

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Kebutuhan akan daya listrik telah bertransformasi menjadi elemen fundamental yang menggerakkan seluruh sektor kehidupan modern. Dinamika kemajuan teknologi tidak hanya memicu lonjakan permintaan energi secara kuantitas (Lukman Nur Hakim, 2021), tetapi juga memperkenalkan berbagai perangkat elektronik kompleks dengan karakteristik beban non-linear. Perubahan profil beban ini memberikan tantangan baru bagi keandalan sistem tenaga listrik, terutama dalam menjaga konsistensi kualitas daya yang disalurkan kepada pengguna akhir (Kiswantono, 2025).

Evaluasi pemadaman pada jaringan distribusi 20 kV menggambarkan bahwa gangguan operasional seperti pemadaman memiliki implikasi langsung terhadap indeks keandalan jaringan distribusi, sehingga pemahaman teknis dalam mitigasi gangguan menjadi penting dalam perencanaan dan evaluasi jaringan distribusi listrik (Koerniawan, 2016). Menurut Hasanah (Wasri Hasanah et al., 2018), kualitas daya listrik berkaitan erat dengan distorsi tegangan dan arus yang berpengaruh pada performa sistem tenaga listrik, terutama di sistem dengan sumber energi terdistribusi.

Koerniawan dkk. (2024) menjelaskan bahwa pada jaringan distribusi tenaga listrik, masih terdapat potensi energi listrik yang tidak terukur akibat keterbatasan sistem pengukuran dan gangguan teknis pada peralatan monitoring seperti Automatic Meter Reading (AMR). Kondisi ini menyebabkan terjadinya susut energi yang dapat memengaruhi tingkat efisiensi penyaluran tenaga listrik. Oleh karena itu, akurasi pengukuran dan pemantauan sistem distribusi menjadi faktor penting dalam menekan kerugian energi pada jaringan distribusi (Koerniawan et al., 2024).

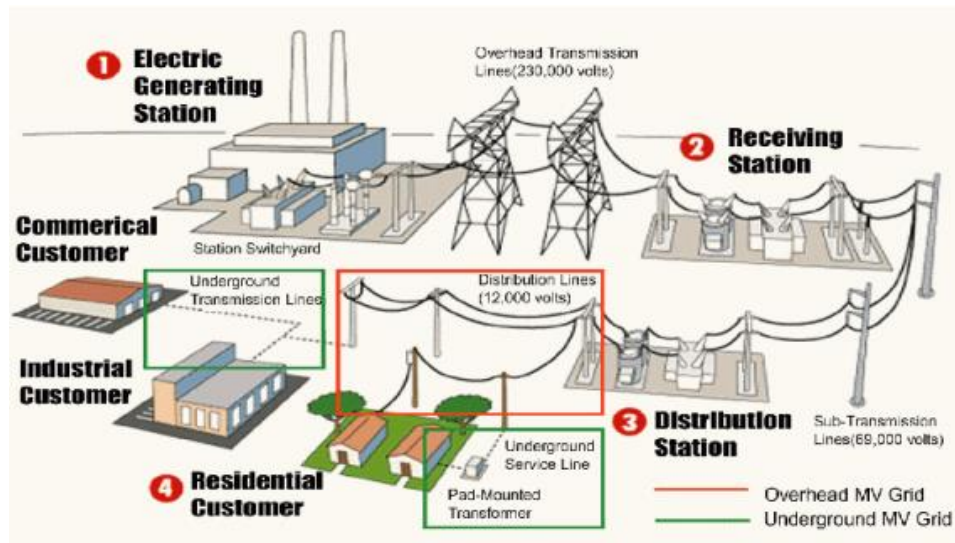
Sebagai penyedia layanan utama, PT PLN (Persero) dituntut untuk mengelola infrastruktur distribusi secara presisi guna meminimalkan degradasi kualitas daya. Dalam menghadapi kompleksitas jaringan yang tersebar luas, pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi krusial (Ahmad Hidayat,

2021). SIG memungkinkan pemetaan aset distribusi seperti Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Gardu Distribusi, hingga Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dilakukan secara spasial dan *real-time* (Ariyansyah & Latifah, 2023). Dengan mengintegrasikan data teknis ke dalam platform berbasis lokasi, anomali pada sistem dapat diidentifikasi secara lebih akurat berdasarkan titik koordinat geografis, sehingga efisiensi penyaluran energi dan standar kualitas daya tetap terjaga di tengah perkembangan beban yang dinamis.

2.2 Konsep Teori

2.2.1. Skema Sistem Tenaga Listrik

Secara umum, sistem dapat didefinisikan sebagai suatu kesatuan yang tersusun dari berbagai komponen atau elemen yang saling terintegrasi dan berinteraksi untuk mendukung aliran informasi, material, atau energi guna mencapai tujuan tertentu. Dalam konteks ketenagalistrikan, energi yang mengalir di dalam sistem tersebut berupa energi listrik. Sistem tenaga listrik merupakan rangkaian komponen yang saling terhubung dan bekerja secara terpadu, meliputi saluran transmisi, gardu induk, serta jaringan distribusi, yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan kebutuhan dan tingkat keandalan yang diharapkan. (Koerniawan, 2019). Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang memiliki peranan sangat penting dalam kehidupan manusia. Ketergantungan masyarakat modern terhadap energi listrik semakin meningkat, sehingga keberadaannya dapat disetarakan dengan kebutuhan dasar lainnya. Sistem tenaga listrik mencakup keseluruhan proses penyediaan energi listrik, mulai dari sistem pembangkitan, sistem transmisi, hingga sistem distribusi yang saling terintegrasi untuk memastikan penyaluran energi listrik kepada pengguna akhir. Struktur keterkaitan antar subsistem tersebut dapat digambarkan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Skema Tenaga Listrik

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang memiliki tingkat kegunaan yang sangat tinggi. Tingkat konsumsi energi listrik suatu negara sering dijadikan sebagai salah satu indikator perkembangan dan kemajuan pembangunan. Hal ini disebabkan oleh sifat energi listrik yang fleksibel, mudah disalurkan, serta dapat dengan cepat dikonversi menjadi berbagai bentuk energi lain sesuai dengan kebutuhan pengguna (Budi Kurniawan & Fasihu, 2024).

2.2.2. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu komponen utama dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menghasilkan energi listrik melalui proses konversi dari bentuk energi lain. Proses pembangkitan energi listrik dilakukan dengan menggunakan perangkat yang dikenal sebagai generator. Generator dapat menghasilkan energi listrik apabila porosnya berputar, di mana putaran tersebut diperoleh dari energi mekanik. Energi mekanik umumnya dihasilkan oleh turbin yang berfungsi mengubah energi dari sumber energi primer menjadi energi gerak (Koerniawan, 2019). Sumber energi primer yang digunakan dapat berasal dari berbagai jenis energi, seperti energi air, bahan bakar fosil, batu bara, angin, energi surya, dan sumber energi lainnya. Jenis pembangkit tenaga listrik kemudian diklasifikasikan berdasarkan sumber energi penggerak turbinnya, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang memanfaatkan uap bertekanan tinggi hasil pemanasan air sebagai penggerak turbin.

