

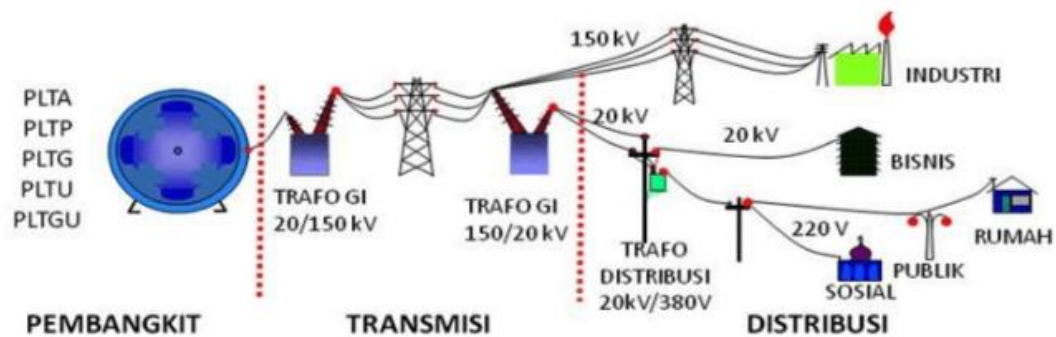
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Distribusi Listrik

Suatu Sistem distribusi listrik adalah bagian dari peralatan dari sistem tenaga listrik dan jaringan layanan konsumen. Sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi dari gardu induk atau jaringan transmisi ke pelanggan akhir. Sistem ini bekerja pada tegangan menengah yang diturunkan menjadi tegangan rendah untuk konsumen, dan terdiri dari saluran udara, gardu distribusi, trafo, serta jaringan kabel atau udara (Cekdin 2021). Fungsi utamanya adalah menyalurkan listrik secara andal, menjaga kualitas tegangan, serta meminimalkan gangguan dan pemadaman bagi pelanggan, yang keandalannya dapat diukur dengan indeks SAIDI, SAIFI.



Gambar 2. 1 Saluran Distribusi Listrik

Jaringan distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk atau JTM (Jaringan Tegangan Menengah) ke pelanggan akhir, baik rumah tangga, industri, maupun fasilitas komersial. Jaringan distribusi merupakan bagian yang paling dekat dengan konsumen dan bertanggung jawab langsung terhadap

kontinuitas dan kualitas pasokan listrik. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara atau kabel bawah tanah, dan biasanya bekerja pada tegangan menengah yang kemudian diturunkan menjadi tegangan rendah untuk kebutuhan pelanggan. Keandalan jaringan distribusi sangat penting karena gangguan pada jaringan ini akan langsung mempengaruhi banyak pelanggan, sehingga pemeliharaan, monitoring, dan prosedur keselamatan menjadi fokus utama dalam operasionalnya.

2.1.2 Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

JTM (Jaringan Tegangan Menengah) adalah bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik. Tegangan yang digunakan biasanya berada pada level menengah, misalnya 20 kV, untuk menyalurkan daya dalam jarak menengah dengan efisiensi tinggi. JTM dapat berupa saluran udara tegangan menengah (SUTM) atau kabel bawah tanah, dan menjadi elemen penting dalam memastikan kontinuitas pasokan listrik. Keandalan JTM sangat menentukan kualitas layanan, karena gangguan pada jaringan ini akan mempengaruhi banyak pelanggan, sehingga pemeliharaan dan monitoring menjadi fokus utama dalam sistem distribusi (Sihaan 2022). Tegangan dapat berupa saluran udara tegangan menengah (SUTM) atau kabel bawah tanah. JTM bekerja dengan sistem tiga fasa untuk meningkatkan efisiensi penyaluran daya, menyeimbangkan beban antar fasa, serta meminimalkan kehilangan energi. Fungsi utamanya adalah menjaga kontinuitas pasokan listrik dan memastikan daya listrik tersedia secara andal bagi pelanggan. Karena gangguan pada JTM dapat memengaruhi banyak pelanggan, pemeliharaan, monitoring, dan penerapan metode seperti PDKB menjadi penting untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi, yang diukur melalui indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI.



Gambar 2. 2 Saluran Udara Tegangan Menengah

((Sumber : Agustian 2024))

2.1.3 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan distribusi merupakan kegiatan pemeliharaan, perbaikan, maupun penggantian komponen yang dilakukan tanpa memutus aliran listrik, sehingga pasokan tetap terjaga bagi pelanggan meskipun ada pekerjaan teknis di lapangan. PDKB menjadi strategi penting dalam menjaga keandalan sistem distribusi yang umumnya menggunakan jaringan tiga fasa pada tegangan menengah dan rendah. Dengan dukungan peralatan khusus dan tenaga kerja bersertifikasi, PDKB tidak hanya meningkatkan kualitas pelayanan dan mengurangi pemadaman, tetapi juga menekan potensi kerugian akibat terhentinya suplai listrik.

