

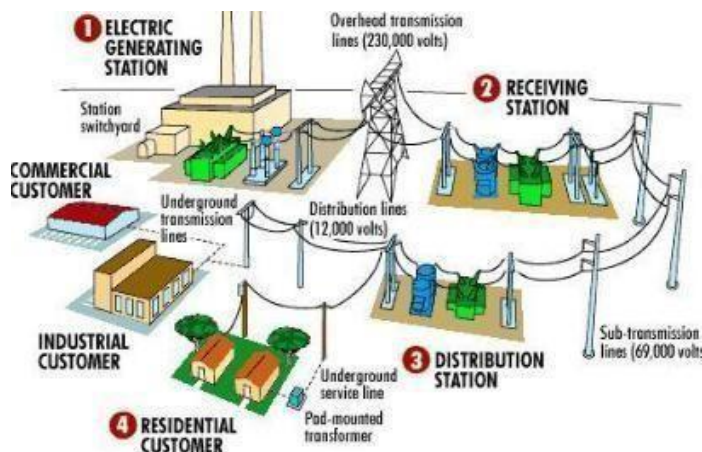
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu kesatuan yang saling terintegrasi antara pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang berfungsi untuk menghasilkan, menyalurkan, serta mendistribusikan energi listrik kepada konsumen dengan tingkat mutu, keandalan, dan keamanan tertentu [7]. Pada dasarnya, energi listrik yang dihasilkan di pusat pembangkit disalurkan melalui jaringan transmisi tegangan tinggi agar kerugian daya dapat diminimalisir, kemudian diturunkan tegangannya di gardu induk untuk didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan distribusi. Salah satu bagian penting dalam sistem tenaga listrik adalah jaringan distribusi tegangan menengah, khususnya jaringan 20 kV, yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk menuju gardu distribusi atau langsung ke pelanggan dengan kebutuhan daya menengah hingga besar [8]. Jaringan distribusi 20 kV dapat berbentuk saluran udara tegangan menengah (SUTM) maupun saluran kabel tanah menengah (SKTM), yang masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan, terutama dari sisi keandalan, biaya, dan tingkat keselamatan kerja.



Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik

Dalam operasionalnya, jaringan distribusi 20 kV tidak terlepas dari potensi bahaya kelistrikan yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Risiko tersebut dapat berupa sengatan listrik, ledakan akibat hubung singkat, kerusakan peralatan, hingga kecelakaan kerja di lapangan yang diakibatkan oleh kelalaian manusia maupun faktor lingkungan. Oleh karena itu, penerapan prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta sistem proteksi jaringan menjadi aspek penting dalam menjaga keamanan pekerja dan keandalan pasokan listrik. Upaya pengamanan dilakukan melalui peralatan proteksi seperti pemutus tenaga, recloser, fuse cut out, serta sistem pengawasan dan inspeksi yang dapat mendeteksi kondisi abnormal pada jaringan distribusi. Salah satu inovasi dalam hal ini adalah penggunaan Sistem INSPEKTA 20 kV yang dikembangkan oleh PT PLN (Persero). Sistem ini merupakan sarana inspeksi jaringan distribusi tegangan menengah yang dirancang untuk mendeteksi potensi bahaya kelistrikan secara dini, sehingga petugas dapat segera melakukan tindakan preventif sebelum gangguan atau kecelakaan terjadi. Dengan adanya INSPEKTA 20 kV, diharapkan risiko kecelakaan kerja manusia dapat diminimalisir, sekaligus meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik.[9]

2.1.2 Sistem Distribusi Listrik 20 kV

Sistem distribusi listrik merupakan salah satu bagian utama dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke konsumen akhir. Setelah melalui proses penurunan tegangan pada gardu induk, energi listrik didistribusikan melalui jaringan distribusi tegangan menengah (umumnya 20 kV di Indonesia) dan kemudian diturunkan lagi pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah (220/380 V) untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri kecil. Jaringan distribusi ini memiliki peran yang sangat penting karena menjadi penghubung terakhir antara penyedia energi listrik dan konsumen, sehingga tingkat keandalan dan keselamatan pada jaringan distribusi sangat mempengaruhi kualitas pelayanan listrik.[10]

Secara umum, jaringan distribusi dibagi menjadi dua, yaitu jaringan distribusi primer dengan tegangan menengah (20 kV) dan jaringan distribusi sekunder dengan tegangan rendah. Jaringan distribusi primer biasanya digunakan untuk menyalurkan

tenaga listrik ke pelanggan besar seperti kawasan industri, perkantoran, atau pusat perbelanjaan, sedangkan jaringan distribusi sekunder melayani pelanggan kecil seperti rumah tangga. Jaringan distribusi dapat berbentuk Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) maupun Saluran Kabel Tanah Menengah (SKTM). SUTM lebih banyak digunakan karena biaya konstruksi relatif lebih murah dan lebih mudah dalam hal pemeliharaan, namun memiliki risiko lebih besar terhadap gangguan eksternal seperti pohon tumbang, cuaca ekstrem, dan potensi kecelakaan kerja.



Gambar 2. 2 Sistem Distribusi Listrik

Dalam konteks operasional, jaringan distribusi 20 kV memiliki tingkat risiko bahaya yang cukup tinggi, baik terhadap keandalan sistem maupun keselamatan kerja petugas. Risiko ini antara lain meliputi sengatan listrik, hubung singkat akibat gangguan isolasi, hingga kecelakaan akibat kurangnya prosedur keselamatan kerja. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem proteksi dan pengawasan yang memadai untuk menjamin keamanan jaringan distribusi sekaligus melindungi pekerja dari potensi kecelakaan. Penerapan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta penggunaan alat pelindung diri (APD) wajib diterapkan dalam setiap aktivitas pemeliharaan dan perbaikan jaringan distribusi. Selain itu, PLN juga mengembangkan sistem inspeksi khusus, salah satunya Sistem INSPEKTA 20 kV, yang berfungsi mendeteksi potensi bahaya dan kondisi abnormal pada jaringan distribusi tegangan menengah, sehingga tindakan preventif dapat dilakukan lebih cepat. Dengan adanya penerapan pengawasan dan sistem inspeksi yang

terukur, diharapkan potensi kecelakaan kerja manusia dapat ditekan, sekaligus meningkatkan keandalan dan kualitas penyaluran energi listrik kepada konsumen.

