

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyediaan Energi Listrik secara berkelanjutan merupakan kewajiban utama PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang . Gangguan pada jaringan distribusi 20 kV seringkali menyebabkan pemadaman yang merugikan pelanggan dan menurunkan tingkat keandalan sistem. Salah satu penyebab utama gangguan eksternal adalah Sambaran Petir yang menghasilkan tegangan lebih (surja petir) yang dapat merusak komponen kritis, terutama isolator post dan isolator suspension.

Untuk meminimalkan durasi pemadaman, PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang mengimplementasikan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB). PDKB memungkinkan perbaikan dan penggantian komponen yang rusak, termasuk isolator, dilakukan tanpa memutuskan aliran listrik. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam mengenai kesesuaian teknis peralatan dan prosedur PDKB yang digunakan untuk mengatasi kerusakan spesifik yang diakibatkan oleh surja petir, guna memastikan pekerjaan dapat dilakukan secara aman, efisien, dan efektif sesuai Standar Operasi Prosedur (SOP) dan keselamatan kerja.

Sistem jaringan distribusi PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang meliputi saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 KV, yang merupakan salah satu bagian penting dalam menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke konsumen. Namun, jaringan distribusi ini rawan mengalami gangguan akibat berbagai faktor, seperti petir, angin, hujan, dan kerusakan peralatan. Oleh karena itu, perawatan rutin, korektif, dan darurat sangat diperlukan untuk meminimalisir gangguan dan memastikan kinerja jaringan distribusi tetap optimal.

Perawatan sistem jaringan distribusi tidak hanya bertujuan untuk mencegah kerusakan, tetapi juga untuk meningkatkan keandalan pelayanan listrik. Dengan melakukan perawatan yang terencana dan sistematis, PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang dapat memastikan bahwa pasokan listrik yang ada dapat memenuhi kebutuhan konsumen

dengan lebih aman dan nyaman. Dalam laporan kerja praktik ini, Penulis akan membahas secara mendalam tentang pemahaman dan perawatan sistem jaringan distribusi di PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang. Dengan demikian, diharapkan LKP ini dapat memberikan untuk meningkatkan kualitas dan keandalan pelayanan listrik di PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi S2JB Palembang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah untuk pembahasan pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana bentuk dan tingkat kerusakan isolator post atau suspension pada jaringan distribusi 20 kV yang disebabkan oleh tegangan lebih petir pada lokasi studi ?
2. Bagaimana penerapan peralatan dan teknik kerja PDKB pada proses penggantian isolator yang rusak akibat petir pada jaringan distribusi 20 kV ?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan peralatan PDKB dalam mempercepat durasi pekerjaan dan meningkatkan keandalan jaringan dibandingkan metode konvensional (padam) ?

1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis jenis, karakteristik, dan tingkat kerusakan isolator post atau suspension yang rusak akibat tegangan lebih petir pada jaringan distribusi 20 kV.
2. Mengidentifikasi serta mendeskripsikan secara teknis penggunaan peralatan dan teknik kerja PDKB dalam proses penggantian isolator rusak akibat petir.
3. Mengevaluasi efektivitas teknis penggunaan peralatan PDKB terhadap durasi pekerjaan dan keandalan jaringan dibandingkan metode konvensional.

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Bagi PLN : Memberikan masukan teknis dalam rangka peningkatan SOP PDKB dan standarisasi peralatan yang digunakan untuk penanganan kerusakan isolator akibat petir, sehingga meningkatkan keandalan sistem.
2. Bagi Akademisi : Menambah literatur dan referensi ilmiah, khususnya mengenai penerapan teknologi PDKB di Indonesia.
3. Bagi Penulis : Menerapkan teori kelistrikan dan manajemen operasi pada masalah nyata di lapangan

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada pekerjaan penggantian isolator post pada Jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV.
2. Studi kasus akan dilaksanakan di Jln. Tanjung Api-Api Sungsang Kabupaten Banyu Asin Sumatra Selatan dengan fokus pada sepanjang jalur atau penyulang yang sering mengalami gangguan petir.
3. Kajian teknis mencakup analisis peralatan PDKB yang digunakan, tahapan prosedur kerja, dan aspek keselamatan kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20 kV

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Sistem ini berperan penting dalam menjamin kontinuitas dan kualitas pasokan listrik. Secara umum, sistem distribusi dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem distribusi tegangan menengah (Medium Voltage Distribution) dan sistem distribusi tegangan rendah (Low Voltage Distribution). [1]

Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) umumnya beroperasi pada tegangan 20 kV, dan berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (GID) menuju gardu distribusi (GD) yang lebih dekat dengan pelanggan. Dari gardu distribusi inilah, tenaga listrik kemudian diturunkan tegangannya menjadi 220/380 V untuk disalurkan ke pelanggan rumah tangga maupun industri.