2.2.3. Transmisi

Saluran transmisi memiliki peranan penting dalam menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkitan menuju pusat beban. Untuk meminimalkan rugi-rugi daya selama proses penyaluran, energi listrik ditransmisikan pada tingkat tegangan tinggi hingga tegangan ekstra tinggi, seperti 50 kV dan 500 kV. Oleh karena itu, sebelum disalurkan melalui jaringan transmisi, tegangan listrik dinaikkan terlebih dahulu menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up transformer*). Berdasarkan bentuk fisiknya, saluran transmisi dapat berupa saluran udara maupun saluran bawah tanah.

Ditinjau dari aspek konstruksi, saluran transmisi dibedakan menjadi saluran udara (*overhead lines*) dan saluran bawah tanah (*underground cable*). Saluran udara menyalurkan energi listrik melalui penghantar yang digantung pada menara atau tiang transmisi dengan bantuan isolator sebagai penyangga dan pemisah listrik. Sementara itu, saluran bawah tanah menggunakan kabel-kabel yang ditanam di bawah permukaan tanah untuk menyalurkan energi listrik, yang umumnya diterapkan pada wilayah dengan keterbatasan ruang atau pertimbangan estetika dan keamanan. Adapun komponen utama saluran transmisi terdiri dari:

- a. Menara transmisi atau tiang transmisi beserta fondasinya
- b. Isolator
- c. Kawat penghantar (*conductors*)
- d. Kawat tanah (*ground wires*)

2.2.4. Distribusi

Sistem distribusi merupakan salah satu subsistem dalam sistem tenaga listrik yang berperan dalam menyalurkan energi listrik dari sumber daya listrik skala besar (*bulk power source*) hingga ke pengguna akhir. Fungsi utama sistem distribusi adalah mendistribusikan tenaga listrik ke berbagai titik beban atau pelanggan, sekaligus menjadi subsistem yang berinteraksi langsung dengan konsumen karena pasokan daya pada pusat-pusat beban dilayani melalui jaringan distribusi. Energi listrik yang berasal dari saluran transmisi terlebih dahulu diturunkan tegangannya menjadi sekitar 20 kV menggunakan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian disalurkan melalui jaringan distribusi primer.

Selanjutnya, dari jaringan distribusi primer, energi listrik dialirkan ke gardu-gardu distribusi untuk kembali diturunkan tegangannya menggunakan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 380/220 Volt. Tegangan rendah tersebut kemudian disalurkan melalui jaringan distribusi sekunder hingga mencapai konsumen akhir. Dengan demikian, sistem distribusi memiliki peran strategis dalam menjamin kontinuitas, kualitas, dan keandalan penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan.

2.2.5. Jaringan distribusi tegangan menengah

Sistem distribusi primer berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi menuju pusat-pusat beban. Penyaluran energi listrik pada sistem ini dapat menggunakan berbagai jenis media, seperti saluran udara, kabel udara, maupun kabel bawah tanah, yang pemilihannya disesuaikan dengan tingkat keandalan yang diharapkan serta kondisi lingkungan setempat. Jaringan distribusi primer dibentangkan sepanjang wilayah pelayanan hingga mencapai pusat beban. Penggunaan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama bertujuan untuk menekan rugi-rugi penyaluran energi listrik sekaligus memenuhi standar mutu tegangan yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero) sebagai pemegang Kuasa Usaha Ketenagalistrikan sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Ketenagalistrikan Nomor 30 Tahun 2009 (Kurniawan & Fasihu, 2023).

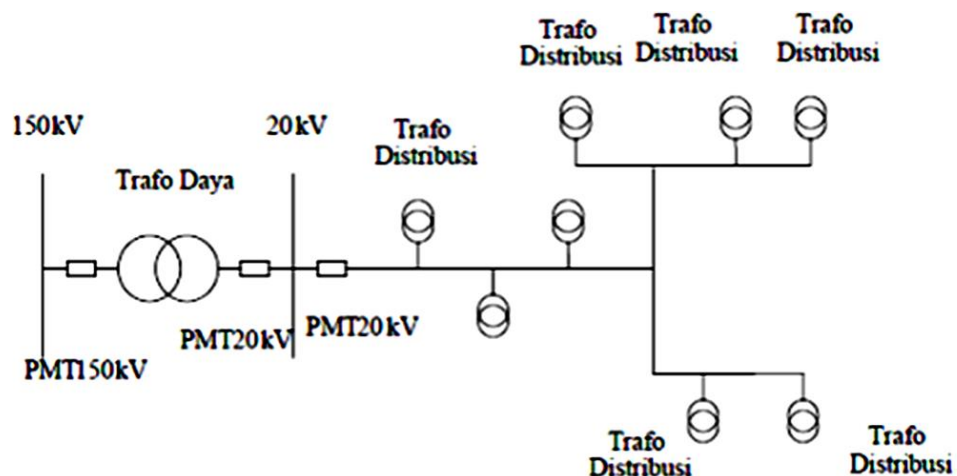
Jaringan distribusi tegangan menengah dengan saluran udara umumnya diterapkan pada wilayah dengan cakupan area luas, kepadatan beban rendah, atau sebagai daerah transisi antara kawasan perkotaan dan perdesaan. Jenis jaringan ini memiliki keunggulan dari sisi biaya investasi yang relatif rendah serta kemudahan dalam proses pembangunan dan pengoperasian, namun memerlukan pemeliharaan yang lebih intensif. Sebaliknya, jaringan distribusi tegangan menengah dengan saluran bawah tanah lebih banyak digunakan pada wilayah dengan kepadatan beban tinggi dan jangkauan terbatas. Meskipun membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dan proses pembangunan yang lebih kompleks, jaringan ini memiliki tingkat keandalan dan kontinuitas pelayanan yang lebih baik serta lebih mudah dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Untuk meningkatkan keandalan sistem, jaringan saluran bawah tanah umumnya dirancang dalam bentuk sistem loop guna

meminimalkan risiko pemadaman menyeluruh akibat gangguan (Koerniawan, 2016).

Berdasarkan struktur jaringannya, sistem distribusi primer dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe, antara lain jaringan radial, jaringan loop, jaringan spindle, serta bentuk konfigurasi lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem dan karakteristik wilayah pelayanan.

