

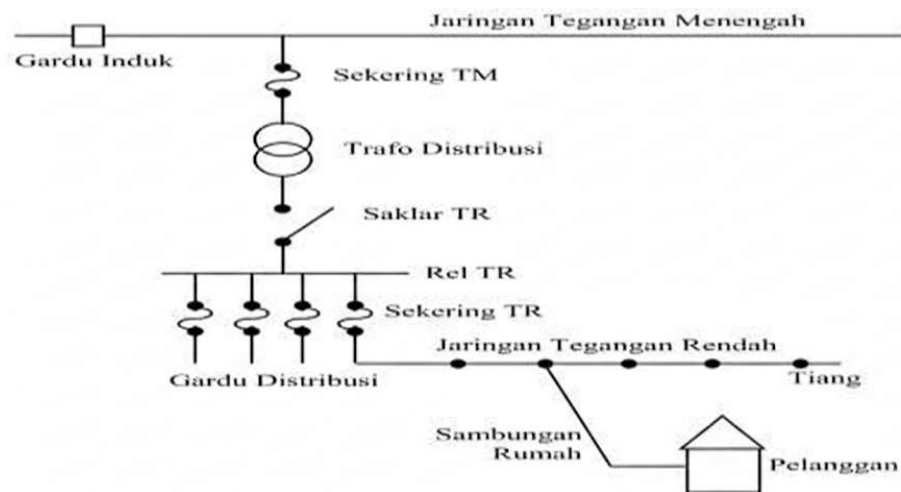
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Jaringan Distribusi Tegangan menengah

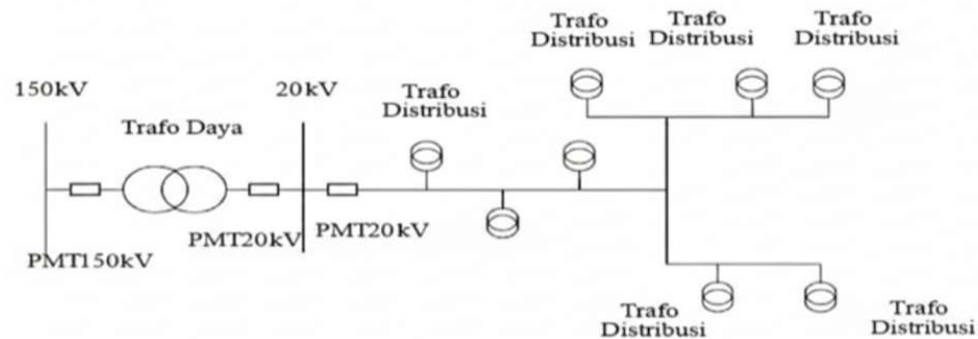
Jaringan Tegangan Menengah (JTM) atau sering disebut Jaringan Distribusi Primer adalah suatu bagian daripada sistem tenaga listrik antara gardu induk dan gardu distribusi. Dalam penyaluran tenaga listrik pada jaringan distribusi primer menggunakan 3 sistem saluran diantaranya saluran udara (SUTM), saluran kabel udara (SKUTM) dan saluran kabel tanah (SKTM). Adapun standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV (Subhan1, 2022). menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk (GI) menuju Gardu Distribusi (GD) atau trafo distribusi sebelum akhirnya disalurkan ke pelanggan melalui jaringan tegangan rendah. Jaringan tegangan menengah menjadi penghubung antara sistem transmisi tegangan tinggi (70 kV, 150 kV, atau 275 kV) dengan jaringan tegangan rendah (380/220 V). Sistem ini berperan penting dalam menjaga keandalan, efisiensi, dan kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan (Pahiyanti, 2018).



Gambar 2. 1 Diagram alur distribusi listrik dari gardu Induk hingga rumah Tangga

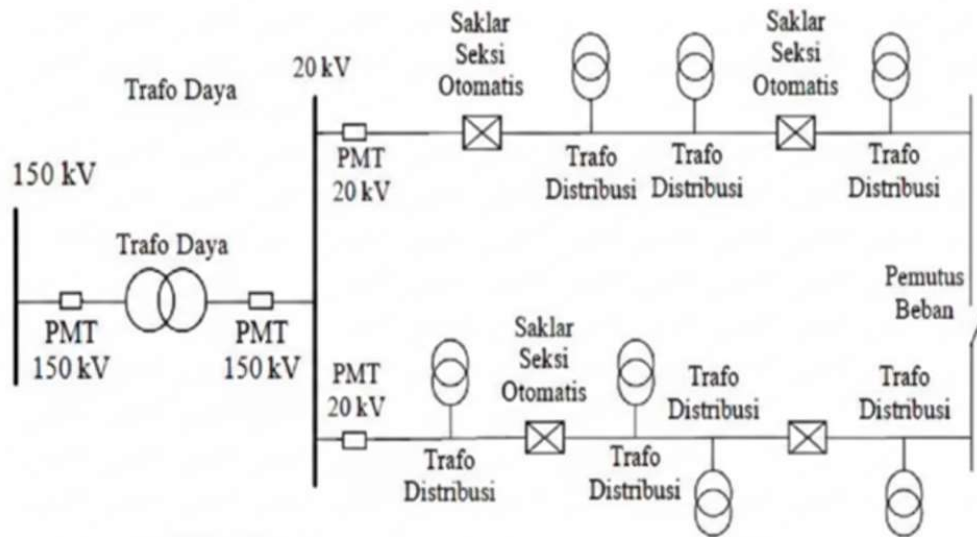
2.1.2 Karakteristik Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Karakteristik konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM) merupakan gambaran sifat teknis dan operasional dari pola penyusunan jaringan distribusi primer 20 kV dalam menyalurkan energi listrik dari gardu induk menuju gardu distribusi. Konfigurasi jaringan menentukan arah aliran daya, tingkat keandalan sistem, luas dampak gangguan, fleksibilitas manuver beban, serta kompleksitas sistem proteksi yang digunakan. Secara umum, konfigurasi jaringan distribusi tegangan menengah di Indonesia terdiri dari sistem radial, loop (ring), spindel, dan mesh. Masing-masing konfigurasi memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan kebutuhan wilayah dan tingkat keandalan yang diinginkan.



