

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk (GI) ke pelanggan akhir. Sistem distribusi biasanya terdiri atas jaringan distribusi primer (tegangan menengah) dan jaringan distribusi sekunder (tegangan rendah).

Menurut PT PLN (Persero, 2021), sistem distribusi merupakan penghubung antara sistem transmisi dan pelanggan yang memegang peranan penting terhadap keandalan suplai energi listrik.



Gambar 2.1. Jaringan Distribusi

Menurut Rosyadi, Syahputra, & Mujaahid (2020), jaringan distribusi merupakan bagian paling dekat dengan pelanggan sehingga menjadi titik kritis dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik. Komponen utama jaringan distribusi meliputi:

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV
2. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) 220/380 V

3. Transformator Distribusi

4. Perlengkapan Proteksi dan Pengendali (*Recloser, Sectionalizer, Fuse Cut-Out, LBS*, dll.)

Keandalan jaringan distribusi sangat bergantung pada efektivitas kegiatan pemeliharaan dan pencatatan kondisi peralatan di lapangan. Hal ini sejalan dengan pendapat Paryanto et al. (2020) yang menyatakan bahwa transformasi digital dalam sistem tenaga listrik berperan penting untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan kemampuan monitoring terhadap peralatan distribusi.

2.1.2 Jenis dan Tujuan Pemeliharaan Jaringan Distribusi

Pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik bertujuan untuk memastikan agar seluruh komponen sistem dapat berfungsi dengan baik, memperpanjang umur peralatan, serta mencegah terjadinya gangguan yang dapat menyebabkan padamnya aliran listrik. Menurut Handayani (2020), kegiatan pemeliharaan merupakan bagian penting dari manajemen aset ketenagalistrikan yang berperan menjaga kontinuitas pasokan energi dan keandalan sistem distribusi.

Berdasarkan Pedoman Pemeliharaan Jaringan Distribusi (PLN, 2021), kegiatan pemeliharaan dibagi menjadi:

1. Pemeliharaan Rutin (*Preventive Maintenance*)

Dilakukan secara periodik untuk mencegah kerusakan, seperti inspeksi visual, pengencangan sambungan, dan pembersihan peralatan. Menurut Hadi & Suyono (2021), *preventive maintenance* membantu menurunkan tingkat gangguan listrik dengan mengurangi potensi kerusakan akibat faktor keausan dan lingkungan.

2. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Dilakukan setelah terjadi kerusakan atau gangguan untuk mengembalikan fungsi sistem ke kondisi normal. Menurut Dewi et al. (2022), *corrective maintenance* memerlukan waktu dan biaya lebih besar karena dilakukan setelah terjadi gangguan, namun tetap diperlukan untuk memastikan sistem kembali beroperasi dengan aman.

3. Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Berdasarkan data pengukuran kondisi dan tren kinerja peralatan, seperti pengukuran arus bocor, getaran, atau suhu kerja. Handayani (2020) menekankan bahwa *predictive maintenance* sangat efektif bila didukung oleh sistem digitalisasi data dan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk analisis keandalan.

Pemeliharaan yang efektif memerlukan sistem pendataan yang cepat, akurat, dan dapat diakses oleh berbagai pihak, terutama untuk penjadwalan dan pelaporan.

2.1.3 Pendataan Inspeksi Jaringan Manual

Sebelum diterapkannya sistem digital berbasis AppSheet, kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi pada penyulang dilakukan secara konvensional atau manual. Sistem manual yang dimaksud adalah seluruh proses pencatatan, pelaporan, hingga evaluasi hasil pekerjaan dilakukan menggunakan formulir kertas, buku laporan harian, serta rekapitulasi data dalam bentuk arsip fisik maupun file spreadsheet sederhana. Dalam praktiknya, metode manual ini telah lama digunakan sebagai standar operasional di unit layanan distribusi. Namun, sistem tersebut memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal kecepatan penyampaian informasi, akurasi pencatatan, serta efisiensi waktu koordinasi antartetugas. Proses administrasi yang masih bergantung pada dokumen fisik juga berpotensi menimbulkan keterlambatan laporan dan risiko kehilangan data. Secara operasional, alur pemeliharaan jaringan dengan sistem manual dimulai ketika petugas menerima perintah inspeksi dari supervisor atau berdasarkan jadwal rutin pemeliharaan. Perintah tersebut biasanya disampaikan melalui briefing langsung atau surat tugas

[illegible]

Hasil survei kemudian dicatat secara manual pada formulir pemeriksaan lapangan. Data yang dicatat meliputi jenis gangguan, estimasi waktu padam, kondisi peralatan, serta tindakan yang direkomendasikan. Setelah kegiatan inspeksi selesai, petugas menyerahkan laporan tertulis tersebut kepada supervisor untuk dilakukan pemeriksaan dan verifikasi.

