

**PENGUNAAN TEKNOLOGI BIG DATA DALAM
PEMANTAUAN DAN ANALISIS PERFORMA SISTEM
KELISTRIKAN DI PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI**



OLEH

AHMAD FHADIL 105821108119

RAHMAT 105821102919

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025

**PENGUNAAN TEKNOLOGI BIG DATA DALAM PEMANTAUAN DAN
ANALISIS PERFORMA SISTEM KELISTRIKAN DI PT PLN PERSERO
ULP KAREBOSI**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Disusun dan Diajukan Oleh

RAHMAT

105821102919

AHMAD FHADIL

105821108119

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Ahmad Fadil** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 11081 19 dan **Rahmat** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 11029 19, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/20201/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 30 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum : Makassar, 12 Rabiul Awwal 1447 H
04 September 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., M.T., ASEAN., Eng :

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Ridwang, S.Kom., M.T., IPM

b. Sekretaris : Rizal Ahdiyat Duyo, S.T., M.T.

3. Anggota

1. Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

3. Prof. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Andi Abd Halik Lateko Ti, S.T., M.T., Ph.D

Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Dekan



Muhammad Syafat S Kuba, S.T., M.T., IPM
NBM : 975 288



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGUNAAN TEKNOLOGI BIG DATA DALAM PEMANTAUAN DAN ANALISIS PERFORMA SISTEM KELISTRIKAN DI PT PLN (PERSERO) ULP KAREBOSI**

Nama : 1. Ahmad Fadil
2. Rahmat

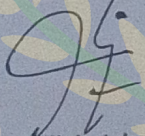
Stambuk : 1. 10582 11081 19
2. 10582 11029 19

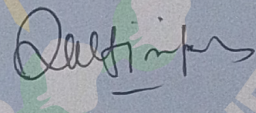
Makassar, 04 September 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T, Ph.D


Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro




Ir. Rahmania, S.T., M.T
NBM : 1005 971

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul "Penggunaan Teknologi *Big Data* dalam Pemantauan dan Analisis Performa Sistem Kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi". Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas implementasi teknologi big data terhadap kinerja sistem kelistrikan. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus di PT PLN (Persero) ULP Karebosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi big data dari sistem SCADA, smart meter, dan perangkat IoT melalui platform PLN Data Analytic System (PDAS) telah memberikan dampak signifikan. Hal ini dibuktikan dengan penurunan jumlah gangguan sebesar 9,8% dan perbaikan waktu rata-rata pemulihan (MTTR) sebesar 43,3% pada Semester I tahun 2024 dibandingkan periode sebelumnya. Selain itu, akurasi prediksi beban meningkat dari 91% menjadi 96%, dan rasio kehilangan daya menurun dari 8,3% menjadi 6,1%, yang menandakan peningkatan efisiensi penyaluran daya. Peningkatan ini juga berdampak positif pada layanan pelanggan, dengan 85% responden merasa teknisi datang lebih cepat dan 90% menerima notifikasi otomatis terkait gangguan. Dengan demikian, penggunaan teknologi big data berhasil meningkatkan keandalan, efisiensi operasional, dan kualitas layanan PT PLN (Persero) ULP Karebosi secara nyata.

Kata Kunci : *Big Data*, Sistem Kelistrikan, PLN ULP Karebosi, Efisiensi Operasional.

ABSTRACT

The Use of Big Data Technology in Monitoring and Analyzing the Performance of the Electrical System at PT PLN (Persero) ULP Karebosi. This study, titled "The Use of Big Data Technology in Monitoring and Analyzing the Performance of the Electrical System at PT PLN (Persero) ULP Karebosi," aims to evaluate the effectiveness of implementing big data technology on the performance of the electrical system. The research method used is descriptive qualitative with a case study approach at PT PLN (Persero) ULP Karebosi. The results show that the integration of big data from SCADA systems, smart meters, and IoT devices through the PLN Data Analytic System (PDAS) platform has had a significant impact. This is evidenced by a 9.8% reduction in the number of disturbances and a 43.3% improvement in the average recovery time (MTTR) in the first semester of 2024 compared to the previous period. In addition, the accuracy of load prediction increased from 91% to 96%, and the power loss ratio decreased from 8.3% to 6.1%, indicating an increase in power distribution efficiency. This improvement also had a positive impact on customer service, with 85% of respondents feeling that technicians arrived faster and 90% receiving automatic notifications regarding disturbances. Thus, the use of big data technology has successfully and tangibly improved the reliability, operational efficiency, and service quality of PT PLN (Persero) ULP Karebosi.

Keywords : Big Data, Electrical System, PLN ULP Karebosi, Operational Efficiency.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nyalah sehingga kami dapat menyelesaikan dan menyusun skripsi yang berjudul: Penggunaan Teknonogi Big Data Dalam Pemantauan Dan Analisis Pervorma Sistem Kelistrikan Di PT PLN (Persero) ULP KAREBOSI. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus kami tempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa yang tidak leput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis menerima dengan lapang dada serta ikhlas dan senang hati untuk segala koreksi dan perbaikan guna penyempurnaan tulisan kami ini agar kelak dapat bermanfaat bagi banyak mahasiswa terutama penulis.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ayahanda, Ibunda serta keluarga yang tercinta, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, supportnya, doa serta pengorbanan yang Selama ini sudah diberikan kepada kami terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
2. Dr. Ir. H.Abd. Rakhim Nanda, S.T.,M.T.,IPU. Selaku Rektor Unversitas

Muhammadiyah Makassar

3. Ir. Muhammad Syafaat S. Kuba, S.T., M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
 4. Ibu Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM. sebagai Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
 5. Bapak Andi Abd Halik Lateko Tj., S.T., M.T., PhD Selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin M.Eng selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dan perhatiannya dalam membimbing kami.
 6. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai fakultas teknik atas segala waktunya yang telah mendidik serta melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
 7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik prodi teknik elektro terkhusus angkatan 2019 yang penuh dengan rasa persaudaraan serta keakraban sehingga banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Semoga semua pihak di atas mendapatkan banyak pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin

Makassar, 30 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 11 KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Konsep.....	8
2.2 Kajian Teori.....	25