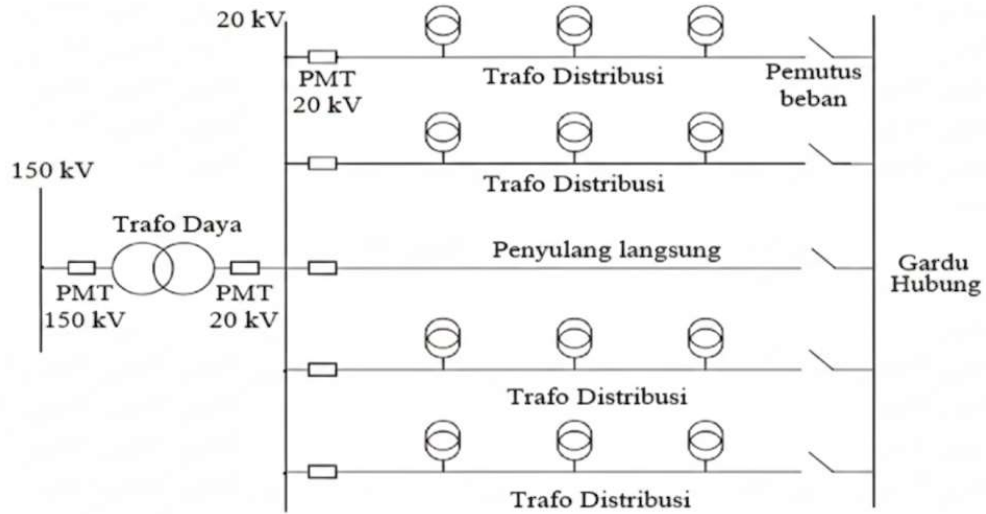
Gambar 2. 2 Konfigurasi Jaringan Radial

Pada konfigurasi radial, aliran daya berlangsung satu arah dari sumber menuju beban. Karakteristik utama sistem ini adalah struktur jaringan yang sederhana, biaya investasi relatif rendah, dan pengoperasian yang mudah. Namun, sistem radial memiliki kelemahan dari sisi keandalan karena tidak tersedia jalur alternatif suplai. Apabila terjadi gangguan pada satu titik jaringan, maka seluruh pelanggan di sisi hilir titik gangguan akan mengalami pemadaman. Hal ini menyebabkan nilai frekuensi dan durasi gangguan cenderung lebih tinggi dibanding konfigurasi lain. ini menyebabkan nilai frekuensi dan durasi gangguan cenderung lebih tinggi dibanding konfigurasi lain.