Penelitian ini berfokus pada kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi listrik bertegangan 20kV guna menjamin keandalan penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Dalam rangka menjaga keandalan tersebut, PT PLN (Persero) melalui Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Ternate membentuk tim khusus yang dikenal dengan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan Tegangan Menengah (PDKB-TM). Tim ini bertugas melaksanakan pekerjaan perawatan, perbaikan, serta pengembangan jaringan distribusi tanpa perlu dilakukan pemadaman. Pendistribusian listrik bertegangan 20kV dikawal secara

langsung oleh tim PDKB-TM selama kondisi memungkinkan agar suplai tetap terjaga.(Hariadi and Hartati 2022)



Gambar 2. 3 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

(Sumber : Pribadi, September 2025)

2.1.4 Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Indeks keandalan sistem distribusi adalah ukuran yang digunakan untuk menilai tingkat keandalan dan kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Indeks ini menggambarkan seberapa sering dan seberapa lama pelanggan mengalami gangguan listrik dalam periode tertentu.

a. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) merupakan salah satu indeks keandalan yang menggambarkan rata-rata lama pemadaman listrik yang dialami oleh pelanggan dalam periode tertentu. Nilai SAIDI diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah total durasi padam dikalikan dengan jumlah pelanggan yang terdampak, kemudian dibagi dengan total pelanggan

yang dilayani. Indeks ini memberikan gambaran seberapa lama rata-rata pelanggan mengalami pemadaman akibat gangguan pada sistem distribusi. Semakin kecil nilai SAIDI, maka semakin baik kualitas pelayanan karena waktu padam yang dirasakan pelanggan lebih singkat. Sebaliknya, nilai SAIDI yang besar menunjukkan bahwa sistem distribusi kurang andal dan perlu evaluasi terhadap aspek operasi maupun pemeliharaan.

Rumus SAIDI

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dihitung dengan:

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

Keterangan:

U_i = Durasi padam (jam)

N_i = Jumlah pelanggan terdampak

N_T = Total pelanggan

b. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) adalah salah satu indeks keandalan yang digunakan untuk menunjukkan rata-rata frekuensi pemadaman listrik yang dialami pelanggan dalam periode tertentu. Nilai SAIFI dihitung dari jumlah total frekuensi padam dikalikan dengan jumlah pelanggan yang terdampak, kemudian dibagi dengan total pelanggan yang dilayani.

Indeks ini memberikan gambaran mengenai seberapa sering rata-rata pelanggan mengalami gangguan atau pemadaman pada sistem distribusi listrik. Semakin kecil nilai SAIFI, semakin jarang pelanggan mengalami pemadaman, yang berarti sistem distribusi lebih andal. Sebaliknya, nilai SAIFI yang tinggi menunjukkan tingkat gangguan yang sering terjadi, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap peralatan, jaringan, maupun metode pemeliharaan yang digunakan.

Rumus SAIFI

$$SAIFI = \frac{N_i}{N_T} \quad (2.2)$$

Keterangan:

N_i = Jumlah pelanggan terdampak tiap gangguan

N_T = Total pelanggan

Rumus ENS

$$ENS = (P_i \times t_i) \quad (2.3)$$

Keterangan:

P_i = Daya yang tidak tersuplai (kW)

t_i = Durasi gangguan (jam)

2.1.5 Keandalan Standar Nilai Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI

Indeks keandalan merupakan suatu ukuran probabilitas yang digunakan untuk menilai kemampuan sistem distribusi tenaga listrik dalam menyediakan energi secara berkesinambungan kepada pelanggan. Indeks ini dikembangkan sebagai kerangka evaluasi untuk menilai kinerja jaringan distribusi, terutama dalam hal kontinuitas pelayanan dan risiko terjadinya gangguan. Melalui pengukuran indeks keandalan, dapat diketahui seberapa sering gangguan terjadi, berapa lama pemadaman berlangsung, serta sejauh mana dampaknya terhadap pelanggan. Informasi tersebut sangat penting karena dapat dijadikan dasar dalam merancang strategi peningkatan keandalan, perencanaan investasi jaringan, serta pengambilan keputusan operasional. Dengan demikian, penerapan indeks keandalan memungkinkan perusahaan listrik untuk memperbaiki kualitas layanan, meminimalkan pemadaman, dan meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sistem tenaga listrik..(SAIFI n.d.)



Gambar 2. 4 Keandalan SAIDI dan SAIFI

(Sumber : Pribadi, September 2025)

2.1.6 Instrumentasi Pengukuran Keandalan Sistem Distribusi

Instrumen keandalan pada sistem distribusi berfungsi untuk memantau, merekam, serta menganalisis kondisi operasi jaringan secara berkelanjutan. Perangkat yang digunakan meliputi SCADA, yang menyediakan pemantauan dan pengendalian jaringan secara real-time, recloser dan sectionalizer yang mencatat pola operasi proteksi dan kejadian gangguan, serta Load Monitoring Unit (LMU) yang mengamati perubahan beban pada penyulang. Selain itu, Feeder Monitoring System (FMS) turut berperan dalam mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan indikasi gangguan sepanjang penyulang distribusi.

Informasi yang diperoleh dari berbagai instrumen tersebut menjadi dasar penting dalam perhitungan indeks keandalan seperti SAIDI dan SAIFI, karena menyediakan data mengenai durasi pemadaman, jumlah kejadian gangguan, serta berapa banyak pelanggan yang terdampak. Keakuratan alat-alat ini sangat menentukan kualitas analisis terhadap tingkat keandalan jaringan. Dengan dukungan instrumentasi yang memadai, evaluasi terhadap efektivitas penerapan PDKB dapat dilakukan lebih tepat, sehingga proses pengambilan

keputusan terkait pemeliharaan dan peningkatan kualitas pelayanan dapat dilakukan dengan lebih optimal.