2.3 Hasil Penelitian Terdahulu.....	27
BAB 111 METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	29
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.3 Metode Penelitian.....	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	38
4.2 Hasil Penelitian.....	40
4.3 Pembahasan.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Dimensi Big Data.....	9
Gambar 2.2 Traditional Information Architecture Capabilities.....	12
Gambar 2.3 Big Data Information Architecture Capabilities.....	12
Gambar 2.4 Oracle Integrated Information Architecture Capabilities.....	13
Gambar 3.1 Alur Penelitian atau Flowcart.....	34
Gambar 4.1 jumlah gangguan trafo per bulan.....	57
Gambar 4.2 jumlah gangguan berdasarkan penyebab.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Penggunaan teknologi big data.....	52
Tabel 4.2 Data pemantauan Performa Sistem Kelistrikan ULP.....	54
Tabel 4.3 data monitoring gangguan trafo 2023 - ULP Karebosi.....	55
Tabel 4.4 data monitoring gangguan trafo - ULP Karebosi.....	59
Tabel 4.5 Data Performa Sistem Kelistrikan ULP Karebosi (Semester I – 2024).....	67
Tabel 4.6 Pertanyaan Survei customer.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era Revolusi Industri 4.0, penggunaan teknologi informasi telah berkembang pesat, terutama dalam sektor industri yang berskala besar seperti energi. Salah satu teknologi yang kian digunakan secara luas adalah big data. Big data merujuk pada sekumpulan data dalam jumlah besar dan bervariasi yang dapat diolah untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan. Kemampuan untuk mengelola data yang sangat besar ini menjadi penting karena perusahaan dapat melakukan analisis secara lebih akurat dan cepat, bahkan dalam situasi yang sangat kompleks. Dalam konteks sektor kelistrikan, teknologi big data memberikan kontribusi besar untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan melalui pemantauan dan analisis data yang lebih cermat. Penerapan teknologi ini, terutama di perusahaan besar seperti PT PLN Persero, dapat membantu mengoptimalkan distribusi dan penggunaan energi listrik secara lebih efektif (Pihar, 2022)

PT PLN (Persero) adalah perusahaan negara yang bertanggung jawab atas distribusi dan pengelolaan listrik di seluruh wilayah Indonesia. Salah satu unit pelaksana perusahaan ini adalah Unit Layanan Pelanggan (ULP) Karebosi yang beroperasi di wilayah Makassar. Sebagai penyedia utama energi listrik di wilayah tersebut, ULP KAREBOSI berhadapan dengan tantangan yang tidak sedikit dalam menjaga kualitas distribusi listrik yang

stabil dan handal. Kebutuhan listrik di Makassar terus meningkat, baik karena pertumbuhan populasi maupun perkembangan sektor industri. Oleh karena itu, terdapat tekanan besar bagi PLN untuk memastikan bahwa sistem kelistrikan dapat berjalan dengan efisien tanpa ada gangguan atau pemadaman yang tidak terduga.

Salah satu masalah yang sering muncul dalam sistem distribusi listrik adalah ketidakmampuan untuk mendeteksi gangguan atau kerusakan secara tepat waktu, sehingga berdampak pada pemadaman listrik. Dalam sistem konvensional, pemeliharaan jaringan listrik sering kali bersifat reaktif, yaitu perbaikan dilakukan setelah gangguan terjadi. Hal ini tentu tidak optimal karena dapat menyebabkan *downtime* yang lama, yang pada akhirnya berdampak pada produktivitas ekonomi dan kenyamanan masyarakat. Di sinilah teknologi big data menjadi relevan untuk diterapkan dalam sistem kelistrikan. Dengan menggunakan teknologi ini, PLN dapat melakukan pemantauan jaringan secara *real-time*, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah yang dapat mengganggu distribusi listrik (Rijanta, 2021)

Performa sistem kelistrikan pada penelitian ini merujuk pada berbagai aspek yang memengaruhi keandalan dan efisiensi sistem distribusi listrik. Keandalan sistem berkaitan dengan stabilitas pasokan listrik dan minimnya pemadaman. Efisiensi operasional mencerminkan kemampuan PLN dalam mendistribusikan daya secara optimal dengan mengurangi energi yang hilang dalam jaringan listrik. Selain itu, deteksi gangguan dan pemeliharaan

preventif menjadi aspek penting yang menentukan sejauh mana sistem dapat mengantisipasi kerusakan sebelum menjadi lebih parah. Manajemen beban juga menjadi faktor utama dalam performa sistem kelistrikan, yang mencerminkan kemampuan PLN dalam mengelola konsumsi listrik berdasarkan permintaan pelanggan agar distribusi daya tetap seimbang. Kualitas daya listrik turut diperhitungkan, terutama dalam menjaga tegangan dan frekuensi listrik agar tetap sesuai standar guna menghindari potensi kerusakan peralatan pelanggan (Abrar, 2019).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan big data dalam sektor kelistrikan membawa banyak manfaat, terutama dalam hal peningkatan efisiensi operasional dan keandalan sistem. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Jamaluddin (2024) mengungkapkan bahwa penggunaan big data untuk memantau performa sistem kelistrikan dapat mengurangi frekuensi *downtime* hingga 20%. Data ini dianalisis dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk mendeteksi pola-pola tertentu yang mengindikasikan adanya potensi kerusakan atau gangguan pada sistem. Dengan deteksi dini, tindakan pencegahan dapat segera dilakukan sebelum masalah tersebut mengakibatkan kerusakan yang lebih besar atau bahkan pemadaman listrik yang meluas

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2023) di Cina menunjukkan bahwa penerapan teknologi big data dalam pemeliharaan jaringan listrik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya

hingga 15%. Teknologi ini memungkinkan perusahaan listrik untuk memprediksi beban permintaan listrik berdasarkan data historis dan tren penggunaan energi. Prediksi ini sangat penting karena dapat membantu PLN mengelola distribusi listrik dengan lebih baik, terutama pada saat-saat puncak permintaan. Selain itu, dengan adanya pemantauan yang lebih akurat, PLN dapat mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin, yang sering kali memiliki variasi produksi energi yang sulit diprediksi.

Pemantauan berbasis big data memungkinkan PLN untuk mendeteksi anomali yang terjadi di dalam sistem dengan lebih cepat. Sebagai contoh, jika ada lonjakan beban listrik yang tidak biasa di suatu area, big data dapat digunakan untuk menganalisis penyebabnya, apakah itu disebabkan oleh peningkatan konsumsi listrik yang tiba-tiba, atau ada indikasi masalah teknis pada peralatan listrik. Dengan pemantauan semacam ini, tim teknis PLN dapat segera mengambil tindakan preventif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang lebih serius (Berutu, 2024)

Penggunaan teknologi big data dalam sistem kelistrikan juga memiliki tantangan tersendiri. Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang memadai. Pengolahan big data memerlukan kapasitas penyimpanan dan pemrosesan yang besar, serta jaringan komunikasi yang stabil dan cepat. Oleh karena itu, PLN perlu melakukan investasi yang signifikan dalam membangun infrastruktur teknologi yang mampu mendukung penerapan big data. Selain itu, tenaga kerja di PLN juga

perlu dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai untuk dapat memanfaatkan teknologi ini secara efektif (Puspita, 2023)