2.1.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Jaringan Distribusi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan salah satu aspek penting yang wajib diterapkan dalam setiap aktivitas ketenagalistrikan, khususnya pada pekerjaan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Pekerjaan di lapangan memiliki risiko tinggi terhadap kecelakaan, seperti tersengat arus listrik, jatuh dari ketinggian, terpapar ledakan akibat hubung singkat, maupun cedera yang disebabkan oleh kondisi lingkungan kerja. Untuk itu, penerapan prinsip K3 bertujuan melindungi pekerja dari bahaya, menjamin kelancaran operasi jaringan, serta meningkatkan keandalan pasokan listrik kepada konsumen.[11]



Gambar 2. 3 Alat Pelindung Diri

Dalam praktiknya, penerapan K3 pada jaringan distribusi dilakukan melalui penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai standar, penerapan prosedur kerja aman, serta kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku seperti Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan Standar PLN (SPLN). Selain itu, dibutuhkan juga upaya pengawasan melalui sistem proteksi dan inspeksi jaringan agar potensi bahaya dapat terdeteksi lebih awal sebelum menimbulkan kecelakaan kerja. K3 tidak hanya berfokus pada perlindungan

tenaga kerja, tetapi juga menjadi bagian integral dalam menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik dan menjaga reputasi perusahaan dalam memberikan pelayanan yang andal kepada masyarakat.[12]



Gambar 2. 4 Breafing Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Dengan penerapan K3 yang konsisten pada jaringan distribusi 20 kV, risiko kecelakaan kerja dapat ditekan seminimal mungkin. Hal ini selaras dengan tujuan PT PLN (Persero) untuk menciptakan budaya kerja yang berorientasi pada keselamatan sekaligus menjaga keberlangsungan sistem distribusi tenaga listrik yang aman dan handal.

2.1.4. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

Sistem proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen penting yang berfungsi untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik sekaligus melindungi peralatan serta personel dari potensi bahaya kelistrikan. Jaringan distribusi 20 kV yang menjadi tulang punggung penyaluran listrik ke konsumen rentan

terhadap berbagai gangguan, seperti hubung singkat akibat isolasi yang rusak, gangguan akibat pohon atau binatang, hingga kesalahan operasional manusia. Tanpa adanya sistem proteksi yang baik, gangguan tersebut dapat menimbulkan kerusakan peralatan, pemadaman listrik dalam skala luas, bahkan kecelakaan kerja pada petugas lapangan. Oleh karena itu, sistem proteksi dirancang agar mampu mendeteksi, mengisolasi, dan mengamankan bagian jaringan yang terganggu dengan cepat, sehingga dampak gangguan dapat diminimalisir.

Peralatan proteksi pada jaringan distribusi meliputi pemutus tenaga (circuit breaker), recloser, sectionalizer, fuse cut out (FCO), serta relay proteksi yang bekerja berdasarkan arus lebih, hubung tanah, atau tegangan abnormal. Prinsip kerjanya adalah memutus bagian jaringan yang terganggu agar tidak memengaruhi keseluruhan sistem. Dalam konteks keselamatan kerja, sistem proteksi juga berperan penting untuk mengurangi potensi bahaya bagi petugas, karena dengan isolasi yang cepat, kemungkinan terjadinya sengatan listrik atau kecelakaan akibat peralatan bertegangan dapat ditekan.[13]

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem proteksi tidak hanya berfungsi sebagai pemutus arus gangguan, tetapi juga dilengkapi dengan sistem monitoring dan inspeksi yang dapat mendeteksi kondisi abnormal lebih dini. Salah satunya adalah Sistem INSPEKTA 20 kV, yang dikembangkan untuk mendukung kegiatan inspeksi dan pengamanan jaringan distribusi. Dengan INSPEKTA, potensi bahaya seperti sambungan longgar, peralatan aus, atau anomali lainnya dapat diketahui lebih cepat sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi gangguan serius atau kecelakaan kerja. Hal ini menunjukkan bahwa sistem proteksi modern tidak hanya berorientasi pada keandalan penyaluran listrik, tetapi juga pada peningkatan keselamatan kerja manusia yang berhubungan langsung dengan jaringan distribusi 20 kV.

2.1.5. Sistem INSPEKTA 20 kV

Sistem INSPEKTA 20 kV merupakan salah satu inovasi yang dikembangkan oleh salah satu pegawai PT. PLN (Persero) UP3 Mamuju yaitu Bapak Muh. Ikbil untuk

mendukung kegiatan inspeksi dan pengawasan jaringan distribusi tegangan menengah. INSPEKTA sendiri merupakan singkatan dari Inspeksi Tegangan Menengah 20 kV, yang berfungsi sebagai sarana deteksi dini terhadap potensi gangguan maupun bahaya kelistrikan pada jaringan distribusi. Sistem ini dirancang agar dapat membantu petugas lapangan dalam melakukan pemeriksaan kondisi jaringan secara lebih terstruktur, cepat, dan akurat. Dengan adanya INSPEKTA 20 kV, proses identifikasi bahaya lebih efektif dari aktifitas pekerja bangunan dekat dengan penghantar SUTM sehingga risiko kecelakaan kerja dan padam jaringan dapat diminimalisir.



