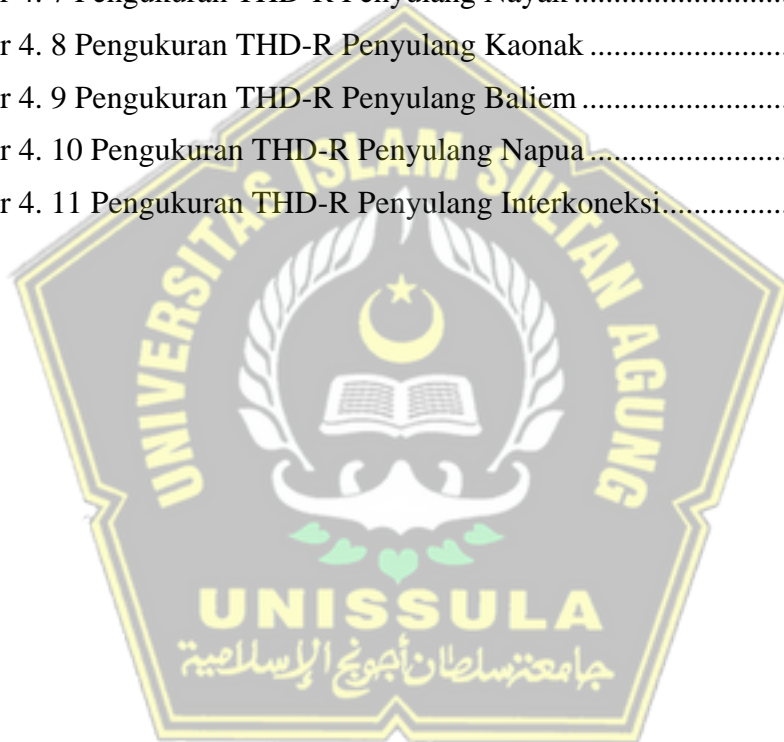
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	1
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	2
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	3
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	4
KATA PENGANTAR.....	5
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR GAMBAR.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
ABSTRAK	12
ABSTRACT	13
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Perumusan Masalah.....	15
1.3 Pembatasan Masalah.....	15
1.4 Tujuan Penelitian.....	16
1.5 Manfaat.....	17
1.6 Sistematika Penulisan.....	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	19
2.1 Tinjauan Pustaka.....	19
2.2 Landasan Teori	20
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik	20
2.2.2 Sistem Distribusi	22
2.2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi	24
2.2.4 Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah.....	26
2.2.5 Komponen Utama Jaringan Tegangan Menengah	28
2.2.6 Ruang Bebas atau <i>Right of Way</i> (ROW).....	32
2.2.7 Gangguan Pada Jaringan Distribusi	32
2.2.8 SAIDI (<i>System Average Interruption Duration Index</i>).....	33
2.1.9 SAIFI (<i>System Average Interruption Frequency Index</i>).....	33
2.2.10 CAIDI (<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>).....	34

2.2.11 MAIFI (<i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i>) ...	34
2.2.12 Aspek Kualitas Daya.....	35
2.2.13 Pemeliharaan Jaringan Distribusi.....	37
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Pendahuluan.....	40
3.2 Deskripsi Model Penelitian Gabungan	40
3.3 Tahapan Penelitian.....	40
3.4 Teknik Pengumpulan Data	41
3.5 Diagram Alir.....	41
3.6 Analisa Data	42
3.7 Data.....	43
BAB IV HASIL DAN ANALISA	62
4.1 Pengaruh Tantangan Geografis dan Kondisi Iklim terhadap Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV	62
4.1.1 Kondisi Geografis dan Iklim Provinsi Papua Pegunungan.....	62
4.1.2 Dampak terhadap Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV	64
4.2 Identifikasi SAIFI, SAIDI, CAIDI dan MAIFI	65
4.2.1 Data Tahun 2023.....	65
4.2.2 Data Tahun 2024.....	68
4.3 Identifikasi Hasil Pengukuran Frekuensi dan <i>Total Harmonic Distortion</i>	71
4.4 Saran Pekerjaan Pemeliharaan Untuk Meningkatkan Tingkat Keandalan dan Kualitas Daya.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik.....	21
Gambar 2. 2 Blok Diagram Sistem Tenaga Listrik.....	21
Gambar 2. 3 Jaringan Tegangan Menengah.....	23
Gambar 2. 4 Trafo Distribusi	23
Gambar 2. 5 Jaringan Tegangan Rendah	24
Gambar 2. 6 Konfigurasi Jaringan Radial.....	25
Gambar 2. 7 Konfigurasi Jaringan Loop.....	25
Gambar 2. 8 Konfigurasi Jaringan Grid.....	26
Gambar 2. 9 Saluran Udara Tegangan Menengah	27
Gambar 2. 10 Kabel Udara Tegangan Menengah.....	27
Gambar 2. 11 Kabel Tanah Tegangan Menengah.....	28
Gambar 2. 12 Penghantar Telanjang.....	28
Gambar 2. 13 AAAC-S.....	29
Gambar 2. 14 Penghantar Berisolasi Penuh.....	29
Gambar 2. 15 Jenis-jenis isolator tumpu.....	30
Gambar 2. 16 Jenis-jenis isolator Tarik	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian [Dokumen Pribadi]	41

Gambar 4. 1 Peta Topografi Provinsi Papua Pegunungan	63
Gambar 4. 2 Pengukuran Frekuensi Penyulang Nayak.....	72
Gambar 4. 3 Pengukuran Frekuensi Penyulang Kaonak.....	72
Gambar 4. 4 Pengukuran Frekuensi Penyulang Baliem.....	73
Gambar 4. 5 Pengukuran Frekuensi Penyulang Napua.....	73
Gambar 4. 6 Pengukuran Frekuensi Penyulang Interkoneksi	74
Gambar 4. 7 Pengukuran THD-R Penyulang Nayak	74
Gambar 4. 8 Pengukuran THD-R Penyulang Kaonak	74
Gambar 4. 9 Pengukuran THD-R Penyulang Baliem	75
Gambar 4. 10 Pengukuran THD-R Penyulang Napua	75
Gambar 4. 11 Pengukuran THD-R Penyulang Interkoneksi.....	75



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Tiang Besi Baja Untuk SUTM	31
Tabel 2. 2 Spesifikasi Tiang Beton Untuk SUTM	31
Tabel 2. 3 Jarak aman SUTM	32
Tabel 2. 4 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan SPLN: 68-2 Tahun 1986	34
Tabel 2. 5 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan IEEE 1366:2012	34
Tabel 2. 6 Batas maksimum harmonisa arus	37
Tabel 2. 7 Batas maksimum harmonisa tegangan	37
Tabel 3. 1 Tabel Panjang Penyulang dan Jenis Penghantar	44



ABSTRAK

Di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena, sistem distribusi masih menggunakan konfigurasi radial yang memiliki kelemahan pada kontinuitas layanan dan keandalan penyulang pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dengan tantangan geografis dan iklim ekstrem di Provinsi Papua Pegunungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keandalan Penyulang Kaonak, Penyulang Nayak, Penyulang Baliem, penyulang Byak, Penyulang Napua, dan Penyulang Interkoneksi melalui perhitungan indeks SAIDI, SAIFI, CAIDI, dan MAIFI berdasarkan standar SPLN: 68-2 Tahun 1986 dan IEEE 1366-2012. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hampir seluruh penyulang pada tahun 2023 dan sebagian pada tahun 2024 masih belum memenuhi standar SAIDI dan SAIFI menurut SPLN 68-2:1986 (Maksimal SAIDI 0,35 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun) dan IEEE 1366:2012 (Maksimal SAIDI 3,3 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI 1,5 kali/pelanggan/tahun) meskipun terjadi perbaikan signifikan pada tahun 2024, sementara indeks CAIDI seluruh penyulang masih berada dalam batas wajar sesuai kedua standar SPLN 68-2:1986 (Maksimal 0,3 jam/pelanggan/tahun) dan IEEE 1366:2012 (Maksimal 2 jam/pelanggan/tahun). Sedangkan indeks MAIFI belum dapat dihitung karena keterbatasan kinerja peralatan *recloser*. Selain itu, kualitas frekuensi masih dalam batas standar (50,2-50,3 Hz) sesuai Permen ESDM No. 20 Tahun 2020, tetapi distorsi harmonik total (THD) penyulang tidak sesuai dengan standar dengan nilai keseluruhan $\geq 5\%$. Permasalahan utama pada keandalan jaringan di wilayah ini disebabkan oleh topografi yang berat, aksesibilitas terbatas, serta kondisi alam dan keamanan yang mempersulit proses penanganan gangguan. Rekomendasi berupa pemeliharaan dan optimalisasi material distribusi utama menjadi solusi potensial untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi dan kualitas pelayanan listrik di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena. **Kata Kunci :** *Jaringan Tegangan Menengah, SAIDI, SAIFI, CAIDI, MAIFI, Keandalan, THD, Frekuensi*

ABSTRACT

In the working area of PT PLN (Persero) UP3 Wamena, the distribution system still uses a radial configuration which has weaknesses in the continuity of service and reliability of feeders on the 20 kV Medium Voltage Network with extreme geographical and climate challenges in the Papua Mountains Province. This study aims to analyze the reliability level of the Kaonak Feeder, Nayak Feeder, Baliem Feeder, Byak Feeder, Napua Feeder, and Interconnection Feeder through the calculation of the SAIDI, SAIFI, CAIDI, and MAIFI indices based on the SPLN standards: 68-2 Year 1986 and IEEE 1366-2012. The calculation results show that almost all feeders in 2023 and some in 2024 still do not meet the SAIDI and SAIFI standards according to SPLN 68-2:1986 (Maximum SAIDI 0.35 hours/customer/year and SAIFI 3.2 times/customer/year) and IEEE 1366:2012 (Maximum SAIDI 3.3 hours/customer/year and SAIFI 1.5 times/customer/year) although there was a significant improvement in 2024, while the CAIDI index of all feeders is still within reasonable limits according to both standards SPLN 68-2:1986 (Maximum 0.3 hours/customer/year) and IEEE 1366:2012 (Maximum 2 hours/customer/year). Meanwhile, the MAIFI index cannot be calculated due to the limited performance of the recloser equipment. In addition, the frequency quality is still within the standard limits (50.2-50.3 Hz) according to ESDM Regulation No. 20 of 2020, but the total harmonic distortion (THD) of the feeder does not comply with the standard with an overall value of $\geq 5\%$. The main problems with network reliability in this area are caused by difficult topography, limited accessibility, and natural and security conditions that complicate the process of handling disturbances. Recommendations in the form of maintenance and optimization of the main distribution material are potential solutions to improve the reliability of the distribution system and the quality of electricity services in the work area of PT PLN (Persero) UP3 Wamena

Keywords: Medium Voltage 20 kV Feeder, Reliability Indices, SAIDI, SAIFI, CAIDI, MAIFI, Total Harmonic Distortion, Power Quality, Distribution System

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV mempunyai peran krusial dalam proses distribusi tenaga listrik, karena menjadi jalur utama sebelum energi listrik dikonversi tegangannya dari 20 kV ke 380–220 Volt dan disalurkan ke pelanggan melewati jaringan tegangan rendah. Konfigurasi JTM terdiri dari beberapa tipe, antara lain *radial*, *loop*, dan *grid*[1]. Salah satu konfigurasi yang umum digunakan khususnya di wilayah dengan kepadatan beban rendah adalah sistem *radial*. Konfigurasi ini memiliki keunggulan dalam kesederhanaan teknis dan biaya instalasi yang relatif rendah. Namun, kelemahan utama dari sistem *radial* adalah tingkat keandalan yang rendah. Jika terjadi gangguan terutama di dekat sumber, maka seluruh beban pada saluran tersebut akan terdampak sehingga kontinuitas pelayanan tidak terjamin.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya tingkat gangguan yang menyebabkan terganggunya suplai listrik kepada pelanggan. Hal ini disebabkan oleh penggunaan konfigurasi *radial* dengan satu aliran daya dan tidak memiliki konfigurasi cadangan apabila terjadi gangguan. Dampaknya dapat dilihat dari nilai indeks keandalan seperti SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), yang menunjukkan durasi dan frekuensi gangguan yang dialami pelanggan dalam satu tahun. Nilai SAIDI dan SAIFI yang tinggi mencerminkan kualitas layanan yang rendah serta menurunnya kepuasan pelanggan.

Kondisi sosial dan geografis di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena yang tersebar di beberapa kabupaten di Provinsi Papua Pegunungan turut memperburuk permasalahan ini. Medan yang sulit dijangkau dan penyebaran beban yang tidak merata menyulitkan upaya pemeliharaan dan peningkatan sistem distribusi.

Sebagai solusi, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat keandalan Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena dengan menggunakan parameter SAIDI, SAIFI, CAIDI, dan MAIFI berdasarkan standar SPLN: 68-2 Tahun 1986 dan IEEE 1366-2012. Hasil perhitungan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis gangguan yang kerap terjadi serta menganalisis kualitas daya melalui pengukuran frekuensi dan *Total Harmonic Distortion* (THD). Berdasarkan data tersebut, dapat disusun rekomendasi pemeliharaan preventif dan korektif yang tepat guna peningkatan kualitas layanan pelanggan.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana tantangan geografis dan kondisi iklim cuaca di Provinsi Papua Pegunungan dalam lingkungan kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena dapat mempengaruhi keandalan jaringan tegangan menengah 20 kV?
2. Bagaimana mengidentifikasi SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena berdasarkan standar yang berlaku ?
3. Bagaimana mengidentifikasi aspek-aspek kualitas daya seperti frekuensi dan *total harmonic distortion* dibandingkan dengan standar yang berlaku?
4. Bagaimana langkah yang harus dilakukan untuk memperbaiki tingkat keandalan Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena setelah menganalisa tingkat keandalannya dan data gangguannya?

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penyusunan penelitian ini, Ada beberapa batasan terhadap penelitian, yaitu:

1. Pembahasan analisa perbandingan hanya pada sisi perhitungan indeks, pengumpulan data penyebab gangguan dan saran pekerjaan pemeliharaan yang

bersifat operasional (non-investasi) setelah dilakukan analisa indeks keandalan dan penyebab gangguan.

2. Batasan lingkup penelitian hanya pada Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena.
3. Data yang diambil merupakan data histori gangguan sepanjang Tahun 2023 dan 2024.
4. Data yang dianalisa sebatas frekuensi gangguan, durasi gangguan dan pelanggan terdampak untuk selanjutnya dihitung menggunakan rumus SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI.
5. Data aspek kualitas daya yang diambil hanya berupa data frekuensi dan *total harmonic distortion* (THD).
6. Pengambilan data melalui Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu (APKT) yang hanya meliputi penyebab gangguan, durasi, waktu gangguan, tanggal gangguan, jumlah pelanggan terdampak, nama penyulang terdampak dan tidak dilakukan pengukuran secara langsung terhadap kualitas daya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai Berikut:

1. Mengetahui indeks atau tingkat keandalan Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena menggunakan rumus perhitungan SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI berdasarkan Buku SPLN : 68-2 Tahun 1986 dan Standar IEEE 1366-2012.
2. Mengidentifikasi kualitas daya listrik dan variabel atau faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas daya listrik.
3. Mengidentifikasi jenis-jenis penyebab gangguan yang terjadi di Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena dalam rentang tahun 2023 dan 2024 di wilayah kerja PLN UP3 Wamena berdasarkan analisis historis.
4. Menyusun rekomendasi teknis pekerjaan operasional untuk meningkatkan nilai keandalan penyulang.

1.5 Manfaat

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan kebermanfaatan dalam pengembangan ilmu sistem distribusi ketenagalistrikan mengenai analisa tingkat keandalan penyulang 20 kV.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan mengoptimalkan kinerja perusahaan dalam proses penyusunan rencana kerja pemeliharaan di Tahun 2025 sesuai dengan data gangguan serta perhitungan tingkat keandalan Penyulang Nayak, Kaonak, Byak, Baliem, Napua dan Interkoneksi di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Wamena. Pemilihan pekerjaan pemeliharaan yang tepat sasaran ini dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi anggaran operasional PLN, efisiensi biaya pemeliharaan jaringan dengan tetap memprioritaskan peningkatan kualitas pelayanan dan keandalan jaringan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan.

b. Masyarakat

Hasil dari penelitian ini menjadi kebermanfaatan bagi masyarakat luas khususnya masyarakat di daerah 3T agar sama-sama bisa menikmati kualitas hidup yang sama seperti masyarakat di kota-kota besar dalam sisi kelistrikan, masyarakat dapat menikmati langsung kualitas pelayanan dan keandalan jaringan distribusi yang semakin meningkat.