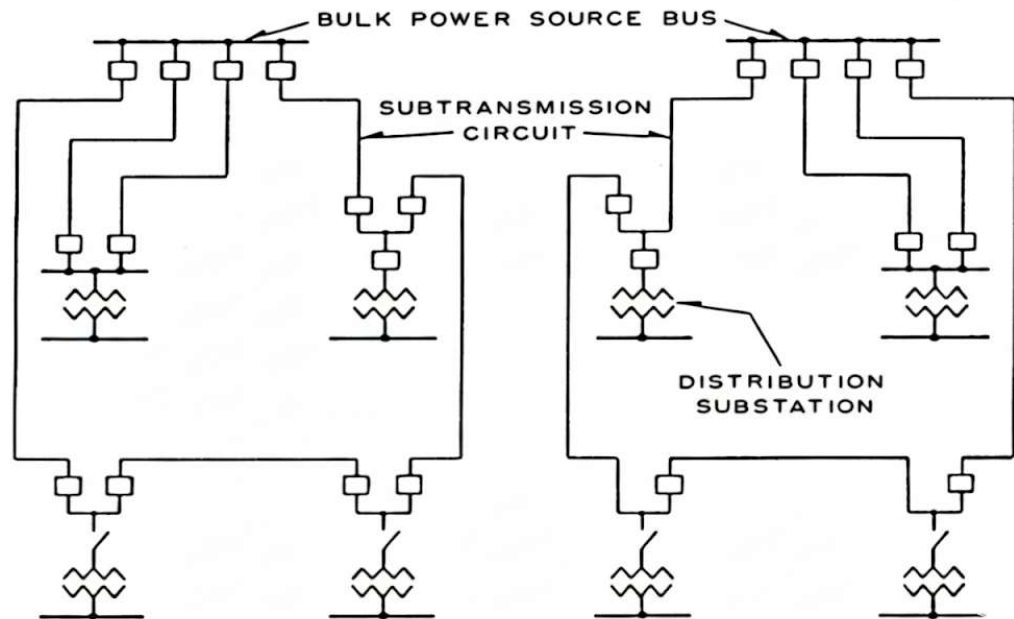
Gambar 2. 3 Konfigurasi Jaringan Loop

Berbeda dengan sistem radial, konfigurasi loop atau ring memiliki karakteristik suplai daya dari dua arah, meskipun dalam kondisi normal terdapat satu titik yang dibuka (normally open point). Dengan adanya jalur alternatif, gangguan dapat diisolasi dan suplai daya dapat dialihkan dari sisi lain melalui manuver jaringan. Karakteristik ini menjadikan sistem loop memiliki tingkat keandalan yang lebih baik serta mampu menekan luas area terdampak saat terjadi gangguan.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Jaringan Spindel

Konfigurasi spindel merupakan pengembangan dari sistem radial yang dipusatkan pada satu gardu hubung. Beberapa penyulang terhubung pada titik tersebut sehingga memungkinkan dilakukannya transfer beban antar penyulang. Karakteristik utama sistem ini adalah fleksibilitas manuver yang tinggi serta kemampuan pelokalisasi gangguan yang lebih baik. Sistem spindel umumnya digunakan pada daerah dengan kepadatan beban tinggi, khususnya pada jaringan kabel tanah.



Gambar 2. 5 Konfigurasi Jaringan Mesh

Sementara itu, konfigurasi mesh atau jala-jala memiliki karakteristik interkoneksi yang banyak antar penyulang sehingga membentuk jaringan yang saling terhubung. Sistem ini memungkinkan suplai daya dari berbagai arah secara simultan. Keunggulan utama konfigurasi mesh adalah tingkat keandalan yang sangat tinggi karena gangguan dapat sangat terlokalisir dan pelanggan tetap dapat disuplai melalui jalur alternatif lainnya. Namun, sistem ini memiliki kompleksitas proteksi dan biaya investasi yang lebih besar.

Selain pola interkoneksi, karakteristik konfigurasi jaringan juga dapat ditinjau dari aspek teknis lainnya, yaitu fleksibilitas manuver jaringan, luas dampak gangguan, dan kompleksitas sistem proteksi. Semakin tinggi tingkat interkoneksi suatu konfigurasi, maka semakin fleksibel sistem dalam melakukan pengalihan beban dan semakin kecil dampak gangguan terhadap pelanggan. Namun demikian, peningkatan fleksibilitas tersebut diikuti oleh meningkatnya kompleksitas pengaturan proteksi dan koordinasi sistem.

Dengan demikian, karakteristik konfigurasi JTM sangat berpengaruh terhadap nilai indeks keandalan seperti SAIFI dan SAIDI. Sistem radial cenderung memiliki nilai gangguan lebih tinggi karena tidak memiliki jalur cadangan, sedangkan sistem loop, spindel, dan mesh mampu meningkatkan kontinuitas pelayanan melalui kemampuan pelokalisasi dan manuver jaringan. Oleh karena itu, dalam analisis keandalan suatu jaringan distribusi, konfigurasi jaringan menjadi salah satu faktor utama yang perlu dipertimbangkan selain jenis konduktor, panjang penyulang, serta kondisi lingkungan sekitar jaringan.

2.1.3 Komponen Utama Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) merupakan bagian penting dalam sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke gardu distribusi sebelum diteruskan ke pelanggan melalui jaringan tegangan rendah. Dalam operasinya, JTM terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk menjamin kontinuitas, keamanan, dan keandalan penyaluran tenaga listrik.

1. konduktor atau kabel distribusi. Konduktor berfungsi sebagai media penghantar arus listrik dari sumber ke beban. Pada jaringan tegangan menengah, konduktor yang digunakan dapat berupa konduktor telanjang seperti AAAC maupun kabel berisolasi seperti AAACS. Pemilihan jenis konduktor mempengaruhi ketahanan terhadap gangguan eksternal, kapasitas hantar arus, serta umur teknis jaringan.



Gambar 2. 6 Konduktor AAAC dan AAACS

2. tiang dan konstruksi jaringan. Tiang berfungsi sebagai penopang konduktor atau kabel agar berada pada jarak aman dari tanah maupun bangunan sekitar. Konstruksi jaringan meliputi cross-arm, isolator, dan perlengkapan penegang (hardware) yang memastikan konduktor terpasang dengan aman dan stabil.



Gambar 2. 7 Tiang Beton JTM

3. Isolator juga merupakan komponen utama dalam JTM. Isolator berfungsi untuk menahan konduktor agar tidak bersentuhan langsung dengan tiang serta mencegah kebocoran arus ke tanah. Kualitas isolator sangat mempengaruhi ketahanan terhadap gangguan flashover, terutama pada kondisi cuaca lembab atau tercemar.