1. Jaringan Tipe Radial

Sistem distribusi dengan pola radial adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan tersebut, kemudian dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani. Apabila terjadi gangguan pada jaringan radial, maka akan terjadi black-out atau pemadaman pada seluruh jaringan. Untuk melokalisasi gangguan, pada jaringan radial biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa fuse, sectionalizer, recloser, atau alat pemutus beban lainnya. Namun, fungsi peralatan tersebut hanya untuk membatasi daerah gangguan, yaitu daerah saluran sesudah atau di belakang titik gangguan, selama gangguan belum teratasi, berikut konfigurasi jaringan radial



Gambar 2. 2 Konfigurasi Jaringan Radial

2. Jaringan Tipe Loop

Pada kondisi tertentu, suatu titik beban dapat memperoleh pasokan listrik melalui dua jalur penyaluran yang berasal dari lebih dari satu sumber, sehingga membentuk konfigurasi jaringan tertutup yang dikenal sebagai jaringan tipe loop. Dalam konfigurasi ini, rangkaian penyalur disusun membentuk pola cincin (ring),

yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyaluran. Penerapan konfigurasi jaringan tersebut meningkatkan keandalan sistem, karena kontinuitas pelayanan menjadi lebih terjaga serta kualitas daya listrik meningkat akibat berkurangnya penurunan tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran. (Suhadi, 2008).

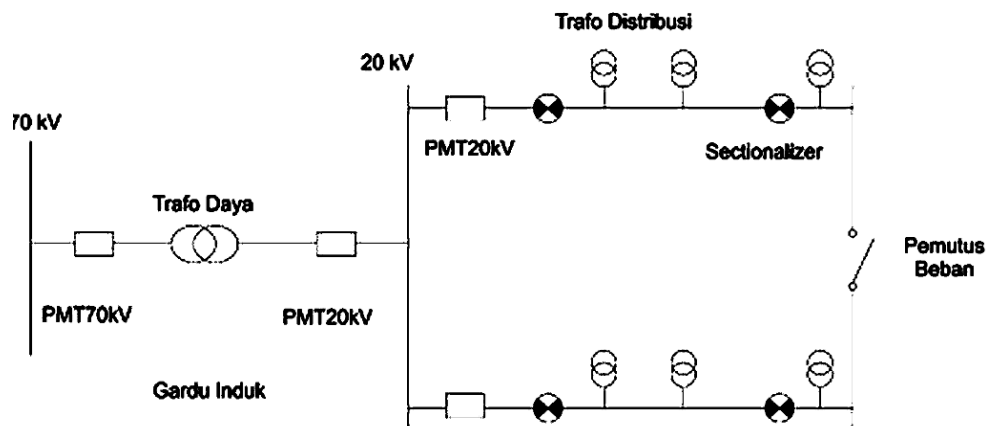
Bentuk jaringan loop dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

a. Bentuk open loop

Apabila dilengkapi dengan normally-open switch, maka dalam kondisi normal rangkaian selalu dalam keadaan terbuka.

b. Bentuk *close loop*

c. Apabila dilengkapi dengan normally-closed switch, maka dalam kondisi normal rangkaian selalu dalam keadaan tertutup.



Gambar 2. 3 Konfigurasi Jaringan Loop

3. Jaringan Tipe Spindel

Selain konfigurasi dasar jaringan distribusi, dikembangkan pula berbagai bentuk modifikasi jaringan yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan serta kualitas pelayanan sistem distribusi. Salah satu konfigurasi modifikasi yang banyak diterapkan adalah jaringan tipe spindle. Pada jaringan tipe ini, sistem umumnya terdiri atas beberapa penyulang, yaitu hingga enam penyulang yang beroperasi dalam kondisi berbeban serta satu penyulang yang dioperasikan tanpa beban. Penyulang yang beroperasi dalam kondisi berbeban dikenal sebagai *working feeder*, sedangkan penyulang yang tidak membawa beban disebut *express feeder*. *Express feeder* berfungsi sebagai jalur cadangan yang akan digunakan apabila terjadi gangguan pada salah satu *working feeder*, sehingga pada kondisi normal penyulang ini tetap berada dalam keadaan tanpa beban.

2.2.6. Komponen Utama Saluran Udara tegangan Menengah

Komponen jaringan distribusi tegangan menengah merupakan kumpulan elemen yang terpasang dan saling terintegrasi sehingga membentuk satu kesatuan konstruksi pada jaringan tegangan menengah. Komponen jaringan distribusi mencakup seluruh material yang digunakan dan dipasang pada konstruksi jaringan distribusi. Pada sistem Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), material distribusi secara umum dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu material distribusi utama dan material pelengkap. Material distribusi utama merupakan komponen yang memiliki peran krusial dalam konstruksi jaringan, sehingga keberadaannya tidak dapat digantikan oleh komponen lain. Sementara itu, material pelengkap berfungsi sebagai unsur pendukung yang menunjang pemasangan dan kinerja material distribusi utama agar konstruksi jaringan dapat beroperasi secara optimal. Adapun komponen-komponen yang termasuk dalam Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

1. Tiang

Tiang merupakan salah satu komponen utama pada jaringan distribusi tegangan menengah yang berfungsi sebagai struktur penopang penghantar. Tiang listrik harus memiliki kekuatan mekanis yang memadai agar mampu menahan gaya tarik dari penghantar serta beban tambahan akibat pengaruh lingkungan, seperti tekanan angin. Berdasarkan material penyusunnya, tiang listrik dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis, yaitu tiang kayu, tiang baja, dan tiang beton. Masing-masing jenis tiang memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan yang berbeda, sehingga pemilihannya disesuaikan dengan kondisi lokasi dan kebutuhan konstruksi jaringan. Penjelasan mengenai jenis-jenis tiang listrik beserta kelebihan dan kekurangannya akan diuraikan pada bagian berikutnya. Tiang kayu

SPLN 115 : 1995 berisikan tentang Tiang Kayu untuk jaringan distribusi, kekuatan, ketinggian dan pengawetan kayu sehingga pada beberapa wilayah perusahaan PT.PLN Persero bila suplai kayu memungkinkan, dapat digunakan sebagai tiang penopang penghantar SUTM.



Gambar 2. 6 Tiang Kayu

a. Tiang besi

Tiang besi merupakan jenis tiang yang terbuat dari pipa baja yang dirangkai hingga mencapai kekuatan mekanis tertentu sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Meskipun memiliki biaya yang relatif lebih tinggi dibandingkan beberapa jenis tiang lainnya, penggunaan tiang besi masih direkomendasikan pada wilayah tertentu karena bobotnya yang lebih ringan dibandingkan dengan tiang beton. Selain itu, tiang besi dapat menjadi alternatif utama apabila secara keseluruhan biaya material dan transportasi lebih efisien, terutama pada daerah yang belum memiliki fasilitas atau pabrik produksi tiang beton di sekitarnya.



