

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

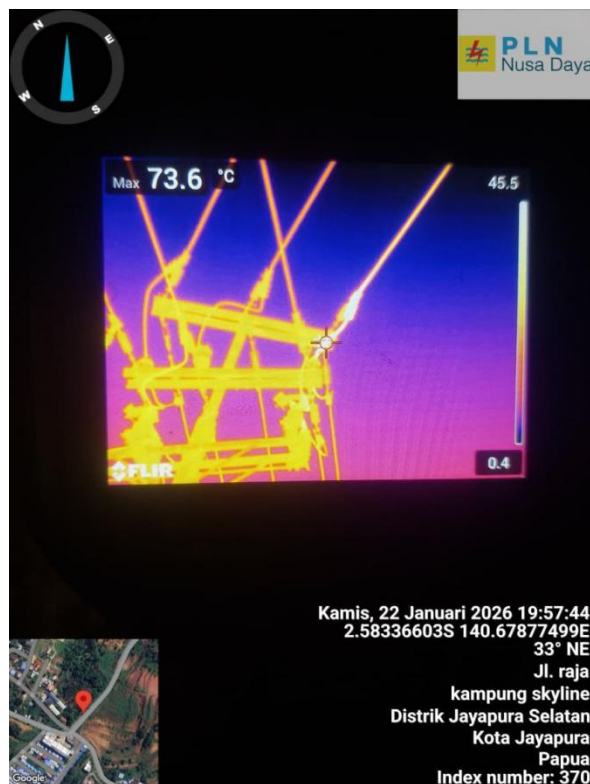
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian krusial dalam rantai penyaluran energi karena berfungsi membawa daya dari gardu induk hingga sampai ke pengguna akhir dengan mutu tegangan, frekuensi, dan tingkat keandalan yang sesuai ketentuan. Pada penerapannya, jaringan distribusi dibagi menjadi dua tingkatan, yakni distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer menggunakan tegangan menengah—di Indonesia umumnya 20 kV—yang bertugas mengalirkan energi listrik dari gardu induk ke gardu distribusi atau langsung menuju pelanggan berdaya besar seperti fasilitas industri maupun bangunan komersial[6]. Sementara itu, jaringan distribusi sekunder bekerja pada tegangan rendah 220/380 V yang menyalurkan energi dari gardu distribusi ke konsumen rumah tangga maupun usaha kecil. Karena letaknya yang paling dekat dengan pelanggan, sistem distribusi sangat rentan terhadap gangguan, baik yang disebabkan oleh faktor teknis, kondisi lingkungan, maupun kesalahan operasional. Gangguan pada jaringan distribusi dapat menghambat kelancaran penyaluran daya listrik dan berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan. Untuk itu, sistem distribusi perlu dijaga melalui kegiatan pemeliharaan serta perbaikan yang tepat dan berkesinambungan. PLN menerapkan salah satu metode khusus, yakni Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), yaitu teknik pemeliharaan yang memungkinkan pekerjaan dilakukan tanpa memutus suplai listrik. Dengan pendekatan ini, keandalan jaringan tetap terjaga dan penyaluran energi dapat berlangsung tanpa gangguan, sehingga kualitas layanan kepada konsumen dapat ditingkatkan.

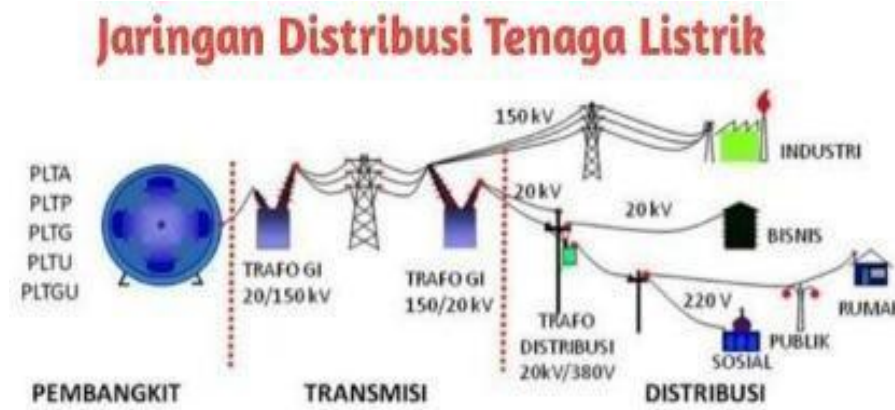
Penyulang sakit biasanya menjadi sorotan masyarakat dan manajemen karena rawan padam ketika hujan lebat maupun angin kencang. Penerapan PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) merupakan solusi teknis dan strategis yang sangat efektif untuk menangani penyulang (feeder) yang sering mengalami gangguan atau kategori "penyulang sakit"