Gambar 2. 8 Pin isolator dan Hang Isolator

2.1.4 Jenis-Jenis Konduktor pada Jaringan Tegangan Menengah

Pemilihan jenis konduktor sangat berpengaruh terhadap kapasitas hantar arus (KHA), rugi-rugi daya, ketahanan terhadap gangguan eksternal, serta tingkat keandalan sistem distribusi secara keseluruhan. Pada sistem distribusi 20 kV, jenis konduktor yang umum digunakan dapat dibedakan menjadi konduktor telanjang dan konduktor berisolasi.

1. Konduktor AAC (All Aluminium Conductor)

AAC merupakan konduktor yang seluruh bagiannya terbuat dari aluminium murni. Konduktor ini memiliki daya hantar listrik yang baik serta bobot yang relatif ringan. Karakteristik utama AAC adalah konduktivitas tinggi namun kekuatan mekanisnya lebih rendah dibandingkan konduktor berinti baja. Oleh karena itu, penggunaannya umumnya terbatas pada jaringan dengan bentang pendek dan beban mekanis ringan. Keunggulan AAC terletak pada kemudahan instalasi dan biaya yang relatif ekonomis, namun ketahanannya terhadap gaya tarik dan kondisi lingkungan tidak sebaik jenis konduktor lain yang memiliki penguat.



Gambar 2. 9 konduktor AAC

2. Konduktor AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

AAAC merupakan konduktor yang terbuat dari campuran aluminium alloy (paduan aluminium). Dibandingkan AAC, AAAC memiliki kekuatan mekanis lebih baik dan ketahanan terhadap korosi yang lebih tinggi. Konduktor ini banyak digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah saluran udara (SUTM) karena mampu menahan bentang yang lebih panjang serta lebih tahan terhadap kondisi cuaca. Namun demikian, karena bersifat telanjang (tanpa isolasi), AAAC

tetap rentan terhadap gangguan eksternal seperti sentuhan vegetasi, hewan, maupun benda asing yang dapat menyebabkan hubung singkat.



Gambar 2. 10 Konduktor AAAC

3. Konduktor ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced)

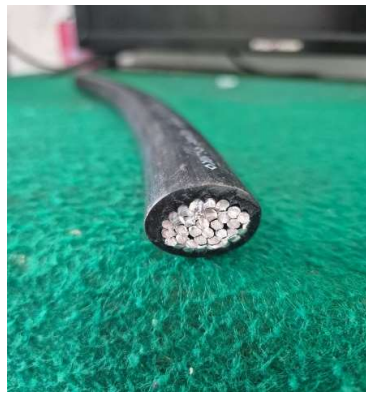
ACSR terdiri dari lapisan aluminium sebagai penghantar arus dan inti baja sebagai penguat mekanis. Inti baja memberikan kekuatan tarik yang tinggi sehingga cocok digunakan pada bentang panjang atau daerah dengan beban angin besar. Keunggulan utama ACSR adalah daya tahan mekanisnya yang sangat baik. Namun, konduktor ini memiliki potensi korosi pada inti baja jika perlindungan tidak optimal. Selain itu, seperti AAAC, ACSR juga merupakan konduktor telanjang yang rentan terhadap gangguan luar.



Gambar 2. 11 konduktor ACSR

4. Kabel AAACS (All Aluminium Alloy Conductor Covered)

AAACS merupakan pengembangan dari konduktor AAAC yang dilengkapi dengan lapisan isolasi pelindung (covered conductor). Secara struktural, penghantar tetap menggunakan aluminium alloy, tersusun dari inti baja (steel core) di bagian tengah dan lapisan penghantar aluminium alloy (paduan aluminium) di bagian luarnya. Kombinasi antara baja dan aluminium alloy ini menghasilkan konduktor dengan kekuatan mekanis tinggi, tahanan korosi yang baik, serta konduktivitas listrik yang cukup tinggi. Fungsi kabel AAACS dalam jaringan distribusi tegangan menengah selain Menyalurkan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan tegangan menengah (20 kV), Juga meningkatkan kehandalan jaringan.

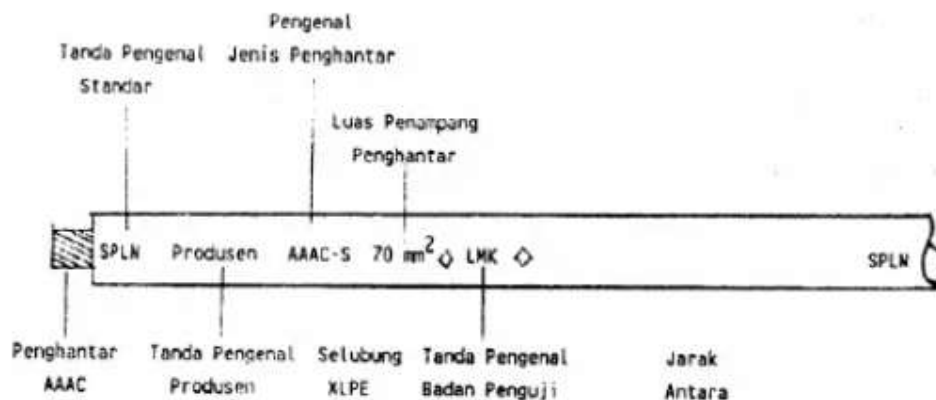


Gambar 2. 12 Konduktor AAACS
(Dokumen Pribadi Oktober 2025)