Gambar 2. 7 Tiang Besi

b. Tiang beton

Dengan tingkat kekuatan yang setara, penggunaan tiang jenis ini direkomendasikan untuk diterapkan secara luas di lingkungan PLN karena memiliki biaya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan jenis konstruksi tiang lainnya, termasuk alternatif penggunaan konstruksi berbahan rangka besi profil.



Gambar 2. 8 Tiang Beton

Berikut ini merupakan spesifikasi masing masing jenis tiang listrik mulai dari ukuran tiang, beban rencana tiang, diameter tiang dan ketebalan tiang.

UKURAN L TINGGI TIANG (M)	BEBAN RENCANA (daN)	DIAMETER		Tebal (MM)
		Da	Db	
9	200	170	290	42
9	500			60
11	200	190	337	42
11	350	190	337	50
11	500	190	337	60
13	350	190	363	50
13	500	190	363	60

Gambar 2. 9 Spesifikasi Tiang Listrik

1. Isolator

Isolator merupakan komponen pada jaringan tenaga listrik yang berfungsi sebagai penopang kawat penghantar pada tiang listrik sekaligus sebagai pemisah secara elektrik antara satu penghantar dengan penghantar lainnya atau dengan bagian yang tidak bertegangan. Penggunaan isolator bertujuan untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik (*leakage current*) maupun loncatan bunga api (*flash over*) yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada sistem jaringan tenaga listrik. Selain fungsi elektrik tersebut, isolator juga berperan menahan beban mekanis yang timbul akibat berat dan gaya tarik penghantar, serta menjaga kestabilan jarak antar penghantar agar tetap sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku. Isolator pos

Isolator jenis pos (*post type insulator*) digunakan pada tiang lurus (*tangent pole*) maupun tiang sudut (*angle pole*) dengan besar sudut penyimpangan antara 5° hingga 15° . Dibandingkan dengan isolator jenis pasak, isolator pos memiliki desain yang lebih sederhana, dengan diameter yang relatif lebih kecil serta tidak menggunakan susunan kepingan seperti pada isolator pasak. Permukaan isolator ini dilengkapi dengan sejumlah lekukan yang berfungsi untuk memperpanjang jarak rambat arus dan mengurangi kemungkinan terjadinya hantaran listrik pada permukaan isolator. Semakin tinggi tingkat tegangan isolasi yang dibutuhkan, maka jumlah lekukan pada isolator akan semakin banyak. Secara konstruksi, bagian atas isolator pos dilengkapi dengan penutup (*cap*), sedangkan bagian bawahnya menggunakan pasak yang umumnya terbuat dari besi atau baja tempa. Material utama isolator jenis ini biasanya menggunakan porselin basah yang memiliki biaya relatif ekonomis.



Gambar 2. 10 Isolator

a. Isolator tarik

Isolator tarik merupakan salah satu jenis isolator pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik yang dirancang untuk menahan gaya tarik mekanis yang ditimbulkan oleh konduktor. Isolator ini berfungsi sebagai pemisah listrik antara konduktor dan struktur penopang, seperti tiang atau menara, sekaligus menahan beban tarik akibat tegangan kabel. Penggunaannya umumnya diterapkan pada titik-titik tertentu, seperti ujung jaringan, lokasi dengan perubahan arah yang tajam, atau pada bagian jaringan dengan sudut penyimpangan yang besar, guna menjaga kestabilan posisi konduktor. Keberadaan isolator tarik berperan penting dalam

mencegah terjadinya kebocoran arus ke struktur penopang serta meningkatkan tingkat keamanan dan keandalan sistem tenaga listrik.



Gambar 2. 11 Isolator Tarik

3. Kawat penghantar

Penghantar listrik merupakan komponen pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari sumber ke beban. Peran penghantar sangat krusial dalam sistem instalasi tenaga listrik karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi penyaluran serta tingkat keamanan sistem. Pada jaringan distribusi primer, jenis penghantar yang umum digunakan adalah konduktor aluminium yang diperkuat dengan baja (Aluminium Conductor Steel Reinforced / ACSR). Sementara itu, pada jaringan distribusi sekunder, penghantar yang banyak digunakan adalah kabel berisolasi terpilin atau *Twisted Insulation Cable* (TIC).

Konduktor dengan bahan utama tembaga(Cu) atau aluminium (Al) yang di pilin bulat padat , sesuai SPLN 42 -10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987. Pilihan konduktor penghantar telanjang yang memenuhi pada dekade ini adalah AAC atau AAAC. Sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia, saat ini belum memungkinkan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik.



Gambar 2. 12 Penghantar AAAC

- a. Konduktor dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE (crosslink polyetilene langsung), dengan batas tegangan 6 kV dan harus memenuhi SPLN No 43-5-6 tahun 1995



Gambar 2. 13 Penghantar AAACS

4. *Fuse Cut Out* (FCO)

Fuse Cut Out (FCO) merupakan salah satu peralatan penting dalam sistem jaringan distribusi tenaga listrik yang berfungsi sebagai alat pengaman sekaligus pemutus rangkaian listrik. Perangkat ini bekerja dengan memutus aliran listrik ketika terjadi gangguan berupa arus lebih atau tegangan lebih, sehingga melindungi peralatan dan jaringan dari kerusakan. Selain itu, *Fuse Cut Out* juga berperan dalam

menyalurkan gangguan tersebut ke tanah serta melindungi jaringan, khususnya saluran udara, dari gangguan eksternal seperti sambaran petir.

Berdasarkan material pembuatannya, *Fuse Cut Out* umumnya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Fuse Cut Out* berbahan keramik dan *Fuse Cut Out* berbahan polimer. *Fuse Cut Out* polimer memiliki keunggulan berupa bobot yang lebih ringan serta ketahanan yang baik terhadap benturan, sehingga memudahkan proses transportasi dan instalasi serta lebih efisien dari segi biaya pengiriman. Sementara itu, *Fuse Cut Out* berbahan keramik memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap suhu tinggi. Beberapa produk *Fuse Cut Out* diproduksi sesuai dengan standar internasional untuk menjamin kualitas dan keandalannya, dengan variasi tingkat tegangan kerja, seperti 24 kV dan 27 kV, yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem distribusi tegangan menengah.



Gambar 2. 14 *Fuse Cut Out* (FCO)

5. *Lightning Arrester*

Lightning arrester merupakan perangkat pengaman yang berfungsi melindungi jaringan tenaga listrik beserta peralatannya dari tegangan lebih yang tidak normal, baik yang disebabkan oleh sambaran petir (*flash over*) maupun surja hubung (*switching surge*) pada suatu sistem jaringan. Peralatan ini bekerja dengan menyediakan jalur pelepasan tegangan lebih ke tanah sehingga energi gangguan dapat dialirkan terlebih dahulu sebelum menimbulkan kerusakan pada peralatan jaringan, seperti transformator dan isolator. Karena *lightning arrester* bersifat

sensitif terhadap perubahan tegangan, maka pemilihannya harus disesuaikan dengan tingkat tegangan operasi sistem agar fungsi perlindungan dapat bekerja



secara optimal.

