

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian penting dari rantai pasokan energi listrik yang membawa listrik dari pembangkit listrik ke konsumen akhir. Di bawah ini, akan dijelaskan beberapa konsep utama dan komponen dalam sistem distribusi tenaga listrik. (Santoso *et al.*, 2020)

Jaringan Distribusi: Jaringan distribusi adalah sistem kabel dan konduktor yang menghubungkan gardu distribusi dengan pelanggan. Ini termasuk jaringan listrik atas (*overhead*) dan bawah tanah (*underground*). Transformator distribusi digunakan untuk mengubah tegangan dari tinggi menjadi rendah sebelum masuk ke rumah-rumah dan bisnis. Ini memungkinkan listrik yang aman dan efisien untuk digunakan oleh konsumen. Saklar dan Perlengkapan Distribusi Sakelar otomatis, pemutus sirkuit, dan perlengkapan lainnya digunakan untuk mengelola aliran listrik dan meminimalkan pemadaman. (Putri, 2018)

2.2 Keandalan tenaga listrik

Keandalan adalah kemampuan suatu sistem perangkat listrik untuk beroperasi secara konsisten dan dapat diandalkan dalam memberikan daya listrik tanpa mengalami gangguan atau kegagalan yang signifikan. Keandalan sangat penting dalam penyediaan layanan listrik, karena listrik menjadi unsur vital dalam kehidupan sehari-hari, bisnis, dan industri.

2.2.1 Istila Keandalan Tenaga Listrik

1. Keandalan dalam Konteks Sistem atau Perangkat

Keandalan merujuk pada kemampuan suatu sistem, perangkat, atau komponen untuk menjalankan fungsi-fungsinya tanpa kegagalan atau gangguan dalam jangka waktu tertentu.

2. Keandalan dalam Konteks Pengukuran atau Instrumen

Dalam pengukuran atau instrumen, keandalan mengacu pada sejauh mana alat ukur tersebut memberikan hasil yang konsisten atau stabil ketika digunakan berulang kali.

3. Keandalan dalam Konteks Data atau Informasi

Keandalan data atau informasi merujuk pada tingkat kepastian atau kepercayaan pada keakuratan dan konsistensi data yang diberikan.

4. Keandalan dalam Konteks Jaringan atau Komunikasi

Keandalan dalam konteks jaringan atau komunikasi merujuk pada kemampuan suatu sistem jaringan untuk menjaga konektivitas dan mentransmisikan data tanpa gangguan.

Kemampuan sistem distribusi listrik dalam menyalurkan tenaga listrik dapat diukur dengan sejumlah faktor dan parameter. Kondisi "tersalur baik" atau tidaknya tergantung pada sejumlah aspek, termasuk keandalan, efisiensi, dan keamanan sistem.

Menentukan sampel adalah suatu proses yang penting dalam penelitian, survei, atau analisis data untuk mendapatkan informasi yang representatif dari populasi yang lebih besar. Ukuran sampel harus cukup

besar untuk memberikan hasil yang signifikan, tetapi juga harus mempertimbangkan keterbatasan waktu dan sumber daya.

Suatu distribusi tenaga listrik dikatakan handal jika mampu menyediakan pasokan listrik yang andal, terus-menerus, dan konsisten kepada para pelanggan. Keandalan distribusi tenaga listrik dapat dinilai dari tegangan yang stabil, waktu pemulihan, pemeliharaan dan perawatan yang rutin.

2.2 Tegangan Distribusi

Tegangan distribusi adalah tegangan yang disalurkan kepada pelanggan. Tegangan yang umum digunakan adalah 120/240 V (sistem satu fasa) atau 208Y/120 V (sistem tiga fasa). Tegangan ini disesuaikan dengan kebutuhan peralatan elektronik dan kelistrikan di rumah dan bisnis.

2.3 Kualitas Listrik

Selain keandalan, kualitas listrik juga menjadi fokus penting. Ini mencakup aspek-aspek seperti tegangan yang stabil, minimisasi gangguan, dan pengendalian harmonik yang dapat memengaruhi peralatan elektronik sensitif.