1.6 Sistematika Penulisan

Memberi gambaran mengenai masing-masing bab dari laporan ini. Berikut sistematika penulisan laporan tugas akhir ini :

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan jurnal dan penelitian terdahulu yang memiliki permasalahan ataupun metode untuk digunakan sebagai acuan pada penelitian yang akan dilakukan. Selain itu, pada bab ini memuat dasar-dasar teori yang digunakan untuk menunjang pembahasan yang akan dilakukan.

BAB III: METODE PENELITIAN

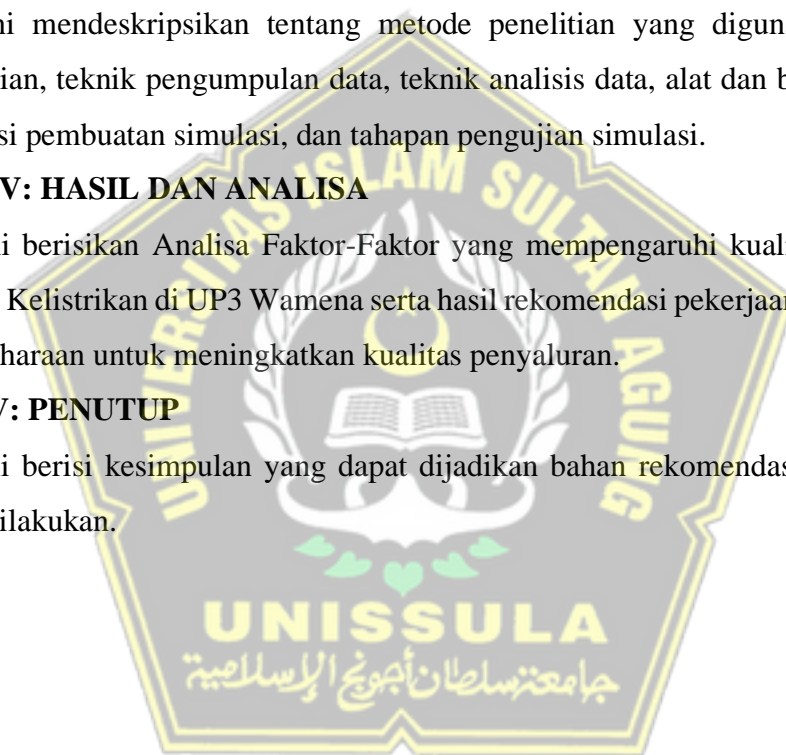
Bab ini mendeskripsikan tentang metode penelitian yang digunakan, tahapan penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, alat dan bahan, tahapan realisasi pembuatan simulasi, dan tahapan pengujian simulasi.

BAB IV: HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisikan Analisa Faktor-Faktor yang mempengaruhi kualitas keandalan Sistem Kelistrikan di UP3 Wamena serta hasil rekomendasi pekerjaan yang bersifat pemeliharaan untuk meningkatkan kualitas penyaluran.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat dijadikan bahan rekomendasi dari analisis yang dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan referensi terdahulu. Namun, penulis menambahkan sebuah analisa jenis gangguan sebagai saran kepada PT PLN (Persero) khususnya Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Wamena untuk menambahkan prioritas pekerjaan pemeliharaan jaringan tegangan menengah dari dasar perhitungan SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI serta membandingkan kualitas aspek daya berupa frekuensi dan *total harmonic distortion* disesuaikan dengan standar yang berlaku. Hal ini bertujuan agar pekerjaan yang bersifat pemeliharaan di Tahun 2025 dapat tepat sasaran dalam rangka peningkatan kualitas pelayanan terhadap pelanggan.

Beberapa acuan penelitian sebelumnya yang memiliki kaitan dengan penilitan ini adalah sebagai berikut :

Sistem Ketenagalistrikan terdiri dari beberapa sistem. Diantaranya adalah sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Sistem Distribusi bekerja pada tegangan 20 kV hingga 380/220 V sampai ke pelanggan-pelanggan. Sistem distribusi di bedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder. Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah. Penggunaannya disesuaikan dengan tingkat keandalan yang diinginkan, kondisi serta situasi lingkungan.[1]

Impelementasi jaringan sistem distribusi disesuaikan dengan kondisi geografis serta kepadatan pelanggan di tempat jaringan tersebut dibangun. Terdapat beberapa jenis konfigurasi Jaringan Sistem Distribusi pada Teganagan Menengah (TM) 20 kV. Diantaranya adalah Jaringan *Radial*, Jaringan *Loop* dan Jaringan *Spindel*[2]. Dalam penyaluran ketenagallistrikan tentu pasti terjadi kegagalan penyaluran atau padam penghentian aliran listrik. Pemadaman dalam sistem kelistrikan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu padam terencana. Pemadaman terencana

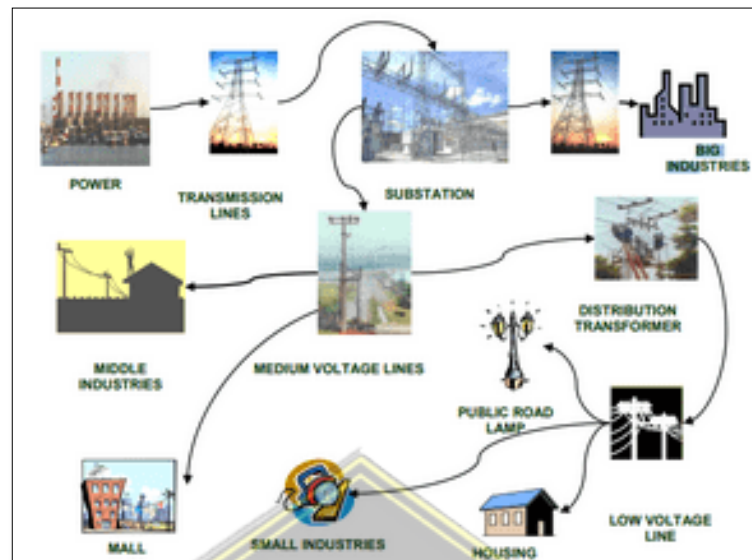
adalah pemadaman yang sudah direncanakan oleh PLN dengan tujuan peningkatan keandalan jaringan. Contohnya pemeliharaan trafo, uprating trafo, re-konduktoring, penggantian isolator, perbaikan tiang miring, perbaikan travers miring dan lain sebagainya. Sedangkan pemadaman yang tidak terencana merupakan pemadaman yang disebabkan adanya arus hubung singkat pada sistem kelistrikan. Arus hubung singkat ini dapat disebabkan oleh alam maupun kegagalan sistem/peralatan kelistrikan yang tidak direncanakan. Gangguan ini dapat berupa arus hubung singkat fasa-fasa atau fasa-tanah. Penyebab gangguan tersebut dapat disebabkan karena faktor alam, kegagalan sistem maupun kecelakaan masyarakat umum (KMU)[2].

SAIDI merupakan nilai indeks rata-rata gangguan terhadap konsumen dalam sepanjang tahun. Durasi gangguan pemadaman dinyatakan per jam. Sedangkan SAIFI merupakan jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu. Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan di dalam kurun waktu satu tahun jumlah pelanggan yang sudah dilayani pada jaringan tersebut.[3] CAIDI merupakan nilai indeks rata-rata durasi gangguan yang dialami pelanggan per tahunnya. Sedangkan MAIFI adalah rata-rata gangguan sesaat yang dialami pelanggan[1].

2.2 Landasan Teori

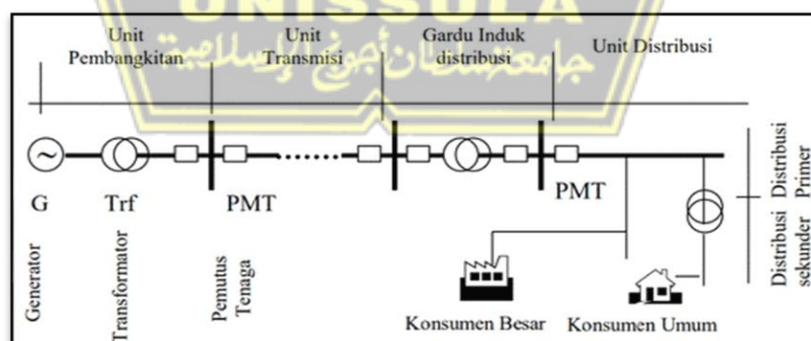
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan atau gabungan yang terdiri dari komponen-komponen listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik[4]

Pada umumnya listrik dibangkitkan di tempat tertentu yang jauh dari pelanggan, sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar di berbagai tempat. Dengan demikian maka penyaluran tenaga listrik dari tempat dibangkitkannya yang disebut pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan membutuhkan berbagai penanganan teknis. Dengan menggunakan blok diagram sistem tenaga listrik dapat dilihat seperti gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Blok Diagram Sistem Tenaga Listrik[4]

Dalam sistem tenaga listrik terdiri atas lima sub sistem utama, yaitu: pusat pembangkit, jaringan transmisi, gardu induk, jaringan distribusi, dan beban. Pada pusat pembangkit terdapat generator dan transformator penaik tegangan (*step-up*

transformer). Pada umumnya generator membangkitkan daya listrik dengan tegangan rata-rata 11 kV hingga 24 kV. Setelah melalui transformator penaik tegangan, energi listrik dinaikan tegangannya menjadi 70 kV, 150 kV hingga 500 kV. Pada jaringan transmisi tegangan dinaikan untuk memperkecil arus yang akan berpengaruh pada luas penampang konduktor. Dengan demikian saluran transmisi bertegangan tinggi akan membawa aliran arus yang rendah dan dapat mengurangi rugi-rugi tegangan tinggi yang dikirim melewati saluran transmisi akan menuju pusat-pusat beban yang kemudian tegangan tersebut akan diturunkan lagi melalui transformator tenaga (*step-down transformer*) yang ada pada gardu induk menjadi tegangan menengah yaitu 20 kV masuk ke jaringan distribusi dan terakhir tegangan akan diturunkan lagi pada jaringan distribusi melalui gardu tiang trafo menjadi tegangan rendah 220/380 V. Untuk jenis konsumennya terdiri dari konsumen tegangan tinggi pada tegangan 70 kV atau 150 kV, konsumen tegangan menengah pada tegangan 20 kV dan konsumen tegangan rendah pada tegangan 220/380V.

2.2.2 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi adalah seluruh kesatuan dari beberapa peralatan listrik yang saling terhubung atau terkoneksi satu sama lain dengan tujuan mendistribusikan tenaga listrik dari sumber berupa gardu induk maupun pembangkit hingga ke sisi pelanggan atau beban melalui jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR). Pendistribusian tenaga listrik ini memiliki jumlah daya yang cukup (tidak defisit) dengan tetap memperhatikan keandalan dan keamanan distribusi tenaga listrik[5].

Sistem Distribusi dikelompokkan menjadi dua bagian, antara lain :

a. Distribusi Primer

Distribusi Primer merupakan jaringan distribusi tegangan menengah dengan tegangan nominal 20 kV yang berasal dari *outgoing* trafo tenaga di Gardu Induk 150 kV yang disalurkan melalui saluran udara maupun saluran kabel tegangan menengah dan diturunkan oleh trafo *step down* ke konsumen[5].



Gambar 2. 3 Jaringan Tegangan Menengah [Dokumen Pribadi]



Gambar 2. 4 Trafo Distribusi [Dokumen Pribadi]

b. Distribusi Sekunder

Distribusi Sekunder merupakan jaringan distribusi tegangan rendah dengan tegangan nominal 380/220 Volt yang berasal dari trafo distribusi dan disalurkan melalui jaringan tegangan rendah, saluran rumah hingga berujung ke kWh meter pelanggan[5].



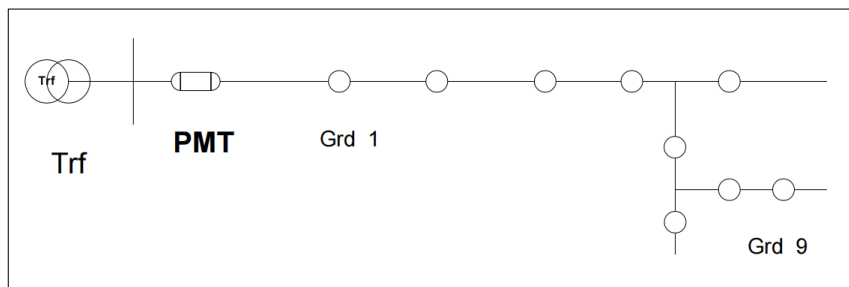
Gambar 2. 5 Jaringan Tegangan Rendah [Dokumen Pribadi]

2.2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Konfigurasi jaringan distribusi primer di dalam sistem distribusi menentukan kualitas kontinuitas pelayanan yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan. Adapun jenis konfigurasinya sebagai berikut :

a. Sistem Radial

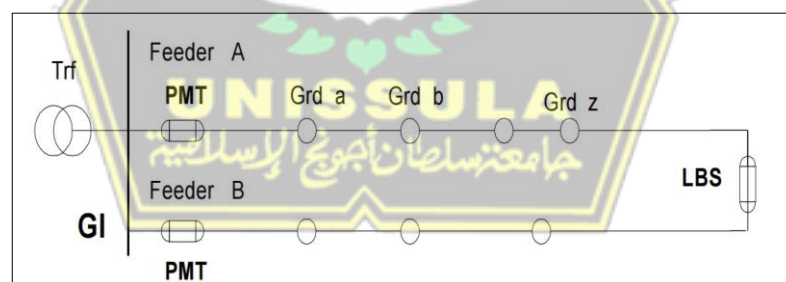
Sistem radial merupakan konfigurasi jaringan distribusi primer yang setiap saluran hanya dapat mendistribusikan daya dari satu aliran saja. Konfigurasi ini biasanya diterapkan pada daerah dengan tingkat kompleksitas beban atau pelanggan yang masih sedikit. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah tingkat kesulitan serta biaya pembangunan jaringan distribusi cukup rendah. Sedangkan kelemahan dari konfigurasi radial adalah tingkat kualitas keandalan atau kontinuitas pelayanan yang masih rendah apabila terjadi gangguan. Hal ini karena beban disuplai dari satu saluran dan satu sumber saja. Jika gangguan terjadi di dekat sumber, besar kemungkinan terjadi kegagalan penyaluran di satu sistem tersebut.[6]



Gambar 2. 6 Konfigurasi Jaringan Radial[4]

b. Sistem *Loop*

Sistem *loop* merupakan konfigurasi jaringan yang bermula dari sumber daya lalu disalurkan melalui saluran menuju ke beban-beban di dalam sistem tersebut dan kembali lagi ke titik rel daya semula. Konfigurasi jenis *loop* ini dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan pelayanan serta kontinuitas cukup baik. Konfigurasi ini lebih baik dari segi tingkat keandalannya dibandingkan konfigurasi radial karena gangguan dapat dilokalisir sekecil mungkin. Hal ini dapat dilakukan karena kedua ujung penyulang saling terhubung sehingga kontinuitas pelayanan dapat berjalan dengan maksimal[6].

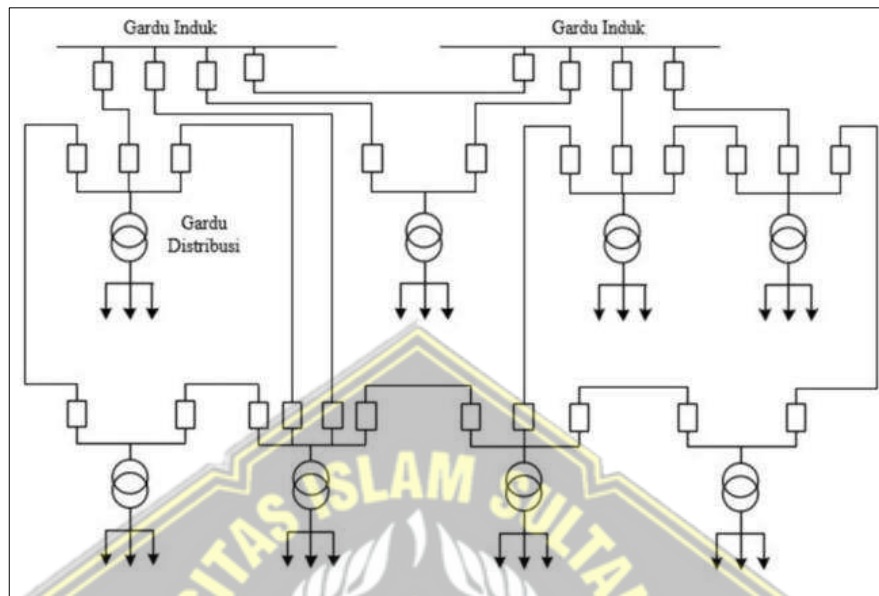


Gambar 2. 7 Konfigurasi Jaringan Loop [4]

c. Sistem *Grid*

Sistem jaringan distribusi dengan pola *grid* memiliki beberapa rel daya yang terhubung dengan penyulang. Setiap gardu distribusi bisa menerima daya dari satu rel atau ke rel lain. Keuntungan dari konfigurasi jaringan ini adalah kontinuitas penyaluran jauh lebih baik dibandingkan dengan sistem radial

maupun *loop*. Gambar 8.8 di bawah ini merupakan gambar konfigurasi jaringan dengan sistem grid.