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti mengambil judul penelitian “Penggunaan Teknologi Big Data Dalam Pemantauan Dan Analisis Performa Sistem Kelistrikan Di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI”

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana teknologi big data dapat diintegrasikan dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI?
2. Apa dampak dari penggunaan big data terhadap efisiensi operasional dan respons dalam menangani gangguan sistem kelistrikan di ULP KAREBOSI?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui Bagaimana teknologi big data dapat diintegrasikan dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI.
2. Untuk mengetahui dampak dari penggunaan big data terhadap efisiensi operasional dan respons dalam menangani gangguan sistem kelistrikan di ULP KAREBOSI.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini, dibatasi pada teknologi big data dapat diintegrasikan dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN Persero ULP KAREBOSI, penggunaan

teknologi big data dalam pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teori dalam bidang pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan melalui teknologi Big Data. Secara khusus, penelitian ini memperkaya literatur tentang penggunaan teknologi Big Data di sektor kelistrikan, serta menambah wawasan tentang aplikasi teknologi dalam meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan strategis dalam perusahaan penyedia listrik. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi studi-studi selanjutnya yang berhubungan dengan penerapan teknologi modern dalam pengelolaan sistem kelistrikan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan manfaat praktis bagi penulis dalam hal pengembangan keterampilan dan pengetahuan dalam bidang pemantauan serta analisis sistem kelistrikan berbasis teknologi Big Data. Penulis akan memperoleh pengalaman langsung dalam menerapkan teori yang dipelajari ke dalam situasi nyata di lapangan, terutama dalam memahami cara kerja teknologi Big Data dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan peluang bagi penulis untuk mengasah kemampuan analitis, pemecahan

masalah, serta pengambilan keputusan berbasis data, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia profesional di sektor energi dan teknologi.

b. Bagi Masyarakat

Manfaat praktis bagi masyarakat adalah meningkatnya keandalan pasokan listrik yang mereka terima. Dengan penerapan teknologi Big Data di PT PLN (Persero) ULP KAREBOSI, sistem kelistrikan dapat dipantau dan dianalisis lebih efektif, sehingga gangguan listrik dapat diminimalisir atau ditangani lebih cepat. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi pemadaman listrik yang tidak terduga, meningkatkan kenyamanan dan keamanan dalam aktivitas sehari-hari masyarakat, serta mendukung perekonomian dengan menjaga kestabilan energi yang sangat dibutuhkan oleh berbagai sektor usaha.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori pendukung materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, analisis data dan langkah-langkah penelitian



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Konsep

2.1.1 PT PLN (Persero) ULP KAREBOSI

a. Sejarah PT PLN Persero ULP Karebosi

PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Karebosi merupakan salah satu unit pelayanan di bawah Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Makassar Utara yang memiliki peran penting dalam memastikan ketersediaan dan keandalan pasokan listrik di wilayah Kota Makassar, khususnya di Kecamatan Ujung Pandang dan sekitarnya. Kehadiran ULP Karebosi tidak lepas dari upaya PLN dalam meningkatkan efisiensi layanan listrik di berbagai daerah dengan mendirikan unit-unit pelayanan pelanggan yang lebih terfokus dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat.

Sejarah ULP Karebosi berawal dari restrukturisasi internal PLN dalam rangka meningkatkan pelayanan dan distribusi listrik di wilayah Makassar. Sebelumnya, pelayanan listrik di kota ini dikelola dalam cakupan lebih luas oleh unit-unit PLN yang bertanggung jawab atas wilayah yang lebih besar. Seiring meningkatnya jumlah pelanggan serta kebutuhan akan layanan yang lebih cepat dan efisien, PLN melakukan pembagian unit layanan pelanggan menjadi beberapa wilayah kerja, salah satunya adalah ULP Karebosi. Tujuan dari pembentukan ULP Karebosi adalah untuk mempermudah akses pelanggan dalam memperoleh layanan

listrik, mempercepat penanganan gangguan, serta meningkatkan kualitas jaringan distribusi listrik.

Pada perkembangannya, ULP Karebosi terus mengalami peningkatan baik dalam hal sistem pelayanan maupun infrastruktur jaringan listrik yang dikelolanya. Unit ini bertanggung jawab dalam mendistribusikan listrik ke berbagai sektor, mulai dari rumah tangga, perkantoran, bisnis, hingga industri di wilayah cakupannya. Selain itu, ULP Karebosi juga berperan dalam berbagai program pemerintah terkait kelistrikan, termasuk elektrifikasi daerah dan penggunaan energi listrik yang lebih efisien. Berbagai inovasi juga dilakukan untuk meningkatkan kualitas pelayanan, seperti penerapan sistem digitalisasi dalam layanan pelanggan, pemanfaatan aplikasi PLN Mobile untuk kemudahan akses layanan, serta peningkatan sistem pemantauan jaringan berbasis teknologi guna mendeteksi dan menangani gangguan listrik lebih cepat.

ULP Karebosi memiliki tugas utama dalam mengelola distribusi listrik dan pelayanan pelanggan. Unit ini menangani berbagai aspek seperti pemasangan listrik baru, perubahan daya, migrasi pelanggan ke sistem prabayar atau pascabayar, serta menangani pengaduan pelanggan terkait gangguan listrik. Selain itu, ULP Karebosi juga bertanggung jawab dalam pemeliharaan dan perbaikan jaringan distribusi listrik agar tetap stabil dan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dengan optimal. Dalam situasi gangguan listrik, unit ini bekerja sama dengan tim teknis untuk memastikan pemulihan pasokan listrik dilakukan dengan cepat dan efisien.

Sejak didirikan, ULP Karebosi terus berupaya untuk memberikan layanan terbaik kepada pelanggan dengan berbagai peningkatan dalam sistem operasional dan pelayanan. PLN melalui ULP Karebosi juga aktif dalam mengedukasi masyarakat mengenai penggunaan listrik yang aman dan hemat energi serta mendukung program konversi ke listrik Prabayar untuk meningkatkan kenyamanan pelanggan. Selain itu, modernisasi jaringan listrik terus dilakukan untuk mengurangi risiko gangguan serta memastikan suplai listrik tetap andal bagi seluruh pelanggan di wilayah tanggung jawabnya.

Keberadaan ULP Karebosi menjadi bukti nyata dari komitmen PLN dalam menyediakan listrik yang berkualitas dan pelayanan yang prima bagi masyarakat Makassar. Dengan berbagai inovasi dan peningkatan infrastruktur, unit ini terus berkembang guna menjawab tantangan kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Melalui berbagai program dan layanan yang ditawarkan, ULP Karebosi berupaya untuk memberikan kontribusi terbaik dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di Kota Makassar.

b. Visi, Misi, Nilai dan Motto Perusahaan

1. Visi Perusahaan

Diakui sebagai perusahaan kelas dunia yang bertumbuh kembang, unggul dan terpercaya dengan bertumpu pada potensi insani.