2.1.7 Klasifikasi Gangguan pada Jaringan Distribusi

Gangguan pada jaringan distribusi sebelum penerapan PDKB dapat dibagi ke dalam beberapa kategori sebagai berikut:

- a. Gangguan Sementara (Temporary Fault), Gangguan jenis ini biasanya bersifat singkat dan hilang dengan sendirinya setelah perangkat proteksi seperti recloser bekerja. Penyebabnya antara lain sambaran petir, ranting pohon yang menyentuh konduktor, atau hewan yang mengenai jaringan. Walau tidak menimbulkan kerusakan permanen, gangguan sementara tetap dapat menambah frekuensi SAIFI jika terjadi berulang.
- b. Gangguan Tetap (Permanent Fault), Gangguan tetap terjadi ketika terdapat kerusakan fisik pada jaringan, misalnya konduktor putus, isolator retak atau pecah, hingga sambungan yang terlepas. Jenis gangguan ini memerlukan penanganan langsung di lapangan dan sering menyebabkan durasi padam lebih lama, sehingga berdampak signifikan terhadap nilai SAIDI.
- c. Gangguan Peralatan (Equipment Failure), Kategori ini mencakup kerusakan pada komponen jaringan seperti trafo distribusi, fuse cut-out, arrester, ataupun perangkat proteksi lainnya. Kegagalan peralatan biasanya terjadi akibat usia pakai, degradasi material, atau kurangnya pemeliharaan, dan dapat memicu baik frekuensi maupun durasi pemadaman yang tinggi.
- d. Gangguan Akibat Aktivitas Eksternal, Gangguan yang timbul akibat faktor luar, seperti pekerjaan pemborosan, pemasangan utilitas oleh pihak ketiga, pembangunan konstruksi, serta kecelakaan kendaraan yang menabrak tiang listrik. Gangguan jenis ini bersifat tidak terduga dan sering menjadi penyebab pemadaman luas jika menyentuh jalur utama distribusi.

2.1.8 Urgensi dan Efektivitas Penerapan PDKB

Penerapan PDKB menjadi pilihan strategis karena pekerjaan pemeliharaan maupun perbaikan dapat dilakukan tanpa memutus aliran listrik, sehingga kontinuitas suplai tetap terjaga. Pada wilayah dengan kepadatan pelanggan seperti UP3 Ternate, pemadaman sekecil apa pun berpotensi menaikkan nilai SAIDI dan SAIFI. Dengan metode PDKB, pekerjaan yang biasanya membutuhkan padam terencana dapat diselesaikan tanpa menghentikan penyaluran energi, sekaligus mempercepat penanganan gangguan potensial dan mencegah kerusakan yang berisiko menimbulkan pemadaman lebih panjang.

Selain menjaga keandalan teknis, penerapan PDKB turut meningkatkan efisiensi operasional karena mengurangi frekuensi keluhan pelanggan, meminimalkan kehilangan energi, serta menekan kerugian ekonomi akibat padam. Efektivitas metode ini terlihat dari kontribusinya yang langsung menurunkan durasi dan jumlah kejadian pemadaman, sehingga berdampak positif pada nilai SAIDI dan SAIFI. Dengan demikian, PDKB dapat dianggap sebagai solusi yang sangat relevan dalam meningkatkan performa jaringan distribusi sekaligus memperbaiki kualitas layanan kepada pelanggan.

2.1.9 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek yang sangat krusial dalam pelaksanaan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB). Pekerjaan pada jaringan listrik aktif memiliki tingkat risiko yang jauh lebih tinggi dibandingkan pekerjaan dalam kondisi tidak bertegangan, sehingga penerapan sistem K3 yang ketat menjadi prasyarat utama keberhasilan pelaksanaan PDKB. Risiko utama yang dihadapi meliputi sengatan listrik, loncatan bunga api (arc flash), jatuh dari ketinggian, serta kegagalan peralatan isolasi.



Gambar 2. 5 Alat Pelindung Diri PDKB

Dalam konteks PDKB, penerapan K3 tidak hanya berfungsi untuk melindungi keselamatan personel, tetapi juga menjaga keandalan sistem distribusi secara keseluruhan. Kecelakaan kerja yang terjadi pada saat pelaksanaan PDKB tidak hanya berdampak pada tenaga kerja, tetapi juga berpotensi menyebabkan gangguan sistem yang lebih besar, pemadaman luas, serta kerugian material dan non-material bagi perusahaan dan pelanggan.

Pelaksanaan K3 pada PDKB mencakup beberapa elemen utama, antara lain prosedur kerja standar (Standard Operating Procedure/SOP), penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) khusus PDKB, pengendalian risiko melalui identifikasi bahaya, serta pengawasan kerja secara berlapis. Setiap tahapan pekerjaan harus didahului dengan Job Safety Analysis (JSA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menentukan langkah pengendalian yang tepat.

Selain itu, aspek kompetensi sumber daya manusia juga menjadi bagian penting dari sistem K3 PDKB. Personel yang melaksanakan PDKB wajib mengikuti pelatihan khusus dan

memiliki sertifikasi yang masih berlaku. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap pekerja memiliki pemahaman yang memadai terkait karakteristik bahaya listrik, teknik kerja aman, serta penggunaan peralatan isolasi sesuai standar.

2.1.10 Peralatan dan Teknologi Pendukung PDKB pada Jaringan Distribusi 20 kV

Keberhasilan penerapan PDKB sangat ditentukan oleh ketersediaan dan kualitas peralatan yang digunakan. Peralatan PDKB dirancang secara khusus agar mampu memberikan perlindungan isolasi terhadap pekerja sekaligus memungkinkan pekerjaan dilakukan secara presisi pada jaringan yang masih bertegangan. Pada jaringan distribusi 20 kV, peralatan yang digunakan harus memenuhi standar teknis dan keselamatan yang ketat.