2.1.5 struktur dan Komponen kabel AAACS

Kabel AAAC-S terdiri dari 2 bagian yaitu selubung/isolatornya yang terbuat dari bahan polietilen silang (XPPE) dan kawat yang terbuat dari aluminium-magnesium-silicon dan beberapa campuran logam lainnya. Campuran logam ini memiliki keterhantaran listrik tinggi karena berisi magnesium silicide yang berfungsi untuk memberi sifat yang lebih baik. Kabel AAAC-S digunakan pada tegangan menengah. Perbedaan AAAC dan AAAC-S hanya pada isolatornya, pada AAAC-S menggunakan

selubung yang terbuat dari bahan polietilen ikat silang (XPLE). Selubung polietilen ikat silang ini dimaksudkan untuk mengurangi jumlah gangguan pada sistem, terutama gangguan sentuhan dengan pohon. Selubung tersebut tidak berfungsi sebagai isolasi penuh, ketahanan isolasi hanya sampai dengan 6 kV, oleh karenanya penghantar jenis ini harus diperlakukan seperti halnya penghantar udara telanjang, Penghantar ini biasanya terdiri dari Aluminium, Silicon, Magnesium, Fe, Tembaga, Mn, Cr, Zn, B.



Gambar 2. 13 diagram kabel AAACS

2.1.6 Sifat-Sifat dan Karakteristik Material Kabel AAACS

Jenis konduktor yang tersusun dari material paduan aluminium (aluminium alloy) sebagai penghantar utama dan inti baja (steel core) sebagai penguat mekanik. Kombinasi kedua material ini menghasilkan konduktor dengan daya hantar listrik yang baik, kekuatan tarik tinggi, serta ketahanan korosi yang unggul, sehingga sangat cocok digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah, khususnya di daerah yang memiliki kondisi lingkungan lembab atau banyak pepohonan seperti area perkebunan.

Material aluminium alloy pada kabel AAACS umumnya mengandung unsur magnesium (Mg) dan silikon (Si) yang berfungsi meningkatkan kekuatan mekanik, ketahanan terhadap korosi, serta stabilitas termal dibandingkan dengan aluminium murni. Paduan

ini memberikan keseimbangan antara konduktivitas listrik dan kekuatan tarik, dengan nilai konduktivitas sekitar 52–56% IACS, yang masih efisien untuk penghantaran arus listrik dengan rugi daya yang rendah. Selain itu, aluminium alloy juga memiliki berat jenis yang ringan dan koefisien muai panas yang relatif kecil, sehingga kabel tidak mudah kendur akibat perubahan suhu lingkungan.

Sementara itu, bagian inti baja (steel core) berfungsi sebagai penopang mekanik yang memberikan kekuatan tambahan terhadap gaya tarik dan beban eksternal, seperti hembusan angin atau beban es (pada negara tertentu). Inti baja ini biasanya dilapisi lapisan galvanis (zinc coating) untuk mencegah terjadinya korosi akibat paparan udara lembab. Dengan adanya penguat baja ini, kabel AAACS mampu digunakan pada bentang yang lebih panjang tanpa mengalami penurunan kekuatan atau kestabilan.

Secara keseluruhan, kabel AAACS memiliki sifat mekanik dan elektris yang seimbang, antara lain:

- Konduktivitas listrik tinggi, sehingga efisien dalam penyaluran energi.
- Kekuatan tarik besar, yang memungkinkan pemasangan dengan jarak tiang lebih lebar.
- Tahan terhadap korosi dan cuaca ekstrem, sehingga umur pakainya panjang.
- Koefisien muai termal rendah, menjaga kestabilan panjang kabel.
- Ringan dan fleksibel, memudahkan proses pemasangan dan perawatan.

Dengan karakteristik tersebut, kabel AAACS menjadi pilihan yang ideal untuk sistem distribusi tenaga listrik di daerah dengan kondisi lingkungan berat seperti daerah perkebunan dan pepohonan, karena mampu meminimalkan risiko gangguan akibat faktor mekanis maupun lingkungan, serta meningkatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV.