Gambar 2. 8 Konfigurasi Jaringan Grid[4]

2.2.4 Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan tegangan menengah berdasarkan konstruksinya dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis konstruksi, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

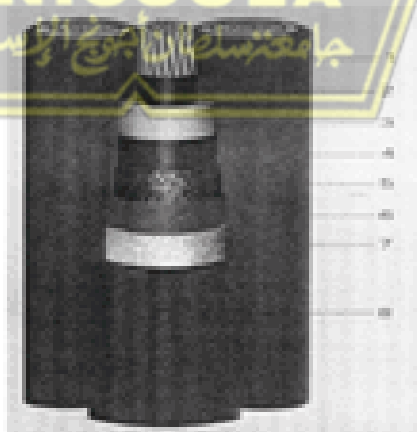
Jenis konstruksi ini adalah jenis konstruksi paling banyak dipakai karena biaya Pembangunan tergolong murah. Ciri utama dari jenis ini adalah penggunaan penghantar telanjang dengan penopang isolator di tiang beton atau tiang besi. Penggunaan penghantar telanjang pada SUTM harus tetap memperhatikan ruang bebas atau *Right of Way* (ROW). Selain menggunakan penghantar telanjang, SUTM ini juga dapat menggunakan penghantar isolasi setengah berjenis AAAC-S (*half insulated single core*). AAAC-S tidak menjamin terhadap tegangan sentuh namun dapat meminimalisir resiko gangguan sementara khususnya akibat ranting pohon.[7]



Gambar 2. 9 Saluran Udara Tegangan Menengah [Dokumen Pribadi]

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Seperti halnya dengan SUTM, desain konstruksi SKUTM sama dengan SUTM. Perbedaannya hanya pada penghantar yang digunakan. Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik karena menggunakan penghantar berisolasi penuh yang dipilin. Isolasi penghantar tiap-tiap fasanya tidak perlu ditambah dengan pelindung mekanis. Dengan kabel yang dipilin, maka berat penghantar juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis tiang yang akan digunakan[7].



Gambar 2. 10 Kabel Udara Tegangan Menengah [7]

3. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Penggunaan jenis konstruksi kabel tanah ini adalah sebagai upaya peningkatan kualitas pendistribusian tenaga listrik. Jenis konstruksi SKTM dapat memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal. Yang termasuk dalam kelompok SKTM adalah sebagai berikut :

- a. SKTM bawah tanah – *underground MV cable*
- b. SKTM laut – *submarine MV cable*



Gambar 2. 11 Kabel Tanah Tegangan Menengah [7]

2.2.5 Komponen Utama Jaringan Tegangan Menengah

1. Penghantar

Penghantar adalah suatu material yang memiliki sifat sebagai konduktor dan berfungsi menghantarkan listrik. Berikut ini merupakan jenis-jenis penghantar, antara lain :

a. Penghantar Telanjang (*Bare Conductor*)

Penghantar ini berbahan utama tembaga (Cu) atau Aluminium (Al) yang dipilin bulat padat sesuai dengan Standar PLN 42-10 : 1986 dan Standar PLN 74 : 1987. Pemilihan penghantar telanjang diantaranya adalah AAC atau AAAC (*All Alloy Aluminium Cable*) yang berbahan aluminium.



Gambar 2. 12 Penghantar Telanjang [7]

b. Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S (*Half insulated single core*)

Merupakan sebuah konduktor berbahan utama aluminium yang diisolasi dengan material XLPE dengan batas tegangan 6 kV.



Gambar 2. 13 AAAC-S [7]

c. Penghantar Berisolasi Penuh (*Three Single Core*)

Penghantar ini memiliki isolasi di setiap fasanya berupa XPLE dan diisolasi kembali dengan PVC. Penghantaar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh [7].






Gambar 2. 14 Penghantar Berisolasi Penuh [7]

2. Isolator

Isolator merupakan bahan yang tidak mengalirkan listrik dan memiliki tingkat isolasi lebih tinggi dibandingkan konduktor atau penghantar. Bahan yang digunakan dalam pembuatan isolator adalah kaca, keramik dan polimer. Pada jaringan SUTM, Isolator pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang/*travers* dibedakan untuk jenis konstruksinya adalah :

a. Isolator Tumpu

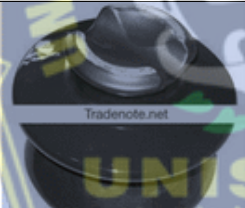

Isolator ini berfungsi sebagai tumpuan atau *suspension* konduktor pada tiang. Berikut jenis-jenis isolator tumpu.

<i>Pin Isolator</i>	<i>Pin Post Isolator</i>	<i>Line Post Isolator</i>
		

Gambar 2. 15 Jenis-Jenis Isolator Tumpu [7]

b. Isolator Tarik

Isolator Tarik ini berfungsi sebagai penarik atau *tension* konduktor pada tiang. Berikut merupakan jenis-jenis isolator tarik.

Piringan	<i>Long Rod</i>
	

Gambar 2. 16 Jenis-Jenis Isolator Tarik [7]

3. Tiang

Merupakan bahan yang terbuat baik dari kayu, besi maupun beton yang berfungsi sebagai penopang *travers*, konduktor dan isolator. Berikut ini merupakan jenis-jenis tiang berdasarkan bahannya.

- Tiang Kayu
- Tiang Besi
- Tiang Beton

Spesifikasi teknis tiang besi baja dalam pemilihan yang akan digunakan berdasarkan pada Standar PLN 54 : 1983 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Tiang Besi Baja Untuk SUTM

Beban Kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	114,3	165,2	190,7	216,3	267,4
	B	-	165,2	190,7	267,4	318,5	355,6
	A	-	190,7	267,4	318,5	355,6	406,4
Tebal Pipa (mm)	C	-	5,6	4,5	4,5	6	6
	B	-	6	7	8	8	8
	A	-	7	7	9	8	12
Panjang bagian-bagian tiang (mm)	C	-	2500	2500	2500	2500	2500
	B	-	2500	2500	2500	2500	2500
	A	-	6000	6000	6000	6000	6000
Lenturan pada beban kerja (mm)		-	196	144	142	108	106
Tebal selongsong (mm)		-	7	7	9	8	12
Panjang selongsong (mm)		-	600	600	600	600	600
Berat tiang (kg)		-	306	446	564	700	973

Spesifikasi teknis tiang beton bulat tipe tubular dalam pemilihan yang akan digunakan sesuai Standar PLN 93 : 1991 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Tiang Beton Untuk SUTM

Panjang (m)	Tinggi titik tumpu/batas tanam (m)	Diameter (m)	Beban kerja (daN)
9	1,5	15,7	100
		15,7	200
		19	350
		19	500
		22	800
		22	1200
11	1,9	19	200
		19	350
		19	500
		22	800
		22	1200
12	2	19	200
		19	350
		19	500
		22	800
		22	1200

2.2.6 Ruang Bebas atau *Right of Way* (ROW)

Jarak aman merupakan jarak antara bagian yang bertegangan/fasa terhadap objek disekeliling fasa tersebut baik secara mekanis maupun elektromagnetis yang tidak memberikan pengaruh pada sistem. Berikut ini merupakan jarak aman ruang bebas baik secara vertikal maupun horizontal terhadap SUTM. [7]

Tabel 2. 3 Jarak aman SUTM

No	Uraian	Jarak Aman
1	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2	Balkon rumah	$\geq 2,5$ meter
3	Atap rumah	≥ 2 meter
4	Dinding bangunan	$\geq 2,5$ meter
5	Antena TV, radio, Menara	$\geq 2,5$ meter
6	Pohon	$\geq 2,5$ meter
7	Lintasan Kereta Api	≥ 2 meter dari atap KA
8	<i>Underbuilt</i> Tegangan Menengah – Tegangan Menengah	≥ 1 meter
9	<i>Underbuilt</i> Tegangan Menengah – Tegangan Rendah	≥ 1 meter

2.2.7 Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Dalam operasi penyaluran atau distribusi tenaga listrik pasti terjadi kegagalan penyaluran atau *fault*. *Fault* merupakan sebuah keadaan dari sistem penyaluran yang tidak seharusnya / tidak normal. *Fault* yang sering terjadi pada jaringan distribusi yaitu internal *fault* sistem dan eksternal sistem. *Fault* yang berasal dari internal sistem dapat disebabkan karena kegagalan operasi dari peralatan listrik yang digunakan. Sedangkan eksternal *fault* sistem merupakan gangguan yang disebabkan oleh faktor di lingkungan sekitar sistem tersebut. Contohnya seperti sambaran petir, pohon tumbang, tiang roboh karena faktor alam, manusia, binatang, dan lain-lain.[8] Gangguan pada sistem distribusi dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

a. Berdasarkan lama gangguan

- Gangguan Permanen

Gangguan yang disebabkan dari kegagalan operasi peralatan listrik pada sistem. Gangguan ini dapat dinormalkan jika peralatan yang terganggu sudah dinormalkan kembali.

- Gangguan Temporer

Gangguan yang disebabkan dari luar sistem seperti sentuhan ranting pohon maupun binatang yang bersifat sementara. Gangguan ini dapat dinormalkan kembali otomatis oleh peralatan yang disebut recloser sesuai dengan settingnya.

b. Berdasarkan Jenis Gangguan

- Gangguan satu fasa ke tanah
- Gangguan dua fasa ke tanah
- Gangguan fasa ke fasa
- Gangguan tiga fasa ke tanah

2.2.8 SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) adalah sebuah perhitungan indeks keandalan yang merupakan jumlah perkalian lama padam dikali pelanggan terdampak padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara matematika dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$SAIDI = \frac{\sum (U_i \times N_i)}{\sum N} \quad (2.1)$$

Keterangan :

U_i : Waktu padam pelanggan dalam periode tertentu pada titik I (Jam/Tahun)

N_i : Jumlah pelanggan terdampak padam pada titik i

N : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik i.

2.1.9 SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) merupakan suatu indeks keandalan yang didapatkan dari perhitungan perkalian frekuensi padam dan

pelanggan yang terdampak padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$SAIFI = \frac{\sum Ni}{N} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Ni : Jumlah pelanggan terdampak padam

N : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik i.

2.2.10 CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

CAIDI adalah indeks lama waktu terjadinya gangguan secara rata-rata per tahun yang dialami oleh pelanggan terdampak gangguan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (2.3)$$

2.2.11 MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*)

Momentary Average Interruption Frequency Index (MAIFI) adalah indeks dari perhitungan rata-rata gangguan sesaat yang dialami pelanggan.

$$MAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Terdampak gangguan Sesaat}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (2.4)$$

Tabel 2. 4 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan SPLN 68-2:1986

No	Indeks	Deskripsi	Standar Maksimal
1	SAIFI	<i>System Average Interruption Frequency Index</i>	3,2 kali/pelanggan/tahun
2	SAIDI	<i>System Average Interruption Duration Index</i>	0,35 jam/pelanggan/tahun
3	CAIDI	<i>Customer Average Interruption Duration Index (SAIDI / SAIFI)</i>	0,3 jam/gangguan (ideal dari rasio)
4	MAIFI	<i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i>	Tidak diatur secara eksplisit

Tabel 2. 5 Standar Indeks Keandalan Berdasarkan IEEE 1366:2012

No	Indeks	Deskripsi	Standar Maksimal
1	SAIFI	System Average Interruption Frequency Index	1.1 - 1,5 Kali/pelanggan/tahun

2	SAIDI	System Average Interruption Duration Index	1.5 - 3,3 Jam/pelanggan/tahun
3	CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index (SAIDI / SAIFI)	1,5 - 2 Jam/pelanggan/tahun
4	MAIFI	Momentary Average Interruption Frequency Index	Tidak Diatur secara eksplisit

2.2.12 Aspek Kualitas Daya

1. Frekuensi

Frekuensi memiliki peranan penting dalam aspek pemenuhan kualitas daya. Di Indonesia menggunakan frekuensi 50 Hz. Sesuai dengan standarnya, batas standar (50,2–50,3 Hz), sesuai dengan Permen ESDM No. 20 Tahun 2020

2. Drop Tegangan

Drop Tegangan atau tegangan jatuh merupakan ukuran gaya listrik antara dua titik yang menggerakkan arus atau besarnya rugi-rugi tegangan yang terjadi pada seluruh atau Sebagian sirkit yang disebabkan karena impedansi. Besaran tegangan dapat mempengaruhi kualitas daya yang disalurkan. Tegangan yang berkualitas seharusnya nilai tegangan antara di pangkal jaringan dan di ujung jaringan *drop* tegangannya tidak melebihi $\pm 10\%$ dari tegangan nominalnya.

Berikut merupakan penyebab penyebab tegangan jatuh / *drop* tegangan.

Berdasarkan rumus tahanan yaitu.

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \quad (2.5)$$

Keterangan :

R : Tahanan (Ω)

ρ : Tahanan Jenis (Ωm)

L : Panjang Penampang / Penghantar (m)

A : Luas Penampang / Penghantar (m^2)

Drop Tegangan dapat terjadi dikarenakan beberapa penyebab, antara lain :

a. Panjang Penghantar (L)

b. Tahanan Jenis Penghantar (ρ)

c. Luas Penampang Penghantar (A)

Tiga hal di atas dapat mempengaruhi terjadinya *drop* tegangan. Jika luas penampang kabel atau penghantar semakin besar maka tahanan atau R pada penghantar tersebut semakin kecil. Selain luas penampang penghantar, faktor seperti tahanan jenis dari penghantar tersebut juga dapat mempengaruhi *drop* tegangan.

Tahanan jenis didapatkan dari bahan penghantar tersebut. Jika tahanan jenis penghantar semakin besar, maka tahanan atau R pada penghantar tersebut semakin besar. Selain luas penampang dan tahanan jenis penghantar, Panjang penghantar tersebut juga mempengaruhi besaran tahanan penghantar tersebut. Jika Panjang penghantar (L) semakin besar, maka nilai tahanan atau R di penghantar tersebut semakin besar. [9]

Berdasarkan rumus tegangan yaitu :

$$V = I \times R \quad (2.6)$$

Keterangan :

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

R : Tahanan (Ohm / Ω)

Dapat diartikan bahwa nilai tahanan atau R berbanding lurus dengan nilai tegangan atau V. Semakin kecil nilai R maka risiko terjadinya *drop* tegangan semakin kecil.

3. *Total Harmonic Distortion* (THD)

Total Harmonic Distortion adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang telah terdistorsi dari komponen harmonisa.[10] Pada sistem tenaga listrik untuk melihat distorsi harmonisa pada komponen fundamentalnya diistilahkan dengan THD[11].

Hasil pengukuran THD arus dan tegangan disarankan agar tidak lebih dari standar yang berlaku karena dapat mempengaruhi penurunan kualitas daya. Standar harmonisa yang berlaku menggunakan Standar IEEE 519-1992 untuk

total distorsi harmonisa atau cacat gelombang sinusoidal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar tabel sebagai berikut [11].

Tabel 2. 6 Batas maksimum harmonisa arus

Isc/IL	<11	17<h<23	23<h<35	25≤h	35≤h	THD
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20-50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50-100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100-1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

Tabel 2. 7 Batas maksimum harmonisa tegangan

Tegangan Kerja	Individual Voltage Distortion (%)	Total Harmonic Distortion (%)
<69 kV	3	5
69<h<161 kV	1,5	2,5
161 kV	1	1,5

2.2.13 Pemeliharaan Jaringan Distribusi

Jenis-jenis pemeliharaan dalam jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Pemeliharaan Rutin (*Preventive maintenance*)

Pemeliharaan rutin merupakan pemeliharaan yang dilaksanakan dalam rangka pencegahan terjadinya kegagalan operasi suatu peralatan dan mempertahankan kinerja peralatan agar selalu dalam keadaan siap operasi dengan keadaan dan efisiensi yang tinggi. Pemeliharaan rutin ditentukan berdasarkan periode atau waktu pemeliharaannya yaitu per triwulan, per semester atau per tahun.