2. Misi Perusahaan

- Menjadikan bisnis dan kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan, dan pemegang saham.
- Menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat.
- Mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi.
- Menjadikan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan.

3. Nilai PLN

Nilai-nilai perusahaan PT. PLN (Persero) yang dapat digunakan sebagai prinsip dalam menjalankan roda organisasi antara lain :

- Jujur;
- Integrasi;
- Peduli;
- Pembelajaran;
- Teladan.

4. Motto PLN

“Listrik untuk kehidupan yang lebih baik (*electricity for better life*)” *(Situs resmi PT.PLN (Persero))*

2.1.2 Big Data

a. Big Data

Big Data merupakan kumpulan data yang volume datanya super besar, memiliki keragaman sumber data yang tinggi, sehingga perlu dikelola dengan metode dan perangkat bantu yang kinerjanya sesuai. Big data digambarkan sebagai kumpulan data yang besar dengan penurunan biaya penyimpanan data dan peningkatan daya komputasi. *Big Data* adalah data yang melebihi proses kapasitas dari konvensi sistem database yang ada. Data terlalu besar dan terlalu cepat atau tidak sesuai dengan struktur arsitektur database yang ada. Dalam mendapatkan nilai dari data, maka harus memilih jalan alternatif untuk memprosesnya. Menurut pengertian para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa *Big Data* adalah kumpulan data yang sangat besar yang tidak bisa diproses jika hanya menggunakan aplikasi pemrosesan data tradisional (Wibowo, 2023)

b. Data, Informasi, dan Pengetahuan

Data adalah suatu bahan mentah yang kelak dapat diolah lebih lanjut menjadi sesuatu yang lebih bermakna. Data inilah yang nantinya akan disimpan dalam database. Data adalah elemen yang paling dasar, bersifat diskrit, dan belum diproses, sehingga belum memiliki makna. Contoh: angka, kata, kode, tabel, dan basis data (Rahmawati, 2020)

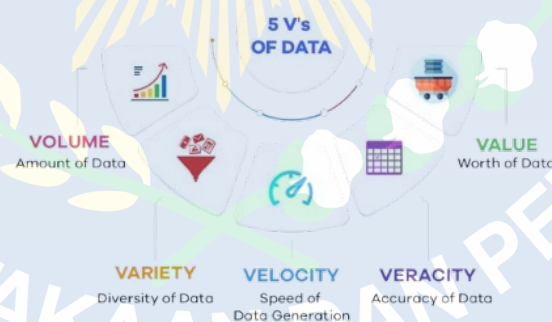
Informasi bermuara pada data yang telah diproses sehingga memberi nilai tambah atau pengetahuan bagi yang menggunakannya. Suatu data yang

telah diolah atau diproses menjadi suatu informasi dapat digunakan untuk menghasilkan keputusan baik keputusan jangka pendek maupun keputusan jangka panjang (Pangestika, 2020)

Pengetahuan adalah milik dari isi pikiran. Jadi pengetahuan merupakan hasil proses dari usaha manusia untuk tahu. Pengetahuan yang diperoleh merupakan informasi yang ditangkap oleh panca indra manusia. Pengetahuan (*knowledge*) terdiri dari data atau informasi yang telah terorganisasi dan proses untuk memberikan pemahaman, pengalaman, dan pembelajaran, serta keahlian terhadap problema bisnis yang sedang dihadapi (Parwati, 2023)

c. Dimensi-Dimensi Big Data

Ada 5 dimensi awal dalam Big Data yaitu 3V: Volume, Variety dan Velocity (Muhammad, 2021):



Gambar 2.1 Dimensi *Big Data*

a. Volume

Perusahaan di berbagai sektor mengumpulkan data dalam jumlah besar, mulai dari terabyte hingga petabyte. Volume data meningkat pesat, dan dalam waktu dekat, data dapat mencapai zetabyte. Big Data

memungkinkan perusahaan memanfaatkan data besar untuk analisis sentimen produk, prediksi pasar, dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

b. Variety

Big Data mencakup berbagai jenis data dari banyak sumber, seperti data terstruktur, tidak terstruktur, dan semi-terstruktur. Data berasal dari sensor, perangkat pintar, media sosial, dan lainnya, seperti teks, video, dan log file. Organisasi harus mampu mengelola dan menganalisis data dari berbagai sumber tersebut.

c. Velocity

Kecepatan produksi dan analisis data sangat tinggi, terutama dalam pengolahan data real-time. Wawasan bisnis baru ditemukan melalui analisis data secara terus-menerus, dan jenis data tertentu harus segera dianalisis agar bernilai. Kecepatan ini mempengaruhi keputusan bisnis yang lebih cepat dan responsif.

d. Veracity

Kualitas dan akurasi data sangat penting dalam Big Data. Data yang tidak akurat atau hilang dapat mengakibatkan kesalahan fatal, terutama di sektor-sektor kritis seperti medis. Tingkat kepercayaan terhadap data menentukan validitas analisis dan wawasan yang diperoleh.

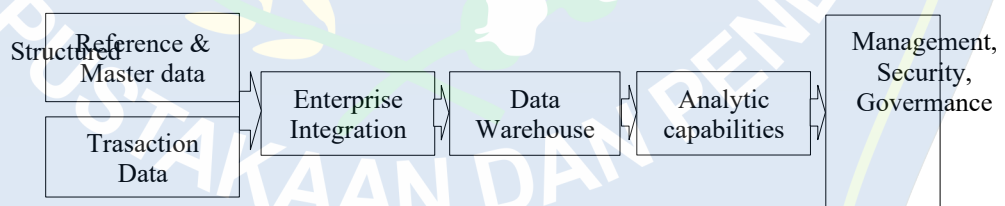
e. Value

Nilai adalah hal terpenting dalam Big Data. Proses Big Data harus memberikan nilai bagi bisnis. Besar atau kecilnya nilai tergantung pada

bagaimana data dianalisis dan digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan yang efektif.

