

**IDENTIFIKASI DAN ANALISIS *BLACK OUT* AKIBAT GANGGUAN
JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) UNIT
PELAKSANAPENGENDALIAN PEMBANGKITAN (UPDK KAPUAS))**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata-1 Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Farid Agung Waskita

No. Mahasiswa : 19522196

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA

PERNYATAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “IDENTIFIKASI DAN ANALISIS *BLACK OUT* AKIBAT GANGGUAN JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PENGENDALIAN PEMBANGKITAN (UPDK KAPUAS))” merupakan hasil penelitian saya sendiri dan tidak terdapat plagiat dari karya oranglain kecuali kutipan dan ringkasan dengan sumber yang telah dicantumkan sesuai dengan etika penulisan karya ilmiah.

Yogyakarta, 16 Juni 2023



Farid Agung Waskita



Nomor : FG0001335
Sifat : Biasa
Lampiran : 1

Pontianak, 16 Juni 2023

Kepada
Yth
Bapak/Ibu Sek Prodi S1 Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia – Fakultas Teknologi Industri
Jln. Kaliurang KM 14,5 Yogyakarta 55584

Perihal : Surat Keterangan Selesai Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir

Dengan Hormat,
Merujuk surat nomor 3/SekProdi/ Penelitian dan Pengambilan Data TI/20/I/2023 perihal Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir tanggal 01 Februari 2023 di PT. PLN Nusantara Power UPDK Kapuas ULPLTD Sungai Raya bagi mahasiswa atas nama:

Nama : Farid Agung Waskita
NIM : 19522196
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Bahwa yang bersangkutan telah selesai melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir di PT. PLN Nusantara Power UPDK Kapuas ULPLTD Sungai Raya, dengan pembimbing Sdr. Sujarno dan Sdr. Boma Rahkmani. Selama pelaksanaan penelitian mulai dari tanggal 06 Februari 2023 – 06 Maret 2023 yang bersangkutan melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir dengan baik.

Selain dari itu sesuai persyaratan yang telah ditetapkan bahwa ybs wajib menyerahkan 1 (satu) exemplar karya tulis hasil laporan Penelitian sebagai bahan perpustakaan di PT. PLN Nusantara Power UPDK Kapuas ULPLTD Sungai Raya.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

MANAGER UPDK KAPUAS



BAHTIAR WIBISANA

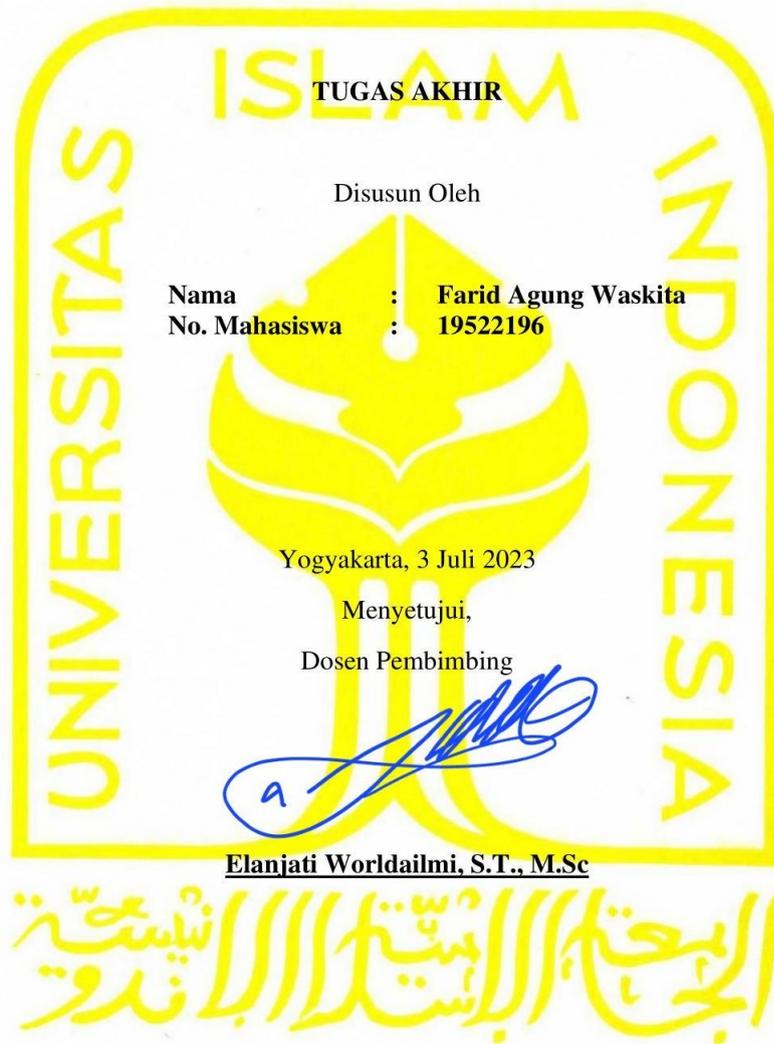
Tembusan :

1. Team Leader Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Keamanan UPDK Kapuas
2. Manager Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel Sei Raya UPDK Kapuas

PT PLN NUSANTARA POWER, UNIT PEMBANGKITAN KAPUAS
Jl. Aji Sucipto No. 2, Kel. Sungai Raya, Kab. Kubu Raya, Kalimantan Barat
Telp : -
Faks : -

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

IDENTIFIKASI DAN ANALISIS *BLACK OUT* AKIBAT GANGGUAN
JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA
PENGENDALIAN PEMBANGKITAN (UPDK KAPUAS))



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**IDENTIFIKASI DAN ANALISIS *BLACK OUT* AKIBAT GANGGUAN
JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) UNIT
PELAKSANAPENGENDALIAN PEMBANGKITAN (UPDK KAPUAS))**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh

Nama : Farid Agung Waskita
No. Mahasiswa : 19522196

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 30 Juli 2023

Tim Penguji

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.

Ketua

Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D. IPU., ASEAN.Eng

Anggota I

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Anji Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

MOTTO

“Allah SWT tidak akan membebani seorang hamba melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang akan mereka ingin tahu hanya bagian *succes stories*. berjuang lah sampai akhir untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang memberikan tepuk tangan. Suatu saat nanti diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini, tetap semangat :)

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan.
Tidak ada kemudahan tanpa doa”

(Farid Agung Waskita)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabil ‘alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘alaihi Wasallam beserta keluarga dan sahabat Beliau yang membawa umat menuju ridha Allah Subhanahu wa Ta’ala. Penulis menyadari terselesaikannya karya tulis ini dikarenakan adanya banyak bimbingan, bantuan, dukungan, semangat, serta do’a dari berbagai pihak. Oleh sebab itu izinkan penulis untuk mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak–pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Dengan segala kerendahan hati dan penuh hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan bimbingan sehingga seluruh proses ini dapat terlewati.
5. Pimpinan PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK Kapuas) yang telah memberikan penulis kesempatan dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian dan pengambilan data.
6. Keluarga tercinta, Bapak Sudarsono, Ibu Fitri Siswanti, dan Kakak Yoga Wisnu Prayuda S.Ak yang selalu memberikan dukungan baik moril dan material sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
7. Sahabat-sahabat dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama masa perkuliahan serta membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam serangkaian penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan demi perbaikan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya serta bermanfaat kebaikan bagi seluruh pihak serta diberikan berkah oleh Allah Subhanahu Wa Ta'ala Aamiin Yaa Robbal 'Aalamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 10 Juni 2023

Farid Agung Waskita

ABSTRAK

Listrik merupakan utama dalam perekonomian di Indonesia. Penyediaan tenaga listrik dibedakan menjadi tiga proses, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi. PLN merupakan penyuplai energi listrik di Indonesia yang berperan penting dalam ketersediaan listrik yang mencukupi bagi kegiatan sehari-hari, industri, dan sektor lainnya. UPDK Kapuas merupakan pembangkit listrik yang ada di Kota Pontianak. Berdasarkan data SAIDI dan SAIFI durasi dan frekuensi pemadaman pada tahun 2021 sebesar 14,85 jam per pelanggan per tahun dan 14,5 kali per pelanggan per tahun sedangkan pada tahun 2022 sebesar 16,85 jam per pelanggan per tahun dan 17,16 kali per pelanggan per tahun hal tersebut mengalami kenaikan. Kemudian nilai susut pada tahun 2022 rata-rata sebesar 11% dan nilai *Energy Not Supplied* (ENS) rata-rata sebesar 26,265 kWh/bulan. UPDK Kapuas mengalami gangguan jaringan internal dan eksternal sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan permintaan listrik menyebabkan penurunan reputasi dan kerugian secara finansial. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) objek pada penelitian ini penyebab dari gangguan jaringan. Tujuan penelitian adalah mengetahui penyebab utama gangguan jaringan dan resiko operasional yang ada pada jalur distribusi listrik, menentukan prioritas perbaikan gangguan jaringan transmisi, serta memberikan rekomendasi usulan perbaikan terhadap kerusakan gangguan jaringan guna menurunkan angka gangguan jaringan dan meningkatkan pelayanan distribusi listrik. Berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* terdapat 25 penyebab gangguan jaringan dari internal maupun eksternal. Dari 25 penyebab gangguan jaringan diperkecil berdasarkan hasil minimal *Cut Set* menjadi 5 yaitu, kerusakan yang disebabkan oleh gangguan alam, binatang, manusia, kesalahan pemasangan instalasi, dan gangguan komponen listrik. Berdasarkan hasil nilai RPN tertinggi disebabkan oleh kabel listrik sebesar 11638 yang perlu menjadi prioritas perbaikan oleh UPDK Kapuas. Rekomendasi perbaikan dengan melakukan *maintenance* dan pemeliharaan jaringan secara rutin untuk mencegah kerusakan dan menambah alat *Thermovision* untuk mengidentifikasi dan mendeteksi kerusakan jaringan lebih cepat dan tepat.

Kata Kunci: *Fault Tree Analysis, Failure Mode And Effect Analysis, Gangguan Jaringan*

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA	1
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	4
MOTTO.....	5
KATA PENGANTAR.....	6
ABSTRAK	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR	1
DAFTAR GRAFIK.....	2
DAFTAR NOTASI.....	3
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Batasan Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN LITERATUR	9
2. 1. Kajian Teoritis.....	9
2.1.1. Sistem Distribusi Listrik	9
2.1.2. Gangguan Jaringan.....	11
2.1.3. Faktor yang mempengaruhi Keandalan Sistem Distribusi.....	11
2.1.4. Energy Not Supplied (ENS).....	12
2.1.5. System Average Interruption Duration Index (SAIDI).....	13
2.1.6. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).....	13
2.1.7. Manajemen Resiko.....	14
2.1.8. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	15
2.1.9. Fault Tree Analysis (FTA).....	18
2.2. Kajian Empiris.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 . Subjek Penelitian	26

3.2 . Objek Penelitian.....	26
3.3 . Sumber Data Penelitian.....	26
3.4 . Metode Pengumpulan Data.....	27
3.5 . Alur Penelitian	27
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	33
4.1. Profil Perusahaan	33
4.2. Visi dan Misi Perusahaan.....	34
4.2.1. Visi Perusahaan	34
4.2.2. Misi Perusahaan.....	34
4.3. Struktur Organisasi	35
4.4. Proses Penyaluran Listrik.....	38
4.5. Pengumpulan Data	40
4.5.1. System Average Interruption Duration Index (SAIDI).....	40
4.5.2. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).....	41
4.5.3. Nilai Susut Listrik	42
4.5.4. Energy Not Supplied (ENS).....	43
4.6. Rekapitulasi Aduan Gangguan Per Jenis Gangguan	45
4.7. Identifikasi Penyebab dan Akibat Gangguan Jaringan Listrik.....	46
4.9. Identifikasi Kerusakan Gangguan Jaringan	55
4.10. Pengolahan Data RPN.....	57
BAB V PEMBAHASAN	62
5.1. Analisis 5W + 1H	62
5.2. Analisis Resiko	66
5.3. Rekomendasi Pengendalian Kerusakan Gangguan Jaringan Distribusi Listrik	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1. Kesimpulan.....	78
6.2. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Parameter Keandalan Listrik PLN Wilayah Kota Pontianak.....	1
Tabel 1. 2 Parameter Pemadaman Listrik Wilayah Kota Pontianak.....	3
Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya	25
Tabel 4. 1 Data System Average Interruption Duration Index (SAIDI).....	40
Tabel 4. 2 Data System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).....	41
Tabel 4. 3 Data Energy Not Supplied (ENS) 2022.....	44
Tabel 4. 4 Identifikasi Penyebab dan Akibat Kerusakan Gangguan Jaringan Listrik	46
Tabel 4. 5 Keterangan Pada Fault Tree.....	51
Tabel 4. 6 Faktor Penyebab dan Dampak Ditimbulkan Gangguan Jaringan	53
Tabel 4. 7 Data Responden Penelitian	57
Tabel 4. 8 Skala Pengolahan Nilai RPN	58
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RPN.....	59
Tabel 5. 1 Analisis Hasil <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	64
Tabel 5. 2 Rekomendasi Perbaikan dan Pengendalian Kerusakan Gangguan Jaringan Distribusi Listrik	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Distribusi Listrik.....	10
Gambar 2. 2 Simbol-Simbol Gate Pada FTA	20
Gambar 2. 3 Simbol-simbol Kejadian pada FTA	21
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	29
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PLN Unit Pelaksana Pembangkitan (UPDK) Kapuas.....	35
Gambar 4. 2 Proses Alur Distribusi Energi Listrik PLN	38
Gambar 4. 3 Penyebab Terjadinya Gangguan Jaringan Distribusi Listrik	49
Gambar 4. 4 Hasil <i>Fault Tree</i> dari Gangguan Jaringan Distribusi Listrik Wilayah Kota Pontianak	50
Gambar 4. 5 <i>Fishbone</i> Diagram.....	56

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Data <i>System Average Interruption Duration Index</i> (SAIDI).....	41
Grafik 4. 2 Data <i>System Average Interruption Frequency Index</i> (SAIFI).....	42
Grafik 4. 3 Data Nilai Susut.....	43
Grafik 4. 4 Data ENS 2022	45

DAFTAR NOTASI

PLN	: Perusahaan Listrik Negara
UPDK	: Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkit
UP3	: Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan
ULP	: Unit Layanan Pengadaan
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
JTR	: Jaringan Tegangan Rendah
JTM	: Jaringan Tegangan Menengah
PMT	: Pemutus Tenaga Listrik
PMS	: Pemisah Tenaga Listrik
MCB	: <i>Mini Circuit Breaker</i>
SUTET	: Sistem Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi
SUTT	: Saluran Udara Tegangan Tinggi
OPAL	: Operasi Penertiban Aliran Listrik

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik adalah salah satu komoditi strategis dalam perekonomian di Indonesia. Kebutuhan listrik selain digunakan secara luas oleh masyarakat terutama untuk keperluan penerangan, listrik juga merupakan salah satu sumber energi utama bagi sektor industri. Penyediaan tenaga listrik dapat dibedakan menjadi tiga proses penyampaian tenaga listrik, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang dapat dianggap sebagai produksi atau pembuatan, pengangkutan, dan penjualan eceran tenaga listrik (Arismunandar, 1995).

PT. PLN (Persero) atau disebut dengan PLN adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang sumber energi listrik. PT PLN memiliki misi untuk menyediakan pasokan listrik yang handal, terjangkau, dan berkelanjutan guna mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat Indonesia. Perusahaan ini berperan penting dalam memastikan ketersediaan listrik yang mencukupi bagi kegiatan sehari-hari, industri, dan sektor lainnya (Company, 2021)

Listrik di produksi dari pembangkit listrik atau generator. Transmisi atau penghantar adalah pendistribusi tenaga listrik dari pusat tenaga listrik (Gardu Induk) dalam skala yang besar ke suatu lokasi tertentu yang disebut gardu hubung. Dari gardu induk energi listrik disalurkan dan diarahkan ke gardu distribusi kemudian ke pelanggan. Produksi listrik di PLN dalam pendistribusian listrik menjadi aspek yang penting dalam mengukur kualitas pelayanan PLN agar kepuasan pelanggan tetap tinggi. Adapun data arsip dari Unit Pelaksana Pelanggan (UP3) Pontianak memaparkan jumlah produktivitas penjualan pada tahun 2021 hingga 2023 yang ditampilkan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1. 1 Parameter Keandalan Listrik PLN Wilayah Kota Pontianak

Aspek	Satuan	2021	2022
Daya Terkontrak	VA	68.903.612	72.265.912
Produksi Listrik	GWh	9.131.742	9.679.916
Penjualan	kWh	123.868.743,82	126.274.048,87

Sumber: Unit Pelaksana Pelanggan (UP3) Pontianak

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa daya terkontrak tenaga listrik di PLN wilayah Pontianak setiap tahun terus meningkat dan berkembang. Daya terkontrak merupakan daya listrik yang disuplai dari PLN kemudian terpasang dan terhubung ke rumah pelanggan. Daya yang terpasang mulai dari 900, 1300, 2200, 3500, 5500, 6600 VA, daya tersebut batasan suplai listrik dari PLN ke rumah pelanggan. Semakin besar daya yang terpasang maka semakin banyak alat elektronik yang dapat digunakan secara bersamaan, tetapi semakin besar daya yang terpasang maka semakin besar tarif penggunaan listrik.

Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak merupakan unit distribusi PLN yang melaksanakan tugas untuk menjual dan mendistribusikan energi listrik kepada pelanggan. Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkit (UPDK) Kapuas dikelola oleh UP3 Pontianak dan mencakup mesin pembangkit. UPDK Kapuas membawahi dua pembangkit yaitu PLTD Sei Raya dan PLTD Siantan yang merupakan pembangkit listrik tenaga diesel sebagai mesin yang menghantarkan tenaga listrik ke pelanggan. Data pada Tabel 1.1 menjadi sebuah indikasi bahwa UPDK Kapuas berkembang positif karena peningkatan kapasitas pembangkit listrik setiap tahunnya. Tetapi dengan meningkatnya daya terkontrak tenaga listrik di tahun 2022 membuat UPDK Kapuas tidak juga membuat produksi listrik menjadi lebih meningkat, banyak faktor penghambat pendistribusian listrik.

Gangguan pada jaringan distribusi dapat disebabkan oleh kontak dengan pohon serta adanya sambaran di daerah luar kota (Senen, 2019). Permasalahan pada UPDK Kapuas ada dua yaitu, pemadaman listrik yang diakibatkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik dan *Losses* yang diakibatkan oleh pencurian energi listrik. Pada penelitian ini penulis berfokus pada pemadaman listrik yang diakibatkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik. Energi listrik yang dikirim oleh gardu induk tidak dapat sampai ke pelanggan karena adanya kerusakan jaringan distribusi yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Selain itu, pemadaman listrik juga dapat disebabkan oleh rusaknya jaringan distribusi. Apabila terjadi gangguan jaringan distribusi listrik atau pemadaman, maka kemungkinan pendapatan listrik oleh PLN akan berkurang karena pelanggan tidak mengkonsumsi listrik (UPDK Kapuas, 2022).

Listrik yang terjual oleh PLN Pontianak khususnya UPDK Kapuas memiliki nilai yang tidak sesuai dengan listrik yang dihasilkan. Perbedaan tersebut disebabkan oleh dua hal, yaitu *Energy Not Supplied* (ENS) dan susut listrik. ENS adalah jumlah listrik yang tidak dapat disalurkan atau dialirkan oleh perusahaan karena faktor gangguan internal dan faktor gangguan eksternal. Gangguan internal dapat terjadi karena gangguan gardu induk

listrik hingga jaringan tegangan menengah (JTM), *Load Break Switch* (LBS), *sekring* putus (FCO), isolator, dan *arrester*. Kemudian gangguan jaringan eksternal disebabkan oleh gangguan alam, gangguan binatang, gangguan manusia, gangguan material yang dipakai, atau kesalahan instalasi jaringan distribusi (UPDK Kapuas, 2022). Keandalan listrik lainnya adalah nilai susut listrik, menunjukkan efisiensi PLN dalam penyaluran tenaga listrik. Semakin rendah nilai susut, maka semakin efisien PLN dalam menyalurkan tenaga listrik. Susut listrik dan tenaga tidak tersalurkan dapat disebabkan oleh gangguan internal maupun gangguan eksternal.

Dalam penyaluran tenaga listrik, PLN sering mengalami gangguan dari internal PLN seperti gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri, misalnya gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat, *switching* kegagalan isolasi, kerusakan pada pembangkit dan lain – lain. Sementara dengan eksternal yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem, seperti terputusnya saluran/kabel karena angin, badai, petir, pepohonan, layang - layang dan sebagainya (Pabla, 1994)

Gangguan jaringan dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Namun dampak yang paling merugikan PLN adalah ketika jaringan transmisi atau jaringan distribusi rusak parah sehingga tidak dapat berfungsi lagi menyebabkan terjadinya pemadaman listrik bagi pelanggan. Jika gangguan yang terjadi berskala kecil maka durasi pemadaman akan singkat. Sebaliknya, jika kerusakan yang terjadi berdampak besar pada jaringan transmisi atau distribusi, menyebabkan *black out* atau pemadaman besar di suatu wilayah yang dapat mencapai hingga 10 jam, yang menjadi masalah besar bagi PLN (Statistik PLN, 2020).

Tabel 1. 2 Parameter Pemadaman Listrik Wilayah Kota Pontianak

Indeks	Satuan	2021	2022
Durasi Pemadaman	Jam/ Pelanggan	14,85	16,85
Frekuensi Pemadaman	Kali/ Pelanggan	14,55	17,16

Sumber: Unit Pelaksana Pelanggan (UP3) Pontianak

Indeks pemadaman dibagi menjadi dua bagian, yaitu frekuensi dan durasi pemadaman listrik pada pelanggan PLN. Dapat dilihat pada Tabel 1.2 bahwa indeks durasi pemadaman di wilayah kota pontianak pada tahun 2021 sebesar 14,85 jam per pelanggan per tahun, kemudian meningkat pada tahun 2022 sebesar 16,85 jam per pelanggan per tahun. Pada frekuensi pemadaman pontianak pada tahun 2022 sebesar 17,16 kali per pelanggan per tahun yang juga meningkat dari tahun 2021 dengan jumlah 14, 55 per

pelanggan per tahun (UP3 Pontianak, 2022). Ketika jumlah durasi dan frekuensi pemadaman listrik mencapai angka yang melebihi durasi 10 jam per pelanggan per tahun dan frekuensi 10 kali per pelanggan per tahun, batas nilai yang ditetapkan oleh UP3 Pontianak maka terdapat permasalahan pada sistem distribusi listrik yang tidak dapat diabaikan oleh PLN yang dapat disebabkan oleh pemadaman listrik.