Pemeriksaan rutin adalah suatu pekerjaan yang dilakukan secara rutin dengan cara pemeriksaan baik dengan inspeksi level 1 (visual) dan inspeksi level 2 (menggunakan alat ukur). Pemeliharaan sistematis merupakan suatu pekerjaan

pemeliharaan yang dilaksanakan dengan tujuan untuk menemukan anomali atau gejala kelainan pada sistem maupun peralatan yang tidak ditemukan pada saat dilakukannya inspeksi dan kemudian dilaksanakan penyusunan saran perbaikan [12]

2. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Jenis pemeliharaan korektif ini dapat dibedakan menjadi dua pelaksanaan pekerjaan yaitu pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Pekerjaan pemeliharaan terencana diantaranya adalah perubahan maupun penyempurnaan yang dilakukan di jaringan dengan tujuan memperoleh nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) yang lebih baik tanpa mengubah kondisi semula. Sedangkan pekerjaan pemeliharaan tidak terencana yaitu perbaikan kerusakan peralatan.. Perbaikan dalam hal ini yaitu memperbaiki dan mengembalikan fungsi peralatan dan sistem sesuai dengan kondisi sebelum terjadinya kerusakan. Pekerjaan yang termasuk dalam pemeliharaan korektif adalah sebagai berikut :

- a. Pekerjaan penggantian kabel
- b. Pekerjaan Konduktor JTM putus
- c. Penggantian bushing trafo
- d. Penggantian travers patah
- e. Penggantian tiang patah

Sedangkan pekerjaan yang dilakukan dalam rangka penyempurnaan peralatan diantaranya sebagai berikut :

- a. Pekerjaan rehabilitasi gardu
- b. Pekerjaan rehabilitasi JTM
- c. Pekerjaan rehabilitasi JTR

3. Pemeliharaan Khusus (*Emergency Maintenance*)

Pekerjaan pemeliharaan khusus atau pemeliharaan darurat merupakan sebuah pekerjaan pemeliharaan dengan tujuan memperbaiki jaringan rusak yang disebabkan oleh *force majeure*.

Dalam pelaksanaan pemeliharaan perlu dilaksanakan penyusunan jadwal pelaksanaan. Jadwal pemeliharaan dibuat dengan jangka waktu yang berbeda

disesuaikan dengan kebutuhan serta umur dari peralatan yang akan dilakukan pemeliharaan. Jadwalnya dapat dikelompokkan sebagai berikut

a. Pemeliharaan triwulan (3 bulan)

Pekerjaan pemeliharaan ini dilaksanakan setiap 3 bulan sekali dengan tujuan gangguan sistem maupun peralatan dapat dimitigasi lebih awal disesuaikan dengan item pemeliharaannya. Kegiatan yang dilakukan dalam pemeliharaan triwulan adalah mengadakan inspeksi terhadap SUTM dengan memastikan memiliki ruang bebas (*Right of Way*) sesuai dengan tabel 8.2 serta mengadakan evaluasi terhadap inspeksi yang telah dilaksanakan.

b. Pemeliharaan semesteran (6 bulan)

Pemeliharaan ini bertujuan mengetahui keadaan beban jaringan dan tegangan di ujung jaringan agar tetap memenuhi toleransi + 5% dan -10%. Kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan ini adalah :

1. Pengukuran beban
2. Pengukuran tegangan ujung jaringan
3. Evaluasi dan tindak lanjut

c. Pemeliharaan tahunan (1 tahun)

Pemeliharaan tahunan merupakan pelaksanaan pekerjaan yang dilaksanakan dengan tujuan memeriksa dan memperbaiki sistem peralatan. Pekerjaan ini dilaksanakan menurut prioritas tertentu dalam rangka meningkatkan indeks keandalan.

Adapun bagian sistem yang harus dilakukan pemeliharaan tahunan antara lain :

1. JTM dan peralatannya
2. Gardu Distribusi
3. JTR dan peralatannya
4. Sambungan rumah dan APP

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Skripsi ini mengimplementasikan model kuantitatif dan kualitatif dalam analisis tingkat keandalan penyulang pada jaringan distribusi yang terdiri dari serangkaian tahapan studi literatur, observasi, pengumpulan data, analisa data dan evaluasi.

3.2 Deskripsi Model Penelitian Gabungan

Metode penelitian yang digunakan adalah metode gabungan kuantitatif dan kualitatif, dengan tujuan untuk menghasilkan data yang kemudian dianalisa sehingga mendapatkan suatu kesimpulan berdasarkan data, perhitungan, dan analisis yang didapatkan dan dibuat sebuah saran pekerjaan pemeliharaan melalui pendekatan data-data gangguan dengan frekuensi tertinggi. Model penelitian ini dipilih karena dalam tahapan pengambilan data dilakukan secara langsung sehingga penulis mendapatkan pemahaman tentang penelitian dan memiliki fleksibilitas dalam melaksanakan penelitian.

3.3 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan penelitian dalam penyusunan tugas akhir:

1. Studi Literatur

Penulis melakukan pengumpulan informasi melalui jurnal, buku, buku elektronik, *thesis* dan artikel lainnya pada internet yang berhubungan dengan penelitian.

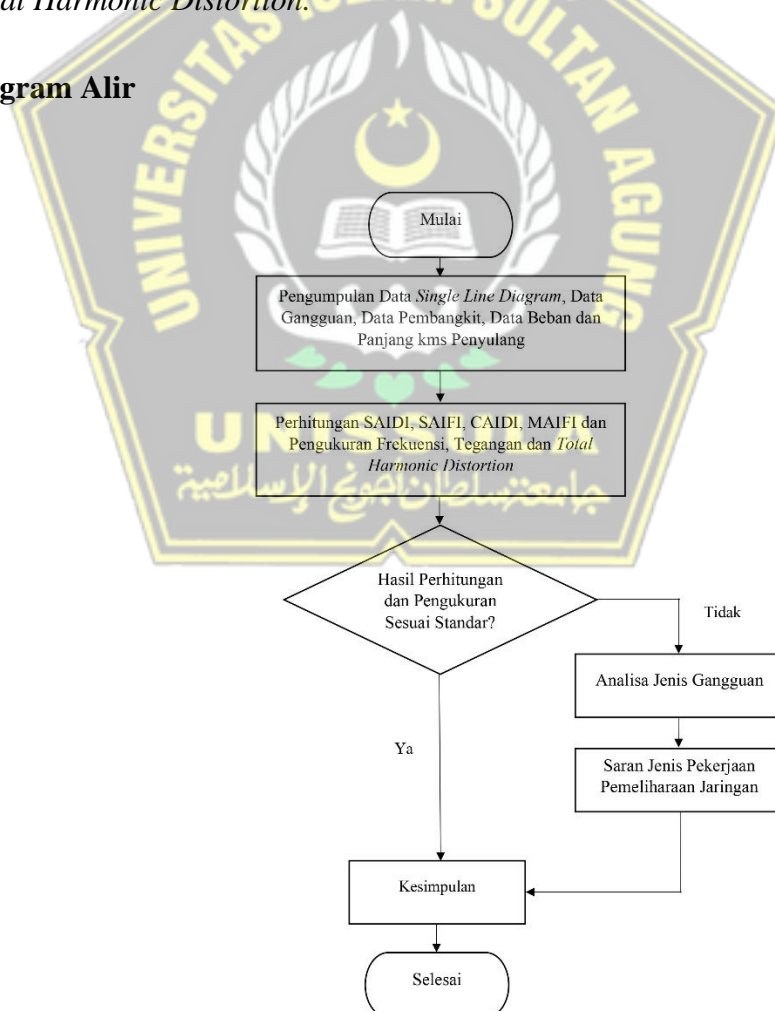
2. Observasi

Tahapan observasi ini merupakan sebuah tahapan dengan cara mengamati permodelan sistem jaringan distribusi melalui gambar *single line diagram* dan mengamati fenomena sosial dan geografis di setiap jaringan tegangan menengah 20 kV yang ada di wilayah kerja PLN UP3 Wamena.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini didapatkan melalui database yang ada pada Bidang Jaringan dan Konstruksi PLN UP3 Wamena. Data yang diambil adalah data berupa detail gangguan setiap penyulang seperti penyebab gangguan, nama penyulang terdampak, waktu dan tanggal gangguan, durasi gangguan serta jumlah pelanggan terdampak. Selain itu, data yang diambil adalah data gangguan selama dua tahun terhitung mulai 1 Januari 2023 hingga 1 Januari 2025. Pengambilan data ini dapat diambil melalui suatu aplikasi milik PT PLN (Persero) yaitu Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu (APKT) dimana inputan data dari Aplikasi tersebut merupakan pelaporan manual dari Bidang Teknik. Selain data di atas, dilakukan juga pengambilan data hasil pengukuran terkait tegangan ujung jaringan, frekuensi dan *Total Harmonic Distortion*.

3.5 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian [Dokumen Pribadi]

Penjelasan Flowchart:

1. Mulai : Proses awal untuk melakukan analisis keandalan penyulang.
2. Pengumpulan Data : Melakukan pengumpulan data sebagai berikut.
 - a. Single Line Diagram (diagram satu garis sistem tenaga listrik),
 - b. Data Gangguan (informasi gangguan atau kerusakan yang pernah terjadi),
 - c. Data Beban (pemakaian energi listrik),
 - d. Panjang Penyulang (panjang jaringan distribusi/penyulang dalam kilometer sirkuit).
3. Perhitungan dan Pengukuran : melakukan perhitungan data berikut.
 - a. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)
 - b. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)
 - c. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)
 - d. Mengukur parameter kelistrikan meliputi frekuensi dan *Total Harmonic Distortion* (THD).
4. Evaluasi : Mengevaluasi kesesuaian standar perhitungan dan pengukuran.
 - a. Jika Ya : Lanjut ke proses Kesimpulan dan Saran Jenis Pekerjaan Pemeliharaan Jaringan.
 - b. Jika Tidak : Dilakukan Analisa Jenis Gangguan untuk mengidentifikasi penyebab ketidaksesuaian.
5. Kesimpulan : Menyimpulkan hasil analisis serta memberikan rekomendasi pekerjaan pemeliharaan jaringan untuk peningkatan kualitas sistem distribusi.
6. Selesai : Proses berakhir setelah kesimpulan dan saran pemeliharaan disusun

3.6 Analisa Data

Tahapan ini dilakukan dengan melakukan perhitungan secara matematis dari data-data yang diambil melalui Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu (APKT) menggunakan rumus SAIDI dan SAIFI. Dari hasil perhitungan tersebut lalu hasil perhitungan dibandingkan dengan standar yang berlaku yang dapat dilihat pada Buku SPLN : 68-2 Tahun 1986 dan IEEE 1366-2012. Setelah dihasilkan indeks

keandalan atau tingkat keandalan masing-masing penyulang, dilakukan analisa data gangguan terbanyak tiap penyulang dengan menggunakan sebagai dasar prioritas dalam penyusunan rencana pekerjaan pemeliharaan jaringan distribusi di Tahun berikutnya.

Membandingkan hasil pengukuran tegangan, frekuensi dan *total harmonic distortion* (THD) dengan standar yang berlaku. Selain itu, dilakukan juga tahapan analisa melalui analisa deskriptif terkait variabel atau faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas daya dari data frekuensi, drop tegangan dan *total harmonic distortion* (THD).

Menggunakan data yang dikumpulkan untuk

1. Menghitung SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI.

Menghitung indeks keandalan tiap penyulang menggunakan rumus SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI.

2. Analisa Indeks/Tingkat Keandalan

Hasil perhitungan SAIDI, SAIFI, CAIDI dan MAIFI disesuaikan dengan Standar yang berlaku sesuai Buku SPLN: 68-2 Tahun 1986 dan IEEE 1366-2012.

3. Analisa deskriptif variabel atau faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas daya listrik dari data pengukuran tegangan, frekuensi dan *total harmonic distortion* (THD).

4. Data Gangguan

Melihat jenis gangguan dengan frekuensi tertinggi tiap penyulang.

5. Prioritas Pekerjaan Pemeliharaan

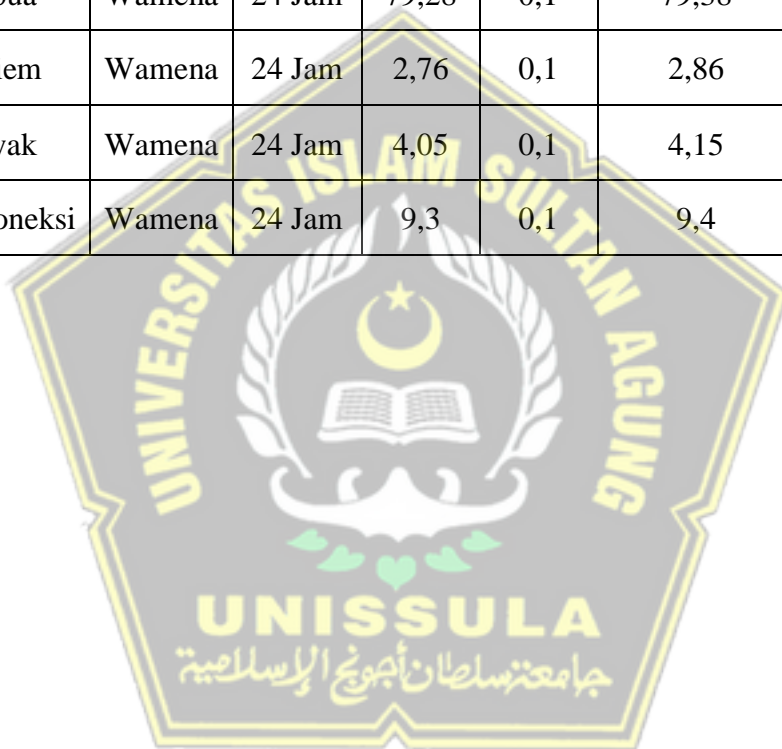
Menyusun prioritas rencana pekerjaan pemeliharaan tiap penyulang untuk meningkatkan tingkat keandalan jaringan tegangan menengah 20 kVA. Seluruh data yang diambil dan hasil analisa akan ditampilkan dalam diagram pareto untuk memudahkan dalam menentukan prioritas pekerjaan yang akan disusun.