d. Arsitektur Big Data

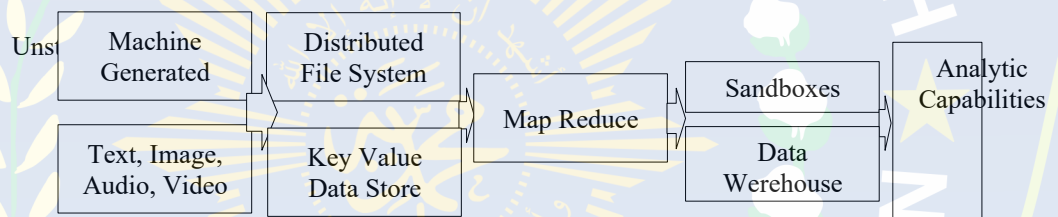
Memahami level aspek arsitektur yang tinggi dari *Big Data*, sebelumnya harus memahami arsitektur informasi logis untuk data yang terstruktur. Pada gambar di bawah ini menunjukkan dua sumber data yang menggunakan teknik integrasi (*ETL/Change Data Capture*) untuk mentransfer data ke dalam DBMS *data warehouse* atau *operational data store*, lalu menyediakan bermacam-macam variasi dari kemampuan analisis untuk menampilkan data. Beberapa kemampuan analisis ini termasuk ; *dashboards*, laporan, *EPM/BI Applications*, ringkasan dan *query statistic*, interpretasi *semantic* untuk data tekstual, dan alat visualisasi untuk data yang padat. Informasi utama dalam prinsip arsitektur ini termasuk cara memperlakukan data sebagai asset melalui nilai, biaya, resiko, waktu, kualitas dan akurasi data (Yudatam, 2023)



Gambar 2.2 *Traditional Information Architecture Capabilities*

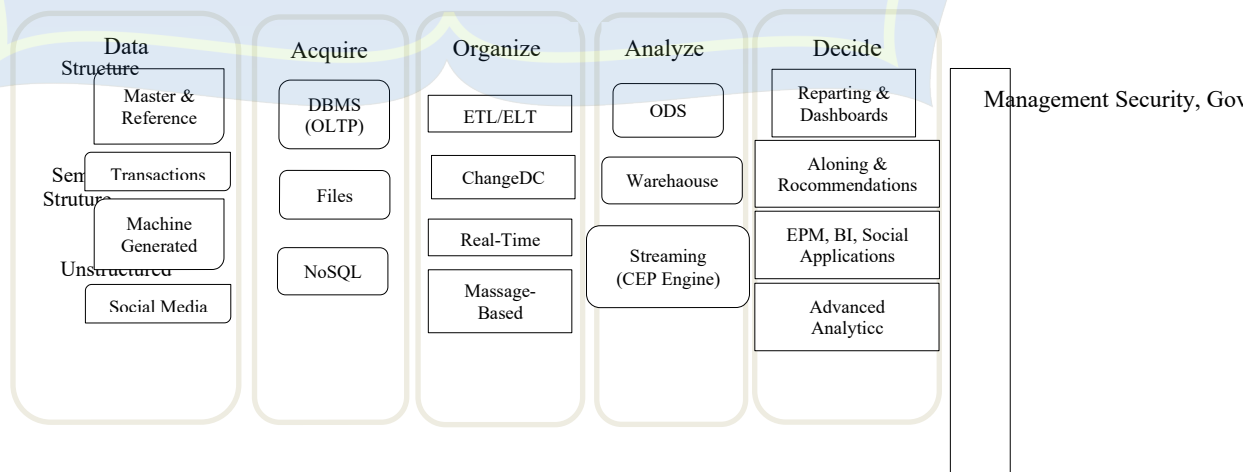
Mendefinisikan kemampuan memproses untuk *big data architecture*, diperlukan beberapa hal yang perlu dilengkapi; volume, percepatan, variasi, dan nilai yang menjadi tuntutan. Ada strategi teknologi yang berbeda untuk

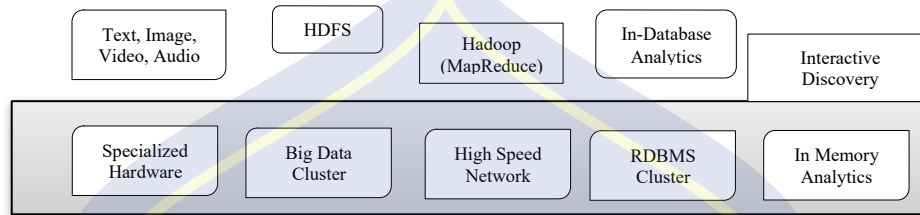
real-time dan keperluan *batch processing*. Untuk *real-time*, menyimpan data nilai kunci, seperti NoSQL, memungkinkan untuk performa tinggi, dan pengambilan data berdasarkan indeks. *Batch processing*, digunakan teknik yang dikenal sebagai *Mapreduce*, memfilter data berdasarkan pada data yang spesifik pada strategi penemuan. Setelah data yang difilter ditemukan, maka akan dianalisis secara langsung, dimasukkan ke dalam *unstructured database* yang lain, dikirimkan ke dalam perangkat *mobile* atau digabungkan ke dalam lingkungan *data warehouse* tradisional dan berkorelasi pada data terstruktur (Budiarto, 2022)



Gambar 2.3 Big Data Information Architecture Capabilities

Kekuatan informasi ada dalam kemampuan untuk asosiasi dan korelasi. Maka yang dibutuhkan adalah kemampuan untuk membawa sumber data yang berbeda-beda, memproses kebutuhan bersama – sama secara tepat waktu dan analisis yang berharga (Rukma, 2023)





Gambar 2.4 Oracle Integrated Information Architecture Capabilities

2.1.3 Pemantauan Kelistrikan

a. Pengertian Pemantauan Kelistrikan

Pemantauan kelistrikan merujuk pada serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk mengawasi, mencatat, dan menganalisis kinerja sistem kelistrikan. Kinerja ini mencakup beberapa parameter penting, seperti tegangan, arus listrik, frekuensi, dan faktor daya. Tujuan utama dari pemantauan kelistrikan adalah untuk memastikan agar sistem kelistrikan beroperasi secara aman, efisien, dan andal, sekaligus untuk mendeteksi serta mencegah gangguan yang dapat mengakibatkan pemadaman listrik. Pemantauan yang baik memungkinkan perusahaan energi, seperti PT PLN (Persero), untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik ke konsumen, baik rumah tangga, industri, maupun infrastruktur publik (Rivas, 2020)

b. Tujuan Pemantauan Kelistrikan

Pemantauan kelistrikan memiliki beberapa tujuan utama, yang dapat dikelompokkan menjadi tujuan operasional, tujuan preventif, dan tujuan pengembangan (Zhou, 2023):

- 1) Tujuan Operasional: Pemantauan memungkinkan pengelolaan beban listrik secara *real-time*, sehingga distribusi daya dapat dioptimalkan

sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, pemantauan ini juga memberikan data penting mengenai kinerja peralatan, seperti transformator dan *switchgear*, yang memungkinkan operator untuk memastikan bahwa peralatan ini bekerja sesuai dengan standar operasional yang telah ditetapkan.