Permasalahan tersebut merupakan penyebab utama ketidakpuasan pelanggan dengan banyaknya pengaduan masyarakat yang diajukan ke UPDK Kapuas. Hal tersebut menjadi peringatan karena banyak terjadi pemadaman listrik di Kota Pontianak yang merupakan aspek penting untuk menjaga kredibilitas PLN. Oleh karena itu, pencegahan gangguan merupakan langkah penting dalam menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik.

Kepuasan pelanggan terhadap pelayanan listrik PLN bervariasi beberapa faktor yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan terhadap pelayanan listrik PLN seperti, ketersediaan listrik yang baik jika pelanggan sering mengalami pemadaman listrik yang tidak terjadwal atau gangguan pasokan listrik yang berkepanjangan, hal ini dapat menurunkan kepuasan pelanggan. Respons dan tanggapan terhadap keluhan pelanggan, ketika pelanggan menghadapi masalah terkait pelayanan listrik, seperti pemadaman atau masalah meteran, pelanggan mengharapkan respons yang cepat dan efektif dari PLN. Kemampuan PLN dalam menanggapi keluhan pelanggan dengan cepat dan memberikan solusi yang memadai dapat meningkatkan kepuasan pelanggan (Witanti, 2022).

Dengan adanya pemadaman listrik mengakibatkan timbul kerugian baik pada pelanggan rumah tangga maupun industri kecil dan menengah, contohnya percetakan dan laundry. Pada konsumen industri kecil dan menengah kerugian yang dialami akibat pemadaman listrik yaitu menyebabkan peningkatan harga satuan produksi. Untuk memperkirakan besarnya kerugian yang dialami oleh industri kecil dan menengah didasarkan pada harga pokok produksi yang dikeluarkan untuk menghasilkan barang jadi. Hal ini akan menyebabkan para pelaku usaha akan mengeluarkan biaya tambahan karena harus membeli genset dan mengeluarkan biaya untuk membeli bahan bakar setiap pemadaman listrik, pada akhirnya akan mempengaruhi pendapatan para pengusaha mikro tersebut.

Dampak gangguan jaringan akibat pemadaman listrik yang dirasakan oleh pihak PLN khususnya UPDK Kapuas berupa kehilangan kesempatan menjual tenaga listrik dan memburuknya citra PLN. Sementara dampak yang dirasakan oleh masyarakat berupa

pemadaman listrik dan resiko kerusakan peralatan elektronik. Dalam upaya mengatasi masalah tersebut maka dalam penelitian ini digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) terlebih dahulu untuk menjabarkan penyebab dari pemadaman listrik, kemudian untuk menilai skala prioritas perbaikan digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dengan penemuan akar masalah, diharapkan dapat meminimalisir terulangnya masalah yang sama di kemudian hari dan mampu memberikan rekomendasi tindakan perbaikan sehingga dapat menurunkan kejadian gangguan transmisi listrik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja penyebab utama gangguan jaringan dan resiko operasional pada jalur distribusi listrik PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas?
2. Bagaimana menentukan prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas akibat dari gangguan jaringan?
3. Apa saja rekomendasi usulan perbaikan terhadap kerusakan gangguan jaringan distribusi listrik yang diberikan untuk menurunkan angka gangguan jaringan dan meningkatkan pelayanan distribusi listrik?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini, maka terdapat beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab utama gangguan jaringan dan resiko operasional yang ada pada jalur distribusi listrik PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas.
2. Dapat menentukan prioritas perbaikan gangguan jaringan transmisi pada PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas.
3. Memberikan rekomendasi usulan perbaikan terhadap kerusakan gangguan jaringan distribusi listrik yang bertujuan untuk menurunkan angka gangguan jaringan dan meningkatkan pelayanan distribusi listrik.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yang dilakukan bagi kedua pihak adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

- Diharapkan menjadi masukan dan evaluasi bagi PLN khususnya Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas terkait untuk terus meningkatkan kualitas pendistribusian energi listrik dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat.
- Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi saran bagi perusahaan dalam menghadapi adanya gangguan sistem jaringan transmisi listrik.

2. Bagi Peneliti

- Untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang apa saja yang menyebabkan terjadinya *black out* pemadaman akibat gangguan sistem jaringan transmisi listrik baik secara eksternal maupun internal serta gambaran dunia pekerjaan yang sebenarnya antara teori yang didapatkan dengan fakta lapangan.
- Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bacaan untuk menambah khazanah ilmu pengetahuan bagi peneliti selanjutnya dan yang membacanya.

1.5. Batasan Penelitian

Agar penelitian selalu terfokus pada objek penelitian, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PLN pada Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas sebagai pembangkit distribusi penyaluran jaringan listrik.
2. Objek penelitian difokuskan pada penyebab utama gangguan jaringan transmisi listrik dan distribusi listrik wilayah Kota Pontianak.
3. Data yang diperoleh berdasarkan arsip di UPDK Kapuas dan hasil kuesioner kepada pegawai UPDK Kapuas.

1.6. Sistematika Penulisan

Agar lebih terstruktur, maka penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab 1 Pendahuluan terdiri dari penjelasan tentang pemaparan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah. Selain itu, terdapat manfaat penelitian, dan uraian mengenai sistematika penulisan secara singkat.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada Bab 2 Kajian Literatur menjelaskan tentang kajian teoritis dan empiris yang berkaitan dengan permasalahan dalam penelitian ini. Selain itu, pada bab ini juga memuat uraian hasil tentang hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyelesaian masalah pada penelitian.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang kerangka penelitian yang meliputi subjek dan objek penelitian, sumber data penelitian, metode pengumpulan data, serta bagan alur penelitian yang menjelaskan langkah-langkah proses penelitian yang akan dilakukan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan tentang proses pengumpulan dan pengolahan data yang didapatkan semasa penelitian. Pengolahan data menggunakan metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil yang diperoleh disajikan dalam bentuk gambar, grafik, dan tabel serta pada bab ini menjadi dasar pemaparan pada bab-bab selanjutnya yang membahas pembahasan dan analisis lebih detail.

BAB V

PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan analisis dan pembahasan secara detail mengenai hasil yang didapat pada bab sebelumnya. Pemaparan pembahasan dilakukan sesuai dengan rumusan dan tujuan penelitian untuk mencapai kesimpulan dan rekomendasi yang diberikan sebagai solusi dari permasalahan pada penelitian ini.

BAB VI

PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis dan permasalahan penelitian yang telah dilakukan. Tujuan penarikan kesimpulan adalah untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Serta pada bab ini memberikan saran untuk penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

Berisi seluruh sumber data jurnal dan bacaan yang digunakan dalam penelitian

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2. 1. Kajian Teoritis

Kajian Teoritis merupakan latar belakang dari kondisi kerangka yang umum, kemudian menemukan hal yang khusus dari yang umum. Kajian Teoritis adalah cara berpikir dimana pernyataan yang bersifat umum dapat ditarik kesimpulan yang bersifat khusus.

2.1.1. Sistem Distribusi Listrik

Sistem distribusi merupakan aliran listrik yang menghasilkan energi listrik dari pembangkit ke konsumen. Unit produksi listrik menghasilkan listrik sebesar 11 kV dan 24 KV. Kemudian tegangan dinaikkan menjadi 500 kV melalui trafo tegangan tinggi dan disalurkan melalui transmisi, Tujuan menaikkan tegangan menjadi 500 kV adalah untuk mengurangi jumlah daya yang hilang pada saluran transmisi. Kerugian daya listrik sebanding dengan kuadrat arus yang melewatinya. Dengan daya yang sama, nilai arus yang mengalir semakin kecil apabila nilai tegangannya diperbesar, sehingga kerugian daya semakin kecil pula menurut (Pabla, 1994).

Trafo penurun tegangan (*step down*) pada gardu induk distribusi akan menurunkan tegangan yang disalurkan selanjutnya menjadi 20 kV. Tegangan ini kemudian disalurkan ke trafo distribusi primer yang lebih kecil menjadi tegangan rendah, yaitu 220/380 V. Dari saluran trafo distribusi primer ini terdapat gardu induk distribusi mengambil tegangan untuk menurunkan tegangan kemudian akan disalurkan ke konsumen atau pelanggan (Suhardi, 2008).

Aliran listrik selanjutnya distribusi ke pelanggan melalui jalur distribusi sekunder. Pada sistem distribusi daya jarak jauh, tegangan yang paling tinggi digunakan sebanyak mungkin oleh trafo *step-up*. Penggunaan tegangan yang sangat tinggi dapat menyebabkan konsekuensi seperti bahaya bagi lingkungan dan biaya perawatan yang tinggi, serta tidak memenuhi nilai voltase yang diperlukan di sisi beban. Sehingga tegangan listrik yang tinggi ini dapat dikurangi lagi di area pusat beban dengan menggunakan trafo *step-down*. Nilai tegangan yang berbeda dapat menyebabkan arus netral (Nol), nilai arus netral (Nol) muncul pada saat beban tidak seimbang. Arus netral (Nol) pada beban trafo menyebabkan perbedaan besar pada sudut arus dan tegangan yang cukup besar (Abdul, 2006).

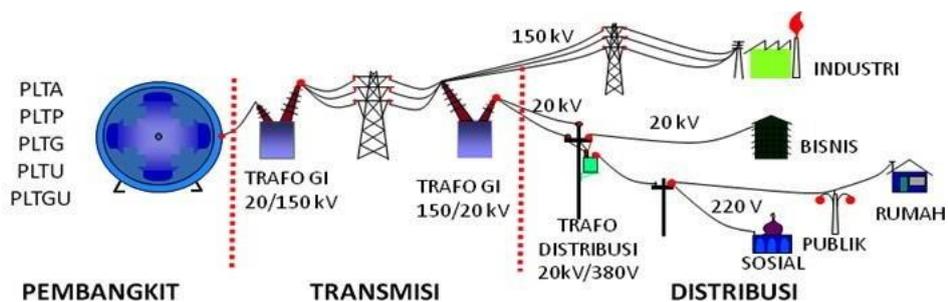
Bagian-bagian jaringan distribusi terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu: (Abdul, 2006)

a. Jaringan distribusi primer

Jaringan ini mengirimkan tenaga listrik ke subtransmisi gardu induk dari gardu distribusi. Enam jenis jaringan yang berbeda digunakan dalam jaringan distribusi primer, termasuk sistem radial dan sistem tertutup, jaringan ini juga disebut sebagai jaringan *loop*, *ring*, *spindle*, dan *cluster*. Jaringan ini memiliki tegangan menengah, juga disebut sebagai tegangan primer.

b. Jaringan distribusi sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan tegangan di jaringan ini rendah. Jaringan tenaga listrik ini yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini memiliki pengaturan dan kondisi pelayanan yang sama dengan distribusi primer.



Gambar 2. 1 Proses Distribusi Listrik

(Sumber: Artema, 2022)

Proses sistem distribusi transmisi energi listrik terdiri dari tiga tingkat mulai dari pembangkit hingga distribusi kepada pelanggan, yaitu. (Rian, 2015):

1. Tingkat transmisi merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang mengalirkan tenaga listrik dari pembangkit listrik ke jaringan distribusi daerah. Tegangan yang digunakan pada tingkat transmisi sangat tinggi, yaitu di atas 110 kV hingga 500 kV.
2. Tingkat distribusi merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang menghubungkan jaringan distribusi regional dengan jaringan distribusi lokal. Tegangan yang digunakan pada tingkat distribusi bervariasi, mulai dari 11 kV hingga 33 kV.

3. Tingkat pengguna merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang menghubungkan jaringan distribusi lokal dengan konsumen akhir. Tegangan yang digunakan pada tingkat pengguna biasanya lebih rendah

2.1.2. Gangguan Jaringan

Gangguan pada sistem distribusi adalah keandalan sistem yang tidak normal yang menyebabkan korsleting rangkaian dan rangkaian terbuka. Gangguan pada sistem kelistrikan menyebabkan relay saluran suplai berfungsi dan membuka pemutus arus gardu induk, memutus aliran listrik (Wendy, 1978). Gangguan pada jaringan distribusi lebih banyak terjadi pada saluran udara (SUTM) yang pada umumnya tidak memakai isolasi dibandingkan pada saluran distribusi dengan kabel tanah (SKTM), karna menggunakan isolasi pembungkus.

Gangguan jaringan listrik dapat terjadi karena berbagai faktor, termasuk gangguan pada sistem kelistrikan, kegagalan peralatan listrik, kerusakan pada kabel jaringan, atau kondisi cuaca ekstrim seperti badai atau banjir. Gangguan jaringan listrik dapat menyebabkan matinya aliran listrik ke rumah atau gedung, sehingga mengakibatkan terganggunya aktivitas yang membutuhkan sumber daya listrik (Suhardi, 2008).

Faktor penyebab gangguan dapat dibagi menjadi dua kategori (Suhardi, 2008), yaitu:

- a. Gangguan Internal

yaitu gangguan yang terjadi di dalam sistem sendiri, seperti gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat, kegagalan *switching* isolasi, kerusakan pada pembangkit, dan sebagainya.

- b. Gangguan Eksternal

yaitu gangguan yang terjadi di luar sistem atau disebabkan oleh sumber alam, seperti pepohonan, badai, petir, dan angin.

2.1.3. Faktor yang mempengaruhi Keandalan Sistem Distribusi

Beberapa komponen yang harus dipertimbangkan untuk memastikan sistem distribusi beroperasi dengan benar adalah sebagai berikut, (Pabla, 1994):

1. Suhu

Besarnya arus beban dibatasi oleh suhu, yang berarti beban untuk jenis elemen sistem ini ditentukan oleh suhu daripada faktor mekanis. Batasan ini berbeda-beda

tergantung pada konfigurasi beban dan cuaca, sehingga area pembatas ditetapkan untuk mengontrol beban dalam berbagai kondisi

2. Ekonomis

Untuk mencegah penyebaran batas ekonomi, pembebanan normal komponen di kota yang padat berada di bawah batas ekonomi. Batas ekonomi tercapai jika hanya mengurangi kerugian (berdasarkan biaya tahunan) sama dengan membayar kerugian. situasi yang sangat diperlukan.

3. Tegangan Jatuh

Istilah yang digunakan untuk menggambarkan perbedaan antara tegangan di ujung pengirim dan penerima listrik. Faktor beban dan kerja, impedansi, masuknya saluran. mempengaruhi tegangan saluran arus bolak-balik.

4. Tegangan Lebih

Komponen harus mampu mengatasi tidak hanya kehilangan tegangan tetapi juga lonjakan tegangan yang disebabkan oleh sistem atau sumber eksternal.

5. Beban Lebih Pada Saat Terjadi Gangguan

Arus gangguan masuk ke sistem akan menyebabkan sistem mengalami keadaan kelebihan beban, yang mengakibatkan sistem menjadi tidak normal. Jika ini dibiarkan berlanjut, hal itu dapat membahayakan peralatan sistem.

6. Hubung Singkat

Dalam jangka waktu yang sangat singkat, ini akan menyebabkan gangguan baik saat ini maupun masa depan. Penghubung singkat tiga fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, antar fasa, atau satu fasa ke tanah dapat menyebabkan gangguan permanen. Di sisi lain, gangguan temporer dapat terjadi karena *flashover* antara penghantar dan tanah, antara penghantar dan tiang, atau antara penghantar dan kawat tanah.

7. Hilangnya Sumber Tenaga

Gangguan di unit pembangkit atau gangguan hubung singkat jaringan menyebabkan hilangnya pembangkit. Hal ini menyebabkan CB dan *relay* bekerja dan jaringan terputus dari pembangkit.

2.1.4. ***Energy Not Supplied (ENS)***

Menurut Erhaneli (2016), sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem peralatan listrik yang mencakup sumber tenaga besar (sumber tenaga *bulking*) dan peralatan hubung pelanggan (peralatan hubung pelanggan). Dalam jaringan distribusi

tenaga listrik, sistem dibedakan menjadi dua, yaitu distribusi primer (Jaringan Distribusi Tegangan Menengah) dan distribusi sekunder (Jaringan Distribusi Tegangan Rendah). Tegangan operasi sistem distribusi primer biasanya 6 kV atau 20 kV, sedangkan tegangan sistem distribusi sekunder 380 Volt atau 220 Volt ENS (*Energy Not Supplied*) adalah indeks keandalan yang menunjukkan jumlah tegangan yang diberikan.

2.1.5. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) adalah salah satu metrik yang digunakan untuk mengukur kinerja jaringan listrik dalam menyediakan pasokan listrik yang stabil dan terus menerus ke konsumen (Arifani, 2013). SAIDI didefinisikan nilai rata-rata dari lamanya gangguan sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun (Erhaneli, 2016). SAIDI dihitung dengan membagi total waktu pemadaman listrik yang dialami oleh seluruh pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani. SAIDI biasanya diukur dalam hitungan jam per tahun atau menit per tahun, tergantung pada kebijakan penyedia listrik setempat.

SAIDI adalah salah satu indikator kinerja penting dalam industri listrik, karena dapat memberikan informasi tentang efektivitas operasi dan perawatan jaringan listrik. SAIDI yang rendah menunjukkan kinerja yang baik dalam menyediakan pasokan listrik yang stabil dan terus menerus kepada pelanggan, sedangkan SAIDI yang tinggi menunjukkan adanya masalah dalam jaringan listrik yang perlu diperbaiki (Husna, 2018).

Penyedia listrik sering menggunakan SAIDI untuk memantau kinerja jaringan listrik mereka dan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau pemeliharaan lebih lanjut. Selain SAIDI, masih ada beberapa metrik kinerja lain yang digunakan dalam industri listrik, seperti *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI).

2.1.6. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Menurut Arifani (2016), Keandalan sistem distribusi ditentukan oleh indeks frekuensi pemadaman rata-rata/frekuensi pemadaman rata-rata. Faktor utama dalam metode indeks keandalan sistem distribusi dalam layanan konsumen adalah besarnya indeks keandalan. *System average interruption frequency index* (SAIFI) adalah jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani.

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) adalah salah satu metrik yang digunakan dalam industri listrik untuk mengukur jumlah pemadaman listrik yang dialami oleh pelanggan dalam satu tahun. SAIFI mengukur rata-rata jumlah pemadaman listrik yang dialami oleh pelanggan dalam satu tahun. SAIFI dihitung dengan membagi total jumlah pemadaman listrik yang dialami oleh seluruh pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani. SAIFI biasanya diukur dalam hitungan kali per tahun, dan semakin rendah SAIFI, semakin baik kinerja penyedia listrik dalam menyediakan pasokan listrik yang stabil dan terus menerus (Husna, 2018).

SAIFI sering digunakan bersama dengan SAIDI dan *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)* untuk memberikan gambaran yang lengkap tentang kinerja jaringan listrik. SAIDI mengukur rata-rata lamanya waktu pemadaman listrik yang dialami oleh pelanggan dalam satu tahun, sedangkan CAIDI mengukur rata-rata waktu pemulihan listrik setelah terjadinya pemadaman (Erhaneli, 2016).

Dengan menggunakan SAIFI, penyedia listrik dapat mengidentifikasi area yang sering mengalami pemadaman listrik dan melakukan perbaikan atau pemeliharaan jaringan listrik untuk memperbaiki kinerja dan meningkatkan keandalan pasokan listrik. SAIFI juga dapat digunakan sebagai alat untuk memantau kinerja jaringan listrik dan menentukan target kinerja yang harus dicapai (Erhaneli, 2016).

2.1.7. Manajemen Resiko

Manajemen resiko adalah proses sistematis yang mencakup identifikasi, penilaian, dan pengendalian resiko yang terkait dengan suatu kegiatan atau proyek (Basuki, 2019). Tujuan utama dari manajemen resiko adalah untuk mengurangi terjadinya resiko, meminimalkan dampak negatif dari resiko, dan memanfaatkan peluang yang terkait dengan resiko. Manajemen resiko mencakup aktivitas yang menganalisis sumber resiko dan pemicu terjadinya resiko, dampak positif dan negatif serta kemungkinan terjadinya. Perusahaan harus mengidentifikasi dengan baik faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kemungkinan terjadinya resiko dan dampaknya. Resiko dapat dianalisis dengan menentukan dampak dan kemungkinan terjadinya masalah. Sebuah kejadian dapat memiliki efek yang berbeda dan dapat mempengaruhi berbagai macam tujuan perusahaan (Wicaksono, 2022).

Analisis resiko adalah upaya untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang resiko. Hasil analisis ini akan digunakan sebagai masukan dalam evaluasi resiko

dan proses pengambilan keputusan tentang cara memperlakukan resiko tersebut. Pengertian ini mencakup metode dan pendekatan yang paling tepat untuk menangani resiko tersebut (Susilo, 2014).

Untuk mengetahui besarnya dampak resiko, dapat membuat model akibat dari suatu peristiwa atau kumpulan peristiwa atau melakukan eksplorasi dari hasil penelitian atau data yang tersedia. Dampak resiko dapat dinyatakan dalam besaran yang dapat diukur atau tidak dapat diukur (*intangible*).

Efektivitas metode manajemen resiko yang ada harus diverifikasi dan dimasukkan dalam analisis resiko. Hal tersebut tergantung pada jenis resiko, cara di mana tingkat dampak dan tingkat kemungkinan terjadinya resiko dilaporkan dan cara menggabungkannya untuk menentukan tingkat keparahan resiko bersifat variasi.

Proses manajemen resiko melibatkan beberapa langkah, antara lain. (Balili, 2022):

1. Identifikasi resiko: Mengidentifikasi semua kemungkinan resiko yang terkait dengan suatu proyek atau kegiatan. Resiko dapat berasal dari berbagai sumber, seperti lingkungan, teknologi, keuangan, atau sumber daya manusia.
2. Evaluasi resiko: Menilai potensi dampak dari setiap resiko dan probabilitas terjadinya resiko. Hasil dari penilaian ini dapat membantu dalam menentukan tingkat resiko dan prioritas tindakan pengendalian resiko.
3. Pengembangan strategi pengendalian resiko: Mengembangkan strategi untuk mengendalikan atau mengurangi resiko. Strategi dapat berupa tindakan pencegahan, mitigasi, transfer resiko, atau penerimaan resiko.
4. Implementasi strategi pengendalian resiko: Mengimplementasikan tindakan yang telah direncanakan untuk mengendalikan resiko.
5. Pemantauan dan evaluasi: Memantau resiko yang terkait dengan suatu proyek atau kegiatan dan mengevaluasi efektivitas tindakan yang telah diambil untuk mengendalikan resiko.