Penyulang "sakit" biasanya memiliki banyak titik lemah. Dengan PDKB, tim dapat melakukan pemeliharaan preventif secara agresif. Eksekusi Real-Time: Begitu hasil inspeksi *thermovision* menunjukkan adanya panas berlebih (*hotspot*) pada konektor, tim PDKB bisa langsung memperbaikinya saat itu juga. Tanpa Menunggu Jadwal Padam: Kita tidak perlu menunggu hari libur atau waktu beban rendah untuk melakukan perbaikan, sehingga kerusakan tidak keburu menjadi gangguan permanen.



Gambar 2. 1 hasil inspeksi thermovision menunjukkan hotspot pada konektor

Pada penyulang yang sering gangguan, PDKB biasanya masuk dalam tahapan Pembersihan Jalur (Right of Way): Memotong dahan pohon dekat kabel bertegangan. Uprating Jaringan: Mengganti kabel atau komponen tanpa memutus suplai ke daerah kritis. Perbaikan Konstruksi: Memperbaiki tiang miring atau isolator yang terpolusi di daerah pesisir/industri. Catatan Penting: PDKB bukan hanya soal alat, tapi soal prosedur kerja. Semua peralatan seperti *hot stick*, *bypass jumper*, atau mobil *bucket* harus diuji secara berkala untuk memastikan isolasi tetap aman bagi personel.[7]



Gambar 2. 2 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

2.1.2 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Sejarah PDKB di Indonesia menunjukkan evolusi dari metode alternatif menjadi strategi utama dalam menjaga keandalan sistem distribusi. Dimulai dari adopsi metode luar negeri pada 1980-an, berkembang melalui pembentukan unit khusus dan standarisasi, hingga kini menjadi bagian penting transformasi PLN dalam meningkatkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik. PDKB bukan sekadar teknik kerja, tetapi simbol komitmen terhadap pelayanan tanpa padam dan peningkatan kualitas penyediaan tenaga listrik di Indonesia.

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah aktivitas yang meliputi pemeliharaan, perbaikan, serta perluasan jaringan listrik yang dilaksanakan saat sistem tetap bertegangan tanpa dilakukan pemadaman. Melalui metode ini, kontinuitas pasokan listrik dapat tetap terjaga sehingga pelanggan tidak merasakan gangguan selama pekerjaan berlangsung. Energi yang terselamatkan dalam hal ini adalah energi listrik yang tetap tersalurkan meskipun kegiatan pemeliharaan dilakukan tanpa pemadaman. Pada jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), penerapan PDKB efektif untuk mengurangi potensi gangguan yang dipicu oleh berbagai faktor eksternal. Gangguan tersebut berpotensi menimbulkan kerugian, baik bagi PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik maupun bagi konsumen sebagai pengguna energi listrik.[8]

Pada jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), penerapan PDKB

terbukti efektif dalam meminimalisir gangguan yang timbul akibat faktor eksternal, seperti kondisi cuaca ekstrem, gangguan vegetasi, maupun kerusakan komponen jaringan. Apabila gangguan tersebut tidak ditangani dengan cepat, hal ini dapat menimbulkan kerugian yang signifikan, baik bagi PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik maupun bagi konsumen yang sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik. Oleh karena itu, keberadaan PDKB tidak hanya berfungsi menjaga kontinuitas pasokan listrik, tetapi juga menjadi bagian dari strategi peningkatan keandalan sistem distribusi tenaga listrik agar pelayanan kepada masyarakat tetap optimal dan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.[9]



Gambar 2. 3 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

(Sumber : Pribadi, September 2025)

2.1.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan secara terencana maupun tidak terencana untuk menjaga, memperbaiki, dan memastikan peralatan listrik dapat beroperasi dengan baik sesuai fungsi yang diharapkan. Dalam sistem tenaga listrik, pemeliharaan memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan keandalan jaringan serta kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Terdapat beberapa jenis pemeliharaan, yaitu pemeliharaan preventif (dilakukan secara berkala untuk mencegah terjadinya gangguan), pemeliharaan korektif (dilakukan setelah terjadi kerusakan atau gangguan), serta pemeliharaan prediktif (berdasarkan analisis kondisi peralatan sehingga tindakan dapat dilakukan sebelum kerusakan terjadi). Di sisi lain, PLN juga menerapkan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) sebagai bagian dari strategi pemeliharaan, di mana pekerjaan perbaikan dan perawatan jaringan listrik dilakukan tanpa perlu memadamkan aliran listrik, sehingga pasokan energi tetap terjaga dan gangguan layanan dapat diminimalisir.[10]