NO.	URAIAN INSPEKSI	KONDISI		VOLUME	SATUAN	SARAN PERBAIKAN	KETERANGAN
		BAIK/KURANG	RUSAK				
A. SUMTUM							
I. KONDUKTOR							
a.	Tiang	Kurang Baik	Miring / Retak	14	Batang	Perbaiki	Emergency / Segera
b.	Jarak Aman	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
c.	Andongan	Kurang Baik	Rendah / Terburai	3	Plong	-	Emergency / Segera
d.	Bendrat/Top Ties	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
e.	Jumperan	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
f.	Connector	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
II. ISOLATOR							
a.	Isolator Tumpu	Kurang Baik	Pecah/Bocor	3	Buah	Ganti Baru	Emergency / Segera
b.	Isolator Tarik	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
c.	Gegang Isolator	Kurang Baik	Bengkok/Keropos	2	Buah	Ganti Baru	Emergency / Segera
III. TRAVERSE							
a.	Bracket	Kurang Baik	Bengkok/Keropos	14	Batang	Ganti Baru	Emergency / Segera
b.	Tumpang	Kurang Baik	Bengkok/Keropos	8	Batang	Ganti Baru	Emergency / Segera
B. TRANSFORMATOR							
a.	Cut Out	Kurang Baik	Kurang Baik/Short	12	Buah	Ganti Baru	Emergency / Segera
b.	Arrester	Kurang Baik	Kurang Baik/Rusak	12	Buah	Ganti Baru	Emergency / Segera
c.	Jumperan	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
d.	Bushing Trafo	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
e.	Grounding	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
f.	Tangkai	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
C. PHBTR							
a.	Opstiq	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
b.	NT/NH Fuse	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
c.	Busbar	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
d.	Schoon	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
e.	Grounding	Baik	-	-	-	-	Kondisi Baik
f.	Box	Baik	Kurang Baik/Rusak	27	Buah	Ganti Baru	Kondisi Baik
g.	Seklar Utama	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
D. JTR							
I. SALURAN JTR							
a.	Penghantar	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
b.	Perangkat Penghantar	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
c.	Titik Sambung	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
II. SAMBUNGAN RUMAH							
a.	Penghantar	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
b.	Perangkat Penghantar	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
c.	Pengukuran	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik
d.	Pembatas Daya	Baik	-	-	-	-	Kondisi baik

Gambar 2.3. Form Inspeksi

Supervisor selanjutnya memastikan kelengkapan serta kebenaran hasil inspeksi. Apabila ditemukan indikasi kerusakan atau potensi gangguan yang memerlukan tindakan perbaikan, supervisor akan meneruskan instruksi kepada petugas pelaksana atau eksekutor untuk melakukan tindakan teknis di lapangan. Eksekutor kemudian melaksanakan pekerjaan perbaikan sesuai dengan instruksi yang diberikan. Setelah pekerjaan selesai dilakukan, eksekutor kembali membuat laporan hasil pekerjaan secara manual dan menyerahkannya kepada supervisor. Laporan tersebut kemudian direkap sebagai arsip serta dijadikan dasar evaluasi kinerja pemeliharaan.

Sistem manual ini menyebabkan proses alur pekerjaan menjadi relatif lebih panjang karena setiap tahapan memerlukan perpindahan dokumen secara fisik. Selain itu, waktu yang dibutuhkan sejak identifikasi gangguan hingga penyelesaian pekerjaan cenderung lebih lama, yang berdampak pada meningkatnya durasi padam serta nilai indeks keandalan seperti SAIDI dan SAIFI. Dengan demikian, pemeliharaan jaringan menggunakan sistem manual dapat dikatakan masih efektif secara prosedural, namun belum optimal dari sisi efisiensi waktu, akurasi data, dan kecepatan pengambilan keputusan.

2.1.4 Konsep Digitalisasi Data

Digitalisasi data adalah proses transformasi dari sistem manual berbasis kertas menjadi sistem digital yang terintegrasi dan dapat diakses secara daring (*online*).