Sistem distribusi 20 kV biasanya menggunakan konfigurasi radial, di mana setiap penyulang hanya melayani satu jalur beban tertentu. Namun dalam kondisi tertentu, konfigurasi loop (cincin) atau spindel dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan, karena dapat menyediakan pasokan cadangan jika terjadi gangguan pada salah satu jalur.

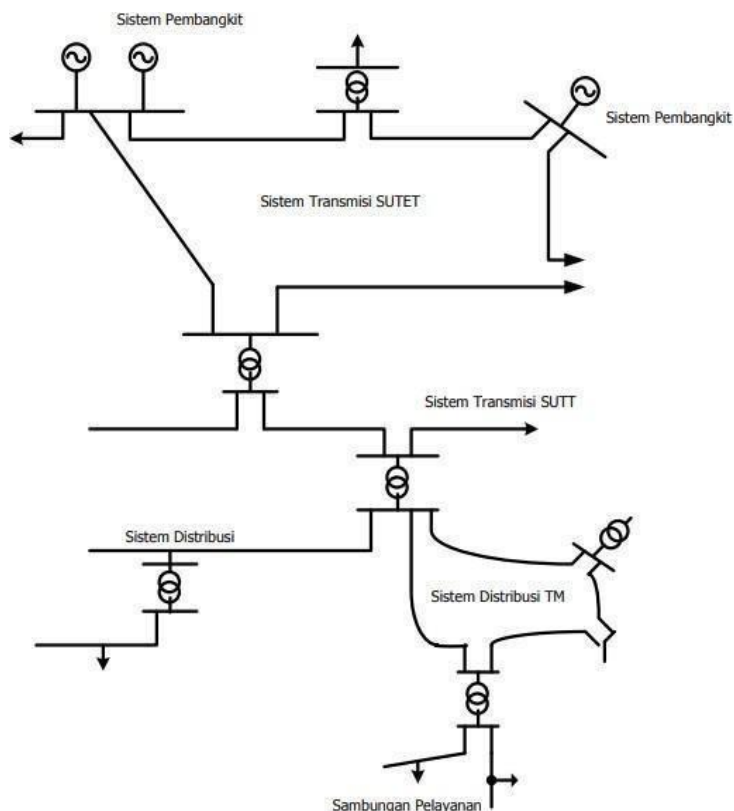
Komponen utama dalam sistem distribusi 20 kV meliputi:

- Konduktor (kawat penghantar), yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik lain.
- Isolator, berfungsi menopang dan memisahkan konduktor dari struktur penyangga agar tidak terjadi arus bocor.
- Tiang distribusi, digunakan untuk menopang seluruh sistem konduktor dan peralatan lainnya.

- Peralatan proteksi dan pengamanan, seperti pemutus tenaga (PMT), fuse cut-out (FCO), lightning arrester, dan recloser.

Selain itu, keandalan sistem distribusi diukur melalui parameter seperti SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), yang menunjukkan seberapa sering dan berapa lama pelanggan mengalami gangguan listrik. Semakin kecil nilai SAIDI dan SAIFI, maka semakin andal sistem distribusi tersebut.

Untuk menjaga keandalan tersebut, PLN melakukan kegiatan pemeliharaan rutin, korektif, dan darurat pada jaringan 20 kV. Salah satu bentuk pemeliharaan inovatif yang diterapkan saat ini adalah Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), di mana pekerjaan pemeliharaan dilakukan tanpa memadamkan aliran listrik sehingga kontinuitas pasokan tetap terjaga. [2]



Gambar 2.1 Pola Sistem Tenaga Listrik [3].