Gambar 2. 5 Alat Inspekta 20kV

Prinsip kerja INSPEKTA 20 kV adalah melakukan pemantauan visual dan teknis terhadap kondisi peralatan distribusi dengan metode inspeksi yang mengacu pada standar PLN. Hasil inspeksi kemudian diklasifikasikan untuk menentukan tingkat bahaya atau potensi gangguan, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemeliharaan jaringan. Dengan sistem ini, petugas tidak hanya melakukan pemeriksaan rutin, tetapi juga mendapatkan panduan dalam menilai tingkat risiko dari suatu temuan di lapangan. Hal ini menjadikan INSPEKTA 20 kV sebagai salah satu instrumen penting

dalam mendukung penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di bidang ketenagalistrikan.



Gambar 2. 6 Pemasangan Inspekta 20kV

Selain aspek keselamatan, penerapan Sistem INSPEKTA 20 kV juga berkontribusi terhadap peningkatan keandalan pasokan listrik. Dengan kemampuan mendeteksi dini kondisi abnormal, gangguan dapat dicegah sebelum berdampak pada konsumen. Hal ini sangat penting bagi PT PLN (Persero) UP3 Mamuju yang mengelola jaringan distribusi cukup luas dan melayani berbagai lapisan masyarakat. Oleh karena itu, INSPEKTA 20 kV bukan hanya berfungsi sebagai alat inspeksi, tetapi juga sebagai strategi manajemen risiko untuk mendukung terciptanya sistem distribusi tenaga listrik yang aman, andal, dan efisien.

2.1.5.1. Komponen dan Cara Kerja Alat INSPEKTA 20 kV

INSPEKTA 20 kV merupakan alat pengaman jaringan distribusi tegangan menengah yang berfungsi memberikan peringatan dini kepada masyarakat apabila terdapat aktivitas di sekitar jaringan listrik. Alat ini bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan

sumber energi mandiri dan sistem sensor untuk mendeteksi objek yang berada dalam jarak tertentu dari jaringan.

Komponen utama INSPEKTA 20 kV meliputi:

1. Solar cell sebagai sumber energi listrik.
2. Rangkaian power supply (mini UPS) untuk penyimpanan energi.
3. Sistem kontrol berbasis mikrokontroler Arduino Nano 328P.
4. Rangkaian elektronika daya.
5. Output berupa buzzer dan LED sebagai alarm peringatan.

Prinsip kerja alat ini adalah mendeteksi objek yang berada pada jarak kurang lebih 3 meter dari jaringan distribusi. Ketika objek mendekat, alat akan mengeluarkan suara dan cahaya sebagai peringatan bahaya listrik. Sistem ini diharapkan mampu mencegah kecelakaan masyarakat umum akibat aktivitas yang terlalu dekat dengan jaringan listrik.

2.1.6. Potensi Bahaya pada Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Menengah 20 kV

Jaringan distribusi listrik tegangan menengah 20 kV merupakan salah satu bagian sistem tenaga listrik yang memiliki tingkat risiko keselamatan kerja paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh besarnya tegangan kerja, karakteristik jaringan yang terbuka (overhead line), serta interaksi langsung dengan lingkungan dan aktivitas manusia. Pada sistem distribusi 20 kV, energi listrik tidak hanya berpotensi menimbulkan gangguan teknis, tetapi juga dapat menyebabkan kecelakaan serius hingga fatal apabila tidak dikelola dengan baik.

Potensi bahaya utama pada jaringan distribusi 20 kV berasal dari kondisi konduktor yang selalu berada pada keadaan bertegangan selama sistem beroperasi. Tegangan sebesar 20.000 volt mampu menghasilkan arus listrik yang dapat menyebabkan luka bakar listrik (electrical burn), henti jantung, gangguan sistem saraf, hingga kematian. Bahaya ini dapat terjadi baik melalui sentuhan langsung terhadap konduktor bertegangan maupun melalui

sentuhan tidak langsung akibat kebocoran arus listrik ke bagian logam atau struktur pendukung jaringan.

Selain bahaya listrik secara langsung, jaringan distribusi 20 kV juga memiliki potensi bahaya mekanis. Tiang listrik yang mengalami kemiringan, pondasi yang melemah, atau aksesoris jaringan yang tidak terpasang dengan baik dapat roboh dan menimpa pekerja atau masyarakat. Kondisi ini sering diperparah oleh faktor usia peralatan dan kurangnya pemeliharaan berkala. Pada daerah dengan kondisi geografis tertentu, seperti tanah labil atau wilayah pesisir, risiko kegagalan mekanis jaringan menjadi semakin tinggi.

Faktor lingkungan turut memberikan kontribusi besar terhadap meningkatnya potensi bahaya. Cuaca ekstrem seperti hujan lebat, angin kencang, dan petir dapat menyebabkan konduktor bergeser dari posisi normal, isolator mengalami flashover, atau pohon tumbang yang mengenai jaringan. Kondisi tersebut tidak hanya berpotensi menimbulkan gangguan pasokan listrik, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan kecelakaan masyarakat umum di sekitar jaringan.

Aktivitas manusia di sekitar jaringan distribusi 20 kV juga menjadi sumber potensi bahaya yang signifikan. Pembangunan rumah, ruko, dan bangunan lainnya yang tidak memperhatikan jarak bebas minimum terhadap jaringan sering ditemukan di lapangan. Selain itu, penggunaan alat bantu seperti tangga, bambu panjang, atau peralatan logam di dekat jaringan bertegangan dapat memicu terjadinya kecelakaan listrik. Kurangnya pemahaman masyarakat tentang bahaya listrik semakin memperbesar risiko terjadinya kecelakaan.