Pemeliharaan pada sistem distribusi tenaga listrik adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan menjaga keandalan, keamanan, dan kontinuitas penyaluran listrik kepada

pelanggan. Kegiatan ini mencakup inspeksi rutin, perbaikan, penggantian komponen, hingga tindakan pencegahan agar peralatan tetap berfungsi optimal. Tanpa pemeliharaan yang baik, gangguan kecil dapat berkembang menjadi kerusakan besar yang berpotensi menimbulkan pemadaman luas dan merugikan baik penyedia maupun konsumen listrik. Untuk itu, PLN menerapkan berbagai metode pemeliharaan, termasuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) yang memungkinkan pekerjaan dilakukan tanpa memutus aliran listrik, sehingga penyulang sakit bisa disembuhkan membuat sistem menjadi handal.

2.1.4 Pemeliharaan dengan Metode PDKB

Pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik dengan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan strategi yang dilakukan PLN untuk menjaga keandalan pasokan energi listrik tanpa menimbulkan pemadaman. Dengan cara ini, kontinuitas penyaluran energi tetap terjaga sehingga pelanggan tidak merasakan gangguan layanan. Penerapan pemeliharaan berbasis PDKB sangat relevan untuk jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) karena mampu mengurangi risiko gangguan akibat faktor eksternal seperti cuaca, vegetasi, dan kerusakan isolasi. Selain itu, PDKB juga berkontribusi terhadap efisiensi operasional PLN dengan cara menekan nilai indeks keandalan seperti SAIDI dan SAIFI, serta mengurangi potensi kerugian baik bagi perusahaan maupun pelanggan. Oleh karena itu, pemeliharaan dengan metode PDKB menjadi salah satu pilar utama dalam mendukung keberlangsungan penyaluran tenaga listrik secara andal di jaringan distribusi 20 kV.[11]

Pemeliharaan dengan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah bentuk inovasi pemeliharaan jaringan distribusi yang memungkinkan pekerjaan dilakukan tanpa mematikan aliran listrik. Berbeda dengan metode konvensional yang sering menimbulkan pemadaman, PDKB memberikan solusi agar perbaikan, perawatan, maupun perluasan jaringan dapat tetap dilaksanakan sambil menjaga kontinuitas suplai listrik ke pelanggan. Metode ini sangat penting diterapkan pada jaringan tegangan menengah 20 kV

karena mampu mengurangi potensi gangguan akibat faktor eksternal, menekan kerugian energi yang hilang, serta meningkatkan efisiensi operasional PLN. Dengan pemeliharaan berbasis PDKB, keandalan jaringan dapat dipertahankan, nilai indeks SAIDI dan SAIFI dapat ditekan, serta kualitas pelayanan listrik kepada masyarakat tetap optimal.



Gambar 2. 4 Pemeliharaan Metode PDKB

2.1.5 Prosedur Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan Tegangan Menengah

Langkah-langkah Pekerjaan

Sesuai pada SOP Nomor 001. SOP PDKB-TM/11/113/KOMISI PDKB/2017. (IK PDKB-TM SL Pemeliharaan Isolator Tumpu Fase R - OK, n.d.)

- a. Memasang *No Voltage Detector* Pada Phasa R : *No Voltage Detector* dipasang minimal sejauh 2 kali panjang *Conductor Cover* dari Pin Insulator dan posisi ON.
- b. Memasang 1 (satu) buah *Conductor Cover* dan 1 (satu) buah *Line Hose* pada phasa R terdekat. Posisi boss *Conductor Cover* dan boss *Line Hose* menghadap pin insulator.
- c. Memasang pin type insulator cover phasa R. Sambungkan *Conductor Cover* dengan Pin Type *Insulator Cover*.
- d. Memasang 2 (dua) buah *Conductor Cover* phasa R sisi yang lain. Sambungkan *Conductor Cover* dengan Pin Type *Insulator Cover*.
- e. Memasang 2 (dua) buah *Conductor Cover* phasa S. Posisi boss *Conductor Cover* menghadap pin insulator.
- f. Memasang pin type insulator cover phasa S. Sambungkan *Conductor Cover* dengan Pin Type *Insulator Cover*.