(Sumber : Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik)

2.1.2 Isolator pada Jaringan Distribusi 20 kV

Isolator merupakan salah satu komponen penting pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk memisahkan bagian konduktor yang bertegangan dari bagian yang tidak bertegangan seperti tiang atau struktur penyangga. Tujuan utamanya adalah mencegah terjadinya arus bocor yang dapat menyebabkan gangguan hubung singkat (short circuit), kehilangan daya, atau bahkan kecelakaan kerja pada petugas. [4]

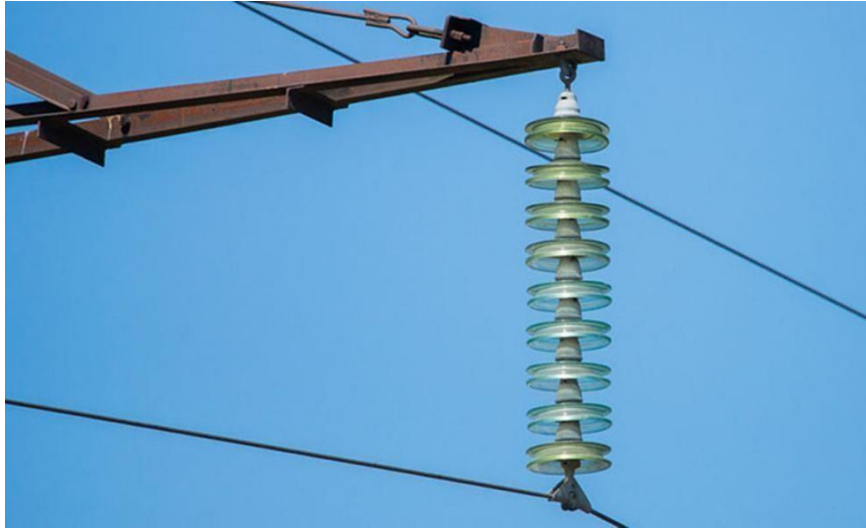
Secara umum, isolator pada jaringan distribusi 20 kV terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu isolator post dan isolator suspension. [3]

1. Isolator Post digunakan pada bagian tiang lurus atau saluran yang tidak mengalami perubahan arah. Isolator jenis ini dipasang tegak pada lengan tiang untuk menyangga konduktor secara kaku.



Gambar 2.2 Isolator Post
(sumber : www.hbjinyong.com/id/insulator/post-insulator/)

2. Isolator Suspension digunakan pada bagian saluran yang mengalami perubahan arah atau pada ujung jaringan. Isolator ini menggantung konduktor dan mampu menahan beban tarik yang lebih besar dibanding isolator post.



Gambar 2.3 Isolator Suspension
(Sumber : <https://tjtuofa.com/suspension-insulator-insights/>)

Bahan penyusun isolator umumnya berupa porselen, kaca temper, atau polimer komposit. Setiap bahan memiliki karakteristik tersendiri: [5]

- Porselen memiliki kekuatan mekanik tinggi dan tahan terhadap suhu ekstrem, namun berat dan rentan retak.
- Kaca memiliki sifat isolasi yang baik dan mudah dideteksi kerusakannya secara visual.
- Polimer lebih ringan dan tahan terhadap polusi, tetapi masa pakainya bergantung pada kondisi lingkungan.

Kerusakan isolator dapat terjadi akibat tegangan lebih (overvoltage), degradasi permukaan, atau faktor lingkungan seperti kelembaban, debu, dan kontaminan kimia. Jenis kerusakan yang sering terjadi antara lain:

- Tracking, yaitu terbentuknya jalur konduktif di permukaan isolator akibat arus bocor yang berulang.
- Flashover, yaitu lompatan bunga api listrik dari konduktor ke tanah melalui permukaan udara isolator.
- Pecah (crack) akibat tekanan mekanis atau panas yang berlebihan.

Untuk mencegah kerusakan tersebut, dilakukan pengujian tegangan tembus (breakdown voltage test) serta pemeriksaan rutin menggunakan thermal imaging dan visual inspection. Pemeliharaan isolator yang baik menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan sistem distribusi, terutama pada wilayah yang memiliki intensitas petir tinggi.