2.1.7. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Jaringan Distribusi 20 kV

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada jaringan distribusi 20 kV merupakan upaya sistematis dan terencana untuk melindungi tenaga kerja dari potensi bahaya yang timbul akibat aktivitas ketenagalistrikan. Penerapan K3 tidak hanya bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja, tetapi juga untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Pekerjaan pada jaringan distribusi 20 kV meliputi berbagai aktivitas seperti inspeksi, pemeliharaan, perbaikan gangguan, penggantian komponen, dan pekerjaan konstruksi jaringan baru. Sebagian besar pekerjaan tersebut dilakukan di lapangan terbuka dengan kondisi lingkungan yang dinamis dan sering kali melibatkan pekerjaan di ketinggian. Oleh karena itu, risiko kecelakaan kerja pada jaringan distribusi 20 kV tergolong tinggi dibandingkan dengan jenis pekerjaan lainnya.

Penerapan K3 pada jaringan distribusi 20 kV mencakup beberapa aspek utama, yaitu aspek teknis, administratif, dan perilaku manusia. Aspek teknis meliputi pengamanan sumber energi listrik melalui pemadaman terencana, pengujian ketiadaan tegangan, pemasangan pentanahan sementara, serta penggunaan peralatan kerja yang sesuai standar. Aspek administratif mencakup penerapan prosedur kerja, izin kerja, briefing keselamatan (toolbox meeting), dan pengawasan lapangan. Sementara itu, aspek perilaku manusia berkaitan dengan tingkat kesadaran, kepatuhan, dan disiplin pekerja dalam menerapkan prinsip-prinsip keselamatan kerja.

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari penerapan K3 pada jaringan distribusi 20 kV. APD yang digunakan harus sesuai dengan jenis pekerjaan dan potensi bahaya yang ada, seperti helm keselamatan, sarung tangan isolasi, sepatu safety, pakaian kerja tahan api, serta pelindung wajah. Penggunaan APD yang tepat dapat mengurangi tingkat keparahan cedera apabila terjadi kecelakaan kerja.

2.1.8. Konsep Unsafe Action dan Unsafe Condition dalam Kecelakaan Ketenagalistrikan

Kecelakaan kerja di bidang ketenagalistrikan, khususnya pada jaringan distribusi 20 kV, umumnya tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan merupakan hasil dari rangkaian kondisi dan tindakan yang tidak aman. Dua konsep utama yang sering digunakan dalam analisis kecelakaan kerja adalah unsafe action dan unsafe condition.

Unsafe action adalah tindakan atau perilaku manusia yang tidak sesuai dengan prosedur kerja aman dan prinsip K3. Contoh unsafe action pada pekerjaan jaringan distribusi 20 kV antara lain bekerja tanpa menggunakan APD, mengabaikan jarak aman

terhadap konduktor bertegangan, tidak melakukan pengujian ketiadaan tegangan sebelum bekerja, serta melakukan pekerjaan tanpa izin kerja resmi. Tindakan-tindakan tersebut dapat secara langsung meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja.

Unsafe condition adalah kondisi lingkungan atau peralatan yang tidak memenuhi standar keselamatan. Pada jaringan distribusi 20 kV, unsafe condition dapat berupa isolator retak atau kotor, jarak bebas konduktor yang tidak sesuai standar, tiang listrik yang miring, atau vegetasi yang terlalu dekat dengan jaringan. Kondisi tidak aman ini sering kali menjadi pemicu terjadinya kecelakaan, terutama apabila dikombinasikan dengan unsafe action.

Hubungan antara unsafe action dan unsafe condition bersifat saling memperkuat. Kondisi peralatan yang tidak aman akan semakin berbahaya apabila dihadapi oleh pekerja yang tidak disiplin terhadap prosedur keselamatan. Sebaliknya, pekerja yang kompeten dan patuh terhadap K3 masih dapat mengalami kecelakaan apabila bekerja dalam kondisi lingkungan yang sangat tidak aman. Oleh karena itu, upaya pencegahan kecelakaan harus dilakukan secara menyeluruh dengan mengendalikan kedua faktor tersebut.

2.1.9. Inspeksi Jaringan Distribusi sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja

Inspeksi jaringan distribusi merupakan kegiatan pemeriksaan sistematis dan terencana untuk menilai kondisi peralatan, lingkungan, serta potensi bahaya yang terdapat pada jaringan listrik. Inspeksi bertujuan untuk mendeteksi sejak dini adanya kondisi tidak aman yang dapat menyebabkan gangguan sistem maupun kecelakaan kerja manusia.

Pada jaringan distribusi 20 kV, kegiatan inspeksi meliputi pemeriksaan visual terhadap konduktor, isolator, tiang, peralatan proteksi, serta jarak bebas jaringan terhadap bangunan dan vegetasi. Inspeksi juga mencakup penilaian kondisi lingkungan sekitar jaringan, seperti keberadaan pohon, bangunan baru, atau aktivitas masyarakat yang berpotensi membahayakan keselamatan.

Hasil inspeksi biasanya diklasifikasikan berdasarkan tingkat risiko, mulai dari risiko rendah hingga risiko tinggi. Temuan dengan tingkat risiko tinggi harus segera

ditindaklanjuti dengan tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya kecelakaan atau gangguan sistem. Dengan demikian, inspeksi berperan sebagai alat pengendalian risiko yang efektif dalam sistem manajemen K3.

Inspeksi yang dilakukan secara rutin dan terdokumentasi dengan baik juga berkontribusi terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi. Dengan mengidentifikasi potensi gangguan sebelum terjadi kerusakan serius, perusahaan dapat melakukan pemeliharaan preventif yang lebih efisien dan terencana.

2.1.10. Sistem INSPEKTA 20 kV sebagai Alat Pengendalian Risiko Keselamatan Kerja

Sistem INSPEKTA 20 kV merupakan sistem inspeksi terintegrasi yang dikembangkan untuk mendukung pengelolaan keselamatan dan keandalan jaringan distribusi tegangan menengah. Sistem ini digunakan untuk mencatat, mengelola, dan menganalisis hasil inspeksi jaringan secara sistematis dan berbasis data.