Gambar 2. 15 *Lightning Arrester*

2.2.7. Komponen Utama Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan komponen penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah sebelum energi listrik disalurkan kepada konsumen. Keberadaan gardu distribusi berperan strategis dalam menjaga keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik, karena berfungsi sebagai penghubung langsung antara jaringan distribusi dan pelanggan. Oleh sebab itu, gardu distribusi harus dirancang serta dilengkapi dengan peralatan yang memenuhi standar teknis agar dapat beroperasi secara aman, efisien, dan andal dalam jangka waktu yang panjang.

Komponen utama pada gardu distribusi meliputi transformator distribusi, peralatan proteksi, serta perangkat penunjang lainnya. Transformator distribusi berfungsi menurunkan tegangan dari jaringan tegangan menengah ke tingkat tegangan rendah yang digunakan oleh konsumen. Selain itu, gardu distribusi dilengkapi dengan peralatan pengaman seperti pemutus tenaga, NH-Fuse, dan sistem pentanahan yang berfungsi melindungi jaringan dan peralatan dari gangguan hubung singkat, beban lebih, maupun gangguan akibat petir. Keberadaan sistem proteksi ini sangat penting untuk mengurangi risiko kerusakan peralatan serta menjamin keselamatan personel dan lingkungan sekitar.

Selain transformator dan peralatan pengaman, gardu distribusi juga dilengkapi dengan komponen pendukung seperti isolator, konduktor, dan panel distribusi. Isolator berfungsi sebagai penyangga sekaligus pemisah penghantar bertegangan agar terhindar dari kebocoran arus ke tanah. Konduktor berperan

sebagai media penyalur energi listrik antarperalatan, sedangkan panel distribusi digunakan untuk mengatur dan membagi aliran daya listrik ke berbagai jalur beban. Seluruh komponen tersebut terintegrasi dalam satu sistem dan harus memenuhi standar teknis yang berlaku agar gardu distribusi dapat beroperasi secara optimal dalam mendukung sistem distribusi tenaga listrik secara keseluruhan.

1. Transformator

Transformator merupakan komponen utama dalam gardu distribusi yang memiliki peran sangat vital dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Fungsi utama transformator distribusi adalah menurunkan tegangan dari jaringan tegangan menengah menjadi tegangan rendah yang sesuai untuk digunakan oleh konsumen. Keberadaan transformator ini memungkinkan energi listrik dapat disalurkan secara efisien dari pusat pembangkitan hingga ke pelanggan dengan tingkat kehilangan daya yang minimal. Oleh karena itu, keandalan dan kinerja transformator sangat menentukan kualitas pelayanan tenaga listrik secara keseluruhan.

Dalam operasinya, transformator distribusi bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik antara kumparan primer dan kumparan sekunder yang dipisahkan oleh inti besi. Perbandingan jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut menentukan besarnya penurunan tegangan yang dihasilkan. Transformator distribusi umumnya dirancang untuk beroperasi secara kontinu dengan beban yang bervariasi, sehingga diperlukan sistem pendinginan yang baik, baik menggunakan minyak maupun udara, untuk menjaga suhu kerja tetap dalam batas aman. Selain itu, transformator juga dilengkapi dengan berbagai perlengkapan seperti bushing, tangki, dan alat pengaman untuk menjamin keselamatan serta keandalan operasi.



Gambar 2. 16 Transformator Distribusi

Sebagai komponen utama pada gardu distribusi, transformator harus memenuhi ketentuan teknis dan standar keselamatan yang ditetapkan oleh penyedia tenaga listrik. Penentuan kapasitas transformator yang sesuai menjadi faktor penting agar transformator mampu melayani beban secara optimal tanpa mengalami kondisi kelebihan beban yang dapat mempercepat penurunan umur peralatan. Selain itu, kegiatan pemeliharaan secara berkala perlu dilakukan untuk menjaga kualitas isolasi, efektivitas sistem pendinginan, serta kinerja transformator secara keseluruhan. Dengan pengelolaan dan pemeliharaan yang tepat, transformator distribusi dapat beroperasi secara andal dan berperan dalam menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada konsumen..

2. Peralatan Pengaman dan Pengendali

Peralatan pengaman dan pengendali merupakan komponen penting dalam gardu distribusi yang berfungsi menjaga keandalan serta keselamatan sistem tenaga listrik. Perangkat ini dirancang untuk melindungi peralatan gardu, jaringan distribusi, dan pengguna listrik dari berbagai gangguan operasional, seperti arus lebih, hubung singkat, dan tegangan lebih. Keberadaan sistem pengaman dan pengendali yang memadai sangat krusial, karena tanpa perlindungan yang baik, gangguan berskala kecil berpotensi berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar dan dapat menyebabkan terhentinya penyaluran tenaga listrik.



Gambar 2. 17 Peralatan Pengaman dan Pengendali

Dalam gardu distribusi, peralatan pengaman dan pengendali terdiri dari berbagai perangkat yang masing-masing memiliki fungsi tertentu. Beberapa perangkat tersebut antara lain pemutus tenaga atau pemutus beban yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik secara aman, sekering yang berperan sebagai pelindung terhadap kondisi arus lebih, serta *lightning arrester* yang digunakan untuk melindungi peralatan dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir. Selain itu, gardu distribusi juga dilengkapi dengan peralatan pengendali yang memungkinkan pengoperasian serta pengaturan sistem distribusi, baik secara manual maupun otomatis, sehingga aliran daya dapat dikendalikan sesuai dengan kondisi jaringan.

Keandalan peralatan pengaman dan pengendali sangat berpengaruh terhadap tingkat keselamatan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Oleh karena itu, seluruh peralatan tersebut harus dirancang, dipasang, dan dioperasikan sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Kegiatan pemeliharaan dan pengujian secara berkala juga diperlukan untuk memastikan setiap perangkat dapat berfungsi dengan baik ketika terjadi gangguan. Dengan sistem pengaman dan pengendali yang optimal, gardu distribusi dapat beroperasi secara aman, efisien, serta mampu meminimalkan risiko gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik secara keseluruhan.