2.1.8. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode analisis induktif yang digunakan untuk menemukan kerusakan produk dan atau proses yang paling mungkin dengan mengidentifikasi peluang, penyebab, efek, dan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat kepentingan kegagalan. Analisis induktif dimulai dengan mengidentifikasi penyebab kerusakan dan bagaimana kerusakan dapat terjadi (Stamatis, 1995). Metode

FMEA dapat digunakan untuk mereview proses atau sistem dengan mengidentifikasi kelemahan yang ada dan kemudian menghilangkannya. Metode ini juga akan mendefinisikan segala sesuatu kegagalan, kerusakan, kecacatan. Metode FMEA dapat digunakan untuk mereview desain produk, proses atau sistem dengan mengidentifikasi kelemahan-kelemahan yang ada dan kemudian menghilangkannya.

Berikut adalah beberapa komponen penting dari metode FMEA, (McDermott, 2008):

1. *Failure mode* adalah bagian FMEA yang menentukan bagaimana suatu sistem dapat mengalami kerusakan.
2. *Failure effect* adalah bagian FMEA yang menentukan dampak kerusakan pada sistem.
3. *Cause of failure* adalah bagian FMEA yang menentukan penyebab kerusakan pada sistem.
4. *Risk evaluation* adalah bagian FMEA yang menentukan masalah terpenting yang harus diperhatikan dan diberi prioritas.

Tipe-tipe FMEA berdasarkan penggunaannya sebagai berikut: (McDermott, 2008).

1. Sistem FMEA

Tipe FMEA digunakan untuk menganalisis sistem pada berbagai level, mulai dari level komponen dasar hingga level sistem. Pada level terendah, FMEA mengidentifikasi mengapa suatu komponen dapat mengalami kerusakan dan dampak apa yang akan terjadi pada sistem pada level terendah

2. *Design* FMEA.

Desain FMEA dilakukan pada tahap desain sistem untuk produk atau jasa. Tujuan desain FMEA adalah untuk menganalisis desain sistem dan mencari kemungkinan dampak kerusakan pada sistem. Karena dampak kerusakan sudah diantisipasi pada tahap desain sistem, desain FMEA dapat memberikan solusi dengan memperbaiki desain atau mengurangi dampak kerusakan.

3. *Process* FMEA.

Dalam proses manufakturing, proses FMEA mempertimbangkan kemungkinan kerusakan, keterbatasan peralatan, kebutuhan pelatihan operator, dan sumber kerusakan. Jika terjadi kerusakan pada proses, informasi ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan

4. *Functional* FMEA.

Fungsional FMEA juga dikenal sebagai "*black box* FMEA" dan lebih berfokus pada fungsi komponen atau subsistem tertentu dalam suatu sistem. Oleh karena itu,

functional FMEA akan lebih terfokus pada subsistem tertentu sehingga analisisnya lebih spesifik. Langkah langkah menjalankan FMEA yaitu, (Company, 2011):

- a. Mengidentifikasi kerusakan sistem terjadi jika suatu komponen atau elemen sistem tidak dapat melakukan tugasnya karena alasan tertentu.
- b. Mencari sumber kerusakan sistem. Ini dilakukan menggunakan diagram sebab dan dampak (*Ishikawa*) untuk mencari hubungan antara kerusakan dan sumber kerusakan yang mungkin.
- c. Menentukan dampak dan konsekuensi kerusakan sistem. Kerusakan komponen atau elemen sistem dapat mempengaruhi sistem secara keseluruhan dan mengganggu fungsinya. Untuk menemukan solusi yang tepat untuk masalah, konsekuensi kerusakan sistem harus dipahami dengan baik.
- d. Menemukan cara untuk mengontrol kemungkinan kerusakan sistem. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui metode atau cara untuk mengendalikan setiap potensi gangguan.
- e. Menentukan skala kerusakan sistem (*Severity*). Skala kerusakan digunakan sebagai pertimbangan dalam dampak kerusakan pada sistem. Kerugian sistem dinilai berdasarkan lima skala. (Company, 2011), adapun kategori yang digunakan, sebagai berikut:
 1. Skala 1 Menunjukkan kerusakan dengan efek minor (*Very Low*)
 2. Skala 2 Menunjukkan kerusakan dengan efek rendah (*low*)
 3. Skala 3 Menunjukkan kerusakan dengan efek sedang (*moderate*)
 4. Skala 4 Menunjukkan kerusakan dengan efek tinggi (*high*)
 5. Skala 5 Menunjukkan kerusakan dengan efek sangat tinggi (*very high*)
- f. Menghitung frekuensi kerusakan sistem Menghitung frekuensi kerusakan untuk mengetahui seberapa sering kerusakan terjadi pada sistem Frekuensi kerusakan dapat dihitung berdasarkan waktu dan dibagi menjadi lima skala (Company, 2011), kategori skala-skala tersebut, sebagai berikut:
 1. Skala 1 menunjukkan kerusakan yang mungkin disebabkan oleh kondisi yang tidak biasa dan jarang terjadi (*unlikely*)
 2. Skala 2 menunjukkan kerusakan dengan frekuensi rendah (*low*)
 3. Skala 3 menunjukkan kerusakan dengan frekuensi sedang (*moderate*)
 4. Skala 4 menunjukkan kerusakan dengan frekuensi tinggi (*high*)

5. Skala 5 menunjukkan kerusakan dengan frekuensi yang sangat tinggi (*very high*).
- g. Mengevaluasi potensi pengendalian kerusakan. Kemampuan prosedur atau desain tambahan untuk pengendalian proses atau sistem untuk mendeteksi kerusakan dapat menentukan seberapa besar kemungkinan pengendalian kerusakan. Tujuannya adalah untuk menghindari kerusakan yang lebih besar. Kemungkinan menangani kerusakan dapat diklasifikasikan menjadi lima skala (Company, 2011), kategori skala-skala tersebut sebagai berikut:
1. Skala 1 menunjukkan peluang pengendalian sangat rendah (*Very Low*).
 2. Skala 2 menunjukkan peluang pengendalian rendah (*Low*).
 3. Skala 3 menunjukkan peluang pengendalian sedang (*Moderate*).
 4. Skala 4 menunjukkan peluang pengendalian tinggi (*High*).
 5. Skala 5 menunjukkan kerusakan dengan peluang pengendalian sangat tinggi (*Very High*).

2.1.9. Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisis deduktif untuk mengidentifikasi terjadinya kerusakan atau kegagalan pada sistem dengan mempresentasikan kejadian alternatif dalam diagram secara terstruktur. Analisis deduktif dapat dilakukan pada sistem yang kompleks (Blanchard, 2004). *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk melihat pada “*Top – Down Approach*”, sehingga pengidentifikasian mode kegagalan analisis berawal dari sistem top level dan meneruskannya ke bawah.

Terdapat dua set yang digunakan dalam analisis pohon kegagalan dalam diagram *fault tree*. *Cut set* adalah kumpulan komponen sistem yang dapat mengalami kegagalan jika terjadi kerusakan atau kegagalan, sedangkan *minimal cut set* adalah set minimal yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem (Yagturi, 2022).

Fault Tree Analysis menggunakan langkah-langkah terstruktur dalam melakukan analisis pada sistem. Adapun langkah-langkah penyusunan yang dilakukan adalah sebagai berikut, (Nugraha, 2019):

1. Mengidentifikasi Kejadian atau Peristiwa Terpenting Dalam Sistem (*Top Level Event*)
Langkah pertama dalam penyusunan *Fault Tree Analysis* adalah langkah yang penting karena dapat mempengaruhi hasil analisis sistem. Pada tahap ini, diperlukan pemahaman tentang sistem dan pengetahuan tentang jenis kerusakan atau kegagalan

(*undesired event*) untuk mengidentifikasi akar permasalahan pada sistem. Pemahaman tentang sistem dilakukan dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya.

2. Membuat pohon kesalahan

Setelah permasalahan utama teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menyusun rantai sebab akibat pohon kesalahan. Pada tahap ini, *cause and effect* diagram (Ishikawa) dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan dan menyelidiki kegagalan yang tersembunyi. Standarisasi simbol Boolean sangat penting untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan.

3. Menganalisis pohon kesalahan

Analisis pohon kesalahan diperlukan untuk mengumpulkan informasi tentang suatu sistem serta perbaikan apa yang harus dilakukan untuk meningkatkan kinerjanya.

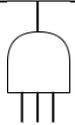
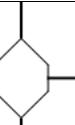
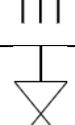
Ada tiga tahap dalam analisis pohon kesalahan, yaitu:

- a. Menyederhanakan pohon kesalahan tahap pertama analisis pohon kesalahan adalah menghilangkan cabang-cabang yang memiliki karakteristik yang sama. Penyederhanaan ini dilakukan untuk membuat analisis sistem lebih lanjut lebih mudah
- b. Menentukan kemungkinan munculnya peristiwa terpenting dalam sistem (*Top Level Event*). Pohon kesalahan telah disederhanakan. Menentukan kemungkinan kejadian sistem yang paling penting adalah langkah berikutnya. Pada langkah ini, peluang untuk semua input dan logika hubungan dipertimbangkan.
- c. Meninjau hasil analisis dilakukan untuk menentukan kemungkinan perbaikan sistem.

Setelah melakukan identifikasi *Fault Tree Analysis*, hasilnya adalah peluang munculnya kejadian terpenting dalam sistem dan mengidentifikasi akar masalah penyebabnya. Akar masalah ini kemudian digunakan untuk menentukan masalah mana yang harus diprioritaskan untuk diperbaiki dalam sistem. Dengan menggunakan simbol-simbol *boolean*, grafik enumerasi akan menunjukkan bagaimana kerusakan dapat terjadi. Grafik enumerasi ini disebut sebagai "pohon kesalahan" karena dianalisis berdasarkan peluang masing-masing penyebab kesalahan. Istilah "pohon kesalahan" diberikan karena susunannya mirip dengan pohon mengerucut pada satu kejadian dan kemudian dipecah menjadi cabang-cabang kejadian lainnya. Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis* dapat dibedakan menjadi dua yaitu, (Blanchard, 2004):

1. Simbol-simbol *gate*.

Simbol *gate* digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem. Setiap kejadian dalam sistem dapat secara pribadi atau bersama-sama menyebabkan kejadian lain muncul. Adapun simbol-simbol hubungan yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

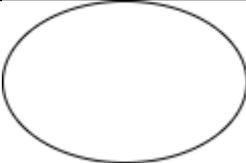
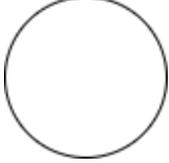
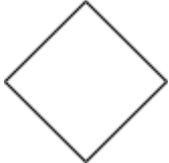
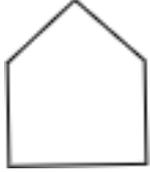
No	Simbol <i>Gate</i>	Nama dan Keterangan
1		<i>And gate. Output event</i> terjadi jika semua <i>input event</i> terjadi secara bersamaan
2		<i>Or Gate. Output event</i> terjadi jika paling tidak satu <i>input event</i> terjadi
3		<i>K out of n gate. Output event</i> terjadi jika paling sedikit <i>k output</i> dari <i>n input event</i> terjadi
4		<i>Exchisive OR gate. Output event</i> terjadi jika satu <i>input event</i> , tetapi tidak terjadi
5		<i>Inhibit gate. Input</i> menghasilkan <i>output</i> jika <i>conditional event</i> ada
6		<i>Priority AND gate. Output event</i> terjadi jika semua <i>input event</i> terjadi baik dari kanan maupun kiri
7		<i>Not gate. Output event</i> terjadi jika <i>input event</i> tidak terjadi

Gambar 2. 2 Simbol-Simbol *Gate* Pada FTA

(Sumber: Blanchard, 2004)

2. Simbol-Simbol Kejadian (*event*)

Simbol kejadian digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol-simbol kejadian ini akan lebih memudahkan kita dalam mengidentifikasi kejadian yang terjadi. Adapun simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA, yaitu

No	Simbol <i>Gate</i>	Nama dan Keterangan
1		<i>Elipse</i> Gambar <i>elipse</i> menunjukkan kejadian pada level paling atas (<i>top level event</i>) dalam pohon kesalahan
2		<i>Rectangle</i> Gambar <i>rectangle</i> menunjukkan kejadian pada level menengah (<i>intermediate fault event</i>) dalam pohon kesalahan
3		<i>Circle</i> Gambar <i>circle</i> menunjukkan kejadian pada level paling bawah (<i>lowest level event</i>) atau disebut kejadian paling dasar (<i>basic event</i>) dalam pohon kesalahan
4		<i>Diamond</i> Gambar <i>diamond</i> menunjukkan kejadian tidak terduga (<i>undeveloped event</i>). Kejadian tidak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan dianggap sebagai kejadian paling awal menyebabkan kerusakan
5		<i>House</i> Gambar <i>house</i> menunjukkan kejadian <i>input</i> (<i>input event</i>) dan merupakan kegiatan terkendali (<i>signal</i>). Kegiatan ini dapat menyebabkan kerusakan.

Gambar 2. 3 Simbol-simbol Kejadian pada FTA

(Sumber: Blanchard, 2004)

2. 2. Kajian Empiris

Kajian Empiris merupakan kajian atau ilmu pengetahuan yang di dapat dari fakta atau kumpulan studi yang didasarkan pada buku atau jurnal, lalu dasar atau topik diskusi dari hal-hal khusus ke rumusan umum.

Berdasarkan penelitian Randa et al., (2020) menilai keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV dan rugi-rugi energi yang tidak tersalurkan pada *feder* raya 10/Adisucipto penelitian prinsip dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif analitik untuk mengetahui cara sistem tenaga listrik beroperasi, yaitu pembangkit dikirim ke gardu

induk melalui sistem jaringan transmisi, dan dari gardu induk ke konsumen dikirim melalui saluran distribusi. Berdasarkan hasil yang didapatkan perhitungan SAIFI terdapat sebesar 0,7960 kali/ pelanggan/tahun, maka terbilang handal. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan SAIDI sebesar 0,7777 kali per pelanggan per tahun menunjukkan bahwa itu handal. ENS memiliki 7,5130 KWH dan AENS 8,3944 KWH per pelanggan. Jika harga listrik PLN per KWH pada tahun 2018 adalah 1.469,28 KWH per pelanggan, maka kerugian PLN pada tahun 2018 adalah sebesar Rp. 1.241.672, yang merupakan kerugian yang tidak didistribusikan karena pemadaman listrik. Maka kesimpulan dari penelitian tersebut perlu dilakukan evaluasi tingkat keandalan feeder setiap tahunnya melihat banyaknya peningkatan pelanggan, sehingga dapat diketahui seberapa besar tingkat keandalan jaringan terhadap pelayanan distribusi listrik yang lebih optimal kepada konsumen. Evaluasi seperti pengecekan, pemeliharaan terhadap komponen agar seluruh feeder bisa mencapai target berdasarkan standar SPLN 68-2 1986.

Selain itu, penelitian oleh Hermawan (2017) mengenai analisis penyebab gangguan jaringan pada distribusi listrik di PLN (Persero) Rayon Daya Makassar menggunakan metode *Fault Tree Analysis*. Penelitian menggunakan metode *fault tree analysis* untuk menemukan kerusakan pada sistem dengan menampilkan kejadian alternatif dalam blok. Hasil yang didapatkan penyebab dari gangguan tersebut adalah Komponen JTM (I1) menghasilkan 55 gangguan (12,5%), peralatan JTM (I2) menghasilkan 30 gangguan (6,7%), gangguan Trafo (I3) menghasilkan 8 gangguan (1,8%), gangguan alam (I4) menghasilkan 1 gangguan (0,2%), gangguan eksternal (E1) menghasilkan 15 gangguan (3%), bencana alam (E2) menghasilkan 61 gangguan (13,7%), pekerjaan pihak lain/binatang (E3) menghasilkan 15 gangguan (0,33%), layang-layang, umbul-umbul atau karena kesalahan instalasi jaringan distribusi listrik (E4) menghasilkan 258 gangguan (58,2%). Hasil analisis *fault tree analysis* (FTA) menunjukkan bahwa gangguan manusia, seperti bermain layang-layang, umbul-umbul, penggalian saluran PDAM, kerusakan trafo, kerusakan tiang, dan kerusakan peralatan tegangan menengah, adalah penyebab utama gangguan. Hal ini menunjukkan bahwa dari Mei 2016 hingga Januari 2017, tercatat 308 gangguan.

Adapun penelitian oleh Nugraha et al., (2022) mengenai studi susut transmisi sistem UP3B PT.PLN (Persero) di Kalimantan Barat sebelum dan setelah interkoneksi operasi IPP PLTU Kalimantan Barat-1 (2×100) MW. Penelitian menggunakan metode

rugi-rugi transmisi pada sistem Khatulistiwa adalah dengan analisa aliran daya. Perhitungan rugi-rugi daya menggunakan metode Newton-Rapshon dan *Failure Mode and Effect Analysis*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan terhadap rugi-rugi aliran daya pada saat sebelum dan setelah interkoneksi GI 150 kV. Hasilnya menunjukkan bahwa beban sistem Khatulistiwa sebesar 61,80% berada di pusat Kota Pontianak, dan pembangkit sebesar 76,16% berasal dari *Sarawak Electricity Supply Corporation* (SESCO) dengan sisa pembangkit berasal dari PLTU, PLTD dan pembangkit lainnya di Kalimantan Barat. Sebelum interkoneksi IPP PLTU Kalbar-1, hasil simulasi didapat hasil simulasi didapatkan total rugi daya aktif 9,535 MW, sedangkan total rugi daya reaktif sebesar 184,829 MVar, dengan persentase total rugi daya aktif sebesar 2,4644%. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan aliran daya metode Newton Raphson pada sistem khatulistiwa setelah interkoneksi menghasilkan total rugi daya aktif 7,228 MW dan total rugi daya reaktif 76,52 MVar, dengan persentase total rugi daya aktif 1,4703%.

Pada penelitian Husna et al., (2018) mengenai mengidentifikasi indeks SAIDI dan SAIFI pada saluran udara tegangan menengah di PT.PLN di wilayah NAD cabang Langsa. Penelitian menggunakan metode *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) untuk menghitung jumlah gangguan rata-rata dan frekuensi yang digunakan untuk menilai unjuk kerja di masa lalu dibandingkan dengan perkiraan di masa yang akan datang. Berdasarkan laporan gangguan dan hasil perhitungan gangguan, termasuk PMT terbuka (pelebur tegangan putus karena binatang, pohon, atau dahan, hujan atau petir, atau gangguan sementara), kerusakan komponen SUTM, kerusakan konektor, jamper, isolator, dan fuse cut out rusak. Besar SAIDI dan SAIFI di PLN (Persero) Wilayah NAD Cabang Langsa dari Oktober hingga September selama satu tahun adalah 0,4447 jam per tahun dan 0,7262 kali pemadaman per tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks durasi kegagalan pemadaman (SAIDI) dan indeks frekuensi pemadaman rata-rata (SAIFI) ini dianggap dapat diandalkan karena nilainya tidak melebihi batasan PLN (Persero) Wilayah NAD Cabang Langsa..

Selain itu, pada penelitian Siburian et al., (2020) mengenai analisis peningkatan kinerja jaringan distribusi 20KV dengan metode termovisi jaringan PT.PLN (Persero)

ULP Medan Baru. Menggunakan metode *thermovisi* digunakan untuk melihat titik sambungan pada instalasi konduktor dan klem untuk mengetahui perbedaan suhu antara konduktor dan klem tujuannya adalah untuk mengetahui suhu yang berbeda antara konduktor dan klem kemudian menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk mengumpulkan semua kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan jaringan serta akibat yang ditimbulkan. Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi seperti angin kencang menggesek ranting pohon dengan jaringan listrik. Bermain layang-layang di bawah jaringan listrik adalah contoh ketidaksadaran masyarakat. Ini sangat berbahaya jika benang layangan tersebut mengenai jaringan listrik, kualitas peralatan atau material yang buruk. Misalnya, jika konektor dipasang pada JTR yang memakai kabel twisted dengan kualitas rendah, isolasinya akan memiliki tegangan tembus yang rendah, mudah mengelupas, dan tidak tahan panas. Selain itu, hal ini dapat menyebabkan hubung singkat antar fasa dan pemasangan jaringan yang buruk. Percikan api yang disebabkan oleh kerusakan fasa lainnya dapat menyebabkan hubung singkat jika konektor dipasang pada JTR yang memakai TC. Karena hujan atau sambaran petir, galian (kabel tanah) rusak, isolasi terlepas, yang menyebabkan hubung singkat, dan sebagainya. Hasilnya, nilai rata-rata SAIDI meningkat dari 1,9 menit per pelanggan menjadi 2,34 menit per pelanggan, dan nilai SAIFI meningkat dari 1,4 kali per pelanggan menjadi 1,72 kali per pelanggan. Studi tersebut menemukan bahwa PLN (Persero) ULP Medan Baru mengalami 11 gangguan penyulang pada bulan Juni, tetapi setelah *thermovisi* dilakukan pada bulan Juli, jumlah gangguan penyulang turun menjadi 3 gangguan. Hal ini menunjukkan kemampuan teknik *thermovisi* untuk mengurangi gangguan penyulang.

Kemudian pada penelitian Ashari et al., (2021) mengenai analisis gangguan gardu distribusi di PT.PLN (Persero) ULP Watang Sawitto. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dimana untuk menentukan perbaikan dari kerusakan jaringan data yang diperoleh dari survei, wawancara, observasi dan dokumentasi. Berdasarkan temuan dilapangan bahwa gangguan terjadi karena FCO yang terputus, yang menyebabkan gangguan perumahan. FCO adalah alat pemutus rangkaian listrik yang berbeda pada jaringan distribusi yang bekerja dengan meleburkan bagian dari komponennya (*fuse link*) yang telah dirancang khusus untuk ukuran konsumen. Hasil penelitian didapatkan bahwa untuk mengurangi gangguan beban yang lebih besar yang disebabkan oleh pembebanan trafo distribusi, seseorang harus melakukan penanganan

pada kapasitas trafo yang terpasang, misalnya dengan menaikkan trafo atau memasukkan trafo sisipan untuk menyeimbangkannya. Walaupun hal ini tidak segera merusak peralatan listrik, pemeliharaan dan pemeriksaan rutin trafo akan memperpanjang umurnya. Kesimpulan yang didapatkan bahwa penyebab gangguan gardu distribusi yang menyebabkan pemadaman listrik adalah keluaran fuse yang melampaui kapasitas trafo. Akibatnya, FCO melindungi trafo saat terjadi gangguan beban lebih, atau overload, dengan memotong hubungan fuse. Untuk menghindari gangguan gardu distribusi yang sering menyebabkan pemadaman listrik di BTN Graha Lasinrang, perlu dilakukan penyetaraan beban yang dilayani melalui penyeimbangan beban atau gardu sisipan, serta pemeliharaan rutin gardu distribusi.