2.1.7 Penelitian Yang Relevan

Dalam penelitian ini, penulis melakukan kajian pustaka terhadap sejumlah penelitian yang memiliki keterkaitan dan relevansi dengan topik yang dibahas. Sumber referensi yang digunakan berasal dari berbagai jenis publikasi seperti jurnal, artikel, skripsi, maupun buku yang berkaitan dengan penelitian ini. Adapun beberapa referensi yang berhasil dikumpulkan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Andika Kurniawan, Universitas Semarang, 2021 membahas Pengaruh Luas Penampang Kabel AAAC terhadap Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Feeder 3 Kudus Penelitian ini menganalisis pengaruh luas penampang kabel AAAC terhadap nilai drop tegangan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV Feeder 3 Kudus – PT PLN (Persero) UP3 Demak. Analisis dilakukan melalui perhitungan manual dan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 untuk membandingkan nilai tegangan jatuh pada beberapa ukuran konduktor (Kurniawan, 2021).
2. Penelitian oleh Gede Apriawan (2023) “Analisis Penggantian Penghantar SUTM Tipe AAAC 70 mm² Menjadi Tipe AAACS 150 mm² untuk Meningkatkan Keandalan Sistem di Penyulang Lemukih” hasil penelitian menunjukkan Nilai SAIDI turun dari 9,00 menjadi 0,56 jam/pelanggan/tahun (penurunan 93,8%), Nilai SAIFI turun dari 10,9 menjadi 2,39 kali/pelanggan/tahun (penurunan 78,1%) Hal ini menunjukkan peningkatan keandalan sistem yang signifikan dan telah memenuhi standar SPLN 59:1985 (Apriawan, 2023).
3. Dody harwin afianto, Universitas Jember, 2015 melakukan Studi Kelayakan Penghantar AAC, AAAC, dan AAAC-S pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Gambiran” hasil penelitian menyimpulkan Semakin tinggi nilai tegangan pada ujung jaringan, semakin baik kualitas penyaluran listriknya. Kabel AAAC-S memiliki tegangan paling stabil, artinya penurunan tegangan (voltage drop) sangat kecil dan tidak mengganggu pelayanan pelanggan (Afianto, 2015).
4. Furqan Baharsyah, KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro (2018) menganalisis Pengaruh Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa Arus pada Kabel Tegangan Menengah, hasil Penelitian menyatakan Semakin tinggi suhu, semakin besar rugi daya dan semakin kecil kapasitas arus yang bisa dialirkan. Sebaliknya, pada kondisi suhu rendah dan angin kencang, kemampuan kabel meningkat karena proses pendinginan yang lebih baik. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa hasil perhitungan menggunakan metode IEEE Std 738 memberikan nilai KHA lebih besar (20–40%) dibandingkan standar PLN (SPLN), karena metode IEEE mempertimbangkan faktor pendinginan alami yang lebih detail (Baharsyah, 2018).

5. Rizky Beltsazar Binilang (2017) Menganalisis Rugi Daya pada Saluran Distribusi Primer 20 kV di Kota Tahuna, hasil penelitian Penyulang Kota mengalami jatuh tegangan tertinggi (11,51%), melebihi batas toleransi PLN (10%), Penyulang Tona memiliki jatuh tegangan paling kecil (9,66%), masih sesuai dengan batas toleransi, Penyulang Kolongan sedikit melebihi batas standar dengan nilai 10,185% Artinya, hanya penyulang Tona yang masih memenuhi standar tegangan PLN, sementara Kota dan Kolongan perlu dilakukan perbaikan teknis agar tegangan di ujung sistem tetap sesuai ketentuan (B.Binilang, 2017).