2.1.3 Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir (Surja Petir)

Fenomena petir merupakan salah satu penyebab utama gangguan eksternal pada sistem tenaga listrik, khususnya pada jaringan distribusi udara 20 kV. Petir terjadi karena adanya perbedaan potensial yang sangat besar antara awan dan bumi, atau antara awan dengan awan lainnya. Ketika tegangan ini melampaui kekuatan tembus udara, maka terbentuklah loncatan muatan listrik (discharge) yang dikenal sebagai sambaran petir. [6]

Sambaran petir dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Sambaran langsung (direct lightning strike), yaitu petir yang mengenai langsung konduktor atau peralatan jaringan. Dampaknya sangat besar karena arus petir dapat mencapai ratusan ribu ampere dan menimbulkan tegangan lebih transien yang dapat merusak isolator.
2. Sambaran tidak langsung (induced lightning strike), yaitu petir yang menyambar di sekitar jaringan, di mana arus induksi elektromagnetik yang terbentuk dapat menginduksi tegangan tinggi pada konduktor meskipun tidak terkena sambaran secara langsung.

Tegangan lebih akibat petir dikenal sebagai surja petir (lightning overvoltage). Tegangan ini bersifat impulsif dengan durasi sangat singkat, biasanya memiliki waktu naik sekitar 1,2 mikrodetik dan waktu turun sekitar 50 mikrodetik, yang dikenal dengan istilah gelombang 1,2/50 μ s. Tegangan dengan karakteristik seperti ini dapat menyebabkan flashover atau kerusakan permanen pada isolator, terutama pada daerah dengan kerapatan sambaran petir tinggi seperti Sumatra Selatan dan Papua. [7]

Untuk melindungi sistem distribusi dari surja petir, digunakan peralatan Lightning Arrester (LA) yang berfungsi mengalirkan tegangan lebih ke tanah sehingga tidak mengenai

peralatan utama. Selain itu, sistem pentanahan (grounding system) juga berperan penting dalam menyalurkan energi petir secara aman ke bumi.

Namun, tidak semua energi petir dapat diredam oleh arrester. Sebagian tegangan sisa masih dapat mencapai isolator dan menyebabkan penurunan kekuatan dielektriknya. Hal ini menjelaskan mengapa isolator post atau suspension sering mengalami kerusakan meskipun sistem proteksi sudah terpasang. Oleh karena itu, pemeliharaan isolator dan pemeriksaan arrester menjadi bagian penting dalam kegiatan operasi jaringan distribusi. [8]

2.1.4 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan suatu metode pemeliharaan dan perbaikan jaringan listrik yang dilakukan tanpa memutus aliran listrik. Tujuan utama metode ini adalah untuk meningkatkan kontinuitas pasokan listrik kepada pelanggan dengan tetap menjaga aspek keamanan dan keselamatan kerja bagi petugas. [9]

Secara prinsip, metode PDKB memanfaatkan isolasi jarak dan alat pelindung bertegangan tinggi untuk mencegah terjadinya arus mengalir ke tubuh pekerja. Dalam konteks jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV, metode ini memungkinkan penggantian komponen seperti isolator, konduktor, dan sambungan tanpa dilakukan pemadaman.

Menurut Pedoman PDKB PT PLN (Persero) 2020, terdapat tiga teknik utama pelaksanaan pekerjaan bertegangan : [9]

1. Metode Hot Stick

Pekerjaan dilakukan menggunakan tongkat isolasi (hot stick) yang memiliki panjang dan kekuatan dielektrik tertentu. Petugas tetap berada pada jarak aman dari konduktor bertegangan. Metode ini umum digunakan pada jaringan tegangan menengah 20 kV, misalnya untuk penggantian isolator, pemeliharaan konduktor, atau pembersihan isolator.

2. Metode Rubber Glove

Pekerja menggunakan sarung tangan isolasi (rubber glove) dan selubung pelindung konduktor (rubber blanket). Kontak langsung dengan bagian bertegangan dimungkinkan karena seluruh tubuh pekerja terlindungi bahan isolasi. Metode ini cocok untuk pekerjaan dengan ruang sempit dan tegangan di bawah 36 kV.

3. Metode Bare Hand

Pekerja berada pada potensial yang sama dengan konduktor melalui proses penyeimbangan potensial menggunakan *bonding stick*. Metode ini digunakan pada tegangan tinggi (≥ 70 kV) dan tidak diterapkan pada jaringan 20 kV karena risiko keselamatan yang lebih besar.