Adapun rangkuman dari beberapa penelitian diatas terhadap metode yang digunakan ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya

No	Author, Year	Metode			
		FTA	FMEA	SAIDI & SAIFI	Deskriptif Analitik
1	Randa et al., (2020)				✓
2	Hermawan (2017)	✓			
3	Nugraha et al., (2022)		✓		
4	Husna et al., (2018)			✓	
5	Siburian et al., (2020)	✓			
6	Ashari et al., (2021)		✓		
7	Penelitian Ini (2023)	✓	✓	✓	✓

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Subjek Penelitian

Subjek Penelitian dan pengambilan data dilakukan di PLN khususnya di Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak pada pembangkit PLTD Sei Raya.

3.2. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah akar penyebab gangguan pada jaringan distribusi transmisi listrik dan prioritas perbaikan terhadap *black out* akibat gangguan pada jaringan distribusi listrik. Penelitian ini difokuskan untuk menurunkan angka gangguan jaringan dan meningkatkan pelayanan distribusi listrik.

3.3. Sumber Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Adapun rincian data dan metode pengumpulan datanya adalah sebagai berikut.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari sumber data. Dalam penelitian ini, mengumpulkan informasi melalui observasi dan wawancara. Informasi yang didapatkan berasal dari narasumber atau ahli yang dijadikan sarana pengambilan informasi tentang penyebab dari terjadinya *black out* akibat gangguan jaringan distribusi transmisi listrik pada PLN khususnya di Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak.

2. Data Sekunder

Dalam penelitian ini, peneliti juga memperoleh informasi data sekunder yang dapatkan secara tidak langsung dari buku, jurnal, dan materi-materi, serta arsip data dari PLN Pontianak, Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak, Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sei Raya. Data sekunder sebagai pendukung data primer yang digunakan untuk identifikasi masalah, tinjauan pustaka, dan membantu proses analisis data.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wawancara

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan tanya jawab dengan manajer dan pegawai PLN Unit Pelaksana pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas.

2. Kuesioner

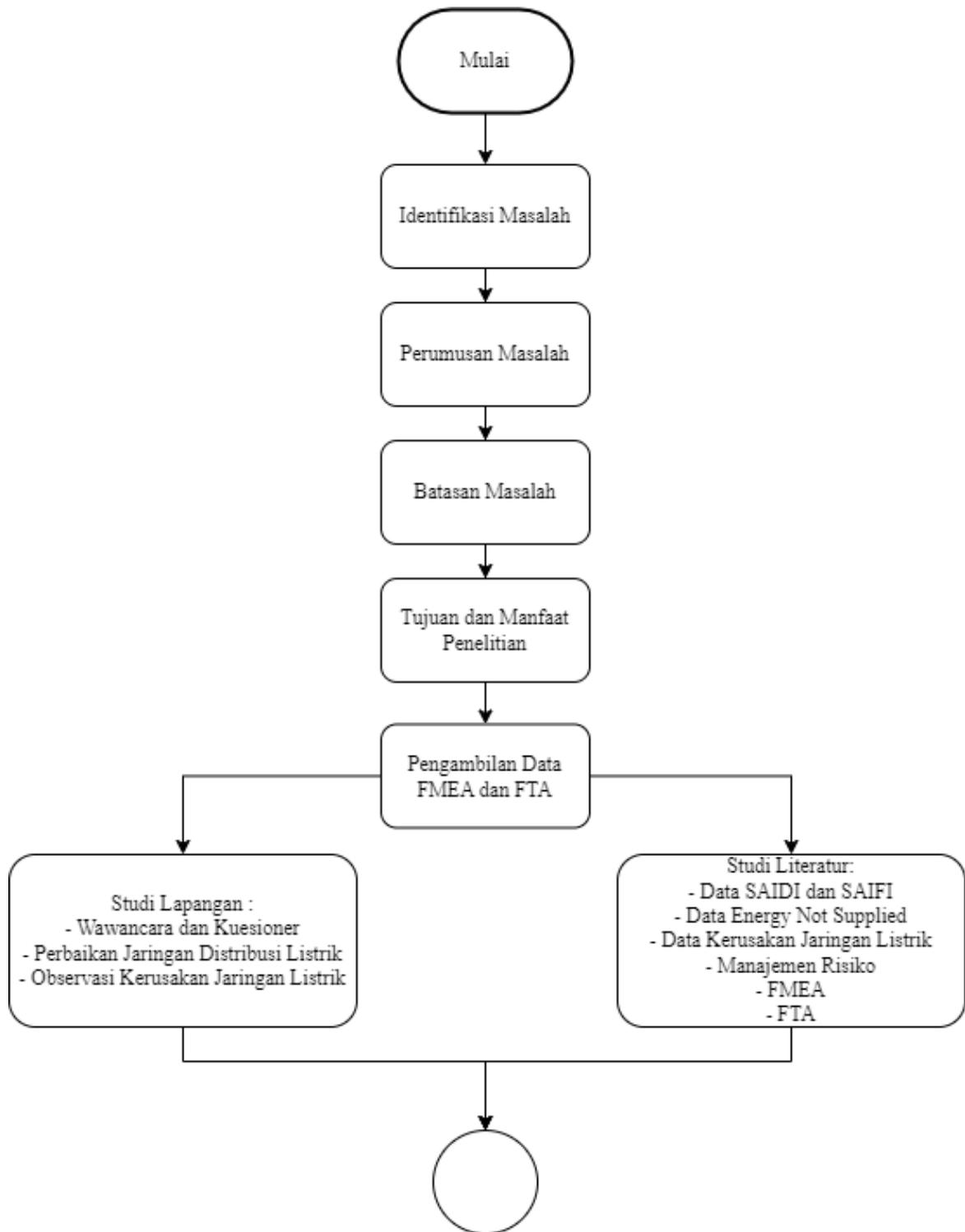
Pengumpulan data Kuesioner dilakukan dengan menyebarkan kuesioner secara langsung kepada responden. Responden yang ditunjuk sesuai dengan kompetensinya masing-masing. Tujuan penyebaran kuesioner adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada di PLN Unit Pelaksana pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak mengacu pada gangguan jaringan distribusi listrik.

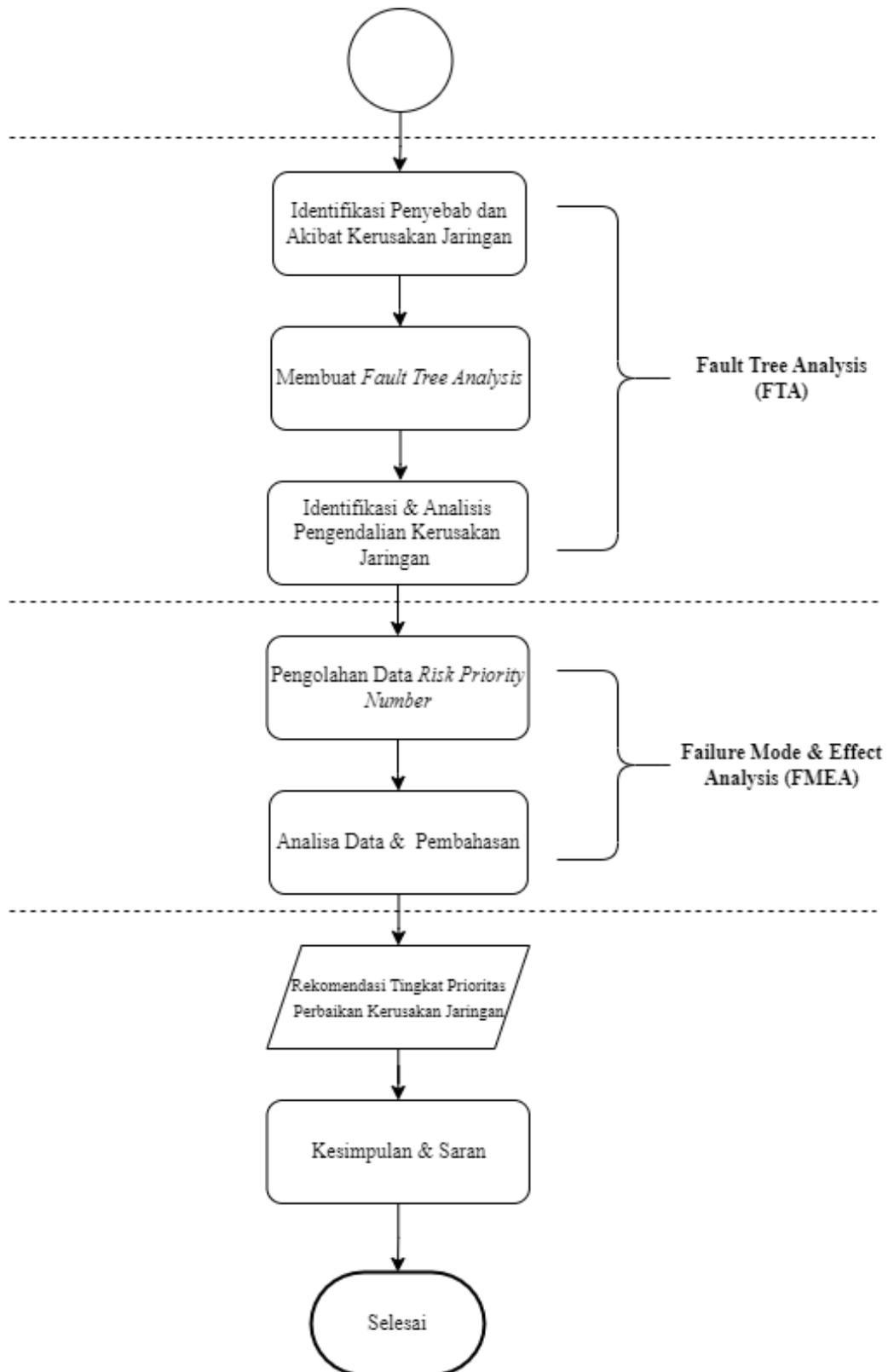
3. Studi Pustaka

Studi pustaka sumbernya berasal dari buku, jurnal, dan arsip data PLN yang dapat berupa laporan perusahaan terkait dengan penelitian yang dilakukan.

3.5. Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada diagram alir dengan rincian sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Gambar 3.1 berikut penjelasan alur penelitian untuk setiap tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini.

1. Mulai

Penelitian dilaksanakan di PLN khususnya di Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak sebagai tempat penelitian dan pengambilan data.

2. Identifikasi Masalah

Melakukan pencarian permasalahan yang ada di Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas tentang gangguan jaringan distribusi listrik yang ada di Kota Pontianak.

3. Perumusan Masalah

Menentukan permasalahan yang telah diidentifikasi dan terdapat 3 rumusan masalah yang mana dari identifikasi masalah tersebut ditemukan tujuan dari penelitian yang akan menjadi jawaban akhir penelitian.

4. Batasan Masalah

Setelah menemukan masalah yang ada di lapangan, penulis memberi batasan untuk masalah yang ada agar penelitian ini fokus menyelesaikan masalah yang ada dan tidak meluas.

5. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Menentukan tujuan sebagai jawaban dari masalah yang dirumuskan dan sebagai target yang ingin dicapai serta dapat memberikan manfaat dalam penelitian ini.

6. Pengambilan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 6 Februari 2023 - 6 Maret 2023 di PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak.

a. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan kegiatan pencarian fakta dengan cara terjun langsung ke lapangan guna menghasilkan informasi yang dibutuhkan. Studi lapangan dilakukan melalui observasi atau pengamatan secara langsung serta melalui wawancara kepada pihak yang bersangkutan dengan penelitian. Pengambilan data terkait gangguan jaringan distribusi listrik yang ada di Kota Pontianak.

b. Studi Literatur

Pada studi literatur terbagi menjadi dua bagian yaitu kajian deduktif dan kajian induktif. Kajian deduktif berisikan teori-teori metode yang berkaitan dengan penelitian untuk mendukung dalam menyelesaikan permasalahan yang didapat dari buku-buku maupun jurnal nasional maupun internasional. Sedangkan, kajian induktif didapat dari arsip data PLN serta teori-teori yang diperlukan seperti manajemen resiko, *Fault Tree Analysis*, dan *Failure Mode and Effect Analysis*.

7. Identifikasi Penyebab dan Akibat Kerusakan Jaringan

Pada tahap ini mengidentifikasi faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya gangguan jaringan serta resiko akibat dampak yang ditimbulkan dari gangguan jaringan distribusi listrik.

8. Membuat *Fault Tree Analysis*

Pada tahap ini membuat diagram pohon kesalahan untuk mengintegrasikan faktor kerusakan atau kegagalan dan mencari sumber penyebab terjadinya kerusakan jaringan distribusi listrik yang ada di UPTD Kapuas Pontianak. Kemudian menentukan *cut set* dan *minimal cut set*.

9. Identifikasi dan Analisis Pengendalian Kerusakan Jaringan Listrik

Pada Tahap ini pengendalian kerusakan yang terjadi akibat gangguan kerusakan jaringan distribusi listrik.

10. Pengolahan Data *Risk Priority Number*

Pada tahap ini pengolahan data *Risk Priority Number* yang dimana dilakukan sebagai mencari gangguan apa yang akan menjadi prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh PLN. Hasil tersebut diperoleh dari hasil *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

11. Analisis Data dan Pembahasan

Setelah pengolahan data, selanjutnya melakukan analisis data dan pemaparan pembahasan untuk mengetahui bagaimana tingkat prioritas perbaikan pada kerusakan jaringan distribusi listrik untuk nantinya menjadi bahan pertimbangan dalam rekomendasi yang diberikan.

12. Rekomendasi Tingkat Prioritas Perbaikan Kerusakan Jaringan

Pada tahap ini memberikan rekomendasi perbaikan dari tingkat prioritas kerusakan jaringan distribusi listrik sebagai bahan pertimbangan PLN dalam penyaluran tenaga listrik jaringan transmisi di Kota Pontianak.

13. Kesimpulan dan Saran

Setelah menyelesaikan semua tahapan, kemudian peneliti dapat menyimpulkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan dari penelitian. Pemberian saran diberikan kepada PLN khususnya Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak terkait dengan penelitian ini, agar dapat dijadikan pertimbangan untuk memperbaiki terkait dengan penelitian ini, agar dapat dijadikan acuan untuk memperbaiki operasional penyaluran tenaga listrik jaringan transmisi kedepannya.

14. Selesai

Penelitian dan pengambilan data selesai dilakukan setelah melaksanakan semua tahap dan mengakhiri penelitian di PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas Pontianak.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Profil Perusahaan

PLN merupakan sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang ketenagalistrikan. Sejarah berdirinya PT.PLN banyak mengalami perubahan status badan usaha. PT. PLN pada mulanya bernama jawatan listrik dan gas yang didirikan oleh Presiden Soekarno pada tanggal 27 oktober 1945 kemudian diperingati sebagai hari listrik nasional. PLN (Persero) berkembang melewati beberapa fase perubahan bentuk hingga pada tahun 1994, sesuai PP No. 23/1994 menjadi Perusahaan Perseroan PT Perusahaan Listrik Negara atau disingkat PT PLN berdasarkan akta 169 tanggal 30 Juli 1994 dari Sutjipto, Notaris. Sepanjang 75 tahun perjalanan, PT PLN telah berhasil menjadi salah satu perusahaan dengan aset terbesar di Indonesia sebesar Rp 1.589 Triliun (LK PT PLN (Persero) 2020 Audited).

PLN wilayah V Kalimantan Barat dimulai pada tahun 1928 untuk pertama kalinya didirikan Sentral Listrik Tenaga Diesel dengan nama *West Borneo Electriciten Maatschapy* (WBEM). Terdapat beberapa pusat listrik yang ada di Kalimantan Barat diantaranya adalah 3 PLTD yang ada di Kota Pontianak dan Singkawang, PLTG yang ada di Kabupaten Mempawah, 2 PLTU yang ada di Kabupaten bengkayang dan Ketapang.

PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas merupakan salah satu unit operasional di bawah PLN Unit Induk Wilayah Kalimantan Barat. UPDK Kapuas bertanggung jawab untuk mengalirkan listrik dari pembangkit ke jaringan distribusi dan mengatur beban pada jaringan transmisi.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Sei Raya dibangun pada tahun 1987 adalah PLTD terbesar yang di bangun oleh PLN Wilayah Kalimantan Barat. PLTD Sei Raya merupakan pembangkit listrik di bawah Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan (UPDK) Kapuas. Sampai dengan saat ini PLTD Sei Raya memiliki jumlah mesin yang terpasang 4 unit mesin dengan total daya yang terpasang 32.800 kW.

4.2. Visi dan Misi Perusahaan

Berikut ini adalah visi dan misi pada PLN:

4.2.1. Visi Perusahaan

“Menjadi Penyedia Jasa Inspeksi, Pengujian dan Sertifikasi Terkemuka se-Asia Tenggara dan nomor 1 Pilihan Pelanggan di Bidang Ketenagalistrikan”

1. Terkemuka se-Asia Tenggara

- PLN Pusertif mampu memberikan pelayanan dengan kualitas terbaik dengan standar kelas dunia, berdasarkan standar perusahaan (SPLN), standar nasional (SNI) maupun standar dunia (IEC).
- Pelayanan PLN Pusat Sertifikasi menjadi jasa sertifikasi, inspeksi, pengujian dan kalibrasi ketenagalistrikan terbaik di Indonesia.
- Menjadi lembaga sertifikasi yang terakreditasi nasional dan internasional, untuk melayani kebutuhan PLN juga pihak-pihak lain yang membutuhkan di dalam maupun luar negeri.

2. Nomor 1 Pilihan Pelanggan

- Perusahaan mampu memegang teguh etika bisnis, standar dan regulasi yang berlaku.
- Memberi nilai tambah kepada pelanggan.
- Menjadikan sertifikasi yang diterbitkan dapat memberikan kenyamanan dan keyakinan pada penggunanya.
- Logo menjadi kepercayaan masyarakat untuk kualitas produk kelistrikan.

3. Di Bidang Ketenagalistrikan

- Dipercaya oleh PLN Pusat sebagai penjamin mutu (*Quality Assurance*) ketenagalistrikan.
- Dengan lingkup jasa pemeriksaan, pengujian dan sertifikasi dengan utama di bidang ketenagalistrikan, dengan tidak menutup kemungkinan lingkup pengembangan di luar ketenagalistrikan.

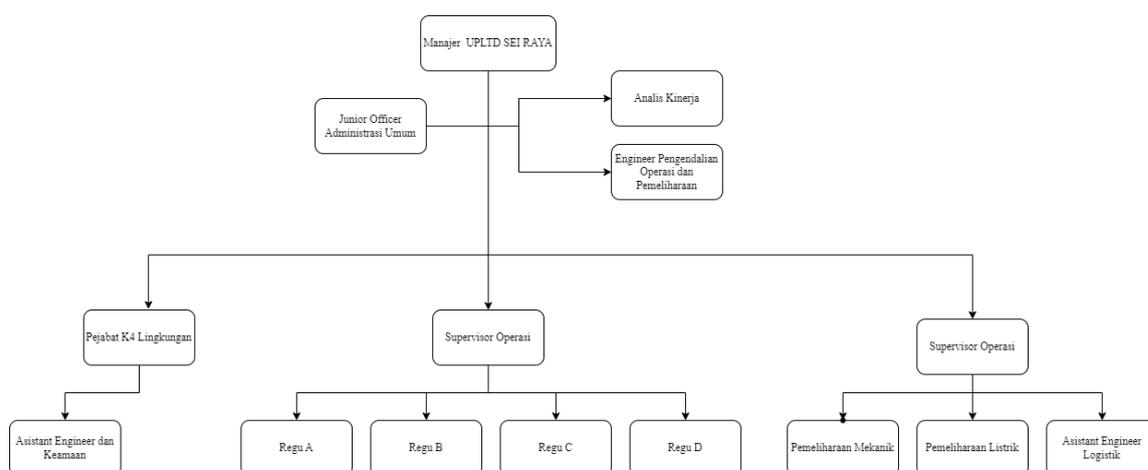
4.2.2. Misi Perusahaan

- Menjalankan bisnis kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan dan pemegang saham.

- Menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat.
- Mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi.
- Menjalankan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan.

4.3. Struktur Organisasi

Berikut Gambar 4.1 adalah struktur organisasi dan personalia yang ada di PLN PLTD Sei Raya yang diterbitkan pada tahun 2023.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PLN Unit Pelaksana Pembangkitan (UPDK) Kapuas

(Sumber: Unit Pelaksana Pembangkitan (UPDK) Kapuas, 2023)

Adapun uraian tugas dari masing-masing jabatan yang terdapat pada gambar 4.1 sebagaiberikut.

1. Manager PLTD Sei Raya

Fungsi dan tugas dari manager PLTD Sei Raya adalah mengusulkan rencana kerja dan anggaran tahunan perusahaan untuk pelaksanaan program kerja perusahaan dan melakukan pengawasan manajemen peningkatan kinerja operasional. Meningkatkan efisiensi dan keandalan serta mendorong inovasi secara berkelanjutan.

2. *Junior Officer* Administrasi Umum

Fungsi dan tugas dari *junior officer* administrasi umum adalah melakukan pendataan perusahaan pembangkit per hari serta membuat laporan perusahaan pembangkit harian, bulanan dan semesteran. Kemudian membuat dan meneruskan surat permintaan material sesuai kebutuhan pembangkit serta mengelola surat menyurat di PLTD Sei Raya.

3. Analisis Kinerja

Fungsi dan tugas dari analisis kinerja adalah melakukan evaluasi terhadap pencapaian kinerja perusahaan pembangkit tiap semester, kemudian memonitoring terhadap data pemakaian bahan bakar, pemakaian pelumas, dan kWh Produksi Pembangkit.

4. *Engineer* Pengendalian Operasi dan Pemeliharaan

Fungsi dan tugas dari *engineer* pengendalian operasi dan pemeliharaan adalah Mengkoordinir dan berkoordinasi dengan operator pembangkit terhadap pelaksanaan pencatatan kWh produksi, *flow* meter bahan bakar, data *sonding*, serta indikator per hari. Kemudian Melakukan pengawasan dan bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan perbaikan gangguan mesin pembangkit.

5. Pejabat K4 Lingkungan

Fungsi dan tugas dari pejabat K4 lingkungan adalah memastikan terlaksananya pelaksanaan keselamatan ketenagalistrikan dan pengelolaan lingkungan serta menyokong dan menggerakkan penerapan ISO Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3). Kemudian menggerakkan penerapan ISO Sistem Manajemen Lingkungan (ISO 14001).

6. *Assistant Engineer* dan Keamanan

Fungsi dan tugas dari *assistant engineer* dan keamanan adalah melakukan pengawasan dan bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan perbaikan gangguan mesin pembangkit serta mengawasi pekerjaan pemeliharaan unit dan mengevaluasi hasil kerja pemeliharaan pembangkit. Kemudian melakukan pengembangan, pembinaan, serta penilaian bawahan dibidangnya untuk meningkatkan kompetensi, kinerja, motivasi kerja dan mengelola pemeliharaan *preventive*, korektif, *re-engineering*.