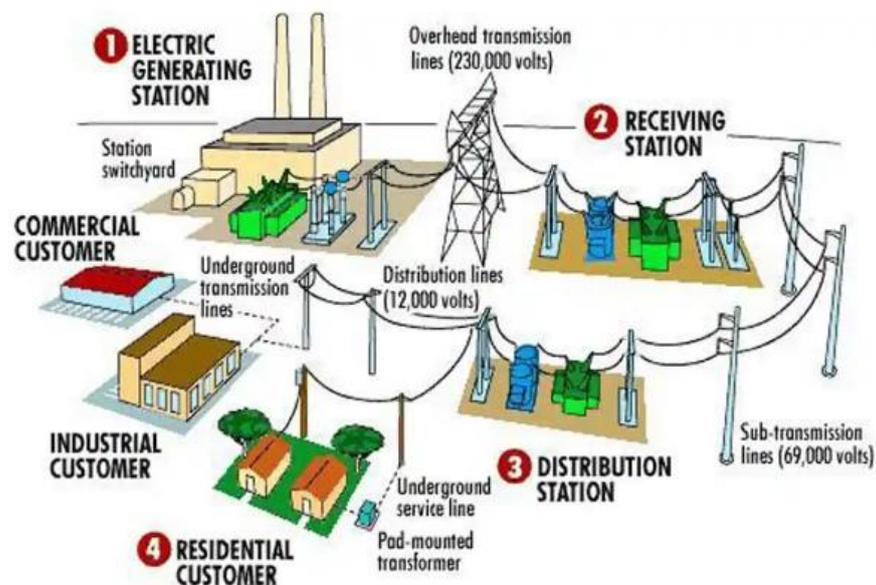
2.4 Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan adalah parameter penting dalam mengukur kualitas layanan distribusi. Pelanggan mengharapkan pasokan listrik yang andal, dan perusahaan listrik berusaha memenuhi ekspektasi tersebut.

2.5 Regulasi dan Standar

Regulasi pemerintah dan standar industri berperan dalam mengatur operasi dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Standar ini mendorong perusahaan listrik untuk memenuhi persyaratan tertentu dalam hal keandalan dan kualitas layanan.

Jaringan distribusi untuk dapat di salurkan ke pelanggan dengan klafisikasi tegangan yang memakai tegangan rendah adalah 220 V atau 380 V (antar fasa). Pelanggan dapat memakai tegangan rendah ini yaitu pelanggan paling banyak karena daya yang dipakai tidak terlalu banyak. Jaringan dari gardu distribusi di kenal dengan JTR (Jaringan tegangan rendah), lalu dari JTR ke rumah pelanggan disebut sambungan rumah (SR) pelanggan tegangan ini.



Gambar 2.1 Pendistribusian jaringan

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fkelasonlineblog.wordpress>

2.6 Karakteristik Kendalan Distribusi Tenaga Listrik

Ini dapat diukur melalui survei dan umpan balik pelanggan. Kualitas tegangan mencakup masalah seperti fluktuasi tegangan, lonjakan tegangan, dan distorsi harmonik. Tegangan yang stabil dan berkualitas tinggi adalah indikasi dari keandalan distribusi yang baik. Ini mengukur waktu yang diperlukan untuk memulihkan pasokan listrik setelah terjadi pemadaman. Semakin cepat pemulihan, semakin tinggi keandalan distribusi. Sistem distribusi yang menjalani pemeliharaan rutin secara teratur memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi karena bagaimana pelanggan merasa tentang kualitas dan keandalan pasokan listrik. dapat mencegah Kepuasan pelanggan adalah karakteristik yang subjektif dan mencerminkan kegagalan peralatan. (Saing, no date).

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

2.7.1 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Konfigurasi jaringan distribusi adalah tata letak dan desain fisik jaringan listrik yang menghubungkan pembangkit listrik dengan konsumen akhir. Konfigurasi ini memainkan peran penting dalam menentukan keandalan, efisiensi, dan fleksibilitas sistem distribusi tenaga listrik. Ada beberapa jenis konfigurasi yang umum digunakan dalam jaringan distribusi, masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi spesifik

2.7.2 Kapasitas Transformator dan Saluran Distribusi

Kapasitas transformator dan saluran distribusi harus sesuai dengan kebutuhan puncak beban. Jika kapasitas tidak mencukupi, dapat terjadi overloading dan penurunan keandalan.

2.7.3 Ketahanan Terhadap Bencana Alam

Daerah yang rentan terhadap bencana alam mungkin memerlukan langkah-langkah tambahan untuk meningkatkan keandalan distribusi, seperti longsor tahan gempa atau rencana evakuasi.

2.7.4 Ketersediaan Sumber Daya Cadangan

Adanya sumber daya cadangan, baik dalam bentuk genset atau sistem backup lainnya, dapat membantu menjaga keandalan distribusi saat terjadi gangguan atau pemadaman listrik.