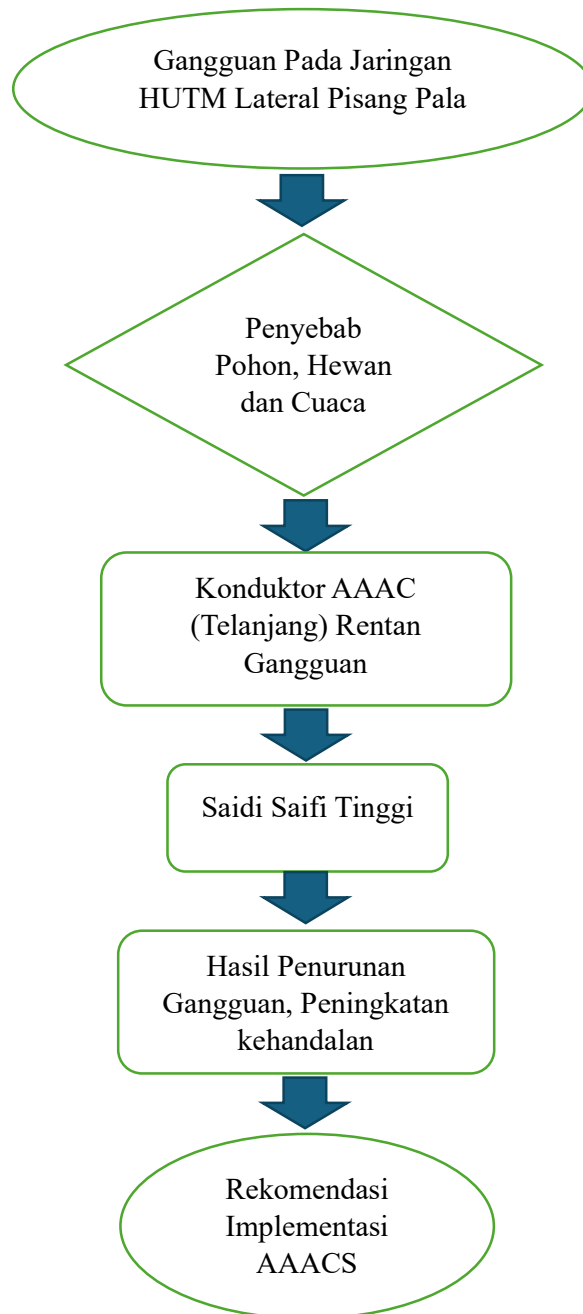
Tabel 2. 1 Penelitian yang Relevan

No	Judul dan Tahun	Masalah	Metodologi	Hasil	Riset Gap
1.	Pengaruh Luas Penampang Kabel AAAC terhadap Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Feeder 3 Kudus (2021)	terjadinya penurunan tegangan (voltage drop) yang cukup signifikan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV Feeder 3 Kudus	Analisis hasil dilakukan untuk menentukan ukuran kabel yang paling efisien dalam meminimalkan jatuh tegangan.	Penggunaan kabel dengan penampang lebih kecil seperti 95 mm ² menimbulkan penurunan tegangan yang melebihi batas toleransi SPLN ($\pm 5\%$).	Belum dilakukan analisis ekonomi (biaya investasi dan rugi energi) untuk menentukan ukuran kabel paling efisien secara teknis dan finansial
2.	Analisis Penggantian Penghantar SUTM Tipe	Pemakaian kabel AAAC 70 mm ² yang sudah tidak mampu	Evaluasi hasil digunakan untuk menilai peningkatan	Kabel AAACS terbukti lebih tahan terhadap gangguan	Dampak termal dan lingkungan terhadap umur kabel AAACS

	AAAC 70 mm ² Menjadi Tipe AAACS 150 mm ² untuk Meningkatkan Keandalan Sistem di Penyulang Lemukih (2023)	menanggung beban dan kondisi lingkungan dengan pepohonan lebat, sehingga sering menimbulkan gangguan dan kerusakan mekanis	keandalan sistem distribusi tegangan menengah.	mekanis (seperti pohon tumbang dan gesekan dahan) serta memiliki kekuatan tarik dan daya hantar arus yang lebih baik dibanding AAAC.	belum dievaluasi.
3.	Studi Kelayakan Penghantar AAC, AAAC, dan AAAC-S pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Gambiran (2015)	Diperlukan kajian teknis untuk menentukan jenis penghantar paling optimal berdasarkan kriteria tegangan jatuh, efisiensi, dan keandalan sistem.	Analisis kelayakan teknis dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan akhir terhadap standar tegangan nominal (SPLN dan IEC)	Kabel AAAC-S menghasilkan tegangan paling stabil dengan penurunan tegangan (voltage drop) paling kecil, sehingga layak digunakan untuk meningkatkan kualitas penyaluran energi listrik.	Tidak ada analisis terhadap rugi daya (losses) yang dapat memengaruhi efisiensi total sistem distribusi.
4.	Pengaruh Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa	ketidakakuratan perhitungan kapasitas pembawa arus (KHA) kabel tegangan menengah akibat	Evaluasi hasil dilakukan dengan mengamati pengaruh perubahan suhu lingkungan	Ditemukan bahwa semakin tinggi suhu lingkungan, semakin kecil kapasitas pembawa arus (KHA) dan	Tidak dilakukan uji eksperimental langsung di lapangan penelitian masih berbasis

	Arus pada Kabel Tegangan Menengah (2018)	perubahan suhu lingkungan yang tidak selalu sesuai dengan kondisi ideal.	terhadap kapasitas arus dan efisiensi penyaluran daya	semakin besar rugi daya (power losses) pada kabel tegangan menengah	simulasi dan perhitungan teoretis
5.	Analisis Rugi Daya pada Saluran Distribusi Primer 20 kV di Kota Tahuna (2017)	terjadinya rugi daya dan jatuh tegangan yang cukup besar pada saluran distribusi primer 20 kV di Kota Tahuna, yang berdampak pada menurunnya kualitas tegangan dan efisiensi penyaluran listrik.	Perhitungan manual rugi daya dan jatuh tegangan pada masing-masing penyulang menggunakan persamaan dasar arus, resistansi, dan impedansi saluran.	Diperlukan perbaikan teknis seperti penggantian konduktor dengan ukuran penampang lebih besar atau rekonfigurasi jaringan untuk menurunkan jatuh tegangan pada penyulang Kota dan Kolongan	Penelitian terbatas pada kondisi normal, tanpa mempertimbangkan variasi beban harian dan musiman yang bisa memengaruhi hasil rugi daya.

2.1.7 Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 14 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diperjelas mengenai *“Optimalisasi Penggunaan Kabel AAACS untuk Mengurangi Gangguan Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Lateral Pisang Pala Penyulang TB.01 PT PLN (Persero) ULP Galang”* Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan berupa gangguan pada jaringan HUTM (Hubungan Udara Tegangan Menengah) Lateral Pisang Pala. Berdasarkan data gangguan dari PT PLN (Persero) ULP Galang, diketahui bahwa jaringan tersebut sering mengalami gangguan akibat faktor eksternal seperti pohon, hewan, dan kondisi cuaca ekstrem.