7. Supervisor Operasi

Fungsi dan tugas dari supervisor operasi adalah melakukan pengawasan dan bertanggung jawab terhadap operasional unit dan mengevaluasi laporan operasi unit PLTD Sei Raya serta memproses dan memberikan tanggapan terhadap laporan gangguan unit PLTD Sei Raya. Kemudian melakukan koordinasi dengan

AP2B (area pengatur beban) mengenai kondisi unit pembangkit dan berkoordinasi dengan bagian pemeliharaan mengenai masalah gangguan.

8. Regu A-D

Fungsi dan tugas dari regu A,B,C, dan D adalah sebagai operator yang mengoperasikan mesin dan peralatan kontrol panel serta mengendalikan sistem operasi agar sesuai dengan SOP dan tingkat pembebanan yang diinginkan. Kemudian operator mengecek dan mencatat indikator parameter ruang kontrol pada panel.

9. Pemeliharaan Mekanik

Fungsi dan tugas dari pemeliharaan mekanik adalah melakukan pemeliharaan dan perbaikan gangguan pada sisi mekanik, serta membuat laporan harian pemeliharaan mesin pada sisi mekanik.

10. Pemeliharaan Listrik

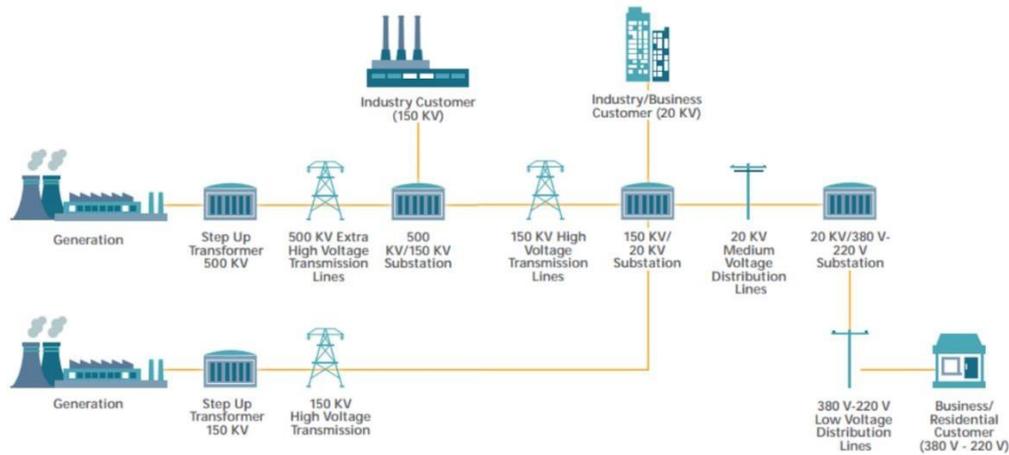
Fungsi dan tugas dari pemeliharaan listrik juga sama dengan pemeliharaan mekanik yaitu melakukan pemeliharaan dan perbaikan gangguan pada sisi elektrik, serta membuat laporan harian pemeliharaan mesin pada sisi elektrik.

11. *Assistant Engineer* Logistik

Fungsi dan tugas dari *assistant engineer* logistik adalah melakukan penerimaan *spare part* yang masuk dan meneliti apakah *spare part* sesuai dengan daftar permintaan barang serta berkoordinasi dengan Supervisor operasi dan menyiapkan *spare part* sesuai dengan permintaan dari tim pemeliharaan untuk kebutuhan perbaikan mesin pembangkit.

4.4. Proses Penyaluran Listrik

Berikut ini gambar 4.2 adalah proses penyaluran listrik oleh PLN Unit Pelaksana Pengendalian Pembangunan (UPDK) Kapuas:



Gambar 4. 2 Proses Alur Distribusi Energi Listrik PLN

(Sumber: PLN, 2021)

Alur proses penyaluran distribusi listrik sebagai berikut:

1. Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik adalah bagian dari jaringan listrik yang menghasilkan energi listrik. Terdapat berbagai jenis pembangkit listrik mulai dari pembangkit energi terbarukan seperti PLTA, PLTD, PLTS hingga pembangkit listrik yang menggunakan batu bara atau energi alam sebagai bahan bakarnya seperti PLTU, PLTG.

Energi listrik yang dihasilkan dalam proses produksi diatur sesuai spesifikasi generator yang biasanya bervariasi antara 11 dan 24 kV. Daya listrik yang dihasilkan pembangkit listrik dikirim ke Gardu Induk (GI) untuk dinaikkan tegangannya menggunakan trafo *Step Up*.

2. Gardu Induk (GI) (Trafo *Step Up*)

Gardu Induk (GI) adalah trafo *Step Up* yang biasanya terletak di dekat pembangkit listrik, karena listrik yang dihasilkan oleh generator harus dinaikkan terlebih dahulu sebelum dapat disalurkan. Berguna untuk mengurangi kehilangan daya selama transmisi.

3. Transmisi

Transmisi daya adalah komponen distribusi energi listrik yang menghubungkan satu gardu induk dengan gardu induk lainnya. Energi listrik yang akan

distribusikan memiliki tegangan yang tinggi. Berdasarkan klasifikasi tegangannya, saluran listrik dibagi menjadi tiga jenis, yaitu.

- Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200 – 500 kV
- Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 20 – 150 kV
- Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT)

4. Gardu Induk (Trafo Step Down)

Pada gardu induk, trafo *step down* energi listrik yang telah distribusikan akan diturunkan tegangannya menjadi 20 kV dengan bantuan trafo *step down*. Energi listrik dengan tegangan 20 kV akan disalurkan ke konsumen.

5. Distribusi

Fungsi dan tugas jaringan distribusi dalam proses penyaluran energi listrik adalah untuk menurunkan tegangan listrik dari 20 kV menjadi 380/220 V untuk kemudian disalurkan ke pelanggan. Saluran distribusi dibagi menjadi dua bagian, yaitu jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR). Energi listrik 20 kV didistribusikan dengan bantuan JTM dan kemudian tegangan diturunkan tegangannya menjadi 380/220 V oleh trafo *step down* pada gardu distribusi. Dengan tegangan listrik menjadi 380/220 V, energi listrik disalurkan ke konsumen melalui JTR.

6. Konsumen

Konsumen adalah pengguna energi listrik yang terbagi dalam beberapa kategori, yaitu konsumen rumah tangga yang mengkonsumsi listrik dengan tegangan 220/380V dan konsumen industri yang mengkonsumsi energi listrik 20 kV.

Setiap komponen utama dari sistem kelistrikan yaitu pembangkit, gardu induk, transmisi dan distribusi memiliki sistem proteksi sendiri, sehingga jika terjadi gangguan, maka sistem proteksi akan bekerja dan melindungi peralatan listrik dari gangguan.

4.5. Pengumpulan Data

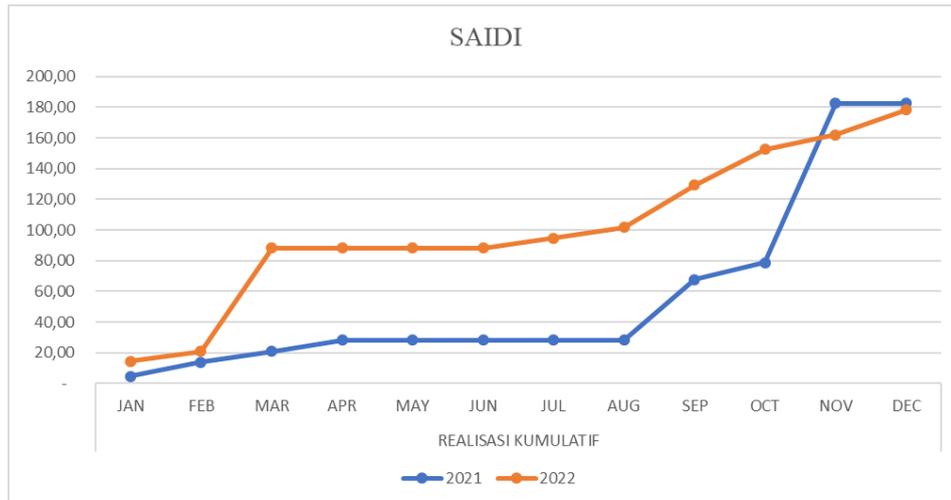
4.5.1. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

System Average Interruption Duration Index adalah jumlah lamanya kegagalan pemadaman yang dialami oleh pelanggan dalam satu tahun dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani. Data SAIDI ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Grafik 4.1.

Tabel 4. 1 Data *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

Bulan	Tahun	
	2021 (Jam/ Pelanggan)	2022 (Jam/ Pelanggan)
Januari	4,80	14,40
Februari	13,80	21,00
Maret	21,00	88,20
April	28,20	88,20
Mei	28,20	88,20
Juni	28,20	88,20
Juli	28,20	94,80
Agustus	28,20	101,58
September	67,80	129,32
Oktober	78,60	152,40
November	182,40	162,00
Desember	182,40	178,20
Rata-rata	57,65	100,54

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)



Grafik 4. 1 Data *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)
(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)

4.5.2. *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI)

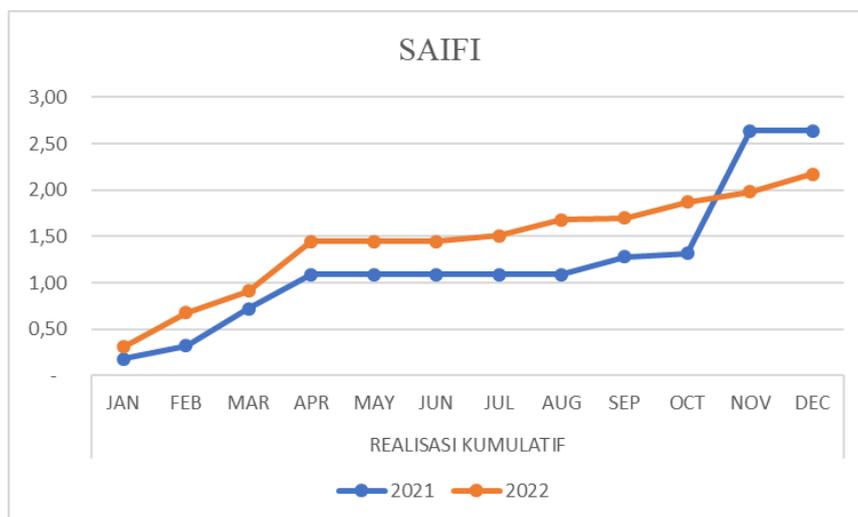
System Average Interruption Frequency Index adalah frekuensi pemadaman rata-rata jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Data SAIFI ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Garfik 4.2.

Tabel 4. 2 Data *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI)

Bulan	Tahun	
	2021 (Kali/ Pelanggan)	2022 (Kali/ Pelanggan)
Januari	0,18	0,31
Februari	0,32	0,68
Maret	0,72	0,91
April	1,09	1,45
Mei	1,09	1,45
Juni	1,09	1,45

Bulan	Tahun	
	2021 (Kali/ Pelanggan)	2022 (Kali/ Pelanggan)
Juli	1,09	1,51
Agustus	1,09	1,68
September	1,28	1,70
Oktober	1,32	1,87
November	2,64	1,98
Desember	2,64	2,17
Rata-rata	1,21	1,43

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)



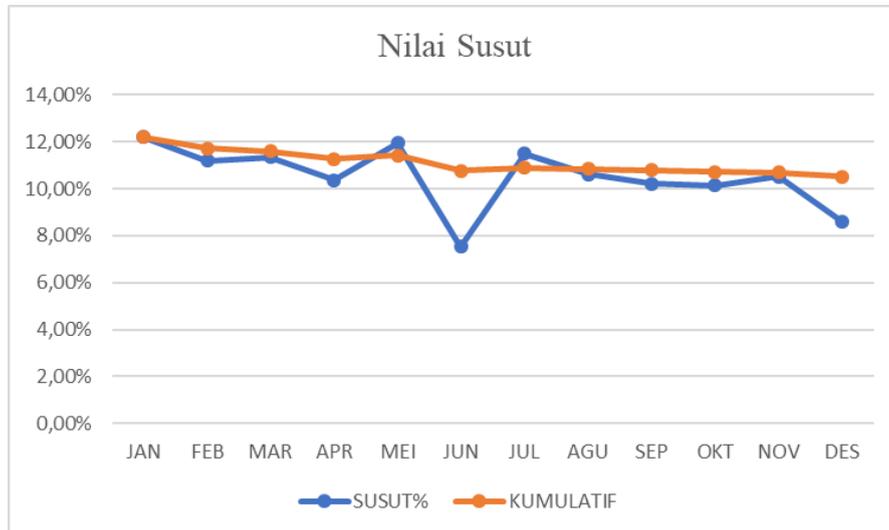
Grafik 4. 2 Data *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI)

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)

4.5.3. Nilai Susut Listrik

Nilai susut listrik yang dihasilkan berasal dari kerugian energi akibat masalah teknis dan non teknis pada penyaluran distribusi energi listrik. Energi listrik yang berasal dari pembangkit kemudian disalurkan ke Gardu Induk (GI) yang dimana

dalam penyaluran energi listrik terdapat penyusutan dan kemudian menghilang akibatnya, jumlah energi listrik yang disalurkan tidak sama dengan jumlah listrik yang dihasilkan. Data nilai susut ditunjukkan pada Grafik 4.3.



Grafik 4. 3 Data Nilai Susut

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)

Nilai susut listrik berarti tidak ada pasokan listrik yang dihasilkan untuk dijual. Akibatnya, PT PLN kehilangan pendapatan, yang menyebabkan kerugian. Nilai susut dari UPGK Kapuas berjumlah di atas 5% ketika susut listrik sangat tinggi, UPGK Kapuas tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat sehingga terjadi padam listrik. Berdasarkan gambar nilai susut listrik terendah di UPGK Kapuas sebesar 7,54% pada bulan Juni dan nilai susut tertinggi sebesar 12,21% pada bulan Januari. Sehingga rata-rata nilai susut yang ada di UPGK Kapuas pada tahun 2022 sebesar 11%. Dibandingkan dengan target UPGK Kapuas sebesar 5% resiko susut belum berhasil ditangani, angka ini sangat besar. Nilai susut merupakan parameter yang sangat penting untuk menilai keandalan distribusi jaringan energi listrik.

4.5.4. *Energy Not Supplied (ENS)*

Energy Not Supplied (ENS) adalah tenaga listrik yang tidak dapat disalurkan sepenuhnya oleh transmisi yang disebabkan oleh gangguan sehingga transmisi tidak dapat menyalurkan energi listrik ke konsumen. Data ENS sangat penting

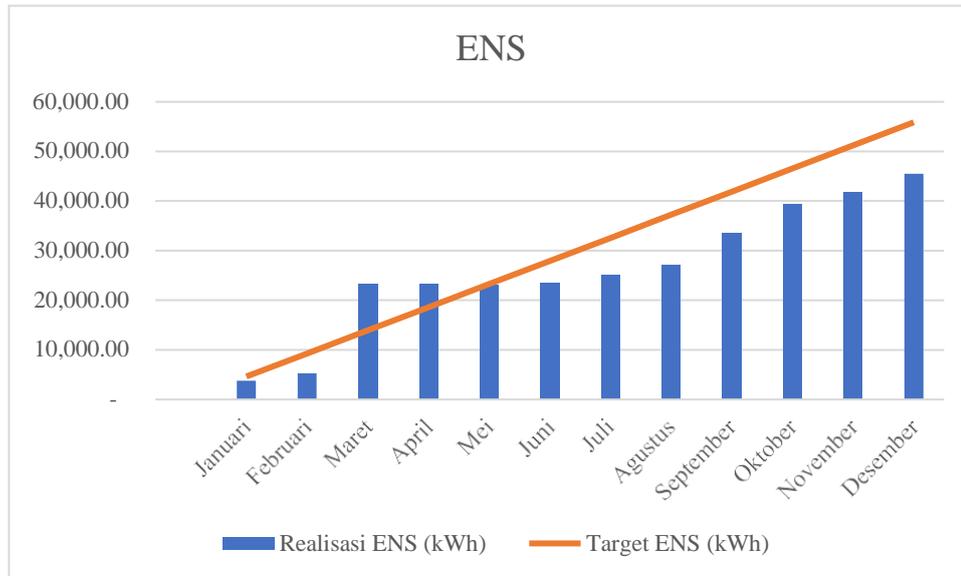
digunakan untuk menjadi parameter dalam keandalan jaringan menyalurkan transmisi energi listrik. Jika nilai ENS semakin rendah maka semakin baik dan andal dalam menyalurkan energi listrik begitu juga sebaliknya. Data SAIDI ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4.

Tabel 4. 3 Data *Energy Not Supplied* (ENS) 2022

Bulan	Nilai ENS (kWh)
Januari	3.824,82
Februari	5.294,12
Maret	23.342,15
April	23.395,40
Mei	23.141,70
Juni	23.456,32
Juli	25.130,00
Agustus	27.194,00
September	33.638,00
Oktober	39.413,76
November	41.841,00
Desember	45.514,00
Total	315.185,27
Rata-rata	26.265

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)

Berdasarkan Tabel 4.3 nilai ENS PLN UPDK Kapuas pada tahun 2022 adalah sebesar 315.185,27 kWh dengan rata-rata nilai ENS sebesar 26,265 kWh/bulan. Nilai tersebut membuat hilangnya pendapatan untuk PLN. Kerugian yang ditimbulkan didapatkan melalui perhitungan antara nilai rata-rata ENS dikalikan dengan rata-rata Tarif Tenaga Listrik (TTL) konsumen pengguna tenaga listrik dari beberapa kategori klasifikasi daya yang telah ditentukan.



Grafik 4. 4 Data ENS 2022

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak)

Menurut data statistik PLN 2020, rata-rata tarif tenaga listrik Provinsi Kalimantan Barat di tahun 2020 sebesar Rp. 1148,89/kWh. Target ENS yang ditetapkan UPDK Kapuas adalah sebesar 0,16 GWh atau rata-rata 13.333 kWh/bulan. Berikut perhitungan rugi-rugi daya PLN UP3 Pontianak yang diakibatkan oleh ENS:

$$\text{Rata-rata Kerugian} = \text{Rerata ENS} \times \text{Rerata TTL Kalbar}$$

$$26.265 \times 1.352 = \text{Rp.}35.510.280$$

Jadi jumlah kerugian yang diakibatkan oleh ENS yang diterima PLN UPDK Kapuas adalah sebesar Rp. 35.510.280. Oleh karena itu, PLN UPDK kapuas belum berhasil menangani paparan resiko ENS secara signifikan.

4.6. Rekapitulasi Aduan Gangguan Per Jenis Gangguan

Pemadaman listrik yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan sebelumnya dan sering kali menimbulkan berbagai dampak bagi masyarakat. Saat pemadaman terjadi, berbagai aktivitas harian menjadi terganggu, baik itu di tingkat rumah tangga, bisnis, maupun instansi pemerintahan. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat untuk memiliki saluran pengaduan yang efektif dan dapat diandalkan untuk melaporkan pemadaman listrik yang terjadi. Berikut ini adalah data rekapitulasi aduan gangguan per jenis gangguan pada tahun 2022 di Kota Pontianak, data diperoleh dari UP3 Pontianak.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Aduan Gangguan Per Jenis Gangguan

Bulan	Pemadaman Tidak Terencana			Pemadaman Terencana	Pemadaman Karena Bencana Alam
	Gardu	Jaringan	Sambungan Tenaga	Pemeliharaan	
	Distribusi	Tegangan Rendah	Listrik		
Januari	0	6	21	2	0
Februari	0	11	36	2	0
Maret	0	38	96	5	2
April	0	116	115	1	0
Mei	0	73	139	3	0
Juni	0	79	133	1	0
Juli	0	117	123	0	0
Agustus	2	165	249	0	6
September	0	143	216	2	1
Oktober	0	176	201	0	1
November	0	149	119	0	0
Desember	0	127	160	0	0
Total	2	1200	1608	16	10

(Sumber: Arsip Data PLN Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Pontianak, 2022)

Berdasarkan hasil rekapitulasi aduan gangguan jaringan pada tahun 2022 terdapat 3 pemadaman yang terjadi diantaranya pemadaman tidak terencana, pemadaman terencana, dan pemadaman karena bencana alam. Pemadaman tidak terencana terbagi menjadi 3 yaitu aduan gardu distribusi sebesar 2 pelanggan pertahun, aduan jaringan tegangan rendah sebesar 1200 pelanggan per tahun, dan aduan sambungan tenaga listrik sebesar 1608 pelanggan pertahun. Untuk pemadaman terencana yang diakibatkan oleh pemeliharaan jaringan sebesar 16 pelanggan per tahun. Sedangkan untuk aduan pemadaman listrik karena bencana alam sebesar 10 pelanggan per tahun.

4.7. Identifikasi Penyebab dan Akibat Gangguan Jaringan Listrik

Pada Tabel 4.4 adalah identifikasi letak terjadinya gangguan jaringan distribusi listrik pada PLN UPDK Kapuas yang didapatkan dari arsip 2021 hingga 2022 dan observasi di lapangan.