Salah satu peralatan utama dalam PDKB adalah hot stick, yaitu alat kerja berisolasi tinggi yang memungkinkan pekerja melakukan manipulasi komponen jaringan dari jarak aman. Hot stick umumnya terbuat dari bahan fiberglass dengan kekuatan dielektrik tinggi sehingga mampu menahan tegangan listrik tanpa terjadi kebocoran arus. Alat ini digunakan untuk berbagai pekerjaan seperti pemasangan dan pelepasan isolator, fuse cut-out, serta penyesuaian konduktor.

Selain hot stick, peralatan lain yang banyak digunakan adalah bucket truck berisolasi, yang memungkinkan pekerja menjangkau jaringan distribusi dengan tingkat keamanan yang lebih tinggi. Bucket truck dilengkapi dengan lengan dan keranjang berisolasi yang dirancang untuk meminimalkan risiko aliran arus listrik ke tubuh pekerja. Penggunaan kendaraan ini sangat efektif terutama pada pekerjaan di area perkotaan dengan tingkat kepadatan jaringan dan pelanggan yang tinggi.

Perkembangan teknologi juga mendorong penggunaan peralatan PDKB yang lebih modern, seperti alat ukur berisolasi, sensor pendeteksi tegangan, serta perangkat monitoring kondisi jaringan. Dengan dukungan teknologi tersebut, pekerjaan PDKB dapat dilakukan dengan tingkat akurasi dan keselamatan yang lebih tinggi, sekaligus meningkatkan efisiensi waktu kerja dan menekan potensi kesalahan manusia.

Peralatan kerja Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan seperangkat alat khusus yang dirancang untuk memungkinkan pekerjaan pemeliharaan jaringan listrik dilakukan tanpa memutus aliran listrik. Peralatan ini memiliki kemampuan isolasi tinggi serta memenuhi standar keselamatan kerja sesuai dengan ketentuan Standar PLN (SPLN) dan Instruksi Kerja PDKB.

Berdasarkan Instruksi Kerja PDKB-TM Metode Sentuh Langsung, peralatan kerja PDKB terdiri atas peralatan utama, perlengkapan isolasi, serta alat bantu pendukung yang digunakan untuk menjamin keselamatan tenaga kerja dan menjaga kestabilan sistem selama pekerjaan berlangsung

1. No Voltage Detector, No Voltage Detector digunakan untuk memastikan ada atau tidaknya tegangan pada konduktor sebelum pekerjaan dimulai. Alat ini dipasang pada fasa tertentu untuk memastikan kondisi jaringan aman dan sesuai prosedur kerja.



Gambar 2. 6 No Voltage Detector

2. Conductor Cover, Conductor Cover berfungsi sebagai pelindung isolasi sementara pada konduktor bertegangan agar tidak terjadi kontak langsung antara pekerja dengan bagian konduktif. Alat ini dipasang di sekitar konduktor selama proses pekerjaan berlangsung.



Gambar 2. 7 Conductor Cover

3. Pin Type Insulator Cover

Digunakan untuk menutup bagian isolator tipe pin agar mencegah terjadinya sentuhan langsung terhadap bagian bertegangan di sekitar isolator saat dilakukan penggantian atau pemeliharaan.



Gambar 2. 8 Pin Typer Insulator Cover

4. Insulating Flexible Cover Without Opening

Berfungsi sebagai penutup isolasi fleksibel pada bagian cross arm atau bagian logam terbuka tanpa lubang, sehingga mencegah terjadinya hubungan singkat atau sentuhan tidak sengaja.



Gambar 2. 9 Insulating Flexible Cover Without Opening

5. Insulating Flexible Cover With Opening

Digunakan untuk menutup bagian konduktif yang memiliki bukaan tertentu, sehingga memungkinkan pemasangan pada bagian tertentu tanpa mengganggu posisi konduktor.



Gambar 2. 10 Insulating Flexibel Cover With Opening

6. Cross Arm Cover

Cross Arm Cover berfungsi melapisi bagian cross arm yang terbuat dari logam agar tidak menjadi jalur konduksi listrik selama pekerjaan berlangsung.



Gambar 2. 11 Cross Arm Cover

7. Line Hose

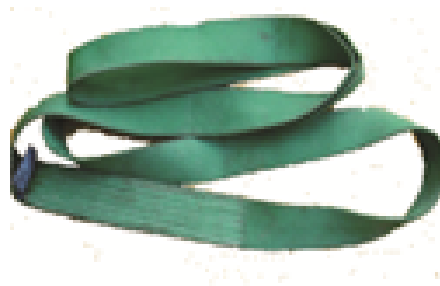
Line Hose digunakan sebagai selubung isolasi pada konduktor atau bagian jaringan tertentu untuk mencegah terjadinya kontak langsung antara pekerja dengan bagian bertegangan.



Gambar 2. 12 Line Hose

8. Sling

Digunakan untuk membantu proses penurunan isolator lama dan pengangkatan isolator baru pada saat penggantian isolator dilakukan.



Gambar 2. 13 Sling

9. Plastic Peg

Plastic Peg digunakan untuk menjepit dan menahan posisi insulating cover agar tetap stabil selama proses pekerjaan berlangsung.



Gambar 2. 14 Plastic Peg

10. Tool Set

Tool Set terdiri dari berbagai alat mekanik seperti tang, kunci, dan obeng yang digunakan untuk membuka baut, mur, dan tie wire selama proses pemeliharaan isolator.