Melalui Sistem INSPEKTA 20 kV, setiap temuan inspeksi dicatat berdasarkan lokasi, jenis temuan, tingkat risiko, serta rekomendasi tindakan perbaikan. Data tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas pemeliharaan dan perbaikan jaringan. Dengan pendekatan ini, sumber daya pemeliharaan dapat dialokasikan secara lebih tepat sasaran.

Selain berfungsi sebagai alat teknis, INSPEKTA 20 kV juga berperan dalam meningkatkan budaya keselamatan kerja. Sistem ini mendorong keterlibatan aktif pekerja dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan melaporkannya secara sistematis. Dengan adanya dokumentasi yang jelas dan transparan, manajemen dapat melakukan evaluasi kinerja keselamatan kerja secara berkelanjutan.

Dalam konteks unit kerja seperti UP3 dan ULP, INSPEKTA 20 kV menjadi instrumen penting dalam pengendalian risiko kecelakaan kerja dan kecelakaan masyarakat umum. Data hasil inspeksi dapat digunakan untuk analisis potensi kecelakaan per

penyulang, evaluasi efektivitas penerapan K3, serta perencanaan program perbaikan jaringan yang berorientasi pada keselamatan.

2.1.11. Jarak Aman dan Jarak Bebas Minimum pada Jaringan Distribusi 20 kV

Jarak aman dan jarak bebas minimum merupakan salah satu aspek paling krusial dalam pengelolaan keselamatan jaringan distribusi listrik tegangan menengah 20 kV. Jarak bebas didefinisikan sebagai jarak minimum sejauh 3 meter antara konduktor bertegangan dengan objek di sekitarnya, baik berupa bangunan, vegetasi, maupun permukaan tanah, yang harus dipenuhi untuk mencegah terjadinya sentuhan langsung maupun loncatan listrik.

Pada jaringan distribusi 20 kV, kegagalan dalam memenuhi jarak bebas minimum dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan listrik, terutama kecelakaan masyarakat umum. Kondisi ini sering ditemukan di lapangan akibat perkembangan wilayah pemukiman yang tidak terkontrol, di mana bangunan rumah atau fasilitas umum dibangun terlalu dekat dengan jaringan listrik. Selain itu, pertumbuhan vegetasi yang tidak dikelola dengan baik juga dapat mengurangi jarak aman antara konduktor dan lingkungan sekitar.

Jarak bebas minimum berfungsi untuk mengantisipasi berbagai kondisi operasi jaringan, termasuk kondisi ayunan konduktor akibat angin, pemuaian konduktor akibat suhu, serta kemungkinan terjadinya loncatan listrik pada kondisi lembab atau hujan. Apabila jarak bebas tidak mencukupi, maka potensi terjadinya flashover akan meningkat, yang dapat membahayakan keselamatan manusia dan keandalan sistem distribusi. Dalam konteks inspeksi jaringan menggunakan Sistem INSPEKTA 20 kV, pelanggaran jarak bebas minimum menjadi salah satu kategori temuan dengan tingkat risiko tinggi. Temuan ini umumnya diprioritaskan untuk segera dilakukan tindakan perbaikan, seperti relokasi jaringan, penyesuaian ketinggian konduktor, atau koordinasi dengan pihak terkait untuk penertiban bangunan dan vegetasi.

2.1.12. Vegetasi dan Pengaruhnya terhadap Keselamatan Jaringan Distribusi 20 kV

Vegetasi di sekitar jaringan distribusi 20 kV merupakan salah satu faktor eksternal yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keselamatan kerja dan keselamatan

masyarakat umum. Pohon dan tanaman yang tumbuh di dekat jaringan dapat menyebabkan berbagai permasalahan, mulai dari gangguan sistem hingga kecelakaan listrik yang fatal.

Kontak antara vegetasi dan konduktor bertegangan dapat terjadi akibat pertumbuhan alami tanaman atau akibat faktor lingkungan seperti angin kencang dan hujan lebat. Pada kondisi tersebut, cabang pohon yang menyentuh konduktor dapat menjadi media penghantar listrik, sehingga menimbulkan bahaya sentuh tidak langsung bagi manusia yang berada di sekitarnya. Selain itu, gesekan antara vegetasi dan konduktor juga dapat merusak isolasi, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kebocoran arus listrik.

Dari sudut pandang keselamatan kerja, vegetasi yang tidak terkelola dengan baik dapat menyulitkan proses inspeksi dan pemeliharaan jaringan. Pekerja harus menghadapi kondisi lapangan yang lebih berbahaya, terutama saat melakukan pekerjaan di ketinggian atau di area dengan akses terbatas. Oleh karena itu, pengelolaan vegetasi menjadi bagian penting dalam sistem manajemen keselamatan jaringan distribusi.

Dalam Sistem INSPEKTA 20 kV, kondisi vegetasi dicatat sebagai salah satu parameter utama inspeksi. Temuan terkait vegetasi biasanya diklasifikasikan berdasarkan tingkat kedekatan dengan konduktor dan potensi bahayanya. Dengan pendekatan ini, kegiatan pemangkasan vegetasi dapat direncanakan secara lebih efektif dan berkelanjutan untuk mendukung keselamatan jaringan dan manusia.

2.1.13. Kecelakaan Masyarakat Umum akibat Jaringan Distribusi 20 kV

Kecelakaan masyarakat umum merupakan salah satu indikator penting dalam evaluasi keselamatan ketenagalistrikan, khususnya pada jaringan distribusi 20 kV yang berada di lingkungan pemukiman. Berbeda dengan kecelakaan kerja yang melibatkan tenaga kerja terlatih, kecelakaan masyarakat umum sering kali terjadi akibat kurangnya pengetahuan dan kesadaran terhadap bahaya listrik.