Tabel 4. 4 Identifikasi Penyebab dan Akibat Kerusakan Gangguan Jaringan Listrik

Jenis Gangguan	Komponen Rusak	Penyebab Kerusakan	Akibat Kerusakan
Jaringan Tegangan Rendah (JTR)	Isolator	Gangguan komponen listrik	Tegangan terlalu tinggi membuat isolator menjadi panas hingga pecah
	Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	Kesalahan pemasangan instalasi	Kelebihan beban listrik yang lewat dari sekering dan membuat <i>fuse</i> putus
	<i>Grounding</i>	Gangguan pada alam	Sambaran petir terlalu kuat mengakibatkan terjadinya ledakan
	<i>Relay</i> Pembangkit	Gangguan pada alam	Kontak <i>relay</i> hangus dan lemah sehingga tidak bersentuhan dengan baik
		Gangguan pada manusia	
		Gangguan pada binatang	
Jumper Tegangan	Gangguan pada alam	Jumper terlalu renggang hingga putus	
Jaringan Tegangan Menengah (JTM)	<i>Load Break Switch</i>	Kesalahan pemasangan instalasi	Pengaturan pemindahan arus tidak berfungsi
	Gardu Listrik	Kesalahan pemasangan instalasi	Terjadi pemadaman sebagian tempat

Jenis Gangguan	Komponen Rusak	Penyebab Kerusakan	Akibat Kerusakan
	Tiang Listrik	Gangguan pada alam	Tiang listrik tumbang yang diakibatkan bencana alam
	Kabel Listrik	Gangguan pada alam	Kabel listrik putus akibat pepohonan, layang-layang, angin, dan sebagainya
		Gangguan pada manusia	
		Gangguan pada binatang	
Gardu Induk (Pembangkit)	Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	Kesalahan pemasangan instalasi	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)
	Pemisah rangkaian listrik (PMS)	Kesalahan pemasangan instalasi	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)
	<i>Connector</i>	Kesalahan pemasangan instalasi	<i>Connector</i> tidak stabil dan adanya hambatan
Trafo	Jumper Trafo	Gangguan Komponen Listrik	Jumper trafo putus
Jaringan Distribusi Konsumen	<i>Mini Circuit Breaker (MCB)</i>	Gangguan Komponen Listrik	MCB rusak hingga terbakar

Jenis Gangguan	Komponen Rusak	Penyebab Kerusakan	Akibat Kerusakan
	Arrester	Kesalahan pemasangan instalasi	Isolator tidak bekerja membuat konduktor tidak mampu menahan tegangan

(Sumber: UPDK Kapuas dan Observasi Lapangan, 2021-2022)

Dari analisis Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa ada beberapa letak kerusakan pada gangguan jaringan distribusi listrik. Sistem pendistribusian listrik terdiri dari lima sektor bagian yaitu, mulai dari Jaringan Tegangan Rendah (JTR), Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Gardu Induk (Pembangkit), Trafo, hingga Jaringan Distribusi Konsumen. Kerusakan komponen yang disebabkan karena gangguan komponen listrik, kesalahan pemasangan instalasi, hingga gangguan pada alam, binatang dan, manusia.

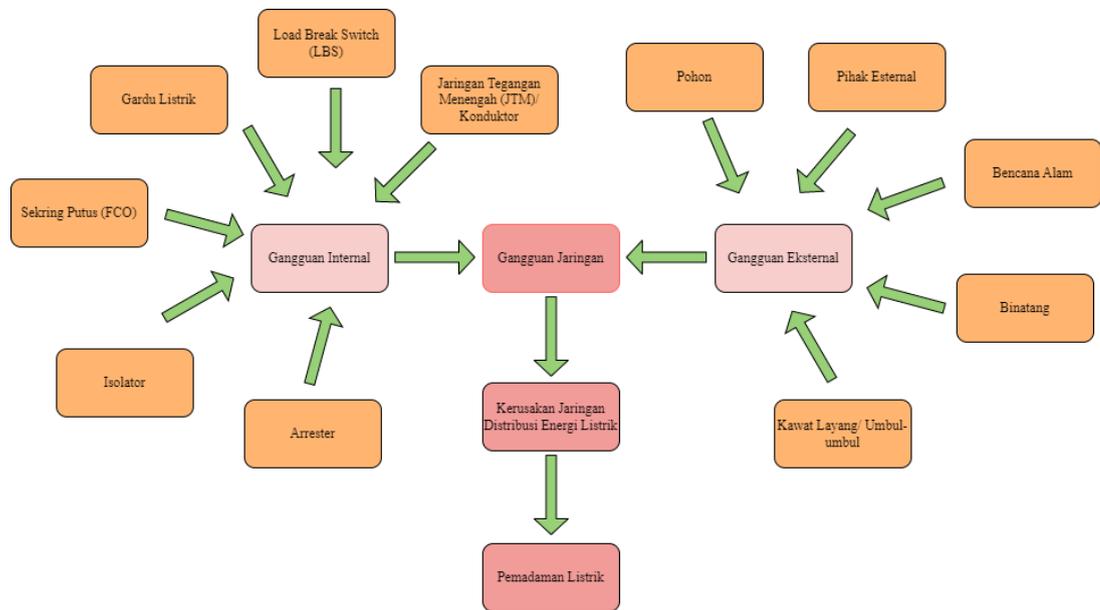
4.8. Membuat *Fault Tree Analysis*

Identifikasi letak gangguan jaringan distribusi jaringan listrik dengan melihat semua komponen dalam sistem distribusi. Gangguan jaringan terbagi menjadi dua, yaitu gangguan yang diakibatkan oleh internal maupun eksternal. Data penyebab terjadinya gangguan jaringan bersumber dari data arsip dan observasi lapangan dari UP3 Pontianak dan UPDK Kapuas. Faktor terjadinya gangguan jaringan di Pontianak ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Penyebab kerusakan gangguan pada jaringan distribusi listrik disebabkan oleh rusaknya peralatan dan komponen yang digunakan dalam instalasi serta penyaluran tenaga listrik ke konsumen, mulai dari gangguan internal yang dapat disebabkan oleh gangguan pada gardu induk, hingga Jaringan Tegangan Menengah (JTM), *Load Break Switch* (LBS), Sekring Putus (FCO), Isolator, dan Arrester. Dalam hal ini gangguan jaringan secara eksternal disebabkan oleh gangguan alam, gangguan binatang, gangguan buatan manusia, gangguan material yang digunakan, atau kesalahan instalasi pada jaringan distribusi.

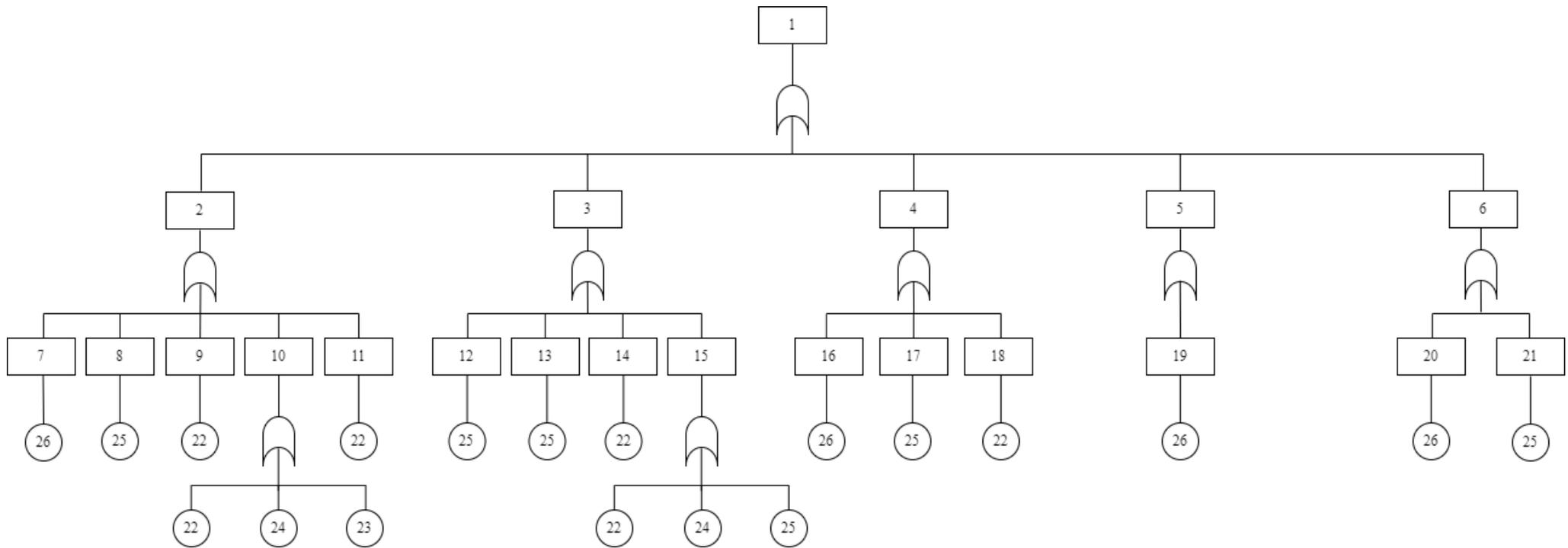
Setelah mengidentifikasi seluruh kerusakan yang terjadi pada jaringan distribusi listrik kemudian membuat *Fault Tree*. Pembuatan *Fault Tree* dengan menggunakan simbol- simbol *Boolean* yang bersumber dari buku Blanchard, 2004.

Data yang didapatkan berasal dari arsip dan observasi lapangan yang dilakukan di UP3 Pontianak dan UPDK Kapuas yang dimana sebagai pengelola jaringan distribusi listrik. Hasil *Fault Tree* dari gangguan jaringan distribusi listrik wilayah kota pontianak ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Penyebab Terjadinya Gangguan Jaringan Distribusi Listrik

(Sumber: Data UPDK Kapuas dan Observasi Lapangan)



Gambar 4. 4 Hasil *Fault Tree* dari Gangguan Jaringan Distribusi Listrik Wilayah Kota Pontianak

Tabel 4. 5 Keterangan Pada *Fault Tree*

No	Keterangan
1	Kerusakan Jaringan Distribusi Listrik
2	Jaringan Tegangan Rendah (JTR)
3	Jaringan Tegangan Menengah (JTM)
4	Gardu Induk (Pembangkit)
5	Trafo
6	Jaringan Distribusi Konsumen
7	Isolator
8	Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)
9	<i>Grounding</i>
10	<i>Relay</i> Pembangkit
11	Jumper Tegangan
12	<i>Load Break Switch</i>
13	Gardu Listrik
14	Tiang Listrik
15	Kabel Listrik
16	Pemutusan arus/daya listrik (PMT)
17	Pemisah rangkaian listrik (PMS)
18	<i>Connector</i>
19	Jumper Trafo
20	<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)

No	Keterangan
21	<i>Arrester</i>
22	Gangguan Alam
23	Gangguan Binatang
24	Gangguan Manusia
25	Kesalahan pemasangan instalasi
26	Gangguan Komponen Listrik

Penentuan minimal *cut set* adalah kumpulan dari *basic event* yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan dan perlu adanya perbaikan. Menentukan minimal *cut set* didapatkan dari pohon kesalahan (Blanchard, 2004).

Kejadian paling penting untuk mengidentifikasi kejadian atau peristiwa penting dalam sistem dan menentukan probabilitas kejadian dalam sistem (*Top Level Event*). Setelah menyederhanakan *Fault Tree*, langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas kejadian terpenting dalam sistem. Pada fase ini, probabilitas semua input dan logika hubungan dipertimbangkan untuk menentukan prioritas perbaikan.

Berikut ini penjabaran untuk menentukan *Top Level Event* dari kejadian gangguan jaringan distribusi listrik berdasarkan pohon kesalahan.

$$\begin{aligned}
 &= 1 \\
 &= 2+3+4+5+6 \\
 &= (7+8+9+10+11) + (12+13+14+15) + (16+17+18) + (19) + (20+21) \\
 &= \{(26+25+22+22+24+23+22)\} + \{(25+25+22+22+24+25)\} + \{(26+25+22)\} + \{(26)\} + \\
 &\quad \{(26+25)\}
 \end{aligned}$$

Dari penentuan minimal *cut set*, diperoleh *basic event* yang dapat menyebabkan adanya gangguan jaringan transmisi distribusi listrik adalah:

1. Nomor 22 = Gangguan Alam
2. Nomor 23 = Gangguan Binatang
3. Nomor 24 = Gangguan Manusia
4. Nomor 25 = Kesalahan Pemasangan Instalasi
5. Nomor 26 = Gangguan Komponen Listrik

Hasil minimal *cut set* terdapat beberapa *basic event* yang dimana merupakan adanya penyebab gangguan jaringan transmisi distribusi listrik kemudian hasil tersebut digunakan sebagai input dalam tahap FMEA. Hasil *Cut Set* didapatkan lima kejadian dasar yang menyebabkan kerusakan jaringan distribusi listrik yaitu, gangguan alam, gangguan binatang, gangguan manusia, kesalahan pemasangan instalasi, dan gangguan komponen listrik.

Hasil analisis faktor penyebab dan dampak yang ditimbulkan didapatkan dari perhitungan *Cut Set* yang merupakan *basic event* dari kerusakan gangguan jaringan serta dampak yang ditimbulkan berdasarkan hasil wawancara dari pegawai UPDK Kapuas yang dimana sebagai penganalisis kerusakan akibat gangguan jaringan.

Tabel 4. 6 Faktor Penyebab dan Dampak Ditimbulkan Gangguan Jaringan

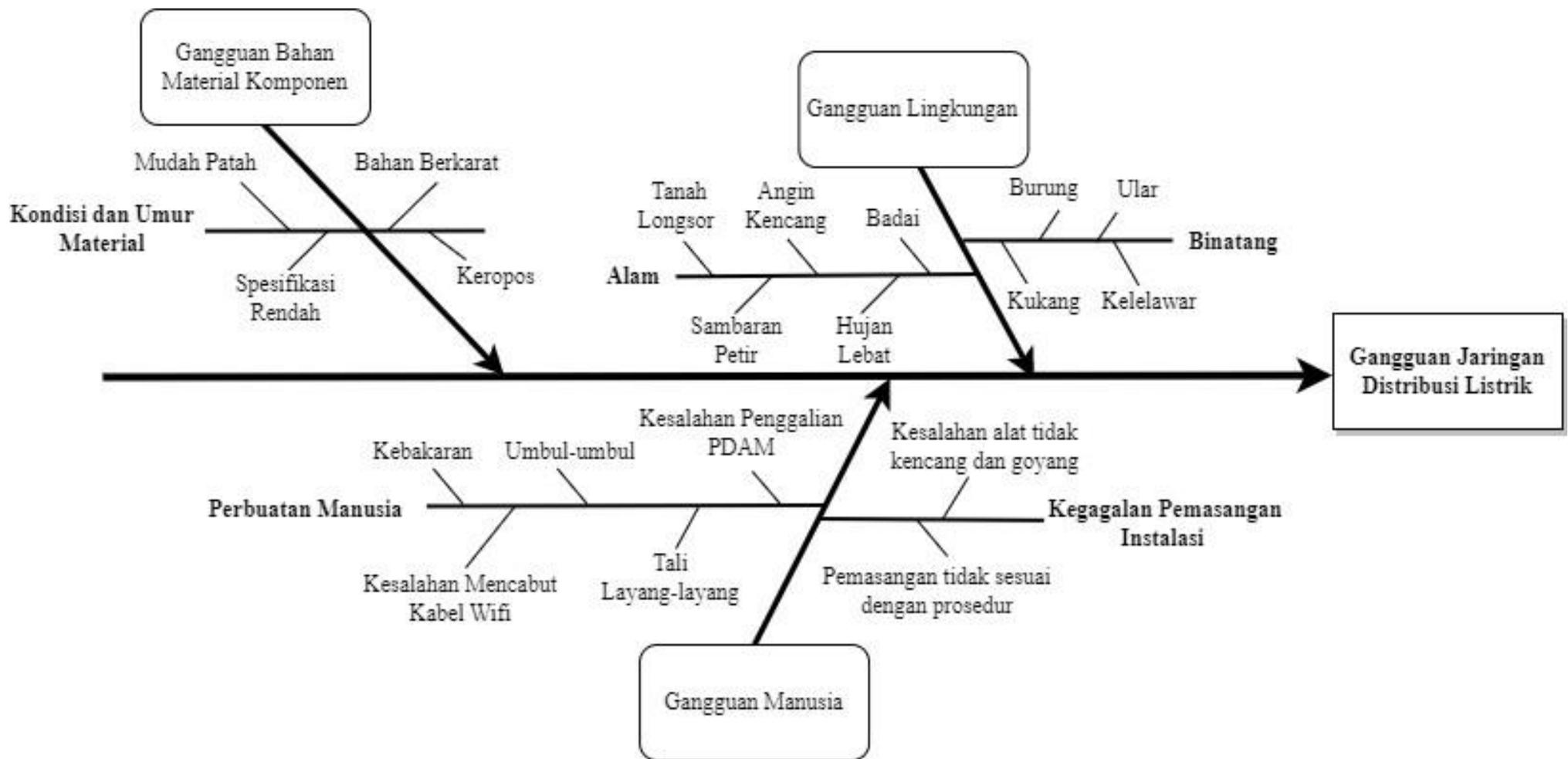
Faktor Penyebab	Penyebab Terjadinya Gangguan	Dampak Yang Ditimbulkan
Lingkungan	Binatang	Gangguan jaringan yang disebabkan oleh binatang seperti burung, kelelawar, ular, kukang, tupai, dll yang mengenai dan menggantung pada kabel, binatang tersebut melakukan aktivitas di atas kabel listrik yang menyebabkan tersangkut dan mati di atas kabel listrik membuat bagian penghantar bertegangan (kabel) pada sistem jaringan terganggu hingga pemadaman.
	Alam	Gangguan jaringan alam seperti angin kencang, badai, petir, hujan lebat, tanah longsor menyebabkan kerusakan kabel dan tiang listrik, kerusakan penangkal petir, dan kerusakan konektor.

Faktor Penyebab	Penyebab Terjadinya Gangguan	Dampak Yang Ditimbulkan
Bahan Material Komponen	Kondisi dan Umur Material	Gangguan pada bahan material komponen biasanya disebabkan karena bahan yang digunakan sudah lama, sehingga mudah keropos, rapuh, putus, aus, dan patah mutu komponen yang dipakai dalam pendistribusian listrik tidak bagus sehingga distribusi listrik menjadi terganggu dan menimbulkan gangguan.
	Kegagalan pemasangan instalasi (Internal Perusahaan)	Kegagalan pemasangan instalasi disebabkan oleh pemasangan jaringan listrik yang dilakukan tidak mengikuti prosedur yang ditentukan, atau pemasangan komponen yang tidak terhubung dengan kuat satu sama lain yang dapat dengan mudah merusak jaringan distribusi listrik.
Manusia	Perbuatan Manusia	Gangguan yang disebabkan oleh aktivitas manusia seringkali menyebabkan kerusakan pada jaringan distribusi listrik. Kegiatan seperti bermain layang-layang, umbul-umbul, pencurian meteran listrik dan penggalian saluran PDAM dapat menyebabkan kerusakan jaringan distribusi. Namun tidak hanya itu saja, gangguan dapat terjadi akibat pihak ke 3 seperti kesalahan mencabut kabel wifi ke kabel listrik PT, PLN.

(Sumber: Hasil Dari Penentuan *Cut Set*)

4.9. Identifikasi Kerusakan Gangguan Jaringan

Resiko dari pemadaman listrik yang diakibatkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik terdapat lima *basic event* kegagalan yang didapatkan dari *cut set Fault Tree Analysis*, kemudian diperkecil menjadi tiga agar dapat fokus kepada kerusakan yang ditimbulkan. Resiko ini merupakan resiko yang berasal dari aspek internal maupun eksternal UPDK Kapuas. Data yang didapatkan berasal dari observasi lapangan, wawancara serta arsip data PLN UPDK Kapuas dan UP3 Pontianak. Adapun analisis penyebab dari pemadaman listrik yang diakibatkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik dengan diagram *fishbone* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Fishbone Diagram

Dari hasil diagram *fishbone* diatas dapat diketahui bahwa terdapat tiga faktor utama yang disebabkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik mulai dari gangguan lingkungan yang disebabkan oleh alam dan binatang, gangguan bahan material komponen yang disebabkan oleh kondisi dan umur material, dan gangguan manusia yang disebabkan oleh kegagalan pemasangan instalasi dan perbuatan manusia.

4.10. Pengolahan Data RPN

Pada Tabel 4.7 adalah profil responden yang digunakan dalam pengambilan data *Failure mode and effect analysis*. Dengan 5 orang responden tersebut merupakan pekerja di bidang gangguan jaringan distribusi listrik atau Tim Operasi Penertiban Aliran Listrik (OPAL) dan berhubungan dengan topik yang diteliti.

Tabel 4. 7 Data Responden Penelitian

Nama	Jabatan	Data yang dikumpulkan
Sujarno	Manajer PLTD Sei Raya	FMEA
Boma Rakhmani	PJ K4 & Lingkungan	FMEA
Wahyu Nugroho	Team Leader Transaksi <i>Energy</i>	FMEA, SUSUT Listrik
Riyadi Satrio Wicaksono	Tim Leader Teknik	FMEA, SAIDI, SAIFI, ENS
Fitri Siswanti	Staff	FMEA

(Sumber: PLTD Sei Raya, 2023)

Terdapat tiga variabel dalam FMEA yaitu, *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)* yang berguna untuk menentukan nilai rating keseriusan perbaikan dan prioritas. Pada rating pengolahan RPN ditentukan dari skala 1 sampai 5, dimana skala 1 menyatakan dampak yang paling rendah dan skala 5 dampak yang paling tinggi.

Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN)

- *Severity*
Merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan atau kerusakan yang terjadi, nilai severity dihasilkan melalui kuisioner yang sudah dilakukan terhadap pekerja yang sesuai dengan bidangnya. Penilaian terdiri dari rating 1-5, semakin besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul terjadi, maka semakin tinggi nilai rating yang diberikan
- *Occurrence*
Merupakan penilaian seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan dan kerusakan terjadi. Nilai occurrence diberikan untuk setiap penyebab kegagalan dan kerusakan. Terdiri dari rating 1-5, makin sering penyebab kegagalan terjadi, maka semakin tinggi nilai rating yang diberikan.
- *Detection*
Merupakan penilaian seberapa jauh penyebab kegagalan dapat dideteksi. Penilaian terdiri dari rating dari 1-5, semakin sulit mendeteksi penyebab kegagalan yang terjadi makin semakin tinggi nilai rating yang diberikan.