Dalam penerapannya, PDKB memerlukan peralatan khusus seperti hot stick, clamp, rubber blanket, grounding set, line hose, serta bucket truck untuk menjangkau titik kerja. Setiap peralatan harus diuji tahanan isolasinya secara berkala sesuai SPLN D3.022 –2020 untuk menjamin keamanan operasional. [9]

Selain itu, kegiatan PDKB wajib mengikuti prosedur keselamatan kerja (K3) yang meliputi:

- Pemeriksaan area kerja dan identifikasi risiko;
- Penggunaan alat pelindung diri (APD) lengkap seperti helm, sarung tangan isolasi, dan sabuk keselamatan;
- Penentuan jarak aman terhadap konduktor bertegangan sesuai kelas alat;
- Pelaksanaan *briefing* pra-kerja (toolbox meeting) untuk memastikan semua petugas memahami tugas dan potensi bahaya.

Pelaksanaan PDKB memberikan keuntungan besar bagi PLN karena dapat meminimalkan indeks gangguan SAIDI dan SAIFI, meningkatkan efisiensi waktu, serta menurunkan biaya akibat pemadaman. Namun, penerapan metode ini membutuhkan kompetensi tinggi, sertifikasi personel, serta pengawasan ketat agar tidak terjadi kesalahan prosedur yang dapat berakibat fatal. [10]

2.2. Penelitian yang Relevan

Pada penelitian ini penulis melakukan tinjauan literatur pada beberapa penelitian yang relevan untuk dijadikan referensi. Referensi dapat berasal dari jurnal, artikel, skripsi, atau buku yang relevan. Beberapa referensi yang penulis dapatkan sebagai berikut :

1. Menurut Masutiah Susilowati (2023) dalam jurnal berjudul “Pengelolaan Sertifikasi Tim Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Unit Induk Distribusi Banten” yang diterbitkan pada Syntax Idea Volume 5 Nomor 12 Tahun 2023, penelitian ini membahas pengelolaan sertifikasi kompetensi bagi personel tim PDKB di lingkungan PT PLN (Persero) UID Banten. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara, observasi lapangan, dan telaah dokumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses sertifikasi tim PDKB belum berjalan optimal akibat kendala pada sistem informasi aplikasi Cermat, keterbatasan sumber daya manusia, serta kurangnya pemantauan masa berlaku sertifikasi. Temuan lainnya menunjukkan bahwa sebagian sertifikat personel mendekati masa kedaluwarsa dan tidak sesuai dengan level jabatan, sehingga menimbulkan risiko pada pelaksanaan pekerjaan bertegangan. Studi ini menekankan pentingnya sistem pengelolaan sertifikasi yang terstruktur untuk menjamin kompetensi tenaga teknik dalam pelaksanaan PDKB. Penelitian ini relevan dengan studi saat ini karena sama-sama berfokus pada aspek teknis dan kompetensi kerja petugas PDKB dalam upaya menjaga keandalan sistem distribusi tenaga listrik 20 kV tanpa pemadaman. [10]
2. Nabila Meitri Mugandi dan Liliana (2022) dalam jurnal berjudul “Maintenance of 20 kV SUTM Distribution Network System (Rose Feeder) at PT PLN ULP Kampar” yang diterbitkan pada Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE) Vol. 2 No. 2 Tahun 2022, meneliti kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi udara 20 kV pada penyulang Mawar di PT PLN (Per-s-e-ro) ULP Kampar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis gangguan pada jaringan distribusi serta menentukan metode pemeliharaan yang efektif dalam menjaga keandalan sistem. Metode yang digunakan ialah preventive maintenance (Right of Way – ROW) melalui

observasi lapangan, pengumpulan data gangguan, dan inspeksi visual terhadap kondisi jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan pada jaringan 20 kV berasal dari faktor internal (seperti kerusakan peralatan dan pin isolator pecah akibat sambaran petir) dan faktor eksternal (seperti ranting pohon, binatang, serta cuaca ekstrem). Ditemukan adanya 59,7 km pohon mengenai jaringan, 25 FCO rusak, 9 Lightning Arrester rusak, serta 50 pin isolator pecah pada penyulang Mawar. Upaya peningkatan keandalan dilakukan dengan penebangan pohon di jalur jaringan, penggantian arrester, perbaikan kawat pecah, pelurusan tiang miring, dan penggantian isolator. Hasilnya, penerapan pemeliharaan preventif ini terbukti menurunkan frekuensi gangguan dan meningkatkan efektivitas penyaluran energi listrik. Penelitian ini relevan karena membahas kerusakan isolator akibat sambaran petir serta penerapan metode PDKB dalam pemeliharaan jaringan distribusi 20 kV, yang menjadi fokus utama dalam penelitian saat ini..[11]