Menurut Widodo (2020), digitalisasi dalam konteks manajemen data bertujuan untuk meningkatkan kecepatan, keakuratan, dan kemudahan analisis informasi.

Manfaat utama digitalisasi dalam bidang ketenagalistrikan antara lain:

1. Meningkatkan efisiensi pelaporan dan pencatatan lapangan.
2. Mengurangi potensi kehilangan atau duplikasi data.
3. Mempercepat proses validasi dan pengambilan keputusan.
4. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas kerja.

Sistem digitalisasi memungkinkan integrasi dengan database berbasis *cloud*, yang menjadi dasar bagi pengembangan sistem *AppSheet*.

2.1.5 Teknologi Cloud Computing

Cloud computing merupakan teknologi yang memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data melalui jaringan internet tanpa harus menggunakan server lokal.

Menurut Yudho *et al.* (2025) dalam jurnal DINAMISIA, penerapan sistem berbasis *cloud* terbukti mampu meningkatkan efektivitas kegiatan pembelajaran dan monitoring energi hingga 79,2%, karena memudahkan akses data secara real-time

dan kolaboratif.

Model layanan *cloud* terdiri dari tiga kategori utama:

1. IaaS (*Infrastructure as a Service*) – menyediakan infrastruktur seperti server dan penyimpanan.
2. PaaS (*Platform as a Service*) – menyediakan platform untuk pengembangan aplikasi.
3. SaaS (*Software as a Service*) – menyediakan aplikasi siap pakai melalui internet.

Dalam penelitian ini, *AppSheet* termasuk kategori PaaS, karena memungkinkan pengguna membuat aplikasi berbasis data tanpa perlu menulis kode.

2.1.6 AppSheet sebagai Platform No-Code

AppSheet adalah platform pengembangan aplikasi berbasis *no-code* yang dimiliki oleh *Google Cloud*.

Platform ini memungkinkan pengguna membuat aplikasi *mobile* dan *web* hanya dengan menggunakan sumber data seperti *Google Sheets*, *Excel*, atau *SQL Database*.

Fitur utama *AppSheet* antara lain:

1. Form Input Otomatis: memungkinkan pengguna mengisi formulir digital yang langsung tersimpan ke *database cloud*.
2. *Dashboard Real-Time*: menampilkan hasil input dalam bentuk tabel, grafik, atau peta lokasi. Fitur Otomatisasi (*Automation*): untuk notifikasi, pembaruan status, dan pembuatan laporan otomatis.
3. *Offline Mode*: memungkinkan aplikasi digunakan di lapangan tanpa koneksi internet.

Dalam konteks pemeliharaan jaringan distribusi, *AppSheet* digunakan untuk mencatat hasil inspeksi, foto lapangan, jenis pekerjaan, waktu, dan nama petugas. Data yang masuk langsung terintegrasi ke *Google Sheets* dan dapat dilihat supervisor secara langsung.

Periodic Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan digitalisasi dan teknologi berbasis *cloud* dalam sistem tenaga listrik memberikan dampak positif yang signifikan.

1. Yudho et al. (2025) membuktikan bahwa implementasi sistem berbasis *cloud* meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan kualitas pembelajaran teknologi energi terbarukan.
2. Albert Gifson Hutajulu dalam penelitian yang sama menekankan pentingnya kolaborasi digital untuk mempercepat proses pelaporan dan dokumentasi teknis.
3. PLN (2021) juga mendorong penggunaan sistem berbasis digital untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi dan efektivitas pengawasan lapangan.

Dengan dasar teori tersebut, digitalisasi data pemeliharaan menggunakan *AppSheet* menjadi solusi tepat untuk meningkatkan efektivitas operasional di unit distribusi listrik.