Kecelakaan masyarakat umum pada jaringan distribusi 20 kV dapat terjadi dalam berbagai bentuk, seperti tersengat listrik akibat menyentuh benda bertegangan, terpapar

arus bocor dari struktur logam, atau terkena loncatan listrik saat beraktivitas di dekat jaringan. Anak-anak menjadi kelompok yang sangat rentan karena sering beraktivitas tanpa menyadari risiko bahaya di sekitarnya.

Faktor penyebab kecelakaan masyarakat umum umumnya merupakan kombinasi antara unsafe condition dan unsafe action. Unsafe condition dapat berupa jaringan yang terlalu dekat dengan bangunan, isolasi kabel yang rusak, atau vegetasi yang menyentuh konduktor. Sementara itu, unsafe action berasal dari aktivitas masyarakat seperti bermain layang-layang, menggunakan alat panjang berbahan logam, atau melakukan pekerjaan konstruksi tanpa memperhatikan keberadaan jaringan listrik.

Dalam pembahasan tugas akhir ini, data kecelakaan masyarakat umum menjadi dasar penting dalam menilai efektivitas pengamanan jaringan distribusi 20 kV. Melalui analisis hasil inspeksi dan temuan INSPEKTA, dapat diketahui sejauh mana potensi kecelakaan masyarakat umum dapat diminimalkan melalui tindakan perbaikan jaringan.

2.1.14. Peran Sistem Manajemen Keselamatan dalam Pengurangan Risiko Kecelakaan

Sistem manajemen keselamatan memiliki peran strategis dalam upaya pengendalian risiko kecelakaan kerja dan kecelakaan masyarakat umum pada jaringan distribusi 20 kV. Sistem ini mencakup kebijakan, prosedur, serta mekanisme pengawasan yang dirancang untuk memastikan seluruh aktivitas ketenagalistrikan dilakukan secara aman dan sesuai standar.

Dalam konteks jaringan distribusi, sistem manajemen keselamatan berfungsi untuk mengintegrasikan aspek teknis, administratif, dan perilaku manusia. Penerapan sistem ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi potensi bahaya secara sistematis, menilai tingkat risiko, serta menetapkan langkah pengendalian yang tepat. Dengan demikian, kecelakaan tidak hanya ditangani setelah terjadi, tetapi dicegah sejak tahap perencanaan dan operasional.

INSPEKTA 20 kV merupakan salah satu implementasi nyata dari sistem manajemen keselamatan di bidang distribusi tenaga listrik. Sistem ini menyediakan data dan informasi yang diperlukan untuk melakukan evaluasi keselamatan secara berkelanjutan. Melalui analisis data inspeksi, manajemen dapat mengidentifikasi pola temuan, menentukan penyulang dengan risiko tinggi, serta merancang program perbaikan yang lebih terarah.

2.1.15. Analisis Risiko pada Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Menengah 20 kV

Analisis risiko merupakan tahapan penting dalam upaya pengendalian keselamatan kerja dan keselamatan masyarakat umum pada jaringan distribusi listrik tegangan menengah 20 kV. Analisis risiko dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko yang ditimbulkan, serta menentukan langkah pengendalian yang paling tepat untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan.

Pada jaringan distribusi 20 kV, risiko kecelakaan tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya tegangan listrik, tetapi juga oleh kondisi fisik jaringan, lingkungan sekitar, serta aktivitas manusia di sekitarnya. Risiko dapat muncul akibat kegagalan teknis peralatan, seperti isolator yang rusak, konduktor yang kendur, atau sistem proteksi yang tidak berfungsi optimal. Selain itu, risiko juga dapat dipicu oleh faktor eksternal seperti cuaca ekstrem, pertumbuhan vegetasi, dan pembangunan bangunan yang tidak memperhatikan jarak aman jaringan.

Analisis risiko pada jaringan distribusi 20 kV umumnya dilakukan dengan mempertimbangkan dua parameter utama, yaitu kemungkinan terjadinya kecelakaan (probability) dan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (severity). Risiko dengan kemungkinan tinggi dan dampak besar dikategorikan sebagai risiko tinggi dan harus segera ditangani. Dalam konteks keselamatan ketenagalistrikan, risiko tinggi sering kali berkaitan dengan potensi kecelakaan fatal, baik terhadap pekerja maupun masyarakat umum.

Hasil analisis risiko menjadi dasar dalam penentuan prioritas pemeliharaan dan perbaikan jaringan. Penyulang dengan tingkat risiko tinggi memerlukan perhatian khusus melalui inspeksi yang lebih intensif, tindakan perbaikan segera, serta pengawasan yang

lebih ketat. Dengan demikian, analisis risiko berperan penting dalam mendukung penerapan keselamatan kerja yang berbasis pencegahan pada jaringan distribusi 20 kV.

2.1.16. Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja pada Jaringan Distribusi 20 kV

Tingkat risiko kecelakaan kerja pada jaringan distribusi 20 kV sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan yang dilakukan, kondisi jaringan, serta tingkat kepatuhan pekerja terhadap prosedur K3. Pekerjaan yang dilakukan di dekat atau langsung pada jaringan bertegangan memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi dibandingkan pekerjaan administratif atau pekerjaan yang dilakukan pada kondisi bebas tegangan.

Pekerjaan inspeksi dan pemeliharaan jaringan sering kali dilakukan di ketinggian dan di lingkungan terbuka, sehingga pekerja menghadapi risiko ganda, yaitu risiko listrik dan risiko mekanis. Risiko listrik meliputi sengatan listrik dan loncatan arus, sedangkan risiko mekanis meliputi jatuh dari ketinggian, tertimpa peralatan, atau cedera akibat alat kerja. Apabila kedua risiko tersebut terjadi secara bersamaan, tingkat keparahan kecelakaan dapat meningkat secara signifikan.