3. Fanni Nurfadillah dan Liliana (2022) dalam jurnal berjudul “Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Panam Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA)” yang diterbitkan pada IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy Vol. 2 No. 2 Tahun 2022, melakukan analisis tingkat keandalan jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan metode Reliability Index Assessment (RIA). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai keandalan sistem berdasarkan indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI dengan membandingkannya terhadap standar SPLN 68-2: 1986 dan IEEE 1366-2003. Data diambil dari hasil monitoring pemadaman pelanggan di PT PLN ULP Panam selama tahun 2021. Hasil perhitungan menunjukkan nilai keandalan sistem distribusi sebesar $SAIDI = 5,25$ jam/pelanggan/tahun, $SAIFI = 9,32$ kali/pelanggan/tahun, dan $CAIDI = 0,56$ jam/pelanggan/tahun. Berdasarkan standar SPLN, nilai SAIDI dan CAIDI masih tergolong andal, sedangkan SAIFI melebihi batas standar nasional (3,2 kali/tahun) dan internasional (1,45 kali/tahun), sehingga sistem dikategorikan belum andal sepenuhnya. Peneliti menyimpulkan bahwa faktor penyebab utama penurunan keandalan adalah gangguan eksternal seperti layang-

layang, pohon, dan hewan yang mengenai konduktor, serta komponen jaringan JTM yang sudah menurun kualitasnya. Upaya peningkatan keandalan dilakukan melalui pemeliharaan berkala dan penerapan metode PDKB, karena pekerjaan bertegangan tidak menambah frekuensi pemadaman ($SAIFI = 0$) sehingga membantu mempertahankan nilai indeks keandalan. Penelitian ini memiliki relevansi kuat dengan studi saat ini karena sama-sama menitikberatkan pada pengaruh penerapan metode PDKB terhadap keandalan jaringan distribusi 20 kV, khususnya dalam konteks pencegahan gangguan dan perbaikan isolator rusak akibat petir. [12]

4. Paulus Mangera dan J. Jayadi (2023) dalam jurnal berjudul “Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada Penyulang Kompi C PT PLN (Persero) UP3 Merauke” yang diterbitkan pada MUSTEK ANIM HA Vol. 12 No. 1 Tahun 2023, melakukan analisis rugi tegangan pada jaringan distribusi primer 20 kV menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya rugi tegangan sepanjang saluran distribusi akibat pengaruh arus beban, luas penampang konduktor, serta panjang saluran. Data penelitian diambil dari Feeder Kompi C1 dan Kompi C2 yang terpasang pada PLTD Kelapa Lima Merauke dengan dua kondisi pengukuran, yaitu beban puncak siang dan beban puncak malam. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa rugi tegangan yang terjadi pada Feeder Kompi C1 dengan penghantar A3CS 150 mm² adalah sebesar 276,85 V (1,38 %) saat siang dan 309,91 V (1,55 %) saat malam. Sedangkan pada Feeder Kompi C2 rugi tegangannya sebesar 80,44 V (0,40 %) dan 105,26 V (0,53 %). Untuk penghantar A3CS 70 mm², rugi tegangan mencapai 1657,46 V (8,29 %) saat siang dan 1855,36 V (9,28 %) pada malam hari. Nilai tersebut melebihi batas standar 5 % sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), sehingga disimpulkan bahwa luas penampang konduktor dan panjang saluran memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya rugi tegangan. Penelitian ini relevan dengan kajian saat ini karena menunjukkan bahwa kondisi jaringan distribusi yang memiliki rugi tegangan tinggi akibat arus lebih dan jarak saluran panjang dapat meningkatkan risiko tegangan lebih transien, yang pada akhirnya berpotensi menyebabkan kerusakan pada isolator.