Jaringan yang saat ini menggunakan konduktor jenis AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) masih tergolong rentan terhadap gangguan, karena konduktor ini bersifat telanjang dan tidak memiliki pelindung isolasi. Akibatnya, ketika terjadi sentuhan dengan benda asing, timbul hubung singkat yang menyebabkan pemadaman dan menurunkan nilai keandalan sistem distribusi

Kondisi tersebut berimplikasi pada meningkatnya nilai System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI) yang menandakan tingkat keandalan sistem distribusi rendah. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimalisasi dalam bentuk penggantian konduktor telanjang menjadi kabel AAACS (All Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced Covered).

Kabel AAACS memiliki inti baja penguat dan lapisan pelindung XPPE (Cross Linked Polyethylene) yang berfungsi mengurangi risiko gangguan akibat kontak langsung dengan pohon atau hewan. Dengan demikian, penerapan kabel ini diharapkan dapat menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI, meningkatkan keandalan sistem distribusi, serta memperbaiki kualitas pelayanan listrik kepada pelanggan.

Hasil dari analisis dan perbandingan antara penggunaan konduktor AAAC dan kabel AAACS akan menjadi dasar rekomendasi teknis untuk optimalisasi jaringan distribusi tegangan menengah di wilayah ULP Galang. Dengan pendekatan ini, penelitian dilakukan secara terstruktur dan berbasis data teknis, sehingga kesimpulan yang dihasilkan dapat diterapkan dalam peningkatan keandalan sistem distribusi PLN ULP Galang.

2.1.8 Landasan Teori Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan ukuran kemampuan sistem dalam menyalurkan energi listrik secara kontinu kepada pelanggan dengan tingkat gangguan yang minimal. Dalam sistem distribusi, keandalan tidak hanya dinilai dari ada atau tidaknya gangguan, tetapi juga dari seberapa sering gangguan terjadi dan berapa lama pelanggan mengalami pemadaman. Untuk mengukur tingkat keandalan tersebut digunakan indeks keandalan yang bersifat kuantitatif, yaitu SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index).

Indeks SAIFI dan SAIDI merupakan parameter standar yang digunakan dalam evaluasi kinerja jaringan distribusi, termasuk dalam sistem pelayanan tenaga listrik oleh PT PLN (Persero). Kedua indeks ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kualitas kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan.

SAIFI adalah indeks yang menunjukkan rata-rata frekuensi gangguan yang dialami oleh setiap pelanggan dalam periode tertentu, umumnya dihitung dalam satu tahun. Indeks ini menggambarkan seberapa sering pelanggan mengalami pemadaman listrik akibat gangguan pada jaringan distribusi. Nilai SAIFI diperoleh dari perbandingan antara jumlah total pelanggan yang mengalami gangguan dengan jumlah total pelanggan yang dilayani. Semakin kecil nilai SAIFI, maka semakin jarang pelanggan mengalami pemadaman, yang berarti tingkat keandalan sistem semakin baik. Nilai SAIFI dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis konduktor yang digunakan, konfigurasi jaringan, kondisi lingkungan, kualitas sistem proteksi, serta efektivitas pemeliharaan jaringan.

Sementara itu, SAIDI merupakan indeks yang menunjukkan rata-rata total durasi pemadaman yang dialami oleh setiap pelanggan dalam periode tertentu. Indeks ini menggambarkan lamanya waktu pelanggan tidak memperoleh suplai listrik akibat gangguan yang terjadi pada sistem distribusi. SAIDI dihitung berdasarkan total jam pelanggan padam dibagi dengan jumlah total pelanggan yang dilayani. Semakin kecil nilai SAIDI, maka semakin singkat rata-rata durasi pemadaman yang dialami pelanggan, sehingga menunjukkan tingkat pelayanan yang semakin baik. Nilai SAIDI sangat

dipengaruhi oleh kecepatan penanganan gangguan, sistem koordinasi proteksi, ketersediaan peralatan manuver jaringan, serta aksesibilitas lokasi gangguan.

Secara konseptual, SAIFI dan SAIDI memiliki hubungan yang erat dalam menggambarkan kualitas pelayanan distribusi tenaga listrik. SAIFI menunjukkan aspek kuantitas gangguan (berapa kali terjadi), sedangkan SAIDI menunjukkan aspek waktu atau lamanya gangguan berlangsung. Suatu sistem distribusi dapat memiliki frekuensi gangguan rendah namun durasi pemadaman lama, atau sebaliknya. Oleh karena itu, evaluasi keandalan harus mempertimbangkan kedua indeks tersebut secara bersamaan.

Dalam praktiknya, jaringan dengan konfigurasi radial dan menggunakan konduktor telanjang cenderung memiliki nilai SAIFI dan SAIDI yang lebih tinggi karena gangguan mudah terjadi dan berdampak luas. Sebaliknya, sistem dengan konfigurasi yang lebih fleksibel serta penggunaan konduktor berisolasi dapat menekan frekuensi dan durasi gangguan sehingga nilai kedua indeks tersebut menjadi lebih rendah.

Dengan demikian, SAIFI dan SAIDI merupakan indikator utama dalam analisis dan evaluasi kinerja jaringan distribusi tegangan menengah. Kedua indeks ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan teknis untuk meningkatkan keandalan sistem, termasuk dalam perencanaan perbaikan jaringan dan penggantian jenis konduktor guna meningkatkan kontinuitas pelayanan kepada pelanggan.