Tingkat risiko kecelakaan kerja juga dipengaruhi oleh faktor manusia, seperti kelelahan, kurangnya pengalaman, dan rendahnya kesadaran keselamatan. Pekerja yang tidak memahami sepenuhnya potensi bahaya jaringan 20 kV atau yang mengabaikan prosedur kerja aman cenderung memiliki risiko kecelakaan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi dan disiplin kerja menjadi faktor kunci dalam pengendalian risiko kecelakaan kerja.

2.1.17. Efektivitas Tindakan Perbaikan (Corrective Action) pada Jaringan Distribusi 20 kV

Tindakan perbaikan atau corrective action merupakan langkah lanjutan yang dilakukan setelah ditemukannya potensi bahaya melalui kegiatan inspeksi jaringan. Tindakan ini bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi risiko kecelakaan kerja dan kecelakaan masyarakat umum yang bersumber dari kondisi tidak aman pada jaringan distribusi 20 kV.

Pada jaringan distribusi 20 kV, tindakan perbaikan dapat berupa penggantian komponen yang rusak, penyesuaian posisi konduktor, pemangkasan vegetasi, perbaikan isolasi, atau relokasi jaringan yang terlalu dekat dengan bangunan. Setiap tindakan perbaikan harus dilakukan berdasarkan tingkat risiko yang telah dianalisis sebelumnya, sehingga sumber daya pemeliharaan dapat digunakan secara efektif.

Efektivitas tindakan perbaikan dapat diukur melalui penurunan jumlah temuan berisiko pada inspeksi berikutnya serta berkurangnya kejadian kecelakaan kerja dan kecelakaan masyarakat umum. Apabila tindakan perbaikan dilakukan secara tepat dan berkelanjutan, maka tingkat keselamatan jaringan distribusi 20 kV akan meningkat secara signifikan.

Dalam Sistem INSPEKTA 20 kV, pencatatan dan pemantauan tindakan perbaikan menjadi bagian penting dari siklus pengendalian risiko. Sistem ini memungkinkan evaluasi efektivitas tindakan perbaikan secara objektif berdasarkan data hasil inspeksi lapangan.

2.2. Penelitian yang Relevan

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

1. Penelitian yang dilakukan oleh T. S. Adiwibowo (2021) dengan judul “Evaluasi Penerapan ‘Inspekta’, Aplikasi Berbasis Website Untuk Pelaporan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Di PLN UPDL Semarang” membahas mengenai implementasi aplikasi INSPEKTA berbasis website sebagai sarana pelaporan dan monitoring potensi bahaya kerja di lingkungan PT PLN (Persero) UPDL Semarang. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi sejauh mana INSPEKTA dapat digunakan secara efektif untuk mendukung proses pelaporan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), mulai dari pencatatan temuan, tindak lanjut, hingga penyajian data yang lebih terintegrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

INSPEKTA mampu membantu meningkatkan ketertiban administrasi pelaporan K3 serta mempercepat proses identifikasi risiko kerja. Relevansi penelitian ini terhadap studi yang berjudul “penerapan inspekta 20kv untuk mencegah kecelakaan kerja manusia dan peningkatan keandalan jaringan distribusi listrik 20kv” terletak pada kesamaan topik, yaitu pemanfaatan Sistem INSPEKTA sebagai instrumen untuk meningkatkan keselamatan kerja. Meskipun lokasi dan ruang lingkup berbeda—penelitian Adiwibowo menitikberatkan pada fungsi aplikasi INSPEKTA dalam pelaporan berbasis website, sementara penelitian ini fokus pada penerapannya di jaringan distribusi 20 kV—keduanya sama-sama menekankan peran INSPEKTA dalam mendukung budaya keselamatan kerja di PLN. Oleh karena itu, penelitian Adiwibowo menjadi salah satu referensi penting karena dapat memberikan gambaran awal mengenai efektivitas INSPEKTA, yang selanjutnya dapat dibandingkan dengan hasil penerapannya pada sistem distribusi tenaga listrik 20 kV di PT PLN (Persero) UP3 Mamuju.

2. Penelitian yang dilakukan oleh N. V. Kristiani dan A. Sadad (2021) dengan judul “Strategi Penerapan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja oleh PLN (Persero) Unit Induk P3B Sumatera di Kota Pekanbaru” membahas strategi manajemen K3 yang diterapkan oleh PLN dalam rangka menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif di sektor ketenagalistrikan. Penelitian ini menyoroti berbagai kebijakan, program, serta upaya preventif yang dilakukan PLN untuk menekan angka kecelakaan kerja, termasuk penerapan prosedur keselamatan, pengawasan rutin, serta pemenuhan standar perlindungan tenaga kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan manajemen K3 yang terstruktur mampu meningkatkan kesadaran pekerja terhadap keselamatan, meminimalisir potensi kecelakaan, serta mendukung keberlangsungan operasional sistem tenaga listrik di wilayah kerja Pekanbaru. Relevansi penelitian ini terhadap studi “penerapan inspekta 20kv untuk mencegah kecelakaan kerja manusia dan peningkatan keandalan jaringan distribusi listrik 20kv” terletak pada kesamaan fokus yaitu pada upaya peningkatan keselamatan kerja di lingkungan PLN. Perbedaannya, penelitian