Gambar 2. 15 Tool Set

11. Teropong

Digunakan untuk melakukan pengamatan visual kondisi jaringan dari jarak jauh sebelum dan sesudah pekerjaan dilakukan.



Gambar 2. 16 Teropong

12. Tool Box

Berfungsi sebagai tempat penyimpanan seluruh peralatan kerja agar tertata rapi dan mudah dibawa ke lokasi pekerjaan.



Gambar 2. 17 Tool Box

Alat Pelindung Diri Pekerja PDKB TM

1. Safety Helmet (Merah, Hijau, Biru)

Digunakan untuk melindungi kepala dari benturan dan benda jatuh.



Gambar 2. 18 Safety Helm

2. Safety Glasses UV

Melindungi mata dari percikan listrik dan debu.



Gambar 2. 19 Safety Glasses

3. Insulating Gloves

Melindungi tangan dari sentuhan langsung tegangan listrik.



Gambar 2. 20 Insulating Gloves

4. Insulating Sleeves

Melindungi lengan dari kontak tidak sengaja dengan konduktor bertegangan.



Gambar 2. 21 Insulating Sleeves

5. Insulating Shoes

Melindungi kaki dari aliran arus bocor dan tegangan sentuh.



Gambar 2. 22 Insulating Shoes

6. Safety Belt

Digunakan sebagai pengaman pekerja saat bekerja di ketinggian.



Gambar 2. 23 Safety Belt

2.1.11 Kompetensi dan Sertifikasi Personel PDKB

Personel yang terlibat dalam PDKB merupakan faktor penentu utama dalam keberhasilan penerapan metode ini. Pekerjaan dalam kondisi bertegangan membutuhkan tingkat keterampilan, ketelitian, dan disiplin yang sangat tinggi. Oleh karena itu, tidak semua tenaga teknis dapat langsung dilibatkan dalam kegiatan PDKB tanpa melalui proses pelatihan dan sertifikasi yang ketat.

Pelatihan PDKB mencakup pemahaman teori kelistrikan, karakteristik bahaya listrik, teknik kerja aman, serta simulasi pekerjaan lapangan. Materi pelatihan dirancang untuk membekali personel dengan kemampuan teknis sekaligus membangun kesadaran terhadap pentingnya keselamatan kerja. Pelatihan ini biasanya dilaksanakan secara bertahap, mulai

dari tingkat dasar hingga tingkat lanjutan sesuai dengan kompleksitas pekerjaan yang akan dilakukan.

Sertifikasi PDKB diberikan kepada personel yang telah lulus uji kompetensi dan dinyatakan mampu melaksanakan pekerjaan bertegangan sesuai standar keselamatan. Sertifikasi ini memiliki masa berlaku tertentu dan harus diperbarui secara berkala melalui pelatihan ulang dan evaluasi kompetensi. Dengan sistem sertifikasi yang berkelanjutan, kualitas dan keselamatan pelaksanaan PDKB dapat tetap terjaga.

Keberadaan personel PDKB yang kompeten tidak hanya meningkatkan keselamatan kerja, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap peningkatan keandalan jaringan distribusi. Pekerjaan yang dilakukan oleh tenaga terlatih cenderung lebih cepat, tepat, dan minim kesalahan, sehingga potensi gangguan akibat kesalahan manusia dapat ditekan secara signifikan.



Gambar 2. 24 Dokumentasi Sertifikasi PDKB TM

2.1.12 Hubungan PDKB dengan Penurunan Risiko Gangguan Jaringan Distribusi

Penerapan PDKB memiliki hubungan yang erat dengan upaya penurunan risiko gangguan pada jaringan distribusi listrik. Gangguan pada jaringan distribusi umumnya

disebabkan oleh degradasi peralatan, faktor lingkungan, serta aktivitas eksternal yang tidak terkontrol. Tanpa pemeliharaan yang memadai, potensi gangguan ini dapat berkembang menjadi gangguan permanen yang menyebabkan pemadaman luas.

Melalui metode PDKB, kegiatan pemeliharaan preventif dapat dilakukan secara lebih intensif tanpa harus menunggu jadwal pemadaman. Komponen jaringan yang menunjukkan indikasi penurunan kinerja, seperti isolator kotor atau retak, sambungan konduktor yang mulai longgar, serta jarak bebas konduktor yang tidak memenuhi standar, dapat segera ditangani sebelum menimbulkan gangguan.

Pendekatan preventif ini sangat efektif dalam menurunkan risiko gangguan tiba-tiba yang berdampak besar pada pelanggan. Dengan semakin sedikitnya gangguan yang berkembang menjadi gangguan permanen, frekuensi pemadaman dapat ditekan, yang pada akhirnya tercermin pada penurunan nilai SAIFI. Selain itu, penanganan dini juga mempercepat proses pemulihan ketika gangguan terjadi, sehingga durasi pemadaman dapat diminimalkan.



Gambar 2. 25 Pekerjaan PDKB TM

2.1.13 Dampak PDKB terhadap Kualitas Pelayanan dan Kepuasan Pelanggan

Kualitas pelayanan listrik sangat dipengaruhi oleh tingkat keandalan sistem distribusi. Pelanggan menilai kualitas pelayanan tidak hanya dari kontinuitas suplai listrik, tetapi juga dari seberapa cepat dan efektif perusahaan menangani gangguan. Dalam hal ini, penerapan PDKB memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

Dengan berkurangnya pemadaman terencana akibat kegiatan pemeliharaan, pelanggan dapat menikmati suplai listrik yang lebih stabil dan berkesinambungan. Hal ini sangat penting terutama bagi pelanggan sektor industri, komersial, dan layanan publik yang sangat bergantung pada kontinuitas pasokan listrik. Gangguan kecil sekalipun dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang besar pada sektor-sektor tersebut.