2.2. Penelitian yang Relevan

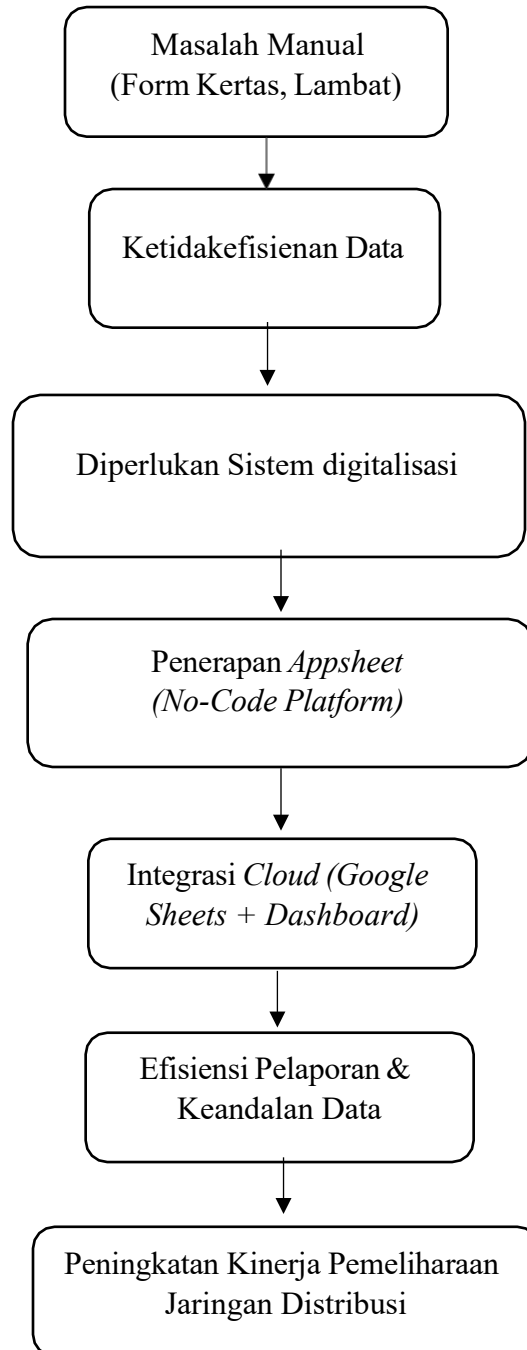
Periodic Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan digitalisasi dan teknologi berbasis *cloud* dalam sistem tenaga listrik memberikan dampak positif yang signifikan.

1. Yudho et al. (2025) membuktikan bahwa implementasi sistem berbasis *cloud* meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan kualitas pembelajaran teknologi energi terbarukan. Konsep ini sejalan dengan teori dari Achary & Raj (2021) dalam *Cloud Reliability Engineering* bahwa penyedia layanan *cloud* menjamin kinerja dan ketersediaan sistem berdasarkan *Service Level Agreements* (SLA) serta menerapkan *best practices* dalam merancang sistem agar memiliki *high availability*.
2. PLN (2021) juga mendorong penggunaan sistem berbasis digital untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi dan efektivitas pengawasan lapangan.

Dengan dasar teori tersebut, digitalisasi data pemeliharaan menggunakan *AppSheet* menjadi solusi tepat untuk meningkatkan efektivitas operasional di unit distribusi

listrik.

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.4. Kerangka Pemikiran

Sesuai dengan kerangka pemikiran penulis, sebelum diterapkannya sistem digitalisasi data pemeliharaan jaringan distribusi, terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap permasalahan sistem manual yang selama ini digunakan. Proses pencatatan data pemeliharaan masih dilakukan dengan formulir kertas yang menyebabkan keterlambatan pelaporan, kesalahan input, serta sulitnya pengumpulan data historis.

Kondisi tersebut menimbulkan ketidakefisienan data, baik dari sisi waktu, akurasi, maupun kecepatan akses oleh pihak pengawas. Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis menilai diperlukan sistem digitalisasi agar proses pencatatan, pelaporan, dan analisis data dapat dilakukan dengan lebih efektif.

Langkah selanjutnya adalah penerapan aplikasi *AppSheet* sebagai solusi digital berbasis *no-code platform*. *AppSheet* dipilih karena mampu mengubah data manual menjadi sistem digital tanpa perlu pemrograman khusus, serta dapat digunakan langsung oleh petugas lapangan melalui *smartphone*.

Aplikasi yang dikembangkan terintegrasi dengan *Google Sheets (basis data cloud)* dan *dashboard* pemantauan yang dapat diakses oleh pengawas secara *real-time*. Melalui integrasi ini, proses pendataan menjadi lebih cepat, transparan, dan mudah dianalisis.

Dengan adanya sistem digitalisasi berbasis *cloud* tersebut, diharapkan tercapai efisiensi pelaporan dan peningkatan keandalan data pemeliharaan jaringan distribusi. Selanjutnya, hasil dari implementasi sistem ini diharapkan mampu memberikan peningkatan kinerja pemeliharaan jaringan distribusi, baik dari sisi efektivitas waktu, kualitas laporan, maupun kemudahan monitoring kondisi peralatan di lapangan.