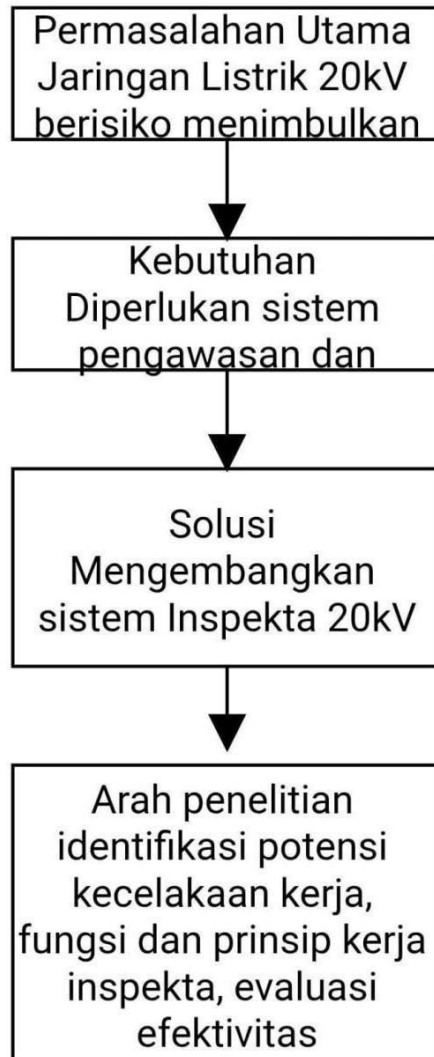
Kristiani dan Sadad lebih menekankan pada aspek manajemen dan strategi penerapan K3, sedangkan penelitian ini berfokus pada aspek teknis melalui pemanfaatan Sistem INSPEKTA 20 kV. Dengan demikian, penelitian tersebut menjadi referensi penting karena memberikan gambaran mengenai bagaimana pendekatan manajemen K3 dapat bersinergi dengan pendekatan teknis dalam rangka menekan risiko kecelakaan kerja di sektor distribusi tenaga listrik.

3. Penelitian yang dilakukan oleh E. Darmayanti (2018) dengan judul “Perlindungan Hukum Terhadap Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Perusahaan” membahas aspek hukum yang melandasi penerapan K3 di lingkungan kerja. Penelitian ini menekankan bahwa perusahaan memiliki kewajiban hukum untuk menjamin keselamatan tenaga kerja, yang diatur dalam peraturan perundang-undangan ketenagakerjaan maupun standar keselamatan nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan K3 bukan hanya kewajiban moral, tetapi juga memiliki landasan hukum yang kuat, sehingga jika perusahaan lalai dapat menimbulkan konsekuensi hukum maupun sosial. Relevansi penelitian ini terhadap studi “penerapan inspekta 20kv untuk mencegah kecelakaan kerja manusia dan peningkatan keandalan jaringan distribusi listrik 20kv” adalah sama-sama menyoroti pentingnya penerapan K3 dalam mencegah kecelakaan kerja. Bedanya, penelitian Darmayanti lebih berfokus pada aspek regulasi dan perlindungan hukum bagi pekerja, sementara penelitian ini mengkaji aspek teknis melalui pemanfaatan Sistem INSPEKTA 20 kV untuk mendukung keselamatan kerja pada jaringan distribusi listrik. Dengan demikian, penelitian Darmayanti dapat menjadi landasan teoritis sekaligus referensi penting karena memperkuat argumentasi bahwa penerapan K3 di bidang ketenagalistrikan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memiliki dasar hukum yang mengikat.
4. Penelitian oleh A. Manajemen et al. (2022) yang dipublikasikan dalam Journal of Applied Management Research dengan judul “Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved” membahas mengenai penerapan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja dalam konteks organisasi dan perusahaan.

Penelitian ini menyoroti bagaimana pendekatan manajerial, seperti perencanaan, pengorganisasian, dan pengawasan, dapat memengaruhi efektivitas implementasi K3 di lingkungan kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan manajemen yang sistematis mampu meningkatkan kepatuhan pekerja terhadap prosedur keselamatan, mengurangi angka kecelakaan, serta mendukung produktivitas perusahaan secara keseluruhan. Relevansinya dengan penelitian “penerapan inspekta 20kv untuk mencegah kecelakaan kerja manusia dan peningkatan keandalan jaringan distribusi listrik 20kv” terletak pada keterkaitannya dalam membahas aspek keselamatan kerja. Bedanya, penelitian Manajemen et al. lebih berfokus pada aspek manajerial penerapan K3, sementara penelitian ini menekankan pada aspek teknis dengan memanfaatkan Sistem INSPEKTA 20 kV sebagai alat deteksi dini bahaya kelistrikan. Dengan demikian, penelitian tersebut menjadi referensi penting karena memperlihatkan bahwa peningkatan keselamatan kerja tidak hanya ditopang oleh teknologi dan sistem proteksi, tetapi juga membutuhkan manajemen yang baik agar penerapan K3 berjalan efektif dan berkesinambungan.

2.3 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini berangkat dari adanya potensi kecelakaan kerja pada jaringan distribusi 20 kV. Untuk mengurangi risiko tersebut, digunakan Sistem INSPEKTA 20 kV sebagai alat deteksi dini. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi potensi kecelakaan, analisis prinsip kerja INSPEKTA, serta evaluasi efektivitas penerapannya di PT PLN (Persero) UP3 Mamuju.



Gambar 2. 7 Kerangka Pemikiran

Permasalahan utama dalam penelitian ini berangkat dari adanya risiko kecelakaan kerja pada jaringan listrik distribusi 20 kV. Jaringan ini memiliki peran penting dalam penyaluran energi listrik, namun di sisi lain juga berpotensi menimbulkan bahaya bagi petugas lapangan apabila tidak diawasi secara baik. Kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan akan sebuah sistem pengawasan dan deteksi dini yang mampu mengidentifikasi potensi gangguan maupun bahaya kelistrikan sejak awal. Sebagai solusi, PT PLN (Persero) mengembangkan Sistem INSPEKTA 20 kV yang dirancang untuk melakukan inspeksi,

memantau kondisi peralatan, serta memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya pada jaringan distribusi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan risiko kecelakaan kerja dapat diminimalisir dan keandalan penyaluran listrik tetap terjaga. Berdasarkan alur pemikiran tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan kerja pada jaringan distribusi 20 kV, menganalisis fungsi dan prinsip kerja Sistem INSPEKTA 20 kV, serta mengevaluasi efektivitas penerapan sistem ini dalam meningkatkan keselamatan kerja dan keandalan jaringan distribusi di PT PLN (Persero) UP3 Mamuju.