2.8 Faktor Ketidakstabilan Kendalan Distribusi Tenaga Listrik

2.8.1 Gangguan Peralatan

Ketidakstabilan dapat terjadi akibat kegagalan peralatan distribusi seperti transformator, pemutus sirkuit, dan saklar. Kegagalan ini dapat disebabkan oleh faktor seperti penuaan, ketidakcocokan komponen, atau kegagalan lainnya.

2.8.2 Pemutusan Tegangan

Pemutusan tegangan atau pemadaman listrik yang singkat dapat terjadi akibat gangguan dalam jaringan distribusi, seperti pemutusan kabel atau pemutusan sirkuit. Ini dapat mengganggu pasokan listrik secara tiba-tiba.

2.8.3 Fluktuasi Beban

Fluktuasi dalam permintaan listrik oleh pelanggan dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam pasokan listrik. Perubahan tiba-tiba dalam beban beban, misalnya saat peralatan besar dihidupkan atau dimatikan, dapat mempengaruhi stabilitas sistem.

2.8.4 Penggunaan Sumber Energi Terbarukan

Integrasi sumber energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, dalam jaringan distribusi bisa memunculkan ketidakstabilan. Sumber-sumber ini cenderung bervariasi, terutama jika cuaca atau kondisi lingkungan berubah.

2.8.5 Ketidakseimbangan Jaringan

Ketidakseimbangan dalam jaringan distribusi, seperti distribusi tegangan yang tidak merata, dapat menyebabkan masalah seperti penurunan kualitas tegangan dan penggunaan peralatan yang tidak efisien.

2.8.6. Gangguan Arus Pendek

Gangguan arus pendek (short-circuit) bisa terjadi akibat kontak yang buruk, isolasi yang rusak, atau peralatan yang aus, dan bisa menyebabkan pemadaman atau ketidakstabilan dalam pasokan listrik.

2.8.7 Variabilitas Sumber Daya

Variabilitas dalam sumber daya listrik seperti kualitas daya dan frekuensi dapat memengaruhi keandalan jaringan. Sumber daya yang tidak stabil dapat menyebabkan gangguan pada peralatan pelanggan.

2.9 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir kendali distribusi tenaga listrik adalah landasan konseptual yang digunakan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengelola strategi serta metode yang bertujuan untuk menjaga keandalan, efisiensi, dan kualitas distribusi tenaga listrik. Kerangka berpikir ini membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi tenaga listrik dan menyusun rencana tindakan yang tepat untuk mengatasi berbagai kendala. (Yoga, 2017)

Berikut adalah komponen utama dari kerangka berpikir kendali distribusi tenaga listrik.

2.9.1 Hipotesis Penelitian

1. Pemadaman listrik di wilayah tertentu disebabkan oleh gangguan eksternal seperti badai, gempa bumi, atau faktor cuaca eksternal lainnya. Hipotesis ini akan diuji untuk memahami penyebab pemadaman listrik dan membantu dalam mengembangkan strategi pengurangan risiko. (Putri, 2018)
2. Integrasi sumber energi terbarukan dalam jaringan distribusi tenaga listrik berdampak pada ketidakstabilan pasokan listrik. Hipotesis ini akan digunakan untuk mengevaluasi efek sumber energi terbarukan terhadap kualitas dan keandalan pasokan listrik. (Hadi, 2018).
3. Penerapan sistem pemantauan dan pengendalian otomatis meningkatkan keandalan distribusi tenaga listrik. Hipotesis ini akan diuji untuk menentukan apakah otomatisasi sistem distribusi memiliki dampak positif pada keandalan. (Putri, 2018)

4. Penggunaan alat pengatur daya oleh pelanggan menyebabkan distorsi harmonik dalam jaringan distribusi. Hipotesis ini akan digunakan untuk menilai dampak peralatan non-linier pada kualitas daya listrik dan keandalan, (Hamid *et al.*, 2023).
5. Pengendalian beban aktif dapat mengurangi risiko pemadaman listrik selama periode beban tinggi. Hipotesis ini akan diuji untuk menentukan efektivitas pengendalian beban dalam menjaga keandalan selama periode beban tinggi, (Rohmat *et al.*, 2014)
6. Manajemen distraksi fase dapat mencegah ketidakseimbangan beban di antara fase-fase jaringan distribusi. Hipotesis ini akan digunakan untuk menguji apakah manajemen distraksi fase membantu dalam menjaga keandalan pasokan listrik. (Sasabone Restichia, 2018).