- g. Memasang Insulating *Flexible Cover Without Opening* pada cross arm.
- h. Memasang Plastic Peg pada Insulating *Flexible Cover Without Opening*.
- i. Memasang2 (dua) buah *Conductor Cover* fasa S sisi yang lain. Sambungkan *Conductor Cover* dengan Pin Type *Insulator Cover*.
- j. Menutup bagian konduktif dari Pin Insulator dengan *Cross Arm Cover* atau Insulating *Flexible Cover With Opening*.
- k. Membalik salah satu sisi Cover agar bias tersambung dengan Cover yang lain.
- l. Membuka Pin Type *Insulator Cover* Fasa R.
- m. Membuka ikatan Tie Wire Pin Insulator dengan tang kombinasi dan potong Tie Wire setiap kurang lebih 10 cm.
- n. Pasang Conductor Cover pada fasa R di kedua ujung kemudian letakkan konduktor di atas Cross Arm Cover, dengan arah cover menghadap ke sisi tiang. Apabila menggunakan Cross Arm Cover terlebih dahulu, geserkan cover tersebut mendekati tiang. Namun jika memakai *Insulating Flexible Cover with Opening*, buka penutupnya lalu kunci dengan Plastic Peg di bagian atas *Cross Arm Cover*.
- o. Mengganti Pin Insulator. Menurunkan Insulator lama dan menaikkan Insulator baru dengan menggunakan *Sling*. Menggunakan Tool kit untuk membuka mur baut Pin Insulator. Menurunkan Insulator lama dan menaikkan Insulator baru dengan menggunakan *Sling*.
- p. Mengembalikan konduktor fasa R ke Pin Insulator. Melepas sambungan *Conductor Cover* fasa R setelah konduktor berada diatas Pin Insulator.
- q. Mengikat konduktor fasa R pada Pin Insulator dengan Tie Wire. Mengikat sesuai dengan ikatan standar konstruksi jaringan.
- r. Memasang Pin Type *Insulator Cover* pada Pin Insulator fasa R.
- s. Membalik salah satu sisi Cover dan sambungkan dengan Pin Type *Insulator Cover* pada kedua sisi.

- t. Melepas *Cross Arm Cover* atau *Insulating Flexible Cover With Opening*.
- u. Melepas *Conductor Cover* fhasa S sisi terjauh.
- v. Melepas Pin Type *Insulator Cover* fhasa S.
- w. Melepas *Insulating Flexible Cover Without Opening* dari Cross Arm.
- x. Melepas *Conductor Cover* fhasa S sisi terdekat.
- y. Melepas *Conductor Cover* fhasa R sisi terjauh.
- z. Melepas Pin Type *Insulator Cover* fhasa R.
- aa. Melepas *Conductor Cover* dan *Line Hose* fhasa R sisi terdekat. Melepas *No Voltage Detector*.

2.2. Penelitian yang Relevan

Pada penelitian ini, penulis melakukan studi literatur dengan menelaah sejumlah penelitian yang memiliki keterkaitan untuk dijadikan sebagai acuan. Sumber referensi yang digunakan dapat berasal dari jurnal, artikel, skripsi, maupun buku yang relevan. Beberapa referensi yang berhasil dikumpulkan penulis antara lain sebagai berikut:

1. Menurut M. Arief (2020) berjudul “LKP Prosedur Pekerjaan dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) 20kV pada Jaringan Distribusi di PT PLN (Persero) UP3 Medan Utara” membahas prosedur pelaksanaan PDKB pada jaringan distribusi tegangan menengah, termasuk metode yang digunakan, standar operasional kerja, serta aspek keselamatan kerja. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan PDKB memberikan manfaat signifikan dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik tanpa harus melakukan pemadaman, sekaligus berkontribusi terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi yang tercermin dari nilai SAIDI dan SAIFI. Kaitan dengan penelitian ini adalah penelitian Arief dapat menjadi acuan dalam menganalisis prosedur dan peran PDKB, sehingga dapat dibandingkan penerapannya di UP3 Jayapura untuk melihat efektivitasnya dalam mendukung keberlangsungan penyaluran tenaga listrik.
2. Penelitian M. Is, T. Tarmizi, dan R. Adriman (2025) berjudul “Evaluation of PDKB Performance’s Impact on SAIDI SAIFI at PT. PLN UP3 Langsa” mengkaji pengaruh kinerja Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) terhadap nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI di wilayah UP3 Langsa. Mereka melakukan evaluasi kuantitatif menggunakan data historis gangguan dan pemeliharaan, kemudian membandingkan situasi sebelum dan sesudah penerapan PDKB. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan efektivitas PDKB berbanding lurus dengan penurunan frekuensi (SAIFI) dan durasi gangguan (SAIDI). Relevansi penelitian ini terhadap penelitian kamu adalah sebagai bukti empiris bahwa PDKB dapat memberi kontribusi nyata terhadap peningkatan keandalan pada jaringan distribusi 20kV — sehingga kamu dapat menggunakan metodologi dan temuan penelitian ini sebagai pembanding atau acuan dalam meneliti UP3 Jayapura.