Rumus RPN merupakan perkalian dari rating *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detectability* (D).

$$RPN = S \times O \times D$$

Tabel 4. 8 Skala Pengolahan Nilai RPN

Skala	Dampak Kerusakan yang Terjadi
1	<i>Minor</i>
2	<i>Low</i>
3	<i>Moderate</i>
4	<i>High</i>
5	<i>Very High</i>

Jumlah perhitungan RPN yang berasal dari hasil penentuan minimal *Cut Set* metode *Fault Tree Analysis* (FTA) terdapat pada lampiran 4 yaitu data yang didapatkan dari kuesioner dibagikan kepada 5 orang pekerja di bidang gangguan jaringan distribusi listrik atau Tim Operasi Penertiban Aliran Listrik (OPAL) UPDK Kapuas. Berikut pada Tabel 4.9 merupakan total hasil perhitungan RPN yang didapatkan dari kuesioner yang digunakan untuk menentukan skala prioritas perbaikan gangguan jaringan.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RPN

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Akibat Kerusakan	Jumlah Skala			Hasil Nilai RPN
		S	O	D	
Isolator	Tegangan terlalu tinggi membuat isolator menjadi panas hingga pecah	20	22	20	8800
Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	Kelebihan beban listrik yang lewat dari sekring dan membuat <i>fuse</i> putus	16	12	13	2496
Grounding	Sambaran petir terlalu kuat mengakibatkan terjadinya ledakan	18	16	13	3744
<i>Relay</i> Pembangkit	Kontak <i>relay</i> hangus dan lemah sehingga tidak bersentuhan dengan baik	14	10	11	1540
Jumper Tegangan	Jumper terlalu renggang hingga putus	16	14	10	2240
<i>Load Break Switch</i>	Pengaturan pemindahan arus tidak berfungsi	10	14	15	2100
Gardu Listrik	Terjadi pemadaman sebagian tempat	21	21	21	9261
Tiang Listrik	Tiang listrik roboh akibat gangguan alam	21	22	21	9702

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Akibat Kerusakan	Jumlah Skala			Hasil Nilai RPN
		S	O	D	
Kabel Listrik	Kabel listrik putus akibat pepohonan, layang-layang, angin, dan sebagainya	22	23	23	11638
Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)	15	14	16	3360
Pemisah rangkaian listrik (PMS)	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)	14	13	14	2548
<i>Connector</i>	<i>Connector</i> tidak stabil dan adanya hambatan	10	14	11	1540
Jumper Trafo	Jumper trafo putus	12	13	15	2340
<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	MCB rusak hingga terbakar	13	16	18	3744
<i>Arrester</i>	Isolator tidak bekerja membuat konduktor tidak mampu menahan tegangan	15	14	15	3150
Penormalan Gangguan yang Lama	Kehilangan pendapatan akibat lamanya gangguan jaringan dan operator belum berpengalaman	23	19	20	8740
Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	Pembangkit yang jauh dengan gardu hubung membuat pembebanan ke trafo rendah serta akurasi meteran pelanggan rendah dan tidak akurasi	19	17	19	6137
Lamanya Waktu dalam Analisis	Operator belum berpengalaman kurang tepat dan belum optimal serta	17	23	20	7820

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Akibat Kerusakan	Jumlah Skala			Hasil Nilai RPN
		S	O	D	
Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal	terjadi kesalahan pada komponen pada saat perhitungan				
Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik	Banyak anak-anak bermain layang-layang menggunakan kawat akibatnya kawat bergesekan dengan kabel listrik dan membuat putus kabel hingga pemadaman	22	24	21	11088
Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	Kesalahan pemasangan <i>wiring</i> serta relay yang putus dan tidak berfungsi yang bisa disebabkan oleh faktor alam	20	20	20	8000

Dapat diketahui berdasarkan Tabel 4.9 terdapat 20 komponen yang rusak dan resiko gangguan jaringan yang dapat merugikan UPDK Kapuas yang berdasarkan dampak (*Severity*), frekuensi (*Occurrence*), dan deteksi (*Detection*) sehingga didapatkan nilai prioritas resiko (RPN) sebagai perbaikan dalam menangani perbaikan gangguan jaringan distribusi listrik.

BAB V PEMBAHASAN

5.1. Analisis 5W + 1H

Analisis 5W + 1H diperlukan untuk mengetahui penyebab dari gangguan jaringan distribusi listrik dalam penelitian ini, berdasarkan data yang sudah dihimpun. Berikut adalah analisis 5W + 1H yang didapatkan dari wawancara oleh pegawai UPDK Kapuas.

Tabel 5. 1 Analisis 5W + 1H

What	<p>Apa yang menyebabkan terjadinya pemadaman listrik?</p> <p>Penyebab terjadinya pemadaman listrik mulai dari Korsleting arus listrik yang dimana kabel listrik yang menjuntai dari tiang dan dibiarkan begitu saja tanpa adanya pengawasan. Kemudian penyebab lainnya dapat diakibatkan oleh gangguan internal maupun eksternal. Penyebab terjadinya gangguan internal diakibatkan oleh internal dapat terjadi karena gangguan gardu induk listrik hingga jaringan tegangan menengah (JTM), Load Break Switch (LBS), sekering putus (FCO), isolator, dan arrester. Gangguan jaringan eksternal disebabkan oleh gangguan alam seperti angin kencang, badai, banjir, petir, gangguan binatang seperti burung, ular, kukang, kelelawar, gangguan manusia seperti bermain layang-layang, umbul-umbul, kesalahan penggalian, gangguan material yang digunakan seperti spesifikasi rendah, bahan berkarat dan aus, mudah keropos.</p>
Why	<p>Mengapa pemadaman listrik dapat terjadi?</p> <p>Terdapat tiga jenis pemadaman listrik yang terjadi diantaranya sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mati listrik akibat kerusakan permanen (<i>permanent fault</i>) merupakan pemadaman listrik yang disebabkan oleh kehilangan daya yang besar yang biasanya disebabkan oleh gangguan/kerusakan pada saluran listrik. Daya secara otomatis dikembalikan setelah kerusakan/gangguan/kesalahan diperbaiki/dihapus. • Mati listrik sebagian/sementara (<i>brownout</i>), adalah suatu pemadaman yang terjadi akibat penurunan voltase pada persediaan daya listrik. Istilah brownout

	<p>berasal dari peredupan yang dialami oleh pencahayaan ketika tegangan turun drastis. Brownout dapat menyebabkan kinerja peralatan yang buruk atau bahkan pengoperasian yang salah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mati listrik total (<i>blackout</i>), adalah pemadaman listrik yang terjadi karena hilangnya daya ke suatu daerah secara total dan merupakan bentuk pemadaman listrik paling parah yang dapat terjadi. Pemadaman ini sering kali terjadi karena adanya kerusakan langsung pada generator sehingga pembangkit listrik mengalami kesulitan untuk pulih dengan cepat. Pemadaman dapat berlangsung dari beberapa menit hingga beberapa minggu tergantung pada sifat pemadaman dan konfigurasi jaringan listrik.
Where	Dimana lokasi dan tempat terjadinya pemadaman listrik?
	Lokasi dan tempat terjadinya pemadaman listrik bervariasi karena pemadaman sering kali terjadi karena adanya kerusakan langsung pada generator sehingga pembangkit listrik mengalami kesulitan untuk pulih dengan cepat. Pemadaman bergilir terjadi di beberapa tempat bergantung kepada penyulang atau gardu hubung di setiap daerah.
When	Kapan terjadinya pemadaman listrik?
	Berdasarkan data UPRD Kapuas pemadaman listrik bergilir yang dilakukan pemeliharaan sebagai upaya dari UPRD Kapuas sebagai penyedia listrik untuk menghindari mati listrik total pada suatu sistem jaringan listrik. Hal ini biasanya dilakukan sebagai tanggapan terhadap situasi sewaktu permintaan listrik melebihi kapasitas suplai daya dari jaringan. Pemadaman listrik secara tiba-tiba terjadi akibat gangguan yang terjadi baik di sisi pembangkit (<i>power failure</i>) maupun di sisi distribusi. PLTD Sungai raya yang di mana sebagai pembangkit yang ada di kota Pontianak, <i>blackout</i> sering terjadi di beberapa tempat di kota Pontianak dalam waktu cukup lama. Sehingga perlu bantuan atau suplai dari PLTD Siantan. Di PLTD Sungai Raya hanya terdapat 4 buah mesin yang beroperasi dan 2 buah mesin mati total sehingga perlu suplai dari PLTD Siantan.
Who	Siapa yang mengalami kerugian akibat terjadinya pemadaman listrik?
	Pemadaman listrik mengakibatkan timbulnya kerugian baik pada pelanggan rumah

tangga maupun industri kecil dan menengah. Pada konsumen industri kecil dan menengah kerugian yang dialami akibat pemadaman listrik.

Pemadaman listrik dapat menyebabkan kerugian bagi berbagai pihak, termasuk:

- Pelanggan Rumah Tangga, pemadaman listrik dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pelanggan rumah tangga karena matinya peralatan listrik, penurunan kenyamanan, dan terganggunya rutinitas harian. Misalnya, tanpa listrik, penerangan, pendinginan atau pemanasan udara, dan kemampuan untuk menggunakan perangkat elektronik seperti televisi atau komputer menjadi terbatas.
- Bisnis dan Industri, pemadaman listrik dapat menyebabkan gangguan operasional bagi bisnis dan industri. Banyak perusahaan bergantung pada pasokan listrik yang stabil untuk menjalankan mesin dan peralatan produksi, menjaga suhu ruangan, menyimpan data elektronik, dan melayani pelanggan. Pemadaman dapat menyebabkan kerugian finansial, penurunan produktivitas, dan kehilangan pelanggan.
- Rumah Sakit dan Pelayanan Kesehatan, rumah sakit dan fasilitas pelayanan kesehatan sangat bergantung pada pasokan listrik yang stabil untuk menjalankan peralatan medis, sistem penyimpanan data pasien, dan untuk memberikan perawatan yang tepat waktu dan berkualitas tinggi. Pemadaman listrik dapat mengancam keselamatan pasien dan menyulitkan penyediaan layanan medis yang kritis.
- Lembaga Pemerintahan dan Layanan Darurat, pemadaman listrik dapat mengganggu operasi lembaga pemerintahan dan layanan darurat seperti kepolisian, pemadam kebakaran, dan tim medis. Komunikasi dan koordinasi dalam situasi darurat dapat terganggu tanpa akses yang andal ke listrik.
- Ekonomi Regional dan Nasional, pemadaman listrik yang luas dan berkepanjangan dapat berdampak negatif pada ekonomi suatu daerah atau negara. Industri mungkin terpaksa berhenti sementara, perdagangan dan aktivitas bisnis menurun, dan investasi menjadi kurang menarik karena ketidakstabilan pasokan listrik.
- Infrastruktur dan Jaringan Listrik, pemadaman listrik yang disebabkan oleh kegagalan atau gangguan dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan jaringan listrik itu sendiri. Proses pemulihan dan perbaikan dapat

	<p>mengakibatkan biaya yang tinggi dan memakan waktu.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masyarakat Secara Umum, pemadaman listrik yang berkepanjangan dan berulang dapat menyebabkan kecemasan dan frustrasi di kalangan masyarakat secara umum. Selain itu, pemadaman listrik pada cuaca ekstrem atau kondisi darurat tertentu dapat meningkatkan risiko kesehatan dan keselamatan bagi banyak orang. <p>Pemadaman listrik dapat menyebabkan berbagai dampak yang merugikan berbagai pihak, dan penting bagi penyedia listrik dan pemerintah untuk bekerja sama dalam menjaga dan meningkatkan ketahanan sistem kelistrikan untuk mengurangi potensi kerugian yang disebabkan oleh pemadaman listrik.</p>
How	<p>Bagaimana proses terjadinya pemadaman listrik?</p> <hr/> <p>Proses terjadinya pemadaman listrik dapat melibatkan berbagai faktor dan tahapan, berikut adalah gambaran umum tentang proses terjadinya pemadaman listrik.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasokan Listrik biasanya dihasilkan di pembangkit listrik, seperti pembangkit tenaga listrik, pembangkit thermal, pembangkit hidroelektrik, pembangkit nuklir, atau sumber energi terbarukan seperti pembangkit tenaga surya atau angin. Setelah dihasilkan, listrik disalurkan melalui jaringan transmisi tinggi tegangan. • Transmisi listrik yang dihasilkan dari pembangkit akan dipindahkan melalui jaringan transmisi dengan tegangan tinggi untuk mengurangi kerugian energi. Jaringan transmisi menghubungkan pembangkit dengan sub-stasiun distribusi yang lebih kecil di berbagai wilayah. • Distribusi di sub-stasiun distribusi, tegangan listrik dikurangi untuk mengizinkannya masuk ke jaringan distribusi lokal. Listrik kemudian dikirim melalui jaringan distribusi ke rumah-rumah, bisnis, dan industri. • Jaringan Distribusi Lokal mencakup tiang listrik, kabel bawah tanah, dan peralatan distribusi lainnya. Listrik dari sub-stasiun didistribusikan ke pelanggan melalui jaringan ini. • Permintaan Listrik dari pelanggan berfluktuasi sepanjang waktu. Pada saat permintaan listrik tinggi, tegangan di jaringan distribusi juga meningkat. • Perangkat Pelindung (Proteksi) jaringan listrik dilengkapi dengan perangkat

	<p>pelindung seperti pemutus sirkit (circuit breaker) dan pengontrol beban yang mendeteksi kondisi berbahaya, seperti lonjakan arus atau beban berlebih, untuk mencegah kerusakan pada jaringan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gangguan dan Kegagalan pemadaman listrik dapat terjadi karena berbagai alasan, seperti gangguan teknis, kerusakan pada peralatan distribusi, kegagalan peralatan, cuaca ekstrem (seperti badai, banjir, atau petir), gangguan di jaringan transmisi, gangguan di pembangkit listrik, atau perawatan rutin. • Isolasi dan Pemulihan jika terjadi gangguan atau kegagalan, perangkat pelindung akan berfungsi untuk mengisolasi bagian jaringan yang terkena gangguan. Tim pemeliharaan akan mencari dan memperbaiki masalah tersebut. Setelah masalah diperbaiki, listrik dapat dipulihkan dan kembali dialirkan ke pelanggan.
--	---

5.2. Analisis Resiko

Berdasarkan identifikasi resiko dengan menggunakan metode *fishbone* diagram hal yang membuat terjadinya gangguan jaringan distribusi listrik berasal dari faktor eksternal maupun internal UPDK Kapuas. Resiko yang didapatkan sebelumnya dari *Fault Tree Analysis* berasal dari tiga penyebab yaitu gangguan manusia, lingkungan, dan bahan material komponen.

Gangguan jaringan yang diakibatkan oleh manusia dibagi menjadi dua yaitu, kegagalan pemasangan instalasi dan perbuatan manusia. Kegagalan pemasangan instalasi diakibatkan karena kesalahan pemasangan alat tidak kencang yang mengakibatkan goyang bahkan tidak menyentuh bagian listrik, kemudian pemasangan alat tidak sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang diberikan oleh PLN kejadian tersebut disebabkan oleh pekerja yang kurang berpengalaman dan kurangnya pemahaman terkait instalasi serta tidak ada pengawasan dari PLN. Perbuatan manusia yang disebabkan oleh individu atau kelompok orang yang menerbangkan layang-layang dan pemasangan umbul-umbul dapat mengakibatkan mengenai jaringan transmisi kabel maupun gardu listrik sehingga pemadaman listrik terjadi. Kemudian kebakaran hutan membuat terjadinya sambaran api mengenai kabel listrik. Kesalahan mencabut kabel wifi dan penggalian PDAM yang dilakukan oleh pihak eksternal mengakibatkan kesalahan pencabutan kabel dan mengenai kabel listrik sehingga mengakibatkan terjadinya pemadaman.

Gangguan jaringan yang diakibatkan oleh lingkungan dibagi menjadi dua yaitu, faktor binatang dan alam. Faktor alam disebabkan oleh tanah longsor, angin kencang, badai, sambaran petir dan hujan lebat, sedangkan faktor binatang disebabkan oleh burung, ular kukang, dan kelelawar yang bergelantungan di kabel listrik. Seluruh penyebab dari gangguan lingkungan tidak dapat diprediksi serta gangguan yang terjadi mengakibatkan kendala pemadaman listrik sehingga distribusi listrik menjadi terhambat.

Gangguan jaringan yang diakibatkan bahan material komponen yang disebabkan oleh kondisi umur dan material terdapat beberapa penyebab diantaranya mudah patah, keropos, bahan yang berkarat, dan spesifikasi rendah. Lamanya waktu penggunaan alat membuat kondisi menjadi berkurang mengakibatkan komponen mudah rusak dan tidak berfungsi normal. Perlu adanya pergantian komponen serta *maintenance* perawatan yang diberikan oleh PLN UPDK Kapuas.

5.3. Analisis *Fault Tree Analysis*

Berdasarkan penemuan gangguan jaringan distribusi listrik yang didapatkan dari hasil *Fault Tree Analysis* terdapat 20 gejala penyebab gangguan jaringan distribusi listrik. Dari 20 gejala penyebab gangguan jaringan tersebut didapatkan hasil minimal *cut set* yang dimana akar penyebab kerusakan jaringan terdapat lima faktor diantaranya disebabkan oleh gangguan alam, binatang, manusia, kesalahan pemasangan instalasi, gangguan komponen listrik.

Dampak yang ditimbulkan dari lima faktor tersebut mulai dari binatang seperti burung, kelelawar, ular, kukang, tupai, dll yang mengenai dan menggantung pada kabel, binatang tersebut melakukan aktivitas di atas kabel listrik yang menyebabkan tersangkut dan mati diatas kabel listrik membuat bagian penghantar bertegangan (kabel) pada sistem jaringan terganggu hingga pemadaman.

Penyebab gangguan alam seperti angin kencang, badai, petir, hujan lebat, tanah longsor menyebabkan rusaknya kabel dan tiang listrik, rusaknya penangkal petir dan rusaknya konektor. Dalam hal ini bahan dari komponen biasanya disebabkan karena bahan yang digunakan sudah lama, sehingga mudah keropos, putus, mudah aus, dan patah mutu komponen yang dipakai dalam pendistribusian listrik tidak bagus sehingga distribusi listrik menjadi terganggu dan menimbulkan gangguan.

Jaringan distribusi listrik mudah rusak karena pekerja tidak memasang jaringan sesuai dengan instruksi atau komponen tidak dipasang dengan benar. Aktivitas manusia seringkali menyebabkan kerusakan pada jaringan distribusi listrik, menerbangkan layang-

layang, umbul-umbul, pencurian meteran listrik serta penggalian saluran PDAM dapat merusak jaringan distribusi. Namun tidak hanya itu saja, gangguan dari pihak ketiga bisa terjadi, misalnya kesalahan mencabut kabel wifi dari kabel listrik PLN.

5.4. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis*

Berdasarkan pada Tabel 4.9, terdapat 20 gejala penyebab gangguan jaringan distribusi listrik yang rusak dan resiko gangguan teridentifikasi di UPGK Kapuas dalam pendistribusian listrik kepada konsumen. Dengan bantuan hasil yang diperoleh dari metode FMEA, diidentifikasi kerusakan- kerusakan kegagalan utama jaringan distribusi, mengetahui penyebab, dampak dan skala prioritas perbaikan berdasarkan hasil perhitungan RPN.

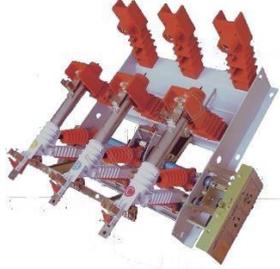
Berdasarkan hasil dari *Fault Tree* yang dijadikan *Output* kemudian didapatkan 5 gangguan yang mendasar yaitu, gangguan alam, binatang, manusia, kesalahan pemasangan instalasi, dan gangguan komponen listrik. Kemudian menentukan prioritas perbaikan komponen untuk mengantisipasi dan memperbaiki kerusakan pada sistem jaringan distribusi listrik. Hasil RPN ditunjukkan dari nilai tertinggi, skala prioritas ditunjukkan oleh Tabel 5.1.

Tabel 5. 2 Analisis Hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Penyebab Kerusakan	Gambar	Skala Prioritas Perbaikan
Kabel Listrik		1
Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik		2

Penyebab Kerusakan	Gambar	Skala Prioritas Perbaikan
Tiang Listrik		3
Gardu Listrik		4
Isolator		5
Penormalan Gangguan yang Lama	-	6
Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	-	7
Lamanya Waktu dalam Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal	-	8

Penyebab Kerusakan	Gambar	Skala Prioritas Perbaikan
Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	-	9
<i>Mini Circuit Breaker (MCB)</i>		10
<i>Grounding</i>		11
Pemutusan arus/daya listrik (PMT)		12
<i>Arrester</i>		13

Penyebab Kerusakan	Gambar	Skala Prioritas Perbaikan
Pemisah rangkaian listrik (PMS)		14
Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)		15
Jumper Trafo		16
Jumper Tegangan		17
Load Break Switch		18

Penyebab Kerusakan	Gambar	Skala Prioritas Perbaikan
Relay Pembangkit		19
<i>Connector</i>		20

Berdasarkan Tabel 5.1 perbaikan utama dalam prioritas dapat dilakukan mulai dari kabel listrik, kawat layang-layang dan umbul-umbul yang mengenai jaringan listrik, tiang listrik, gardu listrik, dan isolator sebagai penghantar tegangan. Prioritas perbaikan telah divalidasi dan disetujui oleh pekerja dan PLN UPDK Kapuas serta dapat dijadikan masukan bagi UPDK Kapuas dalam memperbaiki gangguan jaringan distribusi. Prioritas perbaikan

5.5. Rekomendasi Pengendalian Kerusakan Gangguan Jaringan Distribusi Listrik

Berikut ini adalah rekomendasi pengendalian perbaikan yang dapat dilakukan oleh UPDK Kapuas guna menekan angka pemadaman listrik. Rekomendasi didapatkan dari hasil wawancara pegawai UPDK Kapuas yang merupakan *expert* dibidang gangguan jaringan kemudian diurutkan berdasarkan komponen yang paling parah kerusakannya dari hasil nilai RPN. Rekomendasi perbaikan ditunjukkan oleh Tabel 5.2.