3.7 Data

1. Single Line Diagram ULP Wamena Kota
2. Data Panjang Penyulang (kms) dan Jenis Penghantar

Tabel 3. 1 Tabel Panjang Penyulang dan Jenis Penghantar

No	Nama Penyulang	Sistem	Jam Nyala	Panjang Penyulang (kms)			Penghantar
				SUTM (kms)	SKTM (kms)	Total Panjang Penyulang (kms)	
1	Nayak	Wamena	24 Jam	114,7	0,1	114,8	A3CS 3x70 mm ²
2	Kaonak	Wamena	24 Jam	102,8	0,12	102,92	A3CS 3x150 mm ²
3	Napua	Wamena	24 Jam	79,28	0,1	79,38	A3CS 3x150 mm ²
4	Baliem	Wamena	24 Jam	2,76	0,1	2,86	A3CS 3x70 mm ²
5	Nayak	Wamena	24 Jam	4,05	0,1	4,15	A3CS 3x70 mm ²
6	Interkoneksi	Wamena	24 Jam	9,3	0,1	9,4	A3CS 3x70 mm ²



Tabel 3. 2 Data Gangguan Penyulang Kaonak Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	15/02/2023 07:16	15/02/2023 07:30	00:14:00	6644
2	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	01/02/2023 17:53	01/02/2023 18:04	00:11:00	8149
3	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Siepkosi, Jl. Tulem, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	31/01/2023 15:28	31/01/2023 15:38	00:10:00	8149
4	Jl. Arah Hotel Jerman	26/01/2023 10:37	26/01/2023 12:57	02:20:00	8149
5	Jl Irian, Jl Patimura, Jl Hom-Hom, Jl Muai, Jl Pike, Jl Jb Wenas, Jl Siepkosi, Jl Tulem, Jl Kurulu, Jl Wosi, Jl Manda, Dan Sekitarnya	22/01/2023 01:46	22/01/2023 02:00	00:14:00	8149
6	Jl. PLTD Sinakma, Jln Irian , Jln Pattimura , Jln Hom2, Jln Muai , Jln Pike , Jln Jb Wena , Jln Siepkosi , Hotel Jerman, Jln Tulem, Jln Kurulu, Jl;N Wois , Manda Dan Sekitarnya	19/01/2023 12:21	19/01/2023 12:41	00:20:00	8149

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
7	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Jb Wenas, Jl. Siepkosi, Hotel Jerman, Jl. Tulem, Jl. Kurulu, Jl. Wosi, Jl. Manda Dan Sekitarnya	18/01/2023 21:46	18/01/2023 21:53	00:07:00	8149
8	Jln.Irian, Jln Patimura, Jln. Hom Hom, Jln. Muai, Jln Pike Jln.Jb Wenas, Jln.Siepkosi, Jln Hotel Jerman, Jln Kurulu , Jln Tulem, Jln,Wose,Dan Sekitarnya	18/01/2023 20:10	18/01/2023 20:18	00:08:00	8149
9	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2023 04:30	31/10/2023 04:34	00:04:00	8149
10	Jl. PLTD Sinakma	29/10/2023 12:38	29/10/2023 12:41	00:03:00	8149
11	Jl. PLTD Sinakma	01/10/2023 09:24	01/10/2023 09:27	00:03:00	8149
12	Seluruh Kota Wamena Dan Sekitarnya	09/07/2023 10:15	09/07/2023 10:21	00:06:00	8149
13	Jl. PLTD Sinakma	29/06/2023 09:00	29/06/2023 09:05	00:05:00	8149
14	Jl. PLTD Sinakma	06/06/2023 17:24	06/06/2023 17:29	00:05:00	8149
15	Jl. PLTD Sinakma	26/04/2023 01:20	26/04/2023 01:55	00:35:00	8149
16	Jl. PLTD Sinakma	23/04/2023 09:50	23/04/2023 10:20	00:30:00	8149
17	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2023 20:05	17/04/2023 20:28	00:23:00	8149
18	Jl. PLTD Sinakma	16/04/2023 11:54	16/04/2023 12:35	00:41:00	8149

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
19	Jl. PLTD Sinakma	05/04/2023 06:50	05/04/2023 07:05	00:15:00	8149
20	Jl. PLTD Sinakma	04/04/2023 10:30	04/04/2023 10:50	00:20:00	8149
21	Jl. PLTD Sinakma	02/04/2023 09:00	02/04/2023 09:40	00:40:00	8149
22	Kota Wamena Dan Sekitar Nya	22/02/2023 07:20	22/02/2023 07:35	00:15:00	8149
23	Seluruh Kota Wamena.	16/02/2023 12:53	16/02/2023 13:22	00:29:00	8149
24	Indikasi Awal Black Out Di Pembangkit Sewatama	16/02/2023 11:09	16/02/2023 11:59	00:50:00	8149
25	Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	15/02/2023 07:16	15/02/2023 07:30	00:14:00	8149
26	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	01/02/2023 17:53	01/02/2023 18:04	00:11:00	8149
27	Seluruh Kota Wamena	01/02/2023 15:53	01/02/2023 16:15	00:22:00	8149
28	Line Kaonak.Line Nayak,Line Bliem.Line Napua	01/02/2023 10:51	01/02/2023 11:19	00:28:00	8149
29	Napua, Okilik, Pelebaga, Honai Lama, Batalion, Muliam, Asologima, Kimbim, Piramid, Bolakme, Tagime	31/01/2023 15:28	31/01/2023 15:48	00:20:00	1720

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
30	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Kurulu, Jl. Siepkosi, Jl. Tulem, Jl. Wosi Dan Sekitarnya	31/01/2023 15:28	31/01/2023 15:38	00:10:00	8149
31	Line Kaonak, Line Nayak, Line Balem. Line Napua.	28/01/2023 08:59	28/01/2023 09:36	00:37:00	8149
32	Jl. Arah Hotel Jerman	26/01/2023 10:37	26/01/2023 12:57	02:20:00	8149
33	Seluruh Kota Wamena	25/01/2023 11:53	25/01/2023 12:19	00:26:00	8149
34	Seluruh Kota Wamena	22/01/2023 22:58	22/01/2023 23:29	00:31:00	8149
35	Jl Irian, Jl Patimura, Jl Hom-Hom, Jl Muai, Jl Pike, Jl Jb Wenas, Jl Siepkosi, Jl Tulem, Jl Kurulu, Jl Wosi, Jl Manda, Dan Sekitarnya	22/01/2023 01:46	22/01/2023 02:00	00:14:00	8149
36	Jl. PLTD Sinakma, Jln Irian, Jln Pattuimura, Jln Hom2, Jln Muai, Jln Pike, Jln Jb Wena, Jln Siepkosi, Hotel Jerman, Jln Tulem, Jln Kurulu, Jl;N Wois, Manda Dan Sekitarnya	19/01/2023 12:21	19/01/2023 12:41	00:20:00	8149

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
37	Jl. PLTD Sinakma, Jl. Irian, Jl. Pattimura, Jl. Hom2, Jl. Moai, Jl. Phike, Jl. Jb Wenas, Jl. Siepkosi, Hotel Jerman, Jl. Tulem, Jl. Kurulu, Jl. Wosi, Jl. Manda Dan Sekitarnya	18/01/2023 21:46	18/01/2023 21:53	00:07:00	8149
38	Jln.Irian, Jln Patimura, Jln. Hom Hom, Jln. Muai, Jln Pike Jln.Jb Wenas, Jln.Siepkosi, Jln Hotel Jerman, Jln Kurulu , ,Jln Tulem, Jln,Wose,Dan Sekitarnya	18/01/2023 20:10	18/01/2023 20:18	00:08:00	8149
39	Jl. PLTD Sinakma	17/01/2023 16:48	17/01/2023 17:15	00:27:00	8149
Total				16:03:00	
Total Durasi (Jam)				16,05	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Kaonak (Pelanggan)				8149	

Tabel 3. 3 Data Gangguan Penyulang Nayak Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Wamena Tersebar	13/07/2020 19:35	13/07/2020 20:05	00:30:00	6210
2	JL. PLTD Sinakma	28/08/2018 11:45	28/08/2018 11:59	00:14:00	6210
3	JL. PLTD Sinakma	03/01/2018 02:46	03/01/2018 02:57	00:11:00	6210
Total				00:55:00	
Total Durasi (Jam)				0,92	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Nayak (Pelanggan)				6210	

Tabel 3. 4 Data Gangguan Penyulang Baliem Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2023 04:30	31/10/2023 04:34	00:04:00	2201
2	Jl. PLTD Sinakma	29/10/2023 12:38	29/10/2023 12:41	00:03:00	2201
3	Jl. PLTD Sinakma	01/10/2023 09:24	01/10/2023 09:27	00:03:00	2201
4	Seluruh Kota Wamena Dan Sekitarnya	09/07/2023 10:15	09/07/2023 10:21	00:06:00	2201
5	Jl. PLTD Sinakma	29/06/2023 09:00	29/06/2023 09:05	00:05:00	2201
6	Jl. PLTD Sinakma	06/06/2023 17:24	06/06/2023 17:29	00:05:00	2201
7	Jl. PLTD Sinakma	26/04/2023 01:20	26/04/2023 01:55	00:35:00	2201
8	Jl. PLTD Sinakma	23/04/2023 09:50	23/04/2023 10:20	00:30:00	2201
9	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2023 20:05	17/04/2023 20:28	00:23:00	2201
10	Jl. PLTD Sinakma	16/04/2023 11:54	16/04/2023 12:35	00:41:00	2201
11	Jl. PLTD Sinakma	05/04/2023 06:50	05/04/2023 07:05	00:15:00	2201

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
12	Jl. PLTD Sinakma	04/04/2023 10:30	04/04/2023 10:50	00:20:00	2201
13	Jl. PLTD Sinakma	02/04/2023 09:00	02/04/2023 09:40	00:40:00	2201
14	Kota Wamena Dan Sekitarnya	22/02/2023 07:20	22/02/2023 07:35	00:15:00	2201
15	Seluruh Kota Wamena.	16/02/2023 12:53	16/02/2023 13:22	00:29:00	2201
16	Indikasi Awal Black Out Di Pembangkit Sewatama	16/02/2023 11:09	16/02/2023 11:59	00:50:00	2201
17	Seluruh Kota Wamena	01/02/2023 15:53	01/02/2023 16:15	00:22:00	2201
18	Line Kaonak.Line Nayak,Line Bliem.Line Napua	01/02/2023 10:51	01/02/2023 11:19	00:28:00	2201
19	Line Kaonak,Line Nayak,Line Balem.Line Napua.	28/01/2023 08:59	28/01/2023 09:36	00:37:00	2201
20	Seluruh Kota Wamena	25/01/2023 11:53	25/01/2023 12:19	00:26:00	2201
21	Seluruh Kota Wamena	22/01/2023 22:58	22/01/2023 23:29	00:31:00	2201
22	Jl. PLTD Sinakma	17/01/2023 16:48	17/01/2023 17:15	00:27:00	2201
23	Seluruh Kota Wamena	10/01/2023 06:03	10/01/2023 06:40	00:37:00	2201
Total				08:52:00	
Total Durasi (Jam)				8,86	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Baliem (Pelanggan)				2201	

Tabel 3. 5 Data Gangguan Penyulang Byak Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2023 04:30	31/10/2023 04:34	00:04:00	461
2	Jl. PLTD Sinakma	29/10/2023 12:38	29/10/2023 12:41	00:03:00	461
3	Jl. PLTD Sinakma	01/10/2023 09:24	01/10/2023 09:27	00:03:00	461

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
4	Seluruh Kota Wamena Dan Sekitarnya	09/07/2023 10:15	09/07/2023 10:21	00:06:00	461
5	Jl. PLTD Sinakma	29/06/2023 09:00	29/06/2023 09:05	00:05:00	461
6	Jl. PLTD Sinakma	06/06/2023 17:24	06/06/2023 17:29	00:05:00	461
7	Jl. PLTD Sinakma	26/04/2023 01:20	26/04/2023 01:55	00:35:00	461
8	Jl. PLTD Sinakma	23/04/2023 09:50	23/04/2023 10:20	00:30:00	461
9	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2023 20:05	17/04/2023 20:28	00:23:00	461
10	Jl. PLTD Sinakma	16/04/2023 11:54	16/04/2023 12:35	00:41:00	461
11	Jl. PLTD Sinakma	05/04/2023 06:50	05/04/2023 07:05	00:15:00	461
12	Jl. PLTD Sinakma	04/04/2023 10:30	04/04/2023 10:50	00:20:00	461
13	Jl. PLTD Sinakma	02/04/2023 09:00	02/04/2023 09:40	00:40:00	461
14	Kota Wamena Dan Sekitar Nya	22/02/2023 07:20	22/02/2023 07:35	00:15:00	461
15	Seluruh Kota Wamena.	16/02/2023 12:53	16/02/2023 13:22	00:29:00	461
16	Indikasi Awal Black Out Di Pembangkit Sewatama	16/02/2023 11:09	16/02/2023 11:59	00:50:00	461
17	Seluruh Kota Wamena	01/02/2023 15:53	01/02/2023 16:15	00:22:00	461
18	Line Kaonak.Line Nayak,Line Bliem.Line Napua	01/02/2023 10:51	01/02/2023 11:19	00:28:00	461
19	Line Kaonak,Line Nayak,Line Balem.Line Napua.	28/01/2023 08:59	28/01/2023 09:36	00:37:00	461
20	Seluruh Kota Wamena	25/01/2023 11:53	25/01/2023 12:19	00:26:00	461
21	Seluruh Kota Wamena	22/01/2023 22:58	22/01/2023 23:29	00:31:00	461

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
22	Jl. PLTD Sinakma	17/01/2023 16:48	17/01/2023 17:15	00:27:00	461
23	Seluruh Kota Wamena	10/01/2023 06:03	10/01/2023 06:40	00:37:00	461
Total				08:52:00	
Total Durasi (Jam)				8,86	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Baliem (Pelanggan)				461	

Tabel 3. 6 Data Gangguan Penyulang Napua Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2023 04:30	31/10/2023 04:34	00:04:00	9117
2	Jl. PLTD Sinakma	29/10/2023 12:38	29/10/2023 12:41	00:03:00	9117
3	Jl. PLTD Sinakma	01/10/2023 09:24	01/10/2023 09:27	00:03:00	9117
4	Seluruh Kota Wamena Dan Sekitarnya	09/07/2023 10:15	09/07/2023 10:21	00:06:00	9117
5	Jl. PLTD Sinakma	29/06/2023 09:00	29/06/2023 09:05	00:05:00	9117
6	Jl. PLTD Sinakma	06/06/2023 17:24	06/06/2023 17:29	00:05:00	9117
7	Jl. PLTD Sinakma	26/04/2023 01:20	26/04/2023 01:55	00:35:00	9117
8	Jl. PLTD Sinakma	23/04/2023 09:50	23/04/2023 10:20	00:30:00	9117
9	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2023 20:05	17/04/2023 20:28	00:23:00	9117
10	Jl. PLTD Sinakma	16/04/2023 11:54	16/04/2023 12:35	00:41:00	9117
11	Jl. PLTD Sinakma	05/04/2023 06:50	05/04/2023 07:05	00:15:00	9117
12	Jl. PLTD Sinakma	04/04/2023 10:30	04/04/2023 10:50	00:20:00	9117

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
13	Jl. PLTD Sinakma	02/04/2023 09:00	02/04/2023 09:40	00:40:00	9117
14	Kota Wamena Dan Sekitar Nya	22/02/2023 07:20	22/02/2023 07:35	00:15:00	9117
15	Seluruh Kota Wamena.	16/02/2023 12:53	16/02/2023 13:22	00:29:00	9117
16	Indikasi Awal Black Out Di Pembangkit Sewatama	16/02/2023 11:09	16/02/2023 11:59	00:50:00	9117
17	Seluruh Kota Wamena	01/02/2023 15:53	01/02/2023 16:15	00:22:00	9117
18	Line Kaonak.Line Nayak,Line Bliem.Line Napua	01/02/2023 10:51	01/02/2023 11:19	00:28:00	9117
19	Line Kaonak,Line Nayak,Line Balem.Line Napua.	28/01/2023 08:59	28/01/2023 09:36	00:37:00	9117
20	Seluruh Kota Wamena	25/01/2023 11:53	25/01/2023 12:19	00:26:00	9117
21	Seluruh Kota Wamena	22/01/2023 22:58	22/01/2023 23:29	00:31:00	9117
22	Jl. PLTD Sinakma	17/01/2023 16:48	17/01/2023 17:15	00:27:00	9117
23	Seluruh Kota Wamena	10/01/2023 06:03	10/01/2023 06:40	00:37:00	9117
24	Napua, Okilik, Pelebaga, Honai Lama, Batalion, Muliama, Asologima, Kimbim, Pyramid, Bolakme, Tagime	31/01/2023 15:28	31/01/2023 15:48	00:20:00	1720
Total				09:12:00	
Total Durasi				9,02	
Jumlah Pelanggan Terdampak di Penyulang Napua				9117	

Tabel 3. 7 Data Gangguan Penyulang Interkoneksi Tahun 2023

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2023 04:30	31/10/2023 04:34	00:04:00	328
2	Jl. PLTD Sinakma	29/10/2023 12:38	29/10/2023 12:41	00:03:00	328
3	Jl. PLTD Sinakma	01/10/2023 09:24	01/10/2023 09:27	00:03:00	328
4	Seluruh Kota Wamena Dan Sekitarnya	09/07/2023 10:15	09/07/2023 10:21	00:06:00	328
5	Jl. PLTD Sinakma	29/06/2023 09:00	29/06/2023 09:05	00:05:00	328
6	Jl. PLTD Sinakma	06/06/2023 17:24	06/06/2023 17:29	00:05:00	328
7	Jl. PLTD Sinakma	26/04/2023 01:20	26/04/2023 01:55	00:35:00	328
8	Jl. PLTD Sinakma	23/04/2023 09:50	23/04/2023 10:20	00:30:00	328
9	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2023 20:05	17/04/2023 20:28	00:23:00	328
10	Jl. PLTD Sinakma	16/04/2023 11:54	16/04/2023 12:35	00:41:00	328
11	Jl. PLTD Sinakma	05/04/2023 06:50	05/04/2023 07:05	00:15:00	328
12	Jl. PLTD Sinakma	04/04/2023 10:30	04/04/2023 10:50	00:20:00	328
13	Jl. PLTD Sinakma	02/04/2023 09:00	02/04/2023 09:40	00:40:00	328
14	Kota Wamena Dan Sekitar Nya	22/02/2023 07:20	22/02/2023 07:35	00:15:00	328
15	Seluruh Kota Wamena.	16/02/2023 12:53	16/02/2023 13:22	00:29:00	328
16	Indikasi Awal Black Out Di Pembangkit Sewatama	16/02/2023 11:09	16/02/2023 11:59	00:50:00	328
17	Seluruh Kota Wamena	01/02/2023 15:53	01/02/2023 16:15	00:22:00	328