Selain itu, penerapan PDKB juga berdampak positif terhadap persepsi dan tingkat kepuasan pelanggan. Frekuensi pemadaman yang semakin jarang serta durasi padam yang lebih singkat meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap kinerja perusahaan penyedia listrik. Dalam jangka panjang, peningkatan kepuasan pelanggan ini dapat memperkuat citra perusahaan dan mendukung keberlanjutan operasional sistem distribusi listrik.

2.1.14 PDKB sebagai Strategi Pemeliharaan Preventif pada Jaringan Distribusi

Pemeliharaan preventif merupakan strategi pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya gangguan sebelum kegagalan sistem terjadi. Pada jaringan distribusi listrik, pemeliharaan preventif menjadi sangat penting karena sebagian besar gangguan berasal dari degradasi peralatan, pengaruh lingkungan, serta aktivitas eksternal yang dapat merusak komponen jaringan secara bertahap.

PDKB memberikan keunggulan utama dalam pelaksanaan pemeliharaan preventif karena pekerjaan dapat dilakukan tanpa mengganggu kontinuitas suplai listrik. Dengan metode konvensional, pemeliharaan preventif sering kali tertunda karena keterbatasan jadwal pemadaman dan pertimbangan dampak terhadap pelanggan. Akibatnya, pemeliharaan baru dilakukan ketika gangguan telah terjadi. Melalui PDKB, kendala tersebut dapat diatasi

karena pekerjaan dapat dilakukan kapan saja selama kondisi teknis dan keselamatan terpenuhi.

Kegiatan pemeliharaan preventif berbasis PDKB meliputi inspeksi visual jaringan, pembersihan isolator, penyesuaian sambungan konduktor, penggantian komponen yang mulai aus, serta pengendalian vegetasi di sekitar jaringan. Tindakan-tindakan ini secara langsung menurunkan probabilitas terjadinya gangguan, terutama gangguan permanen yang berdampak besar terhadap keandalan sistem.

Dengan semakin optimalnya penerapan PDKB sebagai strategi pemeliharaan preventif, perusahaan dapat menggeser pola pemeliharaan dari yang bersifat reaktif menjadi proaktif. Perubahan paradigma ini sangat penting dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi, karena gangguan dapat dicegah sebelum berkembang menjadi pemadaman yang luas dan berdurasi lama.

2.1.15 Peran PDKB dalam Menurunkan Energi Tidak Tersuplai

Energy Not Supplied (ENS) merupakan indikator yang menunjukkan besarnya energi listrik yang tidak dapat disalurkan kepada pelanggan akibat terjadinya pemadaman. Nilai ENS sangat penting karena mencerminkan dampak langsung gangguan sistem terhadap kontinuitas suplai energi dan potensi kerugian ekonomi yang ditimbulkan.

PDKB berperan besar dalam menurunkan nilai ENS karena memungkinkan pekerjaan pemeliharaan dilakukan tanpa menghentikan aliran listrik. Setiap pekerjaan yang sebelumnya memerlukan pemadaman terencana kini dapat dilakukan dalam kondisi bertegangan, sehingga energi tetap tersalurkan dan tidak tercatat sebagai ENS. Dengan demikian, penerapan PDKB secara langsung berkontribusi dalam menekan nilai ENS secara signifikan.

Selain itu, melalui pemeliharaan preventif yang lebih intensif, PDKB juga mampu mengurangi kejadian gangguan tidak terencana yang biasanya menyebabkan pemadaman mendadak dengan durasi lama. Dengan menurunnya durasi dan frekuensi gangguan, total energi yang tidak tersuplai kepada pelanggan juga semakin kecil.

Penurunan ENS tidak hanya menguntungkan perusahaan dari sisi efisiensi energi, tetapi juga memberikan manfaat bagi pelanggan karena aktivitas ekonomi dan sosial dapat berjalan tanpa gangguan pasokan listrik. Oleh karena itu, ENS menjadi salah satu parameter penting yang menunjukkan keberhasilan penerapan PDKB dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi.

2.1.16 PDKB dalam Perspektif Keandalan Sistem Distribusi Modern

Dalam era sistem distribusi modern, tuntutan terhadap keandalan dan kualitas pelayanan listrik semakin meningkat. Perkembangan teknologi, pertumbuhan beban, serta meningkatnya ketergantungan masyarakat terhadap energi listrik menuntut sistem distribusi yang lebih andal, fleksibel, dan responsif terhadap gangguan.

PDKB merupakan salah satu metode yang sejalan dengan konsep sistem distribusi modern karena mendukung kontinuitas suplai dan pemeliharaan berbasis kondisi. Dalam sistem distribusi yang semakin kompleks, kemampuan untuk melakukan pekerjaan tanpa pemadaman menjadi keunggulan kompetitif yang sangat penting. PDKB memungkinkan perusahaan untuk menjaga performa jaringan tanpa mengorbankan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

Selain itu, penerapan PDKB juga mendukung integrasi dengan konsep smart grid, di mana pemantauan kondisi jaringan dilakukan secara real-time dan pemeliharaan dilakukan secara proaktif. Dengan dukungan data dan teknologi, PDKB dapat menjadi bagian integral dari strategi pengelolaan jaringan distribusi modern yang berorientasi pada keandalan, efisiensi, dan keberlanjutan.