- 2) Tujuan Preventif: Salah satu manfaat utama dari pemantauan kelistrikan adalah kemampuannya untuk mendeteksi anomali di jaringan listrik. Anomali ini bisa berupa perubahan tegangan atau arus yang tidak normal, yang dapat menandakan adanya potensi gangguan atau kerusakan. Dengan mendeteksi masalah ini lebih awal, tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum gangguan yang lebih besar terjadi. Ini tidak hanya mengurangi biaya pemeliharaan, tetapi juga meningkatkan keandalan pasokan listrik
- 3) Tujuan Pengembangan: Data yang dikumpulkan melalui sistem pemantauan juga dapat digunakan untuk analisis jangka panjang. Analisis ini memungkinkan perusahaan listrik untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem kelistrikan, serta merencanakan pengembangan atau perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem di masa depan

c.. Teknologi yang Digunakan dalam Pemantauan Kelistrikan

Pemantauan kelistrikan modern didukung oleh teknologi canggih yang memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara lebih cepat dan akurat. Beberapa teknologi yang umum digunakan meliputi (Pinzo, 2020):

- 1) *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*: Sistem SCADA merupakan salah satu komponen kunci dalam pemantauan kelistrikan. SCADA memungkinkan pengumpulan data dari berbagai lokasi di jaringan listrik, yang kemudian dianalisis untuk mendeteksi anomali atau masalah operasional lainnya. Sistem SCADA juga memungkinkan operator untuk memonitor kondisi peralatan kelistrikan secara jarak jauh dan melakukan pengendalian terhadap komponen tertentu jika diperlukan.
- 2) *Internet of Things (IoT)*: Penggunaan sensor yang terhubung melalui jaringan internet, atau dikenal sebagai IoT, semakin umum dalam pemantauan kelistrikan. Sensor-sensor ini dapat ditempatkan di berbagai titik dalam jaringan listrik, dari pembangkit listrik hingga pelanggan akhir, untuk mengukur parameter seperti tegangan, arus, suhu, dan kondisi lingkungan lainnya. IoT memungkinkan pemantauan yang lebih luas dan lebih mendalam terhadap kondisi jaringan listrik, dengan data yang dapat diakses secara *real-time*.
- 3) *Big Data dan Analisis Prediktif*: Teknologi Big Data telah memungkinkan pengolahan data dalam jumlah besar yang dihasilkan oleh sistem pemantauan kelistrikan. Dengan menggunakan analisis prediktif, perusahaan listrik dapat mengidentifikasi pola-pola dalam data yang menunjukkan potensi masalah di masa depan, seperti kerusakan komponen atau kegagalan sistem. Teknologi Big Data dapat membantu perusahaan listrik dalam mengembangkan strategi

pemeliharaan prediktif, yang lebih efisien dan lebih efektif dibandingkan pemeliharaan reaktif.

d. Manfaat Pemantauan Kelistrikan

Penerapan teknologi modern dalam pemantauan kelistrikan membawa banyak manfaat, baik dari segi efisiensi operasional, pengurangan biaya, hingga peningkatan keandalan jaringan listrik. Beberapa manfaat utama meliputi (Lim, 2022):

- 1) Peningkatan Efisiensi Operasional: Dengan adanya pemantauan real-time dan analisis data yang lebih cepat, perusahaan listrik dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengelola distribusi daya. Ini memungkinkan perusahaan untuk menghindari pemborosan energi, sekaligus meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.
- 2) Pengurangan *Downtime*: Pemantauan yang baik memungkinkan deteksi dini terhadap masalah yang dapat menyebabkan gangguan atau pemadaman. Dengan mendeteksi masalah lebih awal, *downtime* dapat dikurangi secara signifikan, yang berdampak pada peningkatan keandalan pasokan listrik.
- 3) Efisiensi Pemeliharaan: Melalui analisis prediktif, pemeliharaan dapat dilakukan dengan lebih terencana dan lebih efisien. Perusahaan listrik dapat fokus pada komponen yang benar-benar memerlukan perbaikan, daripada melakukan pemeliharaan secara acak. Ini tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga memperpanjang umur peralatan listrik.

e. Tantangan dalam Pemantauan Kelistrikan

Meskipun banyak manfaat yang diperoleh dari pemantauan kelistrikan berbasis teknologi modern, tantangan tetap ada, terutama dalam hal keamanan siber dan pengelolaan data. Salah satu risiko terbesar adalah serangan siber yang dapat mengganggu sistem pemantauan dan menyebabkan gangguan besar pada jaringan listrik. Selain itu, pengelolaan data yang dihasilkan oleh sistem IoT dan Big Data memerlukan infrastruktur yang kuat, baik dari segi penyimpanan maupun analisis. Jika tidak dikelola dengan baik, volume data yang sangat besar dapat menyebabkan kesulitan dalam menganalisis informasi yang relevan (Mohamed, 2020)

2.1.4 Analisis Performa

a. Pengertian Analisis Performa Sistem Kelistrikan

Analisis performa sistem kelistrikan merupakan proses sistematis yang bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi, keandalan, stabilitas, serta keamanan operasional dari berbagai komponen dalam sistem kelistrikan (Palepu, 2020). Secara umum, analisis ini melibatkan pengumpulan, pemrosesan, dan evaluasi data operasional untuk mendapatkan gambaran mendalam mengenai kondisi sistem pada suatu periode tertentu (Kossiakov, 2020)

Performa sistem kelistrikan tidak hanya diukur berdasarkan berapa banyak energi yang disalurkan, tetapi juga kualitas layanan yang diberikan, seperti stabilitas tegangan, frekuensi gangguan, dan waktu pemulihan setelah terjadi gangguan. Di era modern, dengan meningkatnya permintaan

listrik yang stabil dan terjamin, analisis performa menjadi semakin penting untuk memastikan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri secara efisien (Ahmad, 2021)

b. Indikator Kinerja Utama (*Key Performance Indicators/KPI*)

Untuk memahami bagaimana performa sistem kelistrikan dapat dinilai, terdapat beberapa indikator kinerja utama yang umum digunakan dalam industri kelistrikan. Beberapa indikator kinerja ini meliputi keandalan, efisiensi energi, stabilitas tegangan, kapasitas dan utilisasi, serta faktor daya. Setiap indikator ini memiliki peran yang penting dalam memastikan sistem beroperasi sesuai dengan standar yang diharapkan (Zhang, 2020):

1). Keandalan (*Reliability*)

Keandalan sistem kelistrikan mengukur seberapa stabil dan konsisten pasokan listrik yang dapat disediakan oleh jaringan. Dalam sistem kelistrikan, keandalan sangat penting karena gangguan listrik yang sering dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, baik bagi rumah tangga maupun industri. Keandalan diukur melalui indeks seperti SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), yang mencerminkan durasi dan frekuensi pemadaman listrik dalam suatu wilayah. Semakin rendah angka SAIDI dan SAIFI, maka semakin baik tingkat keandalan sistem.