3. Peralatan pendukung dan penyalur energi listrik.

Peralatan pendukung dan penyalur energi listrik merupakan bagian penting dalam gardu distribusi yang berfungsi menunjang kinerja peralatan utama serta menjamin proses penyaluran tenaga listrik berlangsung secara aman dan andal. Meskipun tidak berperan langsung dalam mengubah tingkat tegangan seperti transformator, peralatan ini memiliki kontribusi signifikan dalam menjaga stabilitas sistem dan keselamatan operasional gardu distribusi. Keberadaannya memungkinkan seluruh komponen dalam gardu terhubung dan beroperasi secara terintegrasi sesuai dengan fungsi masing-masing.

Peralatan pendukung dan penyalur energi listrik pada gardu distribusi meliputi isolator, konduktor atau penghantar, sistem pentanahan, serta panel distribusi tegangan rendah. Isolator berfungsi memisahkan bagian bertegangan dari struktur gardu untuk mencegah terjadinya kebocoran arus ke tanah. Konduktor

berperan sebagai media penyalur energi listrik antarperalatan pada sisi tegangan menengah maupun tegangan rendah. Sementara itu, sistem pentanahan berfungsi mengalirkan arus gangguan ke tanah guna melindungi peralatan serta meminimalkan risiko bahaya bagi personel dan masyarakat di sekitar gardu distribusi.



Gambar 2. 18 Grounding pada Gardu Distribusi

Selain itu, panel distribusi atau Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) berfungsi untuk mengatur dan membagi penyaluran daya listrik ke jaringan distribusi menuju konsumen. Panel ini dilengkapi dengan alat pengaman dan pengendali yang memungkinkan pengoperasian sistem secara aman serta memudahkan proses pemeliharaan. Seluruh peralatan pendukung dan penyalur energi listrik harus dirancang dan dipasang sesuai dengan standar teknis yang berlaku agar mampu bekerja secara optimal. Dengan dukungan peralatan yang memadai, gardu distribusi dapat menjalankan fungsinya secara efektif dalam menyalurkan tenaga listrik secara berkelanjutan dan aman.

2.2.8. Komponen Utama Saluran Udara Tegangan Rendah

Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) merupakan bagian akhir dari sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Keandalan SUTR sangat dipengaruhi oleh komponen utama yang digunakan, karena saluran ini beroperasi dekat dengan lingkungan

pemukiman dan aktivitas masyarakat. Oleh sebab itu, setiap komponen pada SUTR harus dirancang dan dipasang sesuai dengan standar teknis dan keselamatan agar penyaluran listrik dapat berlangsung secara aman, efisien, dan berkesinambungan.

Komponen utama SUTR meliputi penghantar atau konduktor, tiang listrik, serta isolator. Penghantar berfungsi sebagai media penyalur energi listrik dari sumber ke beban, yang umumnya menggunakan jenis kabel berisolasi atau tanpa isolasi sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku. Tiang listrik berperan sebagai struktur penyangga yang menahan penghantar pada ketinggian tertentu agar jarak aman terhadap tanah dan bangunan tetap terjaga. Sementara itu, isolator digunakan untuk memisahkan penghantar bertegangan dari tiang atau struktur penyangga, sehingga dapat mencegah kebocoran arus dan gangguan hubung singkat.



Gambar 2. 19 Saluran Udara Tegangan Rendah

Selain komponen tersebut, SUTR juga dilengkapi dengan perlengkapan pendukung seperti aksesoris penegang kabel dan penggantung kabel yang berfungsi menjaga posisi serta kekuatan mekanis penghantar. Komponen-komponen ini bekerja secara terpadu untuk memastikan saluran tetap stabil terhadap pengaruh lingkungan, seperti angin dan perubahan cuaca. Dengan pemilihan material yang tepat serta pemasangan yang sesuai standar, komponen utama Saluran Udara

Tegangan Rendah dapat mendukung sistem distribusi tenaga listrik yang andal dan aman bagi masyarakat.

2.2.9. Aplikasi Geospasial

Aplikasi geospasial merupakan salah satu teknologi pendukung yang memiliki peranan penting dalam pengelolaan sistem ketenagalistrikan di PT PLN (Persero). Teknologi ini digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan menyajikan data yang berbasis lokasi geografis sehingga dapat memberikan gambaran kondisi jaringan listrik secara spasial. Penerapan aplikasi geospasial di PLN bertujuan untuk meningkatkan efektivitas perencanaan, pembangunan, serta pengelolaan infrastruktur ketenagalistrikan agar lebih akurat dan terintegrasi.

Dalam praktiknya, aplikasi geospasial dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan operasional, seperti pemetaan jaringan distribusi dan transmisi, perencanaan pembangunan jaringan baru, serta pendataan aset kelistrikan. Melalui sistem informasi geografis seperti ArcGIS, data hasil survei lapangan dapat diolah menjadi peta digital yang memuat informasi lokasi tiang, gardu, jaringan listrik, dan pelanggan. Data geospasial ini membantu PLN dalam menganalisis kondisi geografis wilayah, menentukan jalur jaringan yang optimal, serta meminimalkan risiko kesalahan dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan.

Selain mendukung perencanaan dan pembangunan, aplikasi geospasial juga berperan dalam kegiatan pemeliharaan dan pengambilan keputusan. Informasi spasial yang akurat memungkinkan PLN untuk memantau kondisi jaringan, mengidentifikasi titik gangguan, serta mempercepat proses penanganan apabila terjadi kerusakan. Dengan integrasi aplikasi geospasial ke dalam sistem manajemen kelistrikan, PLN dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik, efisiensi operasional, serta kualitas pelayanan kepada masyarakat secara berkelanjutan.

2.3 Penerapan

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Proyek Ketenagalistrikan (UP2K) Provinsi Aceh merupakan unit yang berperan strategis dalam mendukung program pemerintah dan perusahaan dalam pemerataan akses listrik, khususnya di wilayah Provinsi Aceh. UP2K memiliki tanggung jawab dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan guna meningkatkan rasio

elektrifikasi serta mendukung pertumbuhan ekonomi masyarakat. Melalui kegiatan di unit ini, diperoleh gambaran mengenai proses perencanaan dan pelaksanaan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan secara sistematis dan terintegrasi.

PT PLN (Persero) UP2K Provinsi Aceh bergerak di bidang pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan di daerah-daerah yang belum teraliri listrik. Fokus utama kegiatan unit ini adalah pembangunan jaringan listrik di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T) yang memiliki tantangan geografis dan tingkat aksesibilitas yang tinggi. Pembangunan infrastruktur kelistrikan di wilayah tersebut bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, mendukung aktivitas ekonomi, serta mendorong pemerataan pembangunan di seluruh wilayah.

Dalam pelaksanaan tugasnya, PLN UP2K Provinsi Aceh melaksanakan berbagai kegiatan teknis yang meliputi survei lapangan, perencanaan jaringan, hingga pengawasan pembangunan infrastruktur listrik. Seluruh kegiatan tersebut dilaksanakan dengan mengacu pada standar teknis dan keselamatan yang berlaku. Melalui kegiatan tersebut diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai peran PLN dalam menyediakan akses listrik yang andal dan berkelanjutan, khususnya bagi masyarakat di wilayah 3T.