Dengan demikian, PDKB tidak hanya relevan sebagai metode pemeliharaan saat ini, tetapi juga memiliki peran strategis dalam pengembangan sistem distribusi listrik di masa depan. Metode ini menjadi salah satu pilar penting dalam upaya mewujudkan sistem distribusi yang andal, aman, dan berkelanjutan.

2.1.17 Tantangan dan Keterbatasan Penerapan PDKB pada Jaringan Distribusi

Meskipun Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) memberikan berbagai manfaat signifikan terhadap keandalan sistem distribusi listrik, penerapan metode ini juga menghadapi sejumlah tantangan dan keterbatasan yang perlu diperhatikan secara serius. Tantangan tersebut tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup aspek sumber daya manusia, keselamatan kerja, serta kesiapan organisasi.

Dari sisi teknis, tidak semua kondisi jaringan distribusi memungkinkan pekerjaan dilakukan dalam keadaan bertegangan. Faktor cuaca seperti hujan lebat, angin kencang, dan tingkat kelembaban yang tinggi dapat meningkatkan risiko keselamatan kerja, sehingga pelaksanaan PDKB harus ditunda. Selain itu, kondisi fisik jaringan yang sudah sangat tua atau mengalami kerusakan berat sering kali memerlukan pemadaman total demi menjamin keselamatan pekerja dan keamanan sistem.



Gambar 2. 26 Tantangan Pekerjaan PDKB TM

Keterbatasan lain yang cukup signifikan adalah kebutuhan akan peralatan khusus dengan spesifikasi teknis tinggi. Peralatan PDKB memiliki biaya pengadaan dan perawatan yang relatif mahal, sehingga memerlukan perencanaan anggaran yang matang. Apabila

peralatan tidak terpelihara dengan baik, risiko kegagalan isolasi dapat meningkat dan membahayakan keselamatan personel.

Dari aspek sumber daya manusia, pelaksanaan PDKB menuntut tenaga kerja yang memiliki kompetensi tinggi, pengalaman lapangan, serta disiplin terhadap prosedur keselamatan. Ketersediaan personel bersertifikasi PDKB yang masih terbatas dapat menjadi kendala dalam memperluas cakupan penerapan metode ini. Selain itu, beban kerja dan tingkat konsentrasi yang tinggi selama pelaksanaan PDKB juga berpotensi menimbulkan kelelahan kerja, sehingga pengaturan jam kerja dan sistem rotasi personel menjadi sangat penting.

Dengan adanya berbagai tantangan tersebut, penerapan PDKB perlu didukung oleh manajemen risiko yang komprehensif. Setiap kegiatan PDKB harus melalui tahapan perencanaan, analisis bahaya, serta evaluasi risiko secara menyeluruh agar manfaat yang diperoleh tetap sebanding dengan tingkat risiko yang dihadapi.

2.1.18 Peran Strategis PDKB dalam Peningkatan Keandalan Distribusi Berkelanjutan

Dalam jangka panjang, Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) memiliki peran strategis dalam mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi listrik secara berkelanjutan. Keandalan berkelanjutan tidak hanya diartikan sebagai kemampuan sistem untuk menyalurkan energi listrik secara kontinu, tetapi juga mencakup aspek efisiensi operasional, keselamatan kerja, dan kepuasan pelanggan dalam jangka panjang.

PDKB memungkinkan perusahaan penyedia tenaga listrik untuk mengimplementasikan pola pemeliharaan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi jaringan. Dengan kemampuan melakukan pemeliharaan tanpa pemadaman, perusahaan dapat menjaga kondisi jaringan tetap optimal tanpa mengorbankan kualitas pelayanan. Hal ini sangat relevan dalam menghadapi pertumbuhan beban listrik dan peningkatan tuntutan pelanggan terhadap kontinuitas suplai energi.

Selain itu, penerapan PDKB secara konsisten mendukung pencapaian target kinerja keandalan yang ditetapkan perusahaan maupun regulator. Penurunan nilai SAIDI, SAIFI, dan

ENS yang dihasilkan dari penerapan PDKB menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan performa sistem distribusi. Dalam konteks ini, PDKB tidak hanya berfungsi sebagai metode operasional, tetapi juga sebagai bagian dari strategi jangka panjang peningkatan keandalan sistem tenaga listrik.

Ke depan, peran PDKB diperkirakan akan semakin penting seiring dengan berkembangnya sistem distribusi modern yang mengarah pada konsep smart grid dan digitalisasi jaringan. Dengan dukungan teknologi monitoring dan data analitik, PDKB dapat diintegrasikan secara lebih optimal dalam sistem pemeliharaan berbasis kondisi dan prediksi gangguan. Oleh karena itu, PDKB dapat dipandang sebagai salah satu fondasi utama dalam mewujudkan sistem distribusi listrik yang andal, efisien, aman, dan berkelanjutan.