Contohnya, sebuah sistem dengan SAIDI yang rendah menunjukkan bahwa pemadaman yang terjadi bersifat singkat dan jarang terjadi, sehingga

mengindikasikan bahwa sistem tersebut memiliki tingkat keandalan yang tinggi. Selain itu, peningkatan keandalan juga memerlukan upaya pemeliharaan yang baik, penggantian komponen yang mendekati usia pakai, serta pengembangan infrastruktur jaringan.

2). Efisiensi Energi

Efisiensi energi mengukur seberapa baik sistem mengonversi sumber daya energi menjadi listrik yang dapat digunakan dengan pemborosan energi minimal. Dalam hal ini, faktor seperti load factor dan conversion efficiency menjadi penting. Efisiensi yang tinggi menunjukkan bahwa lebih banyak energi diubah menjadi daya yang berguna, sedangkan efisiensi yang rendah menunjukkan pemborosan yang lebih tinggi, misalnya karena kehilangan daya selama transmisi atau distribusi.

Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi energi termasuk mengganti peralatan yang sudah usang dengan teknologi yang lebih baru dan efisien, serta meningkatkan pengawasan terhadap pemborosan energi di berbagai titik dalam jaringan. Sistem kelistrikan yang lebih efisien tidak hanya mengurangi biaya operasi tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari pembangkit energi konvensional.

3). Stabilitas Tegangan

Stabilitas tegangan merupakan salah satu aspek kritis dari performa sistem kelistrikan, terutama di negara berkembang di mana fluktuasi tegangan sering kali menjadi masalah utama. Stabilitas tegangan yang baik mengindikasikan bahwa tegangan listrik tetap berada dalam batasan yang

dapat diterima, meskipun terdapat perubahan beban atau kondisi jaringan. Fluktuasi tegangan yang berlebihan dapat merusak peralatan listrik dan mengakibatkan penurunan performa industri yang bergantung pada listrik yang stabil.

Dalam praktiknya, stabilitas tegangan dipantau secara ketat dengan menggunakan peralatan otomatis yang memberikan peringatan dini jika ada penurunan atau lonjakan tegangan yang signifikan. Langkah-langkah perbaikan seperti pemasangan perangkat pengatur tegangan otomatis atau penggantian transformator yang tidak efisien dapat membantu menjaga stabilitas tegangan pada jaringan yang luas.

4). Kapasitas dan Utilisasi

Kapasitas sistem kelistrikan mengacu pada jumlah maksimum daya listrik yang dapat disalurkan oleh sistem, sedangkan utilisasi mengukur seberapa baik kapasitas tersebut dimanfaatkan selama waktu operasional tertentu. Analisis performa dalam hal kapasitas dan utilisasi bertujuan untuk memastikan bahwa sistem kelistrikan tidak kelebihan beban yang dapat menyebabkan kegagalan, sekaligus memastikan bahwa sistem memiliki cadangan daya yang memadai.

Ketika beban pada jaringan meningkat, penting untuk memastikan bahwa kapasitas tersedia untuk memenuhi permintaan. Namun, jika utilisasi terlalu rendah, hal ini dapat mengindikasikan adanya pemborosan kapasitas yang tidak optimal. Oleh karena itu, analisis performa dalam konteks kapasitas dan utilisasi melibatkan pemodelan beban masa depan dan

perencanaan yang hati-hati untuk memastikan keseimbangan antara permintaan dan penawaran daya.

5). Faktor Daya (*Power Factor*)

Faktor daya mengukur rasio antara daya nyata yang digunakan oleh peralatan dan daya total yang dihasilkan oleh sistem. Faktor daya yang rendah menandakan bahwa lebih banyak energi yang terbuang dalam bentuk panas dibandingkan yang digunakan secara efektif untuk melakukan kerja. Faktor daya yang optimal berada mendekati angka 1, yang menandakan bahwa hampir semua daya yang dihasilkan digunakan untuk kerja yang berguna.

Peningkatan faktor daya dapat dilakukan melalui pemasangan kapasitor untuk mengoreksi fase antara tegangan dan arus, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi sistem dan mengurangi biaya operasional. Perusahaan kelistrikan juga dapat mengenakan biaya tambahan untuk pelanggan dengan faktor daya yang rendah untuk mendorong peningkatan efisiensi energi.

c. Teknologi yang Digunakan dalam Analisis Performa

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) adalah sistem yang mengumpulkan data dari sensor dan peralatan, memprosesnya untuk analisis, dan memungkinkan operator mengontrol elemen jaringan, seperti mengaktifkan atau mematikan saluran listrik, serta melakukan penyesuaian dalam waktu nyata.

2.2 Kajian Teori

Kajian teori merupakan elemen penting yang perlu disertakan dalam penulisan karya ilmiah, baik sebelum maupun setelah melakukan penelitian. Kajian teori umumnya berisi rangkaian definisi, konsep, dan perspektif yang terstruktur dengan baik mengenai suatu subjek tertentu.

a) Teori Big Data

Teori Big Data berkaitan dengan pemrosesan dan analisis data dalam jumlah besar, yang sering kali kompleks dan bervariasi. Menurut Gandomi & Haider (2015), Big Data memiliki karakteristik 5V: *Volume* (jumlah data yang besar), *Velocity* (kecepatan data yang tinggi), *Variety* (beragam jenis data), *Veracity* (akurasi data), dan *Value* (nilai yang bisa diekstrak dari data). Teori ini menjelaskan bagaimana data besar dapat dianalisis untuk menemukan pola, tren, dan insight yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dalam bisnis dan operasional.

b) Teori Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Teori ini mengacu pada konsep bahwa pengambilan keputusan yang efektif harus didasarkan pada analisis data yang akurat dan relevan. Dengan menggunakan analisis big data, pengelola sistem kelistrikan dapat membuat keputusan berdasarkan informasi yang diperoleh dari pemantauan dan analisis real-time. Teori ini menekankan pentingnya data dalam mengidentifikasi masalah, memperkirakan hasil, dan meningkatkan efisiensi operasional.

c) Teori IoT (Internet of Things)

Teori IoT menjelaskan bagaimana berbagai perangkat yang terhubung melalui internet dapat saling bertukar data untuk menghasilkan sistem yang lebih cerdas dan efisien. Dalam sistem kelistrikan, perangkat seperti smart meters, sensor pada jaringan listrik, dan peralatan lain yang terhubung melalui IoT memungkinkan pemantauan dan pengelolaan sistem secara lebih canggih.

2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan usaha para peneliti dalam mencari perbandingan dan menginspirasi penelitian-penelitian berikutnya. Selain itu, tinjauan literatur sebelumnya membantu dalam memposisikan penelitian serta menunjukkan keorisinalan dari penelitian tersebut.