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
18	Line Kaonak.Line Nayak,Line Bliem.Line Napua	01/02/2023 10:51	01/02/2023 11:19	00:28:00	328
19	Line Kaonak,Line Nayak,Line Balem.Line Napua.	28/01/2023 08:59	28/01/2023 09:36	00:37:00	328
20	Seluruh Kota Wamena	25/01/2023 11:53	25/01/2023 12:19	00:26:00	328
21	Seluruh Kota Wamena	22/01/2023 22:58	22/01/2023 23:29	00:31:00	328
22	Jl. PLTD Sinakma	17/01/2023 16:48	17/01/2023 17:15	00:27:00	328
23	Seluruh Kota Wamena	10/01/2023 06:03	10/01/2023 06:40	00:37:00	328
Total				08:52:00	
Total Durasi (Jam)				8,86	
Total Pelanggan Terdampak di Penyulang Interkoneksi				328	

Tabel 3. 7 Data Gangguan Penyulang Kaonak Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	Jl. PLTD Sinakma	17/12/2024 06:52	17/12/2024 07:12	00:20:00	6025
2	Jl. PLTD Sinakma	29/11/2024 16:37	29/11/2024 16:53	00:16:00	6025
3	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2024 15:52	31/10/2024 16:11	00:19:00	6025
4	Jl. PLTD Sinakma	31/10/2024 14:17	31/10/2024 14:23	00:06:00	6025
5	Jl. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	8149
6	Jl. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	8149

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
7	Distrik Wamena Kota, Distrik Hubikiak Sampai Distrik Musatfak, Distrik Kurulu Sampai Distrik Molagalome	12/02/2024 14:17	12/02/2024 15:17	01:00:00	4912
Total Durasi				03:19:00	
Total Durasi (Jam)				3,32	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Kaonak (Pelanggan)				8149	

Tabel 3. 8 Data Gangguan Penyulang Nayak Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	JL. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	6210
2	JL. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	6210
Total Durasi				01:18:00	
Total Durasi (Jam)				1,3	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Nayak (Pelanggan)				6210	

Tabel 3. 9 Data Gangguan Penyulang Baliem Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	JL. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	2201
2	JL. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	2201
Total Durasi				01:18:00	
Total Durasi (Jam)				1,3	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Baliem (Pelanggan)				2201	

Tabel 3. 10 Data Gangguan Penyulang Byak Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	JL. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	461
2	JL. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	461
Total Durasi				01:18:00	
Total Durasi (Jam)				1,3	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Byak (Pelanggan)				461	

Tabel 3. 11 Data Gangguan Penyulang Napua Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	JL. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	9117
2	JL. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	9117
Total Durasi				01:18:00	
Total Durasi (Jam)				1,3	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Napua (Pelanggan)				9117	

Tabel 3. 12 Data Gangguan Penyulang Interkoneksi Tahun 2024

No	Perkiraan Area Padam	Tanggal Gangguan	Tanggal Nyala	Durasi	Jumlah Pelanggan Terdampak
1	JL. PLTD Sinakma	11/05/2024 16:20	11/05/2024 16:35	00:15:00	328
2	JL. PLTD Sinakma	17/04/2024 07:10	17/04/2024 08:13	01:03:00	328
Total Durasi				01:18:00	
Total Durasi (Jam)				1,3	
Jumlah Pelanggan di Penyulang Interkoneksi (Pelanggan)				328	

Tabel 3. 13 Hasil Pengukuran *Total Harmonic Distortion* (THD) dan Frekuensi

No	Penyulang	Kode Gardu	Waktu Pengukuran	L-N	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	THD-F (%)	THD-R (%)
1	Nayak	WMN 010 (160 kVA)	15/05/2024 (17:25 WIT)	R	50,3	225,8	111,4	15,75	15,56
				S	50,3	226,1	139,5	15,88	15,68
				T	50,3	225,3	103,2	25,01	24,26
		WMN 124	15/05/2024 (18:05 WIT)	R	50,2	228,5	110,2	36,55	34,33
				S	50,2	238,7	54,57	23,59	22,96
				T	50,2	232,4	104,5	34,92	32,97
		WMN 051	21/05/2024 (18:15 WIT)	R	50,3	227,3	32,45	27,23	26,28
				S	50,3	228,8	19,9	23,18	22,58
				T	50,3	229,9	32,1	30,86	29,49
2	Kaonak	WMN090	04/06/2024 (18:47 WIT)	R	50,3	225,6	78,3	20,47	20,05
				S	50,3	228,2	70,8	14,46	14,31
				T	50,3	228,4	142,5	13,5	13,37
		WMN029	10/06/2024 (18:24 WIT)	R	50,3	224,1	50,88	30,13	28,85
				S	50,3	227,7	7,63	22,24	21,7
				T	50,3	224,8	41,09	20,86	20,42
		WMN70	08/07/2024 (17:31 WIT)	R	50,3	223	2,526	53,75	47,34
				S	50,3	220,7	1,43	41,07	37,99
				T	50,3	219,6	11,46	57,75	50,01

No	Penyulang	Kode Gardu	Waktu Pengukuran	L-N	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	THD-F (%)	THD-R (%)
3	Byak	Belum Dilakukan Pengukuran							
		Belum Dilakukan Pengukuran							
		Belum Dilakukan Pengukuran							
4	Baliem	WMN165	14/05/2024 (17:38 WIT)	R	50,2	226,3	95,4	25,23	24,46
				S	50,2	223,7	115	22,26	21,73
				T	50,2	223,9	105,8	18,54	18,23
		WMN123	14/05/2024 (18:09 WIT)	R	50,2	228,2	4,288	66,89	55,59
				S	50,2	226,7	13,94	12,72	12,62
				T	50,2	226,7	4,511	77,39	61,2
		WMN176	14/05/2024 (18:35 WIT)	R	50,2	223,7	178,8	14,78	14,63
				S	50,2	223,2	233,7	14,18	14,04
				T	50,2	225,5	160,9	13,64	13,51

No	Penyulang	Kode Gardu	Waktu Pengukuran	L-N	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	THD-F (%)	THD-R (%)
5	Napua	WMN062	27/06/2024 (18:02 WIT)	R	50,3	225,5	69,4	24,27	23,59
				S	50,3	227,4	40,73	28,23	27,17
				T	50,3	225,6	42,06	25,65	24,85
		WMN182	10/07/2024 (09:47 WIT)	R	50,4	227,4	2,379	32,76	31,13
				S	50,4	226,1	0,319	83,56	64,09
				T	50,4	225,3	0,612	96,13	64,79
		WMN163	24/06/2024 (17:43 WIT)	R	50,3	234,9	93,2	23,9	23,25
				S	50,3	234	149,8	16,79	16,56
				T	50,3	232,7	74,8	25,25	24,48
6	Interkoneksi	WMN018	26/07/2024 (17:30 WIT)	R	50,3	231,5	10,55	30,61	29,27
				S	50,3	229,8	55,24	32,36	30,79
				T	50,3	227,9	11,76	32,97	31,32
		WMN040	26/07/2024 (17:36 WIT)	R	50,3	230,8	1,483	68,43	56,46
				S	50,3	228,8	0,239	80,21	62,43
				T	50,3	230	15,8	52,98	46,37
		WMN074	26/07/2024 (18:06 WIT)	R	50,3	228	24,32	23,32	22,71
				S	50,3	231	8,02	40,86	37,62
				T	50,3	228,8	28,96	34,51	32,63

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengaruh Tantangan Geografis dan Kondisi Iklim terhadap Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV

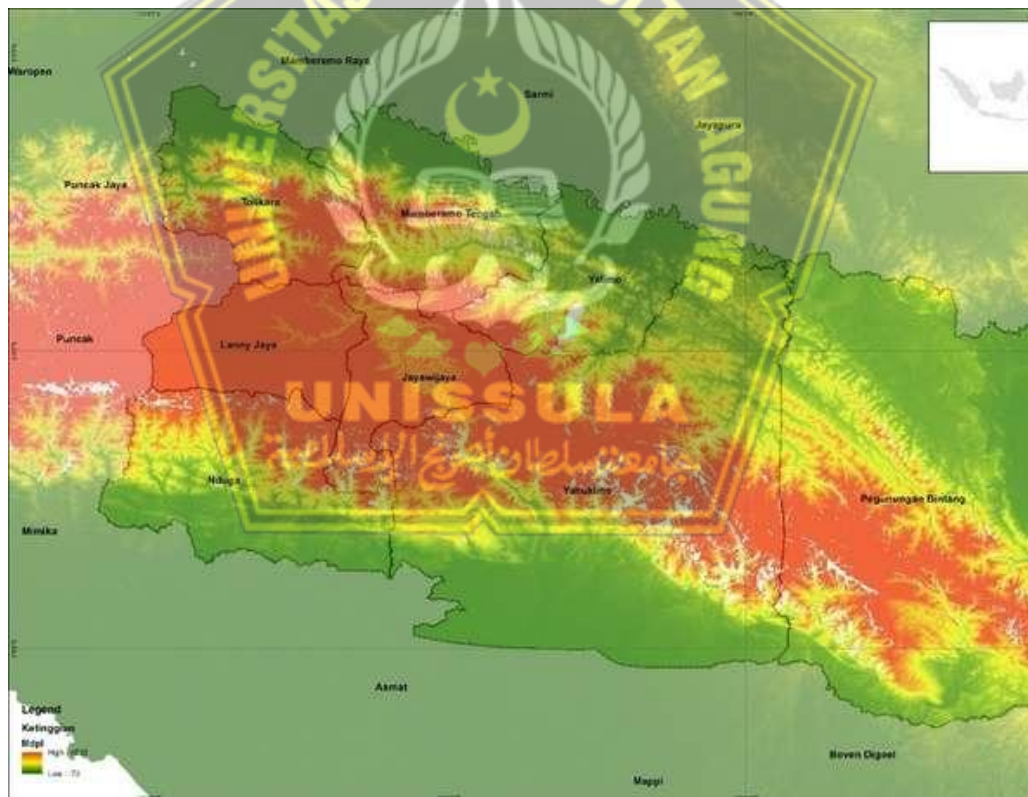
4.1.1 Kondisi Geografis dan Iklim Provinsi Papua Pegunungan

Provinsi Papua Pegunungan merupakan daerah otonomi baru yang dibentuk pada 30 Juni 2022 berdasarkan Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2022 bersama dengan Provinsi Papua Tengah dan Papua Selatan. Provinsi Papua Pegunungan ini adalah satu-satunya Provinsi yang tidak memiliki garis Pantai di Indonesia. Sesuai dengan Namanya, yakni Provinsi yang diisi oleh jajaran pegunungan di setiap Kabupatennya. Kabupaten di Provinsi Papua Pegunungan meliputi Kabupaten Jayawijaya sebagai Ibukota Provinsi, Kabupaten Lanny Jaya, Kabupaten Yalimo, Kabupaten Tolikara, Kabupaten Mamberamo Tengah, Kabupaten Yahukimo, Kabupaten Pegunungan Bintang dan Kabupaten Nduga.

Kondisi topografi di Provinsi Papua Pegunungan ini Sebagian besarnya merupakan dataran tinggi yang disebut dengan pegunungan Tengah. Pegunungan ini memanjang dari Provinsi Papua Tengah, Papua Pegunungan, Papua hingga ke Papua Nugini dengan berbagai puncak yang tingginya mencapai 4000 mdpl. Terdapat beberapa puncak di sepanjang pegunungan Tengah yaitu puncak Trikora (4.760 mdpl) dan puncak mandala (4.750 mdpl). Diantara gunung-gunung tersebut terdapat lembah-lembah dengan elevasi lebih dari 1.500 mdpl yang memiliki kesuburan yang tinggi sehingga dijadikan lokasi pemukiman dan lahan perkebunan terutama ubi jalar yang menjadi makanan pokok suku lokal. Lembah di wilayah ini antara lain Lembah Baliem di Kabupaten Jayawijaya dan Lembah Toli di Kabupaten Tolikara. Pegunungan ini menjadi sumber air bagi sungai-sungai besar di Pulau Papua seperti Sungai Mamberamo dan Sungai Digul yang masing-masing mengalir ke utara dan Selatan. Beberapa wilayah rentan terkena embun beku karena suhu yang sangat dingin yang menyebabkan gagal panen hingga timbul bencana kelaparan, seperti yang pernah terjadi di Kuyawage, Lanny Jaya. Infrastruktur yang

minim serta isu keamanan yang masih menjadi permasalahan. Kondisi topografi dengan banyaknya dataran tinggi menjadi sebuah ciri khas dari Provinsi Papua Pegunungan. Akses yang masih sulit dijangkau karena kondisi geografis yang berbeda dengan Provinsi-Provinsi lain yang ada di Indonesia [13].

Kondisi Iklim di Papua Pegunungan yang cenderung dingin dikarenakan Provinsi ini merupakan Provinsi yang diisi oleh dataran tinggi dengan tipikal suhu udara yang dingin berkisar 19-27 derajat celcius, . Iklim inilah yang akan mempengaruhi beberapa aspek di dalam kehidupan Masyarakat karena faktor iklim yang akan menjadi pertimbangan dalam proses perancangan Pembangunan di suatu daerah tersebut. Seperti pada halnya pertimbangan dalam Pembangunan infrastruktur pada sektor ketenagalistrikan.



Gambar 4. 1 Peta Topografi Provinsi Papua Pegunungan

Jika dilihat pada gambar 4.1 di atas, dapat diketahui bahwa sebagian besar Kabupaten-Kabupaten yang ada di Provinsi Papua Pegunungan memiliki tanda

warna merah yang berarti merupakan dataran tinggi Dimana yang berwarna merah ketinggian tertingginya mencapai 4.820 mdpl.

4.1.2 Dampak terhadap Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV

Berdasarkan data pada 4.1.1 di atas dapat diketahui bersama bahwa kondisi yang penuh tantangan baik dari segi geografis maupun iklim sangat mempengaruhi keandalan sistem kelistrikan pada penyulang-penyulang atau jaringan tegangan menengah 20 kV. Jaringan yang beroperasi menggunakan sistem radial, hal ini yang menyebabkan kerap terjadinya pemadaman akibat eksternal *fault* seperti pohon tumbang, cuaca buruk dan gangguan internal peralatan di jaringan distribusi. Hal ini mengakibatkan gagal salur tenaga listrik kepada konsumen (pemadaman listrik). Pemadaman listrik adalah gangguan yang dapat mengakibatkan keandalan sistem jaringan distribusi tidak maksimal dari durasi padam yang singkat hingga lama. Salah satu faktor yang mempengaruhi durasi pemadaman adalah medan yang penuh dengan pegunungan dan perbukitan berpengaruh pada waktu penormalan jika terjadi gangguan pada jaringan tegangan menengah yang berada pada titik yang sulit untuk diakses. Secara geografis, kondisi pegunungan yang banyak ditumbuhi vegetasi berupa pepohonan dengan ukuran sedang sering menyebabkan gangguan jaringan tegangan menengah [14].

Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2 gangguan pada tanggal 26 Januari Tahun 2023 Pukul 11.58 WIT Penyulang Kaonak lokasi arah Hotel Jerman yang masuk ke dalam Distrik Siepkosi, dimana distrik tersebut memiliki medan yang berat dan hanya bisa dilewati menggunakan kendaraan 4x4. Dapat dilihat pada durasi padam mencapai 2 jam 20 menit dikarenakan proses penormalan yang terhambat dikarenakan medan yang sulit untuk diakses.

Pada Tanggal 12 Februari 2024 Pukul 14.47 WIT Terjadi Gangguan mulai dari Distrik Wamena Kota, Hubikiak, Musatfak, Kurulu sampai Molagalome dengan durasi padam 1 jam. Hal ini dikarenakan terjadi gangguan di Distrik Molagalome. Hal ini sama halnya dengan gangguan di arah hotel jerman yang membutuhkan kendaraan khusus untuk mengakses dan menjangkau titik gangguan tersebut.

Pada Tanggal 2 Maret Tahun 2023 terjadi gangguan yang berasal dari gangguan mesin pembangkit PLTD Elelim Kabupaten Yalimo dengan durasi 5 jam 1 menit. Saat itu gangguan terjadi karena gangguan internal mesin pembangkit berupa gangguan racor yang perlu dilakukan penggantian material dan memerlukan pengiriman material dari Wamena Kabupaten Jayawijaya dan membutuhkan waktu tempuh sekitar 4 jam melalui jalur darat jika kondisi jalan keras dan tidak hujan maupun tidak longsor.