3. Penelitian oleh T. W. Pamungkas (2022) berjudul “Analisis Dampak Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) 20KV Terhadap Penyelamatan kWh dan Nilai SAIDI, SAIFI, CAIDI PT. PLN (Persero) Area Malang Rayon Kota” menganalisis sejauh mana penerapan PDKB pada jaringan 20kV di wilayah Malang berdampak terhadap penghematan energi (kWh terselamatkan) dan nilai-nilai indeks keandalan seperti SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PDKB mampu menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI, serta memberikan penghematan energi yang signifikan dibanding metode pemeliharaan konvensional. Keterkaitan dengan penelitianmu adalah temuan ini bisa menjadi pembandingan empiris untuk UP3 Jayapura, terutama dalam melihat efek PDKB terhadap penghematan energi dan perubahan indeks keandalan distribusi listrik di jaringan 20kV.
4. Penelitian M. A. G. Priyaya dan I. Syarif (2021) berjudul “*Analisis Energi Terselamatkan pada PDKB PT. PLN (Persero) Jawa Barat Bandung*” membahas penghitungan energi (kWh) yang terselamatkan saat pemeliharaan jaringan dilakukan tanpa pemadaman. Dalam penelitian tersebut, data gangguan pada jaringan SUTM di wilayah kerja Jawa Barat Bandung digunakan untuk menghitung energi terselamatkan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PDKB mampu menjaga kontinuitas pasokan listrik sekaligus menyelamatkan sejumlah energi listrik yang seharusnya hilang akibat pemadaman. Kaitan dengan penelitianmu adalah bahwa penelitian ini memperkuat argumen bahwa PDKB tidak hanya berdampak pada keandalan sistem (SAIDI/SAIFI) tetapi juga pada efisiensi energi — aspek yang bisa kamu bandingkan dan teliti di konteks UP3 Jayapura.
5. Penelitian oleh S. Amalia dan E. Saputra (2020) berjudul “*Pemeliharaan Jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV Feeder Mata Air*” membahas pelaksanaan kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi pada feeder 20kV di wilayah kerja yang diteliti. Fokus penelitian ini adalah identifikasi jenis-jenis pemeliharaan yang dilakukan, permasalahan teknis yang muncul, serta langkah-

langkah perbaikan untuk menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan yang terencana dan sesuai prosedur mampu mengurangi potensi gangguan pada jaringan distribusi, sekaligus mendukung kontinuitas suplai listrik ke pelanggan. Keterkaitannya dengan penelitianmu adalah bahwa penelitian ini menegaskan pentingnya strategi pemeliharaan, termasuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), sebagai upaya menjaga keandalan jaringan distribusi 20kV di UP3 Jayapura.

2.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran alur berpikir peneliti dari latar belakang masalah hingga tujuan penelitian. Melalui kerangka pemikiran ini, dijelaskan hubungan antara permasalahan yang dihadapi, solusi yang ditawarkan, serta manfaat yang diharapkan dari penelitian.



Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran Penelitian ini dimulai dari penyusunan latar belakang yang menjelaskan pentingnya peningkatan keandalan penyaluran energi listrik, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi permasalahan untuk menemukan sumber gangguan pada jaringan distribusi. Setelah permasalahan terdefinisi, dilakukan analisis mendalam untuk mengetahui penyebab dan dampaknya terhadap kontinuitas suplai listrik. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam merumuskan solusi melalui penerapan PDKM TM beserta manfaatnya sebagai metode pemeliharaan tanpa padam. Implementasi solusi ini selanjutnya diharapkan mampu menghasilkan peningkatan kesinambungan penyaluran energi listrik karena perbaikan dapat dilakukan tanpa pemadaman, dan pada akhirnya disimpulkan melalui hasil penelitian yang merangkum efektivitas penerapan PDKM TM.