Hasil ini memperkuat urgensi penerapan metode PDKB sebagai langkah mitigasi untuk menjaga kestabilan dan kontinuitas tegangan pada jaringan distribusi 20 kV..[7]

Tabel 2.1 Penelitian yang Relevan

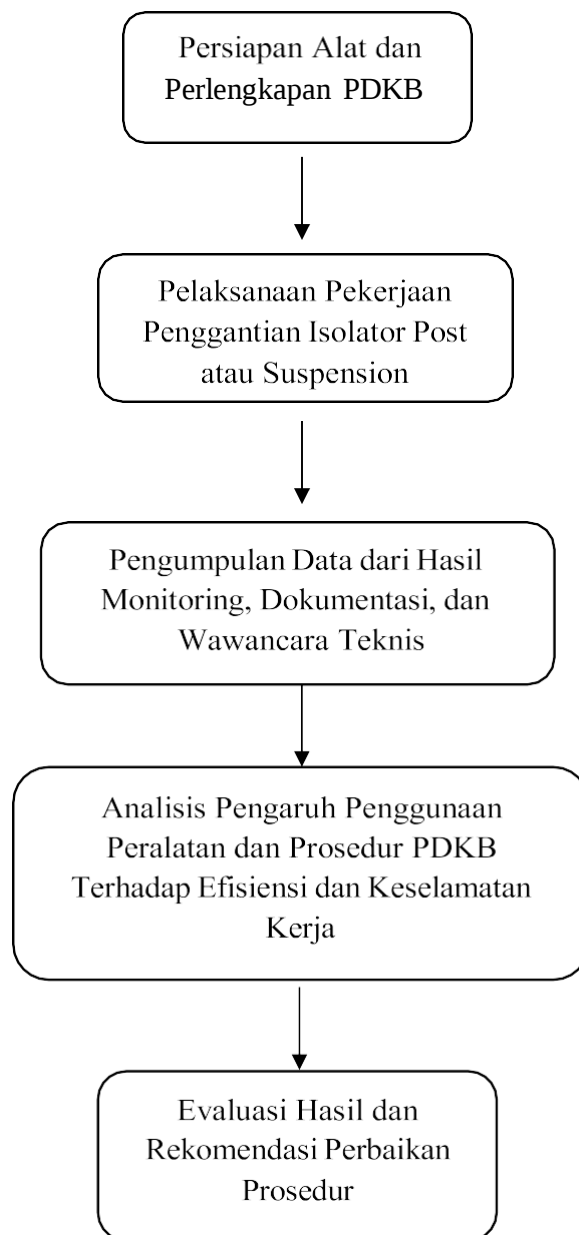
No	Judul dan Tahun	Masalah	Metodologi	Hasil	Riset Gap
1.	“Pengelolaan Sertifikasi Tim Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Banten” (Masutiah Susilowati, 2023)	Masalah utama yang diangkat adalah kurangnya efektivitas pengelolaan sertifikasi kompetensi personel PDKB, termasuk keterlambatan pembaruan data dan minimnya monitoring masa berlaku sertifikat di aplikasi Cermat.	Penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif, dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara, observasi lapangan, serta studi dokumen internal PLN UID Banten.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses sertifikasi tim PDKB belum optimal akibat keterbatasan sumber daya manusia, kendala sistem aplikasi, dan kurangnya sosialisasi prosedur sertifikasi. Diperlukan sistem pengawasan dan evaluasi yang lebih terstruktur/	Penelitian ini berfokus pada aspek manajerial dan sertifikasi personel PDKB, sedangkan penelitian saat ini menitikberatkan pada kajian teknis penggunaan peralatan dan prosedur kerja PDKB dalam penggantian isolator rusak akibat petir.

2.	“Maintenance of 20 kV SUTM Distribution Network System (Rose Feeder) at PT PLN (Persero) ULP Kampar” (Nabila Meitri Mugandi & Liliana, 2022)	Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah tingginya tingkat gangguan pada jaringan distribusi 20 kV penyulang Mawar akibat kondisi lingkungan, cuaca ekstrem, dan kerusakan komponen seperti isolator pecah dan arrester rusak.	Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dan analisis deskriptif kuantitatif. Data dikumpulkan dari hasil inspeksi fisik jaringan serta pencatatan jumlah gangguan berdasarkan kategori internal dan eksternal.	Hasil penelitian menunjukkan adanya 59,7 km pohon menyentuh jaringan, 25 FCO rusak, 9 Lightning Arrester rusak, dan 50 pin isolator pecah. Setelah dilakukan pemeliharaan preventif (penebangan pohon, penggantian isolator, dan arrester), frekuensi gangguan menurun secara signifikan dan kualitas penyaluran energi listrik meningkat.	Penelitian ini menitikberatkan pada pemeliharaan konvensional jaringan 20 kV. Sementara penelitian saat ini berfokus pada metode PDKB (bertegangan) yang memungkinkan pekerjaan penggantian isolator dilakukan tanpa pemadaman, guna meningkatkan keandalan sistem distribusi.
----	--	---	---	--	--