4.2 Identifikasi SAIFI, SAIDI, CAIDI dan MAIFI

Berikut ini merupakan perhitungan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dari Data Tahun 2023 dan 2024 secara matematisnya

4.2.1 Data Tahun 2023

a. SAIFI

Sesuai dengan persamaan rumus 2.1 dan berdasarkan data yang ada pada tabel 3.2 sampai dengan tabel 3.7, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan SAIFI Penyulang di Tahun 2023

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SPLN (3 Kali/Pelanggan/Tahun)	IEEE (1,5 Kali/Pelanggan/Tahun)
1	Kaonak	308372	8149	37,84	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
2	Nayak	18630	6210	3	Sesuai	Tidak Sesuai
3	Baliem	50623	2201	23	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIFI (kali/ pelanggan/ tahun)	SPLN (3 Kali/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (1,5 Kali/ Pelanggan/ Tahun)
4	Byak	10603	461	23	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
5	Napua	211411	9117	23,19	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
6	Interkoneksi	7544	328	23,00	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

b. SAIDI

Sesuai dengan persamaan rumus 2.2 dan berdasarkan data yang ada pada tabel 3.2 sampai dengan tabel 3.7, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan SAIDI Penyulang di Tahun 2023

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIDI (jam/ pelanggan/ tahun)	SPLN (0,35 jam/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (3,3 jam/ Pelanggan/ Tahun)
1	Kaonak	127946,00	8149	15,70	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
2	Nayak	5692,50	6210	0,92	Tidak Sesuai	Sesuai
3	Baliem	20579,35	2201	9,35	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	SPLN (0,35 jam/Pelanggan/Tahun)	IEEE (3,3 jam/Pelanggan/Tahun)
4	Byak	284,28	461	0,62	Tidak Sesuai	Sesuai
5	Napua	573,33	9117	0,06	Sesuai	Sesuai
6	Interkoneksi	2908,27	328	8,87	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

c. CAIDI

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan CAIDI Penyulang di Tahun 2023

No	Nama Penyulang	SAIFI	SAIDI	CAIDI (jam/pelanggan/tahun)	SPLN (0,3 jam/Pelanggan/Tahun)	IEEE (2 jam/Pelanggan/Tahun)
1	Kaonak	37,84	15,70	0,41	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
2	Nayak	3	0,92	0,31	Tidak Sesuai	Sesuai
3	Baliem	23	9,35	0,41	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

No	Nama Penyulang	SAIFI	SAIDI	CAIDI (jam/ pelanggan/ tahun)	SPLN (0,3 jam/ Pelanggan/ Tahun	IEEE (2 jam/ Pelanggan/ Tahun)
4	Byak	23	0,62	0,03	Sesuai	Sesuai
5	Napua	23,19	0,06	0,00	Sesuai	Sesuai
6sss	Interkoneksi	23	8,87	0,39	Tidak Sesuai	Sesuai

4.2.2 Data Tahun 2024

a. SAIFI

Sesuai dengan persamaan rumus 2.1 dan berdasarkan data yang ada pada tabel 3.8 sampai dengan tabel 3.13, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan SAIFI Penyulang di Tahun 2024

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIFI (kali/ pelanggan/ tahun)	SPLN (3 Kali/ Pelanggan/ Tahun	IEEE (1,5 Kali/ Pelanggan/ Tahun)
1	Kaonak	45310	8149	5,56	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
2	Nayak	12420	6210	2,00	Sesuai	Tidak Sesuai
3	Baliem	4402	2201	2,00	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIFI (kali/ pelanggan/ tahun)	SPLN (3 Kali/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (1,5 Kali/ Pelanggan/ Tahun)
4	Byak	922	461	2,00	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
5	Napua	18234	9117	2,00	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
6	Interkoneksi	656	328	2,00	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

b. SAIDI

Sesuai dengan persamaan rumus 2.2 dan berdasarkan data yang ada pada tabel 3.8 sampai dengan tabel 3.13, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan SAIDI Penyulang di Tahun 2024

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIDI (jam/ pelanggan/ tahun)	SPLN (0,35 jam/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (3,3 jam/ Pelanggan/ Tahun)
1	Kaonak	21631,12	8149	2,65	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
2	Nayak	8073,00	6210	1,30	Tidak Sesuai	Sesuai
3	Baliem	2861,30	2201	1,30	Tidak Sesuai	Sesuai

No	Nama Penyulang	Jumlah Pelanggan Terdampak Padam	Jumlah Pelanggan Penyulang	SAIDI (jam/ pelanggan/ tahun)	SPLN (0,35 jam/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (3,3 jam/ Pelanggan/ Tahun)
4	Byak	115,25	461	0,25	Sesuai	Sesuai
5	Napua	11852,10	9117	1,30	Tidak Sesuai	Sesuai
6	Interkoneksi	426,40	328	1,30	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

c. CAIDI

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan CAIDI Penyulang di Tahun 2024

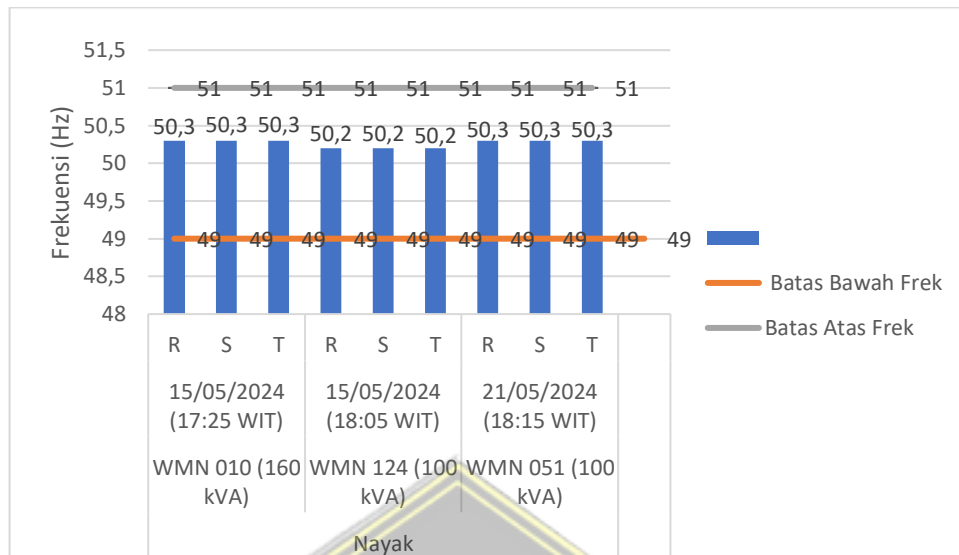
No	Nama Penyulang	SAIFI	SAIDI	CAIDI (jam/ pelanggan/ tahun)	SPLN (0,3 jam/ Pelanggan/ Tahun)	IEEE (2 jam/ Pelanggan/ Tahun)
1	Kaonak	5,56	2,65	0,48	Tidak Sesuai	Sesuai
2	Nayak	2,00	1,30	0,65	Tidak Sesuai	Sesuai
3	Baliem	2,00	1,30	0,65	Tidak Sesuai	Sesuai
4	Byak	2,00	0,25	0,13	Sesuai	Sesuai
5	Napua	2,00	1,30	0,65	Sesuai	Sesuai
6	Interkoneksi	2,00	1,30	0,65	Tidak Sesuai	Sesuai

4.3 Identifikasi Hasil Pengukuran Frekuensi dan *Total Harmonic Distortion*

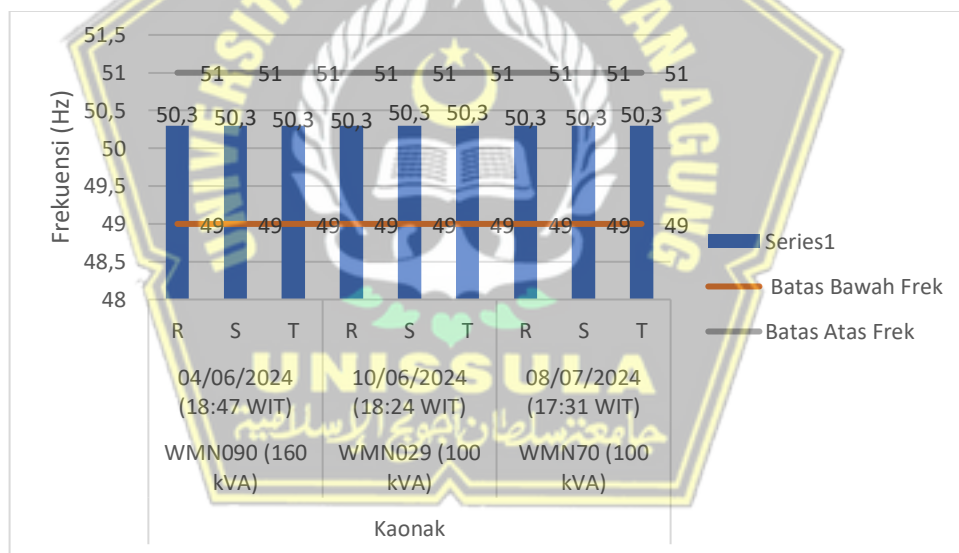
Berdasarkan tabel 3.4 telah dilakukan pengukuran terhadap kualitas frekuensi dan THD (Total Harmonic Distortion) baik THD komponen harmonik RMS (THD-RMS) maupun THD komponen harmonik gelombang fundamental (THD-F) menggunakan alat ukur Tang Ampere Hioki Pengukuran THD RMS Fundamental (THD-RMS) bertujuan untuk menilai seberapa besar gangguan harmonik terhadap sinyal listrik utama, sedangkan pengukuran THD Fundamental (THD-F) bertujuan untuk referensi tambahan dalam sistem kelistrikan dan deteksi cepat apabila ada gangguan harmonik akut di gardu atau penyulang.

Dari data pada tabel 3.4 diambil sampel tiga gardu masing-masing penyulang dengan jarak dari pembangkit mulai dari yang terdekat, di Tengah, dan terjauh. Dari enam penyulang hanya satu penyulang yang belum dilakukan pengukuran yaitu pada penyulang Byak. Standar yang digunakan untuk kualitas frekuensi mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik dengan standar frekuensi pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV yaitu $49,00 \text{ Hz} \leq f \leq 51,00 \text{ Hz}$, sedangkan untuk THD (Total Harmonic Distortion) mengacu pada standar IEEE 519-2014 dengan fokus pada standar THD-R yaitu $\leq 5\%$ di PCC (Point of Common Coupling) untuk THD-F hanya untuk visualisasi bentuk gelombang secara umum dan tidak ada standar khususnya.

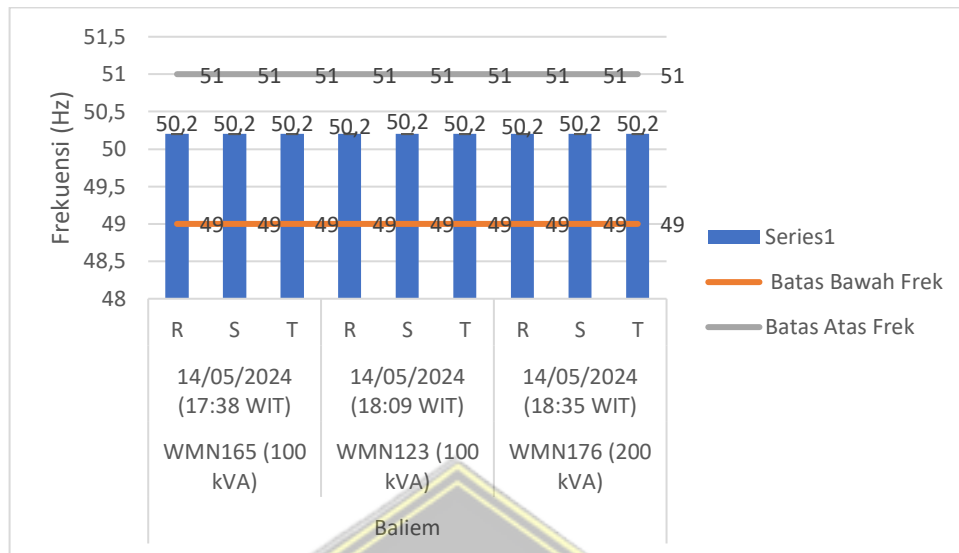
Berikut merupakan gambaran dari kualitas frekuensi dan THD (Total Harmonic Distortion) pada penyulang-penyulang di wilayah UP3 Wamena, meliputi Penyulang Nayak, Penyulang Kaonak, Penyulang Baliem, Penyulang Napua, dan Penyulang Interkoneksi.



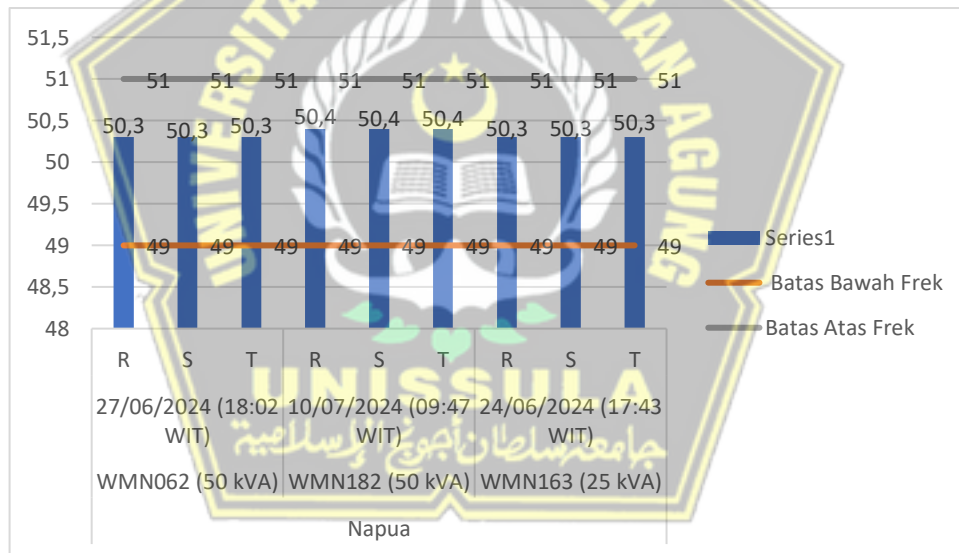
Gambar 4. 2 Pengukuran Frekuensi Penyulang Nayak



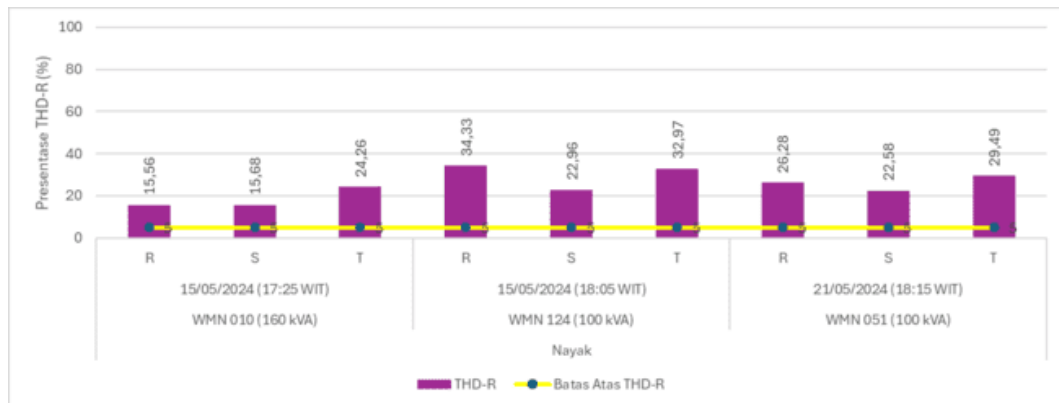
Gambar 4. 3 Pengukuran Frekuensi Penyulang Kaonak



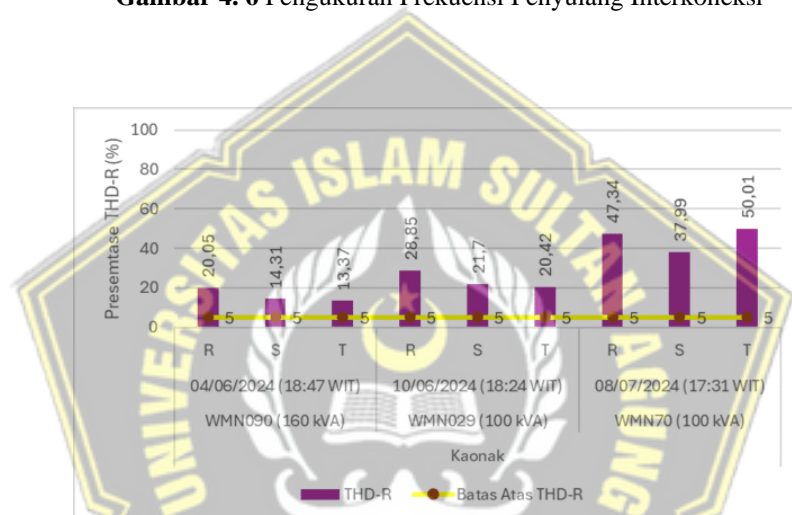
Gambar 4. 4 Pengukuran Frekuensi Penyulang Baliem