2.3.1. Perencanaan Pembangunan Jaringan Listrik Desa

Perencanaan pembangunan jaringan listrik desa di PT PLN (Persero) UP2K Provinsi Aceh merupakan tahapan awal yang sangat penting dalam upaya penyediaan akses listrik bagi masyarakat, khususnya di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T). Perencanaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pembangunan jaringan listrik dapat dilaksanakan secara tepat sasaran, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat desa yang belum teraliri listrik. Dengan perencanaan yang matang, PLN UP2K Provinsi Aceh dapat meminimalkan kendala teknis dan nonteknis yang mungkin timbul selama pelaksanaan pembangunan.

Proses perencanaan diawali dengan kegiatan survei lapangan untuk memperoleh data kondisi geografis, jumlah calon pelanggan, serta potensi hambatan di lokasi pembangunan. Data hasil survei tersebut kemudian diolah dan dianalisis sebagai dasar dalam menentukan desain jaringan listrik desa, termasuk penentuan jalur jaringan, lokasi tiang, gardu distribusi, serta kapasitas peralatan yang akan digunakan. Dalam proses ini, aplikasi geospasial seperti sistem informasi

geografis dimanfaatkan untuk menghasilkan peta perencanaan yang akurat dan terintegrasi, sehingga memudahkan pengambilan keputusan dan koordinasi antar pihak terkait.

Seluruh tahapan perencanaan pembangunan jaringan listrik desa di PLN UP2K Provinsi Aceh dilaksanakan dengan mengacu pada Standar Perusahaan PT PLN (Persero) serta ketentuan teknis yang berlaku. Selain aspek teknis, perencanaan juga mempertimbangkan aspek keselamatan, lingkungan, dan sosial masyarakat setempat. Dengan perencanaan yang terstruktur dan komprehensif, pembangunan jaringan listrik desa diharapkan dapat berjalan lancar dan memberikan manfaat jangka panjang dalam meningkatkan kualitas hidup serta mendukung pembangunan ekonomi masyarakat di wilayah Provinsi Aceh.



Gambar 2. 20 Proses survey rencana pembangunan jaringan listrik desa

2.3.2. Pembangunan Konstruksi Jaringan Listrik Desa

Pembangunan konstruksi jaringan listrik desa di PT PLN (Persero) UP2K Provinsi Aceh merupakan tahap lanjutan setelah perencanaan selesai dilakukan, yang berfokus pada realisasi fisik dari sistem distribusi listrik di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T). Tahap konstruksi ini bertujuan untuk mewujudkan akses listrik yang andal bagi masyarakat desa, sekaligus mendukung peningkatan kualitas hidup dan aktivitas ekonomi lokal. Pelaksanaan pembangunan dilakukan secara terstruktur dan sesuai dengan desain jaringan yang telah disusun pada tahap perencanaan, sehingga setiap komponen dapat terintegrasi dengan baik.

Proses pembangunan konstruksi mencakup berbagai kegiatan teknis, mulai dari pemasangan tiang listrik, pemasangan kabel dan penghantar, hingga pembangunan gardu distribusi di lokasi yang telah ditentukan. Selama tahap ini, PLN UP2K Provinsi Aceh juga menekankan penerapan standar keselamatan kerja dan teknis sesuai Standar Perusahaan PT PLN (Persero) (SPLN) untuk memastikan seluruh kegiatan berjalan aman dan sesuai spesifikasi. Pengawasan secara berkala dilakukan untuk memantau kualitas pekerjaan dan memastikan bahwa jalur jaringan serta peralatan yang dipasang memenuhi persyaratan teknis dan operasional.



Gambar 2. 21 Proses pengangkutan tiang untuk desa terpencil

Selain itu, pembangunan konstruksi jaringan listrik desa juga mempertimbangkan kondisi geografis dan sosial masyarakat setempat. Pelaksanaan di wilayah 3T sering menghadapi tantangan seperti akses yang sulit, medan yang berat, serta koordinasi dengan masyarakat lokal. Oleh karena itu, kerja sama antara tim teknis PLN, kontraktor, dan masyarakat menjadi sangat penting untuk memastikan proses konstruksi berjalan lancar. Dengan pelaksanaan pembangunan konstruksi yang cermat dan terorganisir, PLN UP2K Provinsi Aceh dapat menghadirkan jaringan listrik desa yang andal, aman, dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat di wilayah tersebut.

Selain kegiatan teknis pemasangan jaringan dan gardu distribusi, pembangunan konstruksi jaringan listrik desa di PLN UP2K Provinsi Aceh juga menekankan penggunaan peralatan dan material yang sesuai standar. Pemilihan tiang, konduktor, isolator, dan perlengkapan penunjang lainnya dilakukan dengan memperhatikan daya tahan terhadap kondisi cuaca, medan, dan beban operasional. Hal ini bertujuan agar jaringan yang dibangun tidak hanya berfungsi dengan baik saat awal operasional, tetapi juga memiliki umur teknis yang panjang dan meminimalkan risiko kerusakan atau gangguan di kemudian hari. Penerapan standar teknis ini juga mendukung efisiensi biaya pemeliharaan dan kelancaran distribusi listrik bagi masyarakat desa.

Selain aspek teknis, PLN UP2K Provinsi Aceh juga memperhatikan keterlibatan masyarakat setempat dalam pelaksanaan konstruksi. Sosialisasi dan koordinasi dilakukan untuk memastikan masyarakat memahami proses pembangunan, lokasi pemasangan tiang, dan jalur jaringan listrik. Keterlibatan masyarakat tidak hanya mempermudah akses dan pengawasan lapangan, tetapi juga menumbuhkan kesadaran akan pentingnya menjaga jaringan listrik yang telah dibangun. Dengan demikian, pembangunan konstruksi jaringan listrik desa tidak hanya menghasilkan infrastruktur fisik, tetapi juga membangun dukungan sosial yang berkelanjutan bagi keberlangsungan operasional jaringan listrik di wilayah 3T.

2.3.3 Peran Aplikasi Geospasial dalam Pembangunan Jaringan Listrik Desa

Pembangunan jaringan listrik desa di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T) merupakan salah satu prioritas PT PLN (Persero) dalam mendukung pemerataan akses listrik di Indonesia. Khususnya di Provinsi Aceh, penyediaan listrik di desa-desa yang belum teraliri listrik menuntut perencanaan dan pelaksanaan yang cermat karena kondisi geografis yang beragam dan medan yang sulit. Dalam konteks ini, aplikasi geospasial telah menjadi salah satu teknologi utama yang mendukung setiap tahap pembangunan jaringan listrik desa. Aplikasi ini memungkinkan PLN UP2K Provinsi Aceh untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data berbasis lokasi sehingga proses perencanaan, konstruksi, hingga pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih efektif, efisien, dan terukur.