2.9.2 Rumus

Untuk menganalisis keandalan distribusi tenaga listrik pada daerah perumahan di Kecamatan Sa'dan Lembang Likulambe', beberapa rumus penting digunakan. Berikut adalah rumus-rumus yang sering digunakan beserta keterangan dan contoh perhitungan:

1. SAIFI adalah mengukur frekuensi rata-rata gangguan yang dialami oleh setiap pelanggan dalam periode waktu tertentu.

$$SAIFI = \frac{\text{Total pelanggan yang terdampak}}{\text{Total Pelanggan yang di Layani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_i}$$

Dengan :

λ_i = Angka kegagalan/rata-rata frekuensi pemadaman

N_i = Jumlah pelanggan yang di layani pada i

2. SAIDI adalah mengukur durasi rata-rata gangguan yang dialami oleh setiap pelanggan dalam periode waktu tertentu.

$$SAIDI = \frac{\text{Total lama padam (jam)}}{\text{Jumlah Total pelanggan yang di layami}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_i}$$

U_i = Waktu padam pelanggan dalam periode tertentu

N_i = Jumlah pelanggan yang di layani

3. CAIDI adalah mengukur durasi rata-rata setiap pemadaman sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i}$$

Dimana:

U_i = waktu padam pelanggan dalam periode tertentu (jam perbulan)

N_i = Jumlah pelanggan yang di layani

λ_i = Angka kegagalan rata-rata /frekuensi padam.

2.11 Kajian pustaka

Tabel 2.10 Penelitian terkait terdahulu

NO	PENULIS	JUDUL	HASIL
1	Rohmat et al., (2014)	Evaluasi Efektivitas Pengendalian Internal Akuntansi Atas Jaringan Distribusi Listrik Oleh PT PLN (Persero) Studi Kasus: Di Sumatera Utara.	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang dilakukan pada bidang distribusi PT PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara. Informan penelitian ini adalah deputy manager bidang distribusi yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan pengendalian internal di bidang distribusi dan staf atau pegawai bidang distribusi sebagai bagian dari responden penelitian.
2	(Hadi, 2018)	Evaluasi Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV Dalam Upaya Menekan Jumlah Energi Yang Tidak Tersalurkan	gangguan penyaluran tenaga listrik pada tegangan menengah 20 kV pada satu periode tertentu yang terjadi setiap 100 kilo meter sirkuit (kms) panjang jaringan disebut

		Dan Frekuensi Gangguan Pada Penyulang Losari.	dengan indeks FGTM (Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah).
3	Widya Publika 8.2 (2020):	Perumusan, Implementasi Serta Evaluasi Kebijakan Perusahaan Listrik Negara (Pln) Pemadaman Listrik Terhadap Industri Pariwisata Di Bali	Implementasi Serta Evaluasi Kebijakan Perusahaan Listrik Negara (PLN) Pemadaman Listrik Terhadap Industri Pariwisata Di Bali. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan terkait bagaimanakah perumusan, implementasi serta evaluasi kebijakan Perusahaan Listrik N
4	Tanjung and ., 2017)	Penggunaan Aset Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Metode Sistem Dinamik (Studi Kasus: Pt. Pln (Persero).	Aset yang dianggap belum optimal khususnya pada aset Gardu Induk. Gardu Induk merupakan sub-sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik. Apabila tidak digunakan dengan baik

			ditakutkan aset mengalami kerusakan dan menyebabkan gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik.
5	Zulfikar and Laksono, (2019)	Prototype aplikasi info rekening listrik PLN berbasis mobile (study kasus: Pt. PLN persero distribusi Jakarta Raya dan Tangerang)	Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini telah menghasilkan pelayanan-pelayanan baru termasuk melalui mobile device seperti handphone, PDA phone, Smartphone, sampai pocket pc. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu Mengembangkan sistem pelayanan informasi rekening listrik PLN berbasis mobile, untuk memudahkan pelanggan dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan khususnya informasi rekening listrik.
6	Rura, Patras and	Sistem Distribusi Menggunakan dan SAIDI Pada PT. PLN	Tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik bagi suatu daerah sangat penting,

	Silimang, (PERSERO Indeks 2019) SAIFI) Area Bitung.Evaluasi Keandalan	baik itu daerah ibu kota, daerah industri, daerah pariwisata, dan daerah-daerah lainnya. Untuk menentukan mutu pelayanan suatu sistem distribusi dengan menggunakan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Indeks) yang dimana berpatokan pada standar PLN dan standar IEEE yang sudah ditetapkan. Dimana standar PLN yang dikalikan dengan faktor penyesuaian Sulawesi 1,3 untuk SAIFI sebesar 4,16 kali/jam dan untuk SAIDI 27,4 jam tahun.
--	---	--

Tabel 2.1 Penelitian Terkait terdahulu