3.	“Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Panam Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA)” (Fanni Nurfadillah & Liliana, 2022)	Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah rendahnya tingkat keandalan sistem distribusi 20 kV yang ditunjukkan oleh nilai SAIFI dan SAIDI yang melebihi standar nasional dan internasional.	Penelitian ini menggunakan metode Reliability Index Assessment (RIA) dengan parameter SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Data diambil dari laporan gangguan dan catatan pemadaman pelanggan PLN ULP Panam selama periode tahun 2021.	Hasil analisis menunjukkan nilai SAIDI sebesar 5,25 jam/pelanggan/tahun, SAIFI sebesar 9,32 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 0,56 jam/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI melebihi batas standar nasional (3,2 kali/tahun), yang menandakan sistem belum andal sepenuhnya. Faktor utama penyebabnya adalah gangguan eksternal dan degradasi peralatan jaringan.	Penelitian ini menitikberatkan pada perhitungan indeks keandalan sistem tanpa meninjau secara spesifik metode pemeliharaan. Sedangkan penelitian saat ini mengkaji efektivitas penggunaan metode PDKB dan peralatan kerja bertegangan dalam meningkatkan keandalan jaringan.
----	--	--	---	--	---

4.	“Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada Penyulang Kompi C PT PLN (Persero) UP3 Merauke” (Paulus Mangera & J. Jayadi, 2023)	Masalah utama yang dikaji ialah tingginya rugi tegangan pada jaringan distribusi 20 kV akibat panjang saluran, besarnya arus beban, dan ukuran penampang konduktor yang tidak sesuai standar.	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif analitis dengan pengambilan data arus beban puncak siang dan malam pada penyulang Kompi C1 dan C2 di PLTD Kelapa Lima Merauke. Data kemudian diolah untuk menghitung rugi tegangan berdasarkan luas penampang penghantar A3CS 150 mm² dan 70 mm².	Hasil perhitungan menunjukkan rugi tegangan pada Kompi C1 mencapai 1,38 % (276,85 V) siang dan 1,55 % (309,91 V) malam, sedangkan penghantar 70 mm² menghasilkan 8,29 % (1657,46 V) siang dan 9,28 % (1855,36 V) malam. Nilai ini melebihi batas PUIL 5 %, menunjukkan bahwa dimensi penghantar sangat berpengaruh terhadap kestabilan tegangan.	Penelitian ini menitikberatkan pada analisis rugi tegangan akibat variasi ukuran konduktor, tanpa membahas tindakan pemeliharaan teknis untuk mencegah dampaknya terhadap peralatan. Sedangkan penelitian saat ini fokus pada penerapan metode PDKB sebagai langkah mitigasi teknis terhadap tegangan lebih.
----	--	--	--	--	---

2.3. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran

Sesuai dengan kerangka pemikiran penulis, sebelum dilakukan analisis teknis terhadap penggunaan peralatan dan prosedur pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB), terlebih dahulu diperlukan tahap persiapan alat dan perlengkapan kerja. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kelayakan peralatan PDKB seperti hot stick, rubber blanket, dan alat pelindung diri (APD) untuk memastikan kondisi siap operasi. Setelah semua peralatan siap, kegiatan dilanjutkan dengan pelaksanaan pekerjaan penggantian isolator post atau suspension pada jaringan distribusi 20 kV yang mengalami kerusakan akibat tegangan lebih petir. Selama proses tersebut, dilakukan pengumpulan data teknis melalui observasi lapangan, dokumentasi kegiatan, serta wawancara dengan personel PDKB untuk memperoleh gambaran prosedur dan efektivitas kerja. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis guna menilai pengaruh penerapan peralatan dan prosedur PDKB terhadap efisiensi waktu, keselamatan kerja, serta kontinuitas penyaluran energi listrik. Dari hasil analisis ini, penulis dapat melakukan evaluasi dan memberikan rekomendasi terkait peningkatan keandalan jaringan distribusi melalui penerapan metode PDKB yang lebih optimal.