Aplikasi geospasial merupakan teknologi yang memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengintegrasikan data spasial dan atribut terkait

lokasi geografis. Data spasial dapat berupa koordinat, peta topografi, rute jalan, sungai, hutan, maupun kondisi fisik wilayah yang akan dibangun jaringan listrik. Sementara itu, data atribut dapat berupa kapasitas gardu, jumlah pelanggan, kondisi tanah, hingga potensi hambatan lingkungan. Dengan pengolahan data ini, PLN UP2K Provinsi Aceh dapat memetakan wilayah yang akan dilayani, menentukan jalur jaringan listrik yang optimal, serta mengidentifikasi potensi kendala teknis dan nonteknis sebelum pembangunan dimulai. Teknologi geospasial memberikan gambaran yang lebih akurat dibanding metode manual, sehingga risiko kesalahan dalam perencanaan dapat diminimalkan.

Dalam tahap perencanaan pembangunan jaringan listrik desa, aplikasi geospasial digunakan untuk survei lapangan dan analisis lokasi. Tim PLN UP2K Provinsi Aceh melakukan pengumpulan data melalui GPS, citra satelit, dan drone untuk memperoleh informasi topografi, kondisi vegetasi, serta lokasi calon pelanggan. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi SIG seperti ArcGIS, sehingga tim perencanaan dapat memvisualisasikan jaringan listrik yang akan dibangun secara digital. Dengan metode ini, jalur jaringan dapat ditentukan berdasarkan medan yang sebenarnya, jarak optimal antara tiang listrik, lokasi gardu, dan titik distribusi ke pelanggan. Hal ini tidak hanya meningkatkan akurasi perencanaan, tetapi juga membantu estimasi biaya dan waktu pembangunan, sehingga sumber daya dapat digunakan secara efisien.

Selain tahap perencanaan, aplikasi geospasial juga berperan penting selama proses konstruksi jaringan listrik desa. Pemetaan digital yang dihasilkan dari SIG digunakan sebagai panduan bagi tim lapangan dalam pemasangan tiang, kabel, dan gardu distribusi. Dengan referensi peta digital, tim dapat memastikan setiap komponen jaringan terpasang sesuai dengan desain, menghindari kesalahan lokasi, dan meminimalkan risiko kerusakan akibat medan yang sulit atau kondisi lingkungan sekitar. Lebih dari itu, aplikasi geospasial memungkinkan koordinasi antar tim lapangan, kontraktor, dan pihak terkait lainnya, karena setiap pihak dapat mengakses data dan peta yang sama secara real time. Integrasi data ini meningkatkan efisiensi pekerjaan dan mempercepat penyelesaian pembangunan jaringan listrik desa.

Peran aplikasi geospasial juga sangat signifikan dalam pengawasan dan monitoring jaringan listrik desa. Dengan teknologi SIG, PLN UP2K Provinsi Aceh

dapat melakukan pemetaan dan pemantauan kondisi jaringan secara berkala. Setiap gardu distribusi, tiang listrik, dan jalur kabel dapat dipantau melalui peta digital yang memuat informasi kondisi fisik dan operasional. Jika terjadi gangguan atau kerusakan, aplikasi geospasial memudahkan identifikasi lokasi secara cepat, sehingga tim pemeliharaan dapat segera menanggulangi masalah. Hal ini sangat penting terutama di wilayah 3T, di mana akses ke lokasi terkadang sulit dan waktu respon menjadi faktor kritis dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik.

Selain itu, aplikasi geospasial berperan dalam mendukung pengambilan keputusan strategis. Data spasial yang akurat memungkinkan manajemen PLN UP2K Provinsi Aceh untuk menentukan prioritas pembangunan, melakukan evaluasi kinerja jaringan, serta merencanakan ekspansi jaringan listrik ke desa-desa yang belum teraliri listrik. Dengan pemetaan risiko dan analisis kondisi geografis, keputusan terkait alokasi sumber daya, estimasi biaya, dan strategi pembangunan dapat dilakukan secara lebih tepat. Hal ini mendukung efisiensi operasional sekaligus memastikan bahwa tujuan pemerataan akses listrik dapat tercapai secara maksimal.

Penggunaan aplikasi geospasial di PLN UP2K Provinsi Aceh juga memberikan manfaat sosial dan lingkungan. Dengan data yang jelas mengenai lokasi jaringan dan gardu, dampak terhadap lingkungan sekitar dapat diminimalkan, misalnya dengan menghindari pohon atau lahan produktif yang sensitif. Selain itu, PLN dapat melakukan sosialisasi kepada masyarakat desa secara lebih efektif, karena peta digital memudahkan masyarakat memahami jalur jaringan dan lokasi infrastruktur yang akan dibangun. Keterlibatan masyarakat ini penting untuk menjaga keberlanjutan jaringan listrik serta meminimalkan risiko gangguan akibat aktivitas lokal.

Dengan integrasi aplikasi geospasial dalam setiap tahap pembangunan jaringan listrik desa, PLN UP2K Provinsi Aceh mampu menghadirkan layanan listrik yang andal, aman, dan berkelanjutan. Teknologi ini tidak hanya mempermudah perencanaan dan konstruksi, tetapi juga mendukung pemeliharaan jaringan, pengambilan keputusan strategis, serta keterlibatan masyarakat. Keberadaan aplikasi geospasial menjadi bukti nyata bagaimana inovasi teknologi dapat meningkatkan kualitas operasional PLN, terutama dalam menghadirkan akses

listrik bagi masyarakat di wilayah 3T yang selama ini menghadapi keterbatasan infrastruktur.



Gambar 2. 22 Gambar jaringan listrik pada Aplikasi ArcGIS

Secara keseluruhan, peran aplikasi geospasial dalam pembangunan listrik desa di PLN UP2K Provinsi Aceh mencakup perencanaan yang akurat, konstruksi yang efisien, pengawasan yang tepat waktu, serta pengambilan keputusan yang berbasis data. Dengan pemanfaatan teknologi ini secara optimal, PLN dapat memastikan pembangunan jaringan listrik desa tidak hanya berjalan lancar, tetapi juga memberikan dampak positif jangka panjang bagi kesejahteraan masyarakat dan pemerataan pembangunan di Provinsi Aceh. Penerapan aplikasi geospasial menjadi salah satu contoh konkret bagaimana inovasi digital dapat mendukung program ketenagalistrikan nasional dan mempercepat penyediaan listrik hingga ke pelosok desa.