Tabel 5. 3 Rekomendasi Perbaikan dan Pengendalian Kerusakan Gangguan Jaringan Distribusi Listrik

No	Komponen Rusak	Akibat Kerusakan	Rekomendasi Pengendalian
1	Isolator	Tegangan terlalu tinggi membuat isolator menjadi panas hingga pecah	Penggantian isolator dan maintenance lebih rutin serta memperhatikan SOP pendistribusian tegangan listrik
2	Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	Kelebihan beban listrik yang lewat dari sekring dan membuat <i>fuse</i> putus	<i>Maintenance</i> komponen <i>fuse</i> jangan sampai terbakar serta memperhatikan arus beban listrik yang lewat
3	<i>Grounding</i>	Sambaran petir terlalu kuat mengakibatkan terjadinya ledakan	Pemeriksaan secara rutin <i>grounding</i> di setiap gardu, tiang listrik, dan pembangkit serta pemasangan recloser sebagai pengaman sistem distribusi tegangan jaringan
4	<i>Relay</i> Pembangkit	Kontak <i>relay</i> hangus dan lemah sehingga tidak bersentuhan dengan baik	Penggantian <i>relay</i> yang hangus dan jumper dalam <i>maintenance</i> secara rutin
5	Jumper Tegangan	Jumper terlalu renggang hingga putus	<i>Maintenance</i> secara rutin dan pemasangan jumper lebih kencang agar tidak putus
6	<i>Load Break</i> <i>Switch</i>	Pengaturan pemindahan arus tidak berfungsi	Diperlukan pergantian pengkabelan <i>wiring</i> yang

No	Komponen Rusak	Akibat Kerusakan	Rekomendasi Pengendalian
7	Gardu Listrik	Terjadi pemadaman sebagian tempat	<p>benar agar dapat beroperasi dengan normal</p> <p>Memeriksa keadaan gardu listrik secara berkala dan penggantian komponen listrik <i>wiring</i> agar tidak terjadi pemutusan arus listrik</p>
8	Tiang Listrik	Tiang listrik roboh akibat bencana alam	Membuat pondasi tiang listrik lebih dalam dan kuat agar tahan banjir dan longsor
9	Kabel Listrik	Kabel listrik putus akibat pepohonan, layang-layang, angin, dan sebagainya	Penebangan pohon lebih rutin dan memperhatikan tinggi pohon yang melebihi jaringan agar tidak mengenai kabel listrik
10	Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)	Penggantian <i>fuse</i> dan maintenance secara berkala serta memperhatikan SOP terkait pendistribusian listrik
11	Pemisah rangkaian listrik (PMS)	<i>Fuse</i> tidak terpasang dengan benar (Tidak Kencang)	Penggantian <i>fuse</i> dan maintenance secara berkala serta memperhatikan SOP terkait pendistribusian listrik

No	Komponen Rusak	Akibat Kerusakan	Rekomendasi Pengendalian
12	Connector	Connector tidak stabil dan adanya hambatan	Instalasi <i>connector</i> pada saat pemasangan lebih diperhatikan dan di cek kembali serta <i>maintenance</i> secara rutin
13	Jumper Trafo	Jumper trafo putus	Penggantian jumper pada trafo dan mengecek kembali beban listrik yang dialirkan
14	Mini Circuit Breaker (MCB)	MCB rusak hingga terbakar	Pemeriksaan MCB serta memeriksa pemakaian beban agar tidak melebihi daya yang terpasang di rumah konsumen
15	Arrester	Isolator tidak bekerja membuat konduktor tidak mampu menahan tegangan	Penggantian <i>arrester</i> yang mengalami kerusakan agar isolator dapat bekerja
16	Penormalan Gangguan yang Lama	Kehilangan pendapatan karena kebocoran tenaga serta	Pembaharuan dan melakukan sosialisasi pelatihan terkait Standar Operasional Prosedur di Gardu Induk lokal terkait penormalan sistem jaringan
17	Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	Kehilangan pendapatan karena kebocoran tenaga, pengurangan besaran subsidi pemerintah serta Kegagalan peralatan sinkron, kegagalan	Evaluasi perkiraan nilai susut per unit, pengoperasian PLTD Sei Raya dan PLTD Siantan pada saat beban puncak,

No	Komponen Rusak	Akibat Kerusakan	Rekomendasi Pengendalian
18	<p>Lamanya Waktu dalam Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal</p>	<p>perangkat komunikasi, operator baru belum memiliki pengalaman, komunikasi tidak memadai, monitoring beban generator tidak ada dalam sistem</p> <p>Akurasi perhitungan <i>relay</i> jarak jauh belum maksimal, kecepatan dan akurasi operator belum maksimal, <i>relay</i> detektor tidak berfungsi normal</p>	<p>pengoptimalan PLTD Sei Raya, melakukan perbaikan hotspot, menaikkan tap trafo, pengoperasian kapasitor menggunakan 20 kV dan 150 kV, melakukan <i>standby</i> trafo setiap waktu, menaikkan ruas transmisi</p> <p>Melakukan pemeliharaan 2 tahunan, inspeksi dan pengecekan dilakukan harian, manajemen drainase, peningkatan supervisi, pengecekan kabel, penerapan SOP beban trafo, evaluasi penggantian <i>relay</i></p>
19	<p>Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik</p>	<p>Pemadaman hingga 1 hari dan keluhan pelanggan dari media cetak, sosial, dan call center PLN</p>	<p>Mengintensifkan razia dan sosialisasi secara rutin bersama aparat keamanan daerah, memasang <i>silicon rubber</i> pada kabel yang rusak, memasang jaringan saklar di Gardu Induk, melakukan inspeksi secara berkala, dan penebangan pohon yang terlalu tinggi</p>

No	Komponen Rusak	Akibat Kerusakan	Rekomendasi Pengendalian
20	Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	Pemadaman hingga 1 hari dan keluhan pelanggan	Pengujian teleproteksi, pemeliharaan suplai DC, pengadaan <i>relay busbar</i>

Berdasarkan Tabel 5.2 usulan perbaikan kerusakan gangguan jaringan distribusi listrik di UPDK Kapuas dapat dilaksanakan pemeriksaan komponen jaringan secara berkala dan terjadwal yang berguna untuk mengantisipasi kegagalan pendistribusian listrik atau pemadaman. Saat melakukan penggantian dan pemeliharaan jalur jaringan distribusi listrik, alat *Thermovision* dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi dan mendeteksi jalur kerusakan pada jaringan distribusi lebih cepat dan akurat tanpa membongkar seluruh jalur. Pemasangan komponen harus sesuai dengan SOP yang ditetapkan oleh PLN serta memperhatikan besar arus daya yang dialirkan ke rumah konsumen agar dapat menekan angka rugi daya yang disebabkan oleh kelebihan beban. Usulan perbaikan yang telah diberikan telah divalidasi dan disetujui oleh pekerja dan PLN UPDK Kapuas yang dimana sebagai objek penelitian dalam kasus ini.

Berdasarkan jurnal Siburian et al., (2020) kerusakan gangguan jaringan diakibatkan dari berbagai faktor seperti internal maupun eksternal. Pemasangan konektor atau kabel yang tidak tepat mengakibatkan percikan api dan menyebabkan kerusakan fasa. Kerusakan dari eksternal seperti pihak ketiga, manusia, alam maupun binatang dapat mengakibatkan gangguan jaringan. Pemadaman listrik tidak dapat dihindari tetapi dapat diminimalisir dengan perbaikan secara rutin, *maintenance* peralatan dan mesin secara berkala, melakukan penjarangan dan razia terhadap pelanggar yang membuat jaringan, memperhatikan tinggi pohon agar tidak mengenai kabel listrik. Perbaikan dapat dilihat dan memperhatikan aspek penting yang telah dianalisis seperti skala prioritas yang terberat kabel listrik yang banyak sekali terkena gangguan serta gardu listrik. Perbaikan tersebut dapat menjadi yang utama serta pengawasan bagi PLN. Dari PLN juga harus lebih cepat dan tanggap akan perbaikan dan penormalan gangguan yang lama serta dapat lebih cepat melakukan analisis penyebab gangguan jaringan secara optimal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berbagai kasus gangguan jaringan ditemukan pada tahun 2021 dan 2022 di UP3 Pontianak dan UPDK Kapuas. Terdapat 15 kerusakan komponen dan 5 kesalahan internal yang menjadi penyebab utama gangguan jaringan. Kerusakan komponen terbanyak adalah kabel dan gardu listrik yang diakibatkan kawat layang-layang dan pohon yang mengenai komponen tersebut. Kemudian kesalahan internal dari UPDK Kapuas seperti penormalan gangguan yang lama, susut listrik sangat tinggi dan analisis tidak optimal, lamanya waktu dalam analisis penyebab gangguan jaringan kurang optimal, kegagalan dan lemahnya sistem proteksi jaringan listrik. Resiko operasional yang terjadi kerugian energi akibat masalah teknis dan non teknis pada penyaluran distribusi energi listrik.
2. Identifikasi penentuan prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh PLN UPDK Kapuas Pontianak berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* terdapat 20 penyebab gangguan jaringan dari internal maupun eksternal. Dari 20 penyebab gangguan jaringan diperkecil berdasarkan hasil minimal *Cut Set* menjadi 5 yaitu, kerusakan yang disebabkan oleh gangguan alam, binatang, manusia, kesalahan pemasangan instalasi, dan gangguan komponen listrik. Kemudian dari *fishbone diagram* diperkecil menjadi tiga penyebab yaitu gangguan manusia, lingkungan, dan bahan material komponen. Perbaikan dan pencegahan gangguan jaringan distribusi listrik dapat dimulai dari kabel dan gardu listrik. UPDK Kapuas dapat memperhatikan prioritas perbaikan agar dapat menekan angka pemadaman listrik di Kota Pontianak serta meningkatkan kepuasan masyarakat sebagai pelanggan tetap tinggi.
3. Berdasarkan permasalahan gangguan jaringan distribusi listrik rekomendasi perbaikan akibat kerusakan yang ditimbulkan dengan melakukan *maintenance* peralatan jaringan distribusi secara rutin dan teratur untuk mencegah kerusakan, mengubah jalur distribusi listrik dari saluran udara ke saluran bawah tanah, membuat program pemeliharaan, program manajemen atau pengumpulan data kinerja dari daya trafo secara berkala, program perencanaan distribusi listrik untuk

pelanggan, menambah alat *thermovision* untuk mengidentifikasi dan mendeteksi kerusakan jaringan distribusi lebih cepat dan tepat, pemasangan jaringan harus sesuai dengan prosedur yang ditetapkan, serta pemasangan kapasitor dalam ruang yang luas, yaitu perlengkapan untuk meningkatkan *power factor* yang dimana akan mempengaruhi besarnya arus yang dialirkan sehingga mengurangi rugi daya yang ditimbulkan oleh kerusakan jaringan.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. UPDK Kapuas dapat mempertimbangkan usulan perbaikan dan meningkatkan kualitas distribusi listrik dengan melihat indikator nilai ambang batas yang telah ditetapkan PT. PLN guna menekan angka gangguan jaringan dan kerugian daya serta menjadi kepuasan pelanggan dan kredibilitas UPDK Kapuas.
2. Melakukan perbaikan dan *maintenance* secara rutin serta melakukan razia layanan agar dapat terhindar dari putusnya jaringan distribusi listrik. Pengadaan pelatihan operator secara rutin agar mendapatkan pengetahuan terhadap mesin dan menjalankan sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP).
3. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis tentang tingkat *losses* atau hilangnya daya listrik akibat pelanggaran atau curian listrik yang dilakukan masyarakat akibatnya menimbulkan kerugian pada PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifani, N. I., & Winarno, H. (2013). Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV Pada Penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 di GI Pandean Lamper. *GEMA Teknologi: Jurnal Universitas Diponegoro*, 17(3), 2-6.
- As, M. A., Witanti, W., & Hadiana, A. i. (2021, September). Sistem Informasi Pemeliharaan Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Kabupaten Garut. *IJIRSE: Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering*, 1(2), 96-104. <https://journal.irpi.or.id/index.php/ijirse>
- Ashari, D. F., L. R., & Alimin. (2021). Analisis Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 1(2), 22-36.
- Balili, S. S. C., & Yuamita, F. (2022). Analisis Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Bagian Mekanik Pada Proyek PLTU Ampana (2x3 Mw) Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1(8), 61-69.
- Banjarnahor, H. S. (2021). Factors Analysis Of Failure And Reliability Of Electric Functions In Steel Production Processes Using FMEA, FTA, RCA And RBD At PT. Growth Sumatra Industry Medan-North Sumatera. *Basic Science and Technology*, 1(10), 15-21.
- Basuki, M. Y. (2019). Analisis Potensi Bahaya dengan Menggunakan Metode Job Safety Analysis pada Bengkel Pengelasan di Daerah Kusumodilagan Surakarta. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1(2), 61-69.
- Carbone, T. A., & Tippett, D. D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 4(16), 28-35.
<http://dx.doi.org/10.1080/10429247.2004.11415263>

- Duyo, R. A. (2020). Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Di PT. PLN (Persero) Rayon Daya Makassar. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(12). <https://doi.org/10.26618/jte.v12i2.4017>
- Erhaneli. (2016). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI Pada PT. PLN (Persero) Rayon Bagan Batu. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2(5), 120-126. <https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/122>
- Hermawan, A., Doto, & Akmal, R. (2022). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Pada Mesin Adhesive Di PT. Asia Chemical Industry. *Jurnal Taguchi : Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(2), 197-220. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2.38>
- Husna, J., Pelawi, Z., & Yusniati. (2018, September). Menentukan Indeks Saidi Dan Saifi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah Di PT. PLN Wilayah NAD Cabang Langsa. *Jurnal UISU : Buletin Utama Teknik*, 1(14), 225-264.
- Jondra, I. W., Parti, I. K., Ta, I. K., & Sari, N. P. I. (2021). Meningkatkan keandalan penyulang Buruan dengan pemasangan tekep isolator. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 2(3), 135-139. <https://doi.org/10.31940/jametech.v2i3.135-139>
- Kusmawati, A. (2019). Analysis on Enterprise Risk Management Implementation on the Process of E-Procurement of Goods and Services (Case Study at PT PLN (PERSERO) P2B APB of East Java). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(6). <https://bit.ly/2YIET8M>
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2008). The Basic Of FMEA 2nd Edition. *Economics, Finance, Business & Industry, Engineering & Technology*, 2. <https://doi.org/10.1201/b16656>

- Nugraha, E., & Sari, R. M. (2019). Analisis Defect dengan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode Effect Analysis. *Organum J. Saintifik Manaj. dan Akunt*, 1(1), 125-173. <https://doi.org/10.35138/organum.v2i2.58>
- Nugroho, A. J. (2017). Evaluasi Gangguan Jaringan Telepon dengan Kombinasi Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode And Effect Analysis. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 2(16), 88-99. <https://doi.org/10.23917/jiti.v16i2.2420>
- Nuhayati, D., & Yuliawati, E. (2019). Perbaikan Kualitas Produk Sandal Japit dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1(8), 169-175.
- Pabla, A. S., & Hadi, A. (1994). Electric power distribution systems. *Distribusi Tenaga Listrik*, 2(4), 659. http://opac.unila.ac.id//index.php?p=show_detail&id=76206
- Prisilia, H., & Purnomo, D. A. (2022). Manajemen Risiko K3 Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengidentifikasi Potensi Dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi). *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(1), 73-84. <http://tekmapro.upnjatim.ac.id/index.php/tekmapro>
- Purnomo, T. J., Hajar, I., & Wahyuni, S. (2017). Studi Analisis Gangguan Gardu Distribusi Dan Upaya Mengatasinya Di PT.PLN Area Tanjung Priok. *Jurnal Energi Dan Kelistrikan*, 1(9), 51-59.
- Randa, Y. M., Hardiansyah, & Purwoharjo. (2020). Evaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Dan Rugi-Rugi Energi Yang Tidak Tersalurkan Pada Feeder Raya 10/Adisucipto. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 25-32.

- Rian, & Yami. (2015). "Management Pemeliharaan Dan Perbaikan Gardu Distribusi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika*, 1(2), 34-42.
- Senen, A., Ratnasari, T., & Anggaini, D. (2019). Studi Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Graphical User Interface Matlab pada PT PLN (Persero) Rayon Kota Pinang. *Energi dan Kelistrikan*, 2(11), 138-148. <https://doi.org/10.33322/energi.v11i2.497>
- Siburian, J. M., Siahaan, T., & Sinaga, J. (2020, Maret). Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kv Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 8-19.
- Stamatis, D. H. (1995). Failure Mode and Effect Analysis. *FMEA from Theory to Execution*, 1(1), 455.
- Suhadi. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik* (2nd ed.).
- Wendy, B. M. (1988). Sistem Tenaga Listrik. In (1st ed., Vol. 3). Aksara Persada Indonesia. http://digilib.unsam.ac.id:80/index.php?p=show_detail&id=2938
- Wicaksono, A., & Yuamita, F. (2022, September). Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1(3), 145-154.
- Yagturi, M., & Hartati, R. (2022). Identifikasi Kerusakan Mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) Dengan Fault Tree Analysis (FTA) Di PT. PLN (Persero) UPK Nagan Raya. *I(9)*, 972-981. <https://ijsr.internationaljournallabs.com/index.php/ijsr>
- Zeng, S. X., Tam, C. M., & Tam, V. W. (2010). Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management Using a FMEA Method. *Engineering Economics*, 1(21), 44-52.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Dokumentasi Pembimbing Lapangan



Lampiran 2. Data Arsip UP3 Pontianak Tentang Kerusakan Jaringan Distribusi Listrik Tahun 2022

No	Komponen Rusak	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Total
1	Isolator	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2	Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	<i>Grounding</i>	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5
4	Relay Pembangkit	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
5	Jumper Tegangan	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
6	<i>Load Break Switch</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7	Gardu Listrik	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
8	Tiang Listrik	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
9	Kabel Listrik	2	1	0	2	0	3	0	0	2	0	0	1	11
10	Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
11	Pemisah rangkaian listrik (PMS)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12	<i>Connector</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4
13	Jumper Trafo	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4
14	<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	2	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	7
15	<i>Arrester</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3
16	Petir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Layang-layang	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	1	5
18	Pohon	0	2	3	0	1	0	1	0	1	1	0	0	9
19	Binatang	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
20	Bencana Alam	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
21	Umbul-umbul	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	Eksternal	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	5

Lampiran 3. Data Arsip UP3 Pontianak Tentang Kerusakan Jaringan Distribusi Listrik Tahun 2021

No	Komponen Rusak	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Total
1	Isolator	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3	<i>Grounding</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
4	Relay Pembangkit	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
5	Jumper Tegangan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	<i>Load Break Switch</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
7	Gardu Listrik	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
8	Tiang Listrik	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3
9	Kabel Listrik	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	5
10	Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11	Pemisah rangkaian listrik (PMS)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	<i>Connector</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13	Jumper Trafo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
14	<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
15	<i>Arrester</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	Petir	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	5
17	Layang-layang	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
18	Pohon	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
19	Binatang	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	Bencana Alam	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21	Umbul-umbul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	Eksternal	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3

Lampiran 4. Data *Failure Mode and Effect Analysis*

a. Data Severity

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Responden					Jumlah RPN
	1	2	3	4	5	
Isolator	5	5	3	4	3	20
Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	4	3	3	4	2	16
<i>Grounding</i>	4	3	4	2	5	18
Relay Pembangkit	2	4	3	2	3	14
Jumper Tegangan	4	2	3	4	3	16
<i>Load Break Switch</i>	2	3	2	1	2	10
Gardu Listrik	5	4	3	5	4	21
Tiang Listrik	5	3	4	5	4	21
Kabel Listrik	5	5	4	4	4	22
Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	4	3	4	2	2	15
Pemisah rangkaian listrik (PMS)	2	2	3	4	3	14
<i>Connector</i>	2	3	2	1	2	10
Jumper Trafo	2	3	2	2	3	12
<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	4	2	2	3	2	13
<i>Arrester</i>	3	2	4	3	3	15
Penormalan Gangguan yang Lama	4	5	5	4	5	23
Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	3	4	4	3	5	19
Lamanya Waktu dalam Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal	4	2	3	4	4	17
Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik	5	4	5	5	3	22
Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	4	4	5	3	4	20

Total	338
-------	-----

b. Data Occurrence

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Responden					Jumlah RPN
	1	2	3	4	5	
Isolator	5	4	5	3	5	22
Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	2	3	3	2	2	12
<i>Grounding</i>	4	2	3	4	3	16
Relay Pembangkit	1	2	2	3	2	10
Jumper Tegangan	2	3	3	2	4	14
<i>Load Break Switch</i>	3	4	2	2	3	14
Gardu Listrik	5	4	3	4	5	21
Tiang Listrik	4	5	5	4	4	22
Kabel Listrik	5	5	5	4	4	23
Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	3	2	4	3	2	14
Pemisah rangkaian listrik (PMS)	2	3	3	3	2	13
<i>Connector</i>	3	3	2	2	4	14
Jumper Trafo	2	3	3	3	2	13
<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	2	3	4	4	3	16
<i>Arrester</i>	2	3	3	4	2	14
Penormalan Gangguan yang Lama	5	3	3	4	4	19
Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	4	3	3	4	3	17
Lamanya Waktu dalam Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal	4	5	5	5	4	23
Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik	5	5	5	4	5	24
Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	4	4	3	4	5	20

Total	341
--------------	-----

c. Data Detection

Komponen Rusak dan Resiko Gangguan	Responden					Jumlah RPN
	1	2	3	4	5	
Isolator	5	3	5	4	3	20
Pengaman Listrik <i>Fuse</i> (Pelebur)	2	4	3	2	2	13
<i>Grounding</i>	4	2	3	2	2	13
Relay Pembangkit	3	3	2	1	2	11
Jumper Tegangan	2	3	1	2	2	10
Load Break Switch	3	2	3	3	4	15
Gardu Listrik	4	5	5	3	4	21
Tiang Listrik	5	3	4	4	5	21
Kabel Listrik	5	5	5	4	4	23
Pemutusan arus/daya listrik (PMT)	2	3	4	4	3	16
Pemisah rangkaian listrik (PMS)	3	4	3	2	2	14
<i>Connector</i>	3	2	3	1	2	11
Jumper Trafo	3	4	3	3	2	15
<i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB)	3	4	5	3	3	18
Arrester	2	2	4	3	4	15
Penormalan Gangguan yang Lama	5	4	4	3	4	20
Susut Listrik Sangat Tinggi dan Analisis Tidak Optimal	4	3	4	3	5	19
Lamanya Waktu dalam Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Kurang Optimal	5	4	5	3	3	20
Kawat layang-layang dan umbul-umbul mengenai jaringan listrik	4	5	5	4	3	21

Kegagalan dan Lemahnya Sistem Proteksi Jaringan Listrik	5	3	4	5	3	20
Total						336

Lampiran 5. Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2115771532/Perpus./10/Dir.Perpus/I/2023

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Farid Agung Waskita
 Nomor Mahasiswa : 19522196
 Pembimbing : Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc
 Fakultas / Prodi : Teknologi Industri/ TEKNIK INDUSTRI
 Judul Karya Ilmiah : IDENTIFIKASI DAN ANALISIS BLACK OUT AKIBAT GANGGUAN JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PENGENDALIAN PEMBANGKITAN (UPDK KAPUAS))

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **15 (Lima Belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 6/14/2023

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 6. Kartu Konsultasi Bimbingan Tugas Akhir



Universitas Islam Indonesia
Fakultas Teknologi Industri
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan Proses Pembimbingan dan Pemeriksaan Laporan Tugas Akhir

Nama : FARID AGUNG WASKITA

NIM : 19522196

Pembimbing I : ELANJATI WORLDAIMI, S.T., M.Sc

Pembimbing II :

Proposal Disetujui Tanggal :

Judul : IDENTIFIKASI DAN ANALISIS BLACK OUT AKIBAT GANGGUAN JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA (STUDI KASUS : UPDK KAPURAS)

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan Pembimbing
1.	24 MARET 2023	BAB I	
2.	10 MEI 2023	BAB I - BAB IV	
3.	17 MEI 2023	BAB II & BAB IV, FISBONE	
4.	24 MEI 2023	BAB II, BAB IV, BAB V, BAB VI	
5.	31 JUNI 2023	BAB II, BAB V, BAB VI	
6.	7 JUNI 2023	BAB II, BAB VI, PPT	
7.	16 JUNI 2023	PPT	
8.	21 JUNI 2023	ABSTRAK, FORMATING	

Pembimbing I

(ELANJATI WORLDAIMI, S.T., M.Sc)

Pembimbing II

(_____)

Tanda Tangan Mahasiswa/

(FARID AGUNG W.)

NB: Blanko Ini Sebagai Syarat Pendaran
Standar minimal bimbingan TA adalah 8x