2.2 Penelitian Terkait

Pada Penelitian ini dilakukannya studi literatur untuk mendapatkan referensi yang relevan dengan topik yang akan saya bahas pada penelitian ini. Referensi berasal dari Buku, Jurnal, dan artikel yang relevan. Adapun referensi yang berkaitan dengan topik bahasan ini yaitu :

1. Menurut Funan dan Utama (2020), dalam penelitian berjudul “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT PLN (Persero) Rayon Kefamenanu”, dibahas tentang tingkat keandalan jaringan distribusi listrik dengan menggunakan indeks SAIDI dan SAIFI serta perbandingan hasilnya terhadap standar SPLN 68-2:1986. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai SAIFI di Rayon Kefamenanu melebihi batas standar sehingga frekuensi pemadaman cukup tinggi, sedangkan nilai SAIDI bervariasi antar periode. Penelitian ini juga menyoroti kerugian energi listrik (ENS) akibat pemadaman. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian di UP Ternate fokus pada pengukuran indeks keandalan SAIDI, SAIFI sebelum dan setelah penerapan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) untuk mengevaluasi efektivitas

metode PDKB dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi dan kualitas pelayanan listrik kepada pelanggan.

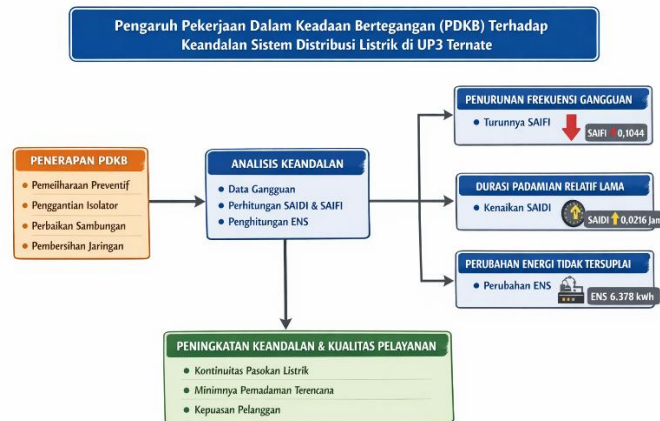
2. Menurut Hariadi, Febri, dan Verani Hartati (2022), dalam penelitian berjudul “Analisis Risiko Kecelakaan Pada Tim PDKB-TM Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (Studi Kasus: PT PLN (Persero) UP3 Cimahi)”, dibahas mengenai identifikasi dan analisis risiko kecelakaan kerja pada tim Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP). Penelitian ini menekankan pentingnya prosedur keselamatan, pelatihan, dan penggunaan peralatan khusus untuk meminimalkan risiko selama pelaksanaan PDKB. Penelitian tersebut relevan dengan penelitian di UP Ternate karena selain mengevaluasi keandalan jaringan distribusi listrik melalui indeks SAIDI, SAIFI. penelitian ini juga mempertimbangkan aspek keselamatan dan risiko kerja dalam penerapan PDKB, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas metode PDKB baik dari sisi teknis maupun operasional.
3. Menurut Cekdin dan Cekmas (2021) dalam buku “Distribusi Daya Listrik: Teori dan Praktik”, distribusi daya listrik merupakan bagian penting dari sistem tenaga listrik yang bertugas menyalurkan energi dari gardu induk atau jaringan tegangan menengah ke pelanggan akhir, baik rumah tangga, industri, maupun komersial. Buku ini menjelaskan prinsip-prinsip dasar sistem distribusi, termasuk penggunaan sistem tiga fasa, peralatan gardu distribusi, transformator, serta saluran udara atau kabel bawah tanah. Selain itu, Cekdin dan Cekmas juga menekankan pentingnya keandalan sistem distribusi, pemeliharaan rutin, dan pengukuran kinerja menggunakan indeks keandalan seperti SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk memastikan kualitas pasokan listrik tetap optimal bagi pelanggan.
4. (Agung, Alam, and Tarigan 2024) dalam penelitian berjudul “Analisis Perbandingan SAIDI-SAIFI Pada Penyulang 20 kV Sebelum dan Setelah Pemeliharaan di PT PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota” membahas evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan menggunakan indeks SAIDI (System Average Interruption

Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Penelitian ini menunjukkan bahwa setelah pemeliharaan, terjadi penurunan nilai SAIDI dan SAIFI, yang mengindikasikan peningkatan keandalan sistem distribusi. Hasil penelitian ini relevan dengan topik penelitian di UP Ternate, karena keduanya menekankan pentingnya pemeliharaan jaringan distribusi untuk meningkatkan kualitas pelayanan listrik kepada pelanggan.

5. (Is, Tarmizi, and Adriman 2025) dalam penelitian berjudul “*Evaluation of PDKB Performance’s Impact on SAIDI SAIFI at PT. PLN UP3 Langsa*” membahas evaluasi kinerja Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) terhadap indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik, yaitu SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PDKB dapat mengurangi nilai SAIDI dan SAIFI, yang berarti mengurangi durasi dan frekuensi pemadaman listrik, serta menghemat energi sebesar 1.457.823,97 kWh dengan nilai ekonomi sekitar Rp 1,14 miliar. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian di UP Ternate, karena keduanya menekankan pentingnya penerapan PDKB dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik dan efisiensi energi.

2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur berpikir penulis dalam menyelesaikan permasalahan secara sistematis.



Gambar 2. 27 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini didasarkan pada hubungan antara penerapan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) dengan peningkatan keandalan sistem distribusi. Sebelum penerapan PDKB, kegiatan pemeliharaan dilakukan dengan metode padam, sehingga meningkatkan nilai SAIDI, SAIFI, dan ENS. Setelah penerapan PDKB, pemeliharaan dilakukan tanpa pemadaman, sehingga diharapkan terjadi penurunan indeks keandalan dan energi tidak tersuplai. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis perbandingan nilai SAIDI, SAIFI, dan ENS sebelum dan sesudah penerapan PDKB untuk mengetahui kontribusi metode tersebut dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi.