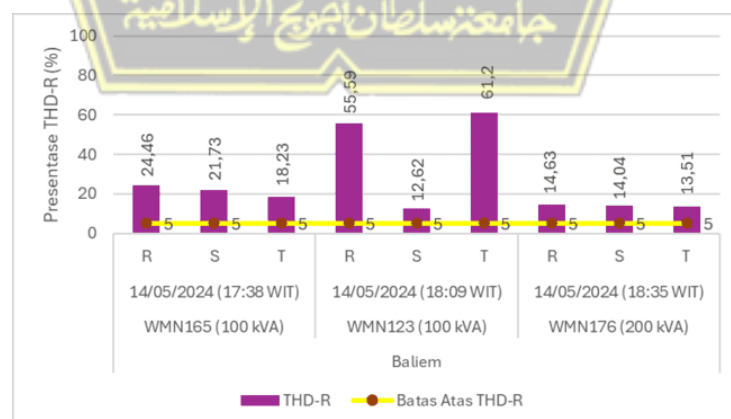
Gambar 4. 5 Pengukuran Frekuensi Penyulang Napua



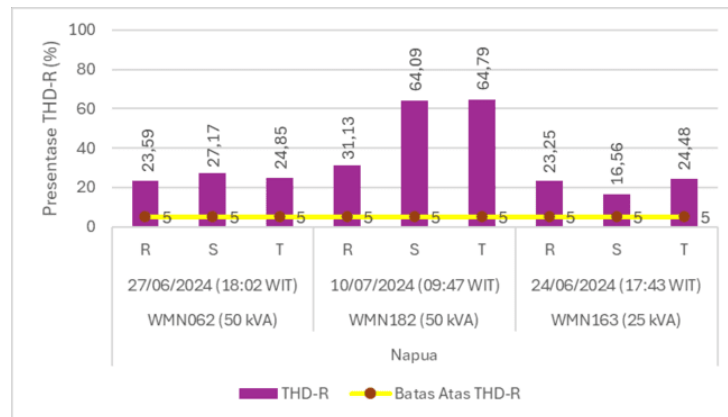
Gambar 4. 6 Pengukuran Frekuensi Penyulang Interkoneksi



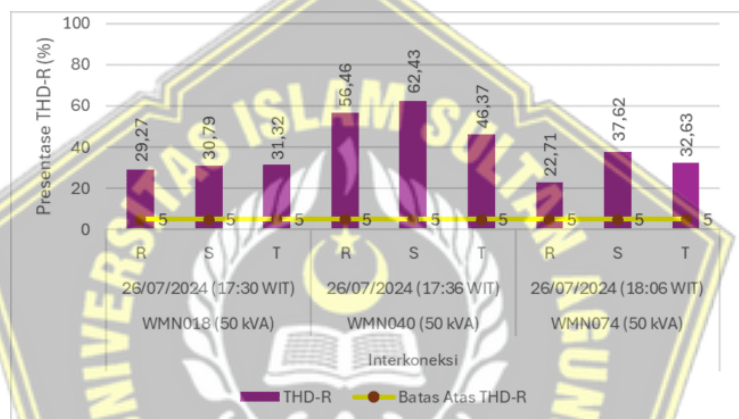
Gambar 4. 7 Pengukuran THD-R Penyulang Nayak



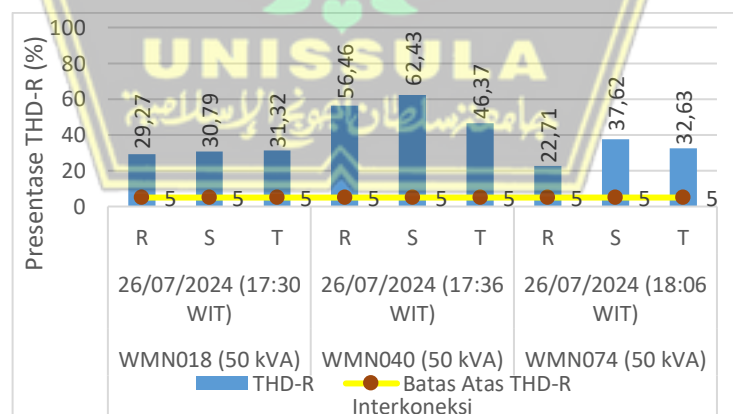
Gambar 4. 8 Pengukuran THD-R Penyulang Kaonak



Gambar 4. 9 Pengukuran THD-R Penyulang Baliem



Gambar 4. 10 Pengukuran THD-R Penyulang Napua



Gambar 4. 11 Pengukuran THD-R Penyulang Interkoneksi

Dari keseluruhan data yang diambil sampel semua penyulang di UP3 Wamena memiliki kualitas frekuensi yang baik dan sudah memenuhi standar dengan frekuensi pada kisaran 50,2-50,3 Hz, sedangkan untuk kualitas Total Harmonic Distortion (THD) keseluruhan masih belum memenuhi standar $\leq 5\%$.

Jika dilihat dari data pada tabel 3.6, gardu yang posisinya jauh dari pembangkit atau terdapat di ujung penyulang, nilai THD-R nya cenderung lebih tinggi dari gardu yang posisinya di tengah penyulang maupun di pangkal penyulang. Hal ini menunjukkan bahwa faktor impedansi yang tinggi akibat jarak antara pembangkit dan gardu tersebut yang jauh dapat mempengaruhi nilai THD-R tersebut. Nilai THD-R yang besar disebabkan oleh faktor lain seperti gardu distribusi yang tidak dilengkapi filter harmonik, sistem distribusi dengan jaringan radial, kualitas grounding yang tidak seragam, AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan setting tidak optimal, serta *underload* trafo yang dapat menyebabkan nilai THD tinggi.

4.4 Saran Pekerjaan Pemeliharaan Untuk Meningkatkan Tingkat Keandalan dan Kualitas Daya

Penyebab gangguan yang berakibat pemadaman di Tahun 2023 terdapat beberapa kelompok fasilitas. Terdapat total 199,621 pelanggan terdampak padam tidak terencana pada kelompok pembangkit yakni akibat gangguan mesin pembangkit dan terdapat total 124,052 pelanggan terdampak akibat gangguan yang terjadi pada fasilitas penyulang sub fasilitas SUTM pada titik konduktor dan 1,239 pelanggan terdampak akibat gangguan yang terjadi pada fasilitas penyulang sub fasilitas SUTM pada titik co-branch. Dua kelompok ini lah yang menjadi penyebab paling berdampak kepada pemadaman tidak terencana yang dialami oleh pelanggan yang banyak.

Dapat dilihat pada lampiran, permasalahan yang masih sama terjadinya gangguan lebih banyak pada sisi SUTM. Terjadi penurunan pada kelompok gangguan di sisi pembangkit dari yang sebelumnya total pelanggan terdampak 199,621 menjadi 29,941. Jika dilihat dari aspek kualitas daya salah satunya besaran frekuensi, tidak ada permasalahan dikarenakan frekuensi pada sistem masih dalam rentang yang ditentukan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2020 tentang aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik.

Pada sisi *Total Harmonic Distortion* (THD-R), seluruh pengukuran yang telah diambil sampel pada 3 gardu setiap penyulangnya, tidak ada yang di bawah standar

yang ditentukan. Seluruhnya menghasilkan nilai THD-R di atas standar IEEE 519-2014. Tentunya hasil ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti gardu distribusi yang tidak dilengkapi filter harmonik, sistem distribusi dengan jaringan radial, kualitas grounding yang tidak seragam, AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan setting tidak optimal, impedansi penghantar yang tinggi, serta underload trafo yang dapat menyebabkan nilai THD tinggi.

Berikut merupakan saran-saran pekerjaan perbaikan yang bersifat operasional dalam rangka kebutuhan peningkatan kualitas pelayanan dan keandalan sistem kelistrikan di UP3 Wamena, antara lain :

1. Pemeliharaan SUTM seperti perabasan pohon di dekat jaringan, pemeliharaan pada sambungan atau joint, pemeliharaan pada komponen switching seperti *Fuse Cut Out*, LBS dan *Recloser* dan melakukan *re-conduktoring* dalam upaya penurunan nilai impedansi pada konduktor jaringan tegangan menengah.
2. Pemeliharaan Gardu seperti sempurna *wiring* gardu dan dilakukan penyeimbangan beban antar fasa.
3. Dalam Upaya penurunan nilai THD-R yang kemungkinan utamanya dapat disebabkan karena Panjang jaringan yang sangat jauh dari pembangkit, dapat dilakukan penambahan *filter harmonic*, penyeragaman kualitas *grounding*, setting ulang AVR agar nilainya lebih optimal.
4. Berdasarkan data tahun 2023, gangguan akibat padam tidak terencana di UP3 Wamena berasal dari gangguan mesin pembangkit dan gangguan pada titik konduktor jaringan SUTM untuk meningkatkan keandalan dan kualitas pelayanan kelistrikan, diperlukan langkah operasional seperti pemeliharaan SUTM dan gardu, *re-conduktoring*, serta pemasangan filter harmonik dan pengaturan ulang sistem distribusi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kondisi geografis dan iklim di Provinsi Papua Pegunungan yang didominasi dataran tinggi dengan medan berat dan iklim dingin sangat mempengaruhi keandalan jaringan tegangan menengah 20 kV. Medan yang sulit dijangkau, vegetasi lebat, serta isu keamanan menyebabkan proses penanganan gangguan menjadi lambat, sehingga sering terjadi pemadaman listrik dengan durasi bervariasi. Sistem distribusi yang masih bersifat radial juga membuat jaringan rentan terhadap gangguan eksternal maupun internal, seperti kerusakan peralatan dan kondisi cuaca ekstrem.
2. Penyulang Kaonak mendapatkan nilai SAIDI 15,7 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 37,84 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,41 jam/pelanggan/tahun di Tahun 2023. Sedangkan di Tahun 2024 SAIDI 2,65 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 5,56 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,48 jam/pelanggan/tahun. Penyulang Nayak mendapatkan nilai SAIDI 0,92 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 3 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,31 jam/pelanggan/tahun di tahun 2023. Sedangkan di Tahun 2024 SAIDI 1,3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 2 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,65 jam/pelanggan/tahun. Penyulang Baliem mendapatkan nilai SAIDI 9,35 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 23 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,41 jam/pelanggan/tahun di Tahun 2023. Sedangkan di Tahun 2024 SAIDI 1,3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 2 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,65 jam/pelanggan/tahun. Penyulang Byak mendapat nilai SAIDI 0,62 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 23 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,03 jam/pelanggan/tahun di Tahun 2023. Sedangkan di 2024 SAIDI 0,25 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 2 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,13 jam/pelanggan/tahun. Penyulang Napua mendapat nilai SAIDI 0,06 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 23,19 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,00 jam/pelanggan/tahun di Tahun 2023. Sedangkan di Tahun 2024 SAIDI 1,3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 2

kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,65 jam/pelanggan/tahun. Penyulang interkoneksi mendapatkan nilai SAIDI 8,87 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 23 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,39 jam/pelanggan/tahun. Sedangkan di Tahun 2024 SAIDI 1,3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 2 kali/pelanggan/tahun dan CAIDI 0,65 jam/pelanggan/tahun.

3. Berdasarkan pengukuran kualitas frekuensi dan THD (*Total Harmonic Distortion*) di UP3 Wamena, seluruh penyulang yang diuji menunjukkan frekuensi dalam batas standar (50,2–50,3 Hz), sesuai dengan Permen ESDM No. 20 Tahun 2020. Namun, nilai THD-R di semua penyulang masih melebihi batas standar $\leq 5\%$ sesuai IEEE 519-2014. THD-R cenderung lebih tinggi pada gardu yang letaknya jauh dari pembangkit karena pengaruh impedansi jaringan. Faktor lain yang berkontribusi terhadap tingginya THD meliputi tidak adanya filter harmonik, konfigurasi jaringan radial, kualitas *grounding* yang tidak merata, pengaturan AVR yang kurang optimal, dan kondisi trafo yang *underload*.
4. Gangguan pemadaman tidak terencana di UP3 Wamena tahun 2023 paling banyak disebabkan oleh gangguan mesin pembangkit dan konduktor jaringan SUTM. Meski terjadi penurunan gangguan dari sisi pembangkit, nilai THD-R masih melebihi standar akibat beberapa faktor teknis. Untuk meningkatkan keandalan sistem, diperlukan pemeliharaan jaringan dan gardu, re-konduktoring, serta penambahan filter harmonik dan pengaturan ulang sistem distribusi.

5.2 Saran

1. Memperluas penggunaan sistem distribusi ring (*looping*) dan teknologi *smart grid* agar jaringan lebih tahan terhadap gangguan serta memudahkan isolasi dan penormalan.
2. Melanjutkan dan memperluas program pemeliharaan preventif untuk mengurangi frekuensi gangguan, seperti perabasan pohon, perbaikan sambungan, dan pemeliharaan komponen *switching*.

3. Mengoptimalkan penggunaan *recloser* dan segera menyelesaikan *setting* pada seluruh *recloser* agar MAIFI dapat dihitung dan gangguan sesaat dapat diminimalkan.
4. Mengoptimalkan dan menerapkan rekomendasi hasil pemeliharaan berdasarkan justifikasi yang telah dilakukan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riza Wahyu Hidayat, Ipniansyah, and S. Djalil, "Analisis Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Wilayah Tenggara Sistem Mahakam," *PoliGrid*, vol. 4, no. 2, Dec. 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i2.33.
- [2] R. Agung, H. Alam, and A. Darma Tarigan, "Analisis Perbandingan SAIDI-SAIFI Pada Penyulang 20 kV Sebelum dan Setelah Pemeliharaan di PT PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. IX, no. 2, 2024.
- [3] Ulfah Khairiyah Luthfiyani, Adi Setiawan, and Samsul Arifin, "Analisis Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi dengan Metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA): Studi Kasus Gardu Induk Balaraja," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 250–264, Feb. 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i1.1782.
- [4] Jasa Pendidikan dan Pelatihan PT PLN (Persero), *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. 2006.
- [5] R. B. Laginda, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV di Kota Tahuna," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi*, vol. 7, 2018.
- [6] T. Watingsih, "Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah," *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah di Bidang Teknik*, vol. 13, pp. 75–84, 2012.
- [7] Kelompok Kerja Standar Konstruksi Distribusi Jaringan Tegangan Listrik dan Pusat Penelitian Sains Dan Teknologi Universitas Indonesia, *Penyusun*, 1st ed. PT PLN (Persero), 2010.
- [8] F. A. Rista, "Perhitungan Jarak Gangguan Hubung Singkat Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah 20 KV Penyulang KPK 01 Semarang," Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2023.
- [9] M. R. Anwar, A. Hafid, and A. Faharuddin, "Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST) Analisis Drop Tegangan Pada Gardu Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) PT PLN (PERSERO) ULP Karebosi," *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, Oct. 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst><http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst>
- [10] Ramly Rasyid Mifta Muhammad, "Kualitas Daya Listrik Pada Gardu Distribusi Universitas Khairun," *Journal of Science and Engineering*, vol.

- 4, no. 1, pp. 28–40, May 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/josae>
- [11] I. Gede, A. Gunawan, W. Rinas, I. Wayan, and A. Wijaya, “Analisis Distorsi Harmonisa Pada Penyulang Abang Karangasem Setelah Terpasangnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),” *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2, no. 3, Sep. 2015.
- [12] S. Amalia and E. Saputra, “Pemeliharaan Jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV Feeder Mata Air,” *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Padang*, vol. 9, no. 2, Jul. 2020, doi: 10.21063/JTE.2020.3133911.
- [13] Universitas Sains dan Teknologi Komputer, “Provinsi Papua Pegunungan.” Accessed: Jun. 08, 2025. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=provinsi+papua+pegunungan+universitas+stekom&rlz=1C1GCEB_enID1141ID1141&oq=provinsi+papua+pegunungan+universitas+stekom&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCwgAEEUYChg5GKAB0gEINzQ5MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [14] N. Pasra, S. Samsurizal, and M. Fajri, “Evaluasi Tingkat Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Indeks SAIDI SAIFI,” *SUTET*, vol. 12, no. 1, pp. 31–41, Jun. 2022, doi: 10.33322/sutet.v12i1.1644.