1. Farah Ananda Lubis dan Muhammad Irwan Padli Nasution (2024) dalam artikel "Penggunaan Teknologi Big Data untuk Analisis Prediksi Bisnis" membahas bagaimana teknologi big data mempengaruhi pengambilan keputusan bisnis dengan menangani volume data yang besar, kecepatan tinggi, dan variasi luas. Mereka menggunakan pendekatan analitis melalui tinjauan pustaka dan studi kasus mengenai teknologi seperti *Hadoop*, *MongoDB*, *Cassandra*, *Apache Spark*, dan *Xplenty*. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan kualitas keputusan bisnis, mempercepat proses, serta memungkinkan pengembangan produk dan layanan baru dengan lebih baik.

2. Pada penelitian Fauzi dkk 2024 mengevaluasi penggunaan teknologi Big Data dalam analisis data bisnis dan pengambilan keputusan. Dengan metode tinjauan literatur, penelitian ini mengidentifikasi keunggulan, kendala implementasi, dan dampak teknologi Big Data pada keputusan strategis. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini meningkatkan efisiensi operasional, membuka peluang untuk memahami perilaku pelanggan, meramalkan tren pasar, dan meningkatkan responsivitas terhadap perubahan lingkungan bisnis.
3. Yunita Prastyaningsih, Dwi Resa Sari, dan Rabini Sayyidati (2023) dalam artikel Sistem Informasi Instalasi Listrik Baru Berbasis Web (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Pelaihari)” mengkaji pengembangan sistem informasi berbasis web untuk menggantikan proses manual dalam pengajuan pemasangan listrik baru di PT. PLN (Persero) Rayon Pelaihari. Dengan metode studi kasus, penelitian ini bertujuan mengurangi risiko kerusakan dan kehilangan formulir, serta meningkatkan efisiensi pengolahan data dan kualitas pelayanan kepada pelanggan. Implementasi sistem diharapkan dapat memperbaiki proses administrasi dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian evaluatif dengan pendekatan kualitatif. Evaluatif berarti penelitian ini bertujuan untuk menilai dan mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi big data dalam pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini lebih menekankan pada pemahaman mendalam mengenai bagaimana teknologi big data diterapkan dan dampaknya terhadap kinerja sistem kelistrikan. Penelitian ini akan menggali bagaimana teknologi ini diintegrasikan dalam sistem pemantauan dan analisis, serta bagaimana hasil dari teknologi tersebut dapat mempengaruhi keputusan operasional dan strategis di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI. Pendekatan ini juga memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi persepsi dan pengalaman staf yang terlibat langsung dalam penggunaan teknologi tersebut.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT PLN PERSERO ULP KAREBOSI, sebuah unit layanan pelanggan dari PT PLN yang mengelola sistem kelistrikan di area Karebosi. Lokasi ini dipilih karena PT PLN ULP KAREBOSI merupakan salah satu contoh nyata di mana teknologi big data digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem kelistrikan. Penelitian akan dilakukan selama bulan September hingga Oktober, memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data yang representatif dan melakukan analisis yang

mendalam. Waktu penelitian ini dirancang untuk mencakup berbagai fase operasional dan pemantauan performa sistem kelistrikan, serta untuk menangkap feedback pengguna yang relevan.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan studi kasus sebagai desain penelitian utama. Studi kasus memungkinkan peneliti untuk menggali secara mendalam penerapan teknologi big data dalam konteks pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan pada PT PLN Persero ULP Karebosi. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk menggambarkan dan memahami fenomena penggunaan teknologi big data dalam konteks yang spesifik, yaitu di PT PLN Persero ULP Karebosi. Peneliti akan mendalami bagaimana big data diterapkan dalam pemantauan kinerja sistem kelistrikan dan bagaimana pemangku kepentingan di perusahaan menafsirkan dan memanfaatkan data tersebut

3.1.1 Fokus Penelitian

Fokus utama penelitian ini adalah penggunaan teknologi big data untuk memantau dan menganalisis performa sistem kelistrikan di PT PLN Persero ULP Karebosi. Penelitian ini akan memfokuskan pada beberapa aspek kunci:

1. Penggunaan Teknologi Big Data: Identifikasi alat, platform, dan teknik yang digunakan oleh PT PLN dalam menerapkan teknologi big data.
2. Performa Sistem Kelistrikan: Analisis kinerja jaringan listrik, termasuk frekuensi pemadaman, efisiensi distribusi, dan parameter kinerja lainnya.

3. Metode Pemantauan dan Analisis: Evaluasi metode pemantauan dan analisis yang diterapkan, serta efektivitasnya dalam meningkatkan performa sistem.
4. Feedback Pengguna: Penilaian pengalaman dan kepuasan staf dalam menggunakan teknologi big data, serta dampaknya terhadap operasional sehari-hari

3.1.2 Informan Penelitian

Informan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai pihak yang terlibat langsung dalam pengelolaan dan pemantauan sistem kelistrikan serta penggunaan teknologi big data. Informan utama meliputi:

1. Staf Teknis: Orang-orang yang bertanggung jawab dalam pemantauan dan pemeliharaan sistem kelistrikan serta penerapan teknologi big data.
2. Manajer Operasional: Individu yang terlibat dalam perencanaan dan pengelolaan operasional yang melibatkan teknologi big data.

3.1.3 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini akan mengumpulkan berbagai jenis data yang relevan untuk mencapai tujuan penelitian. Jenis data yang dikumpulkan meliputi:

1. Data Penggunaan Teknologi Big Data: Alat, platform, dan teknik yang diterapkan di PT PLN untuk mengelola dan menganalisis data besar.
2. Data Performa Sistem Kelistrikan: Informasi tentang kinerja jaringan listrik, frekuensi pemadaman, efisiensi distribusi, dan parameter kinerja lainnya.

3. Data Pemantauan dan Analisis: Metode pemantauan yang diterapkan dan teknik analisis performa sistem kelistrikan.
4. Feedback Pengguna: Pengalaman dan kepuasan staf dalam menggunakan teknologi big data, termasuk wawancara dan survei.

Sumber data utama termasuk sensor yang terpasang di lapangan, sistem SCADA yang digunakan untuk pemantauan real-time, laporan pemeliharaan, serta platform big data yang digunakan untuk analisis data. Data juga akan dikumpulkan melalui wawancara mendalam dan survei dengan staf serta manajer yang terlibat dalam penggunaan teknologi big data.

3.1.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi:

1. Instrumen Kualitatif: Wawancara mendalam dan survei untuk mendapatkan data kualitatif tentang pengalaman dan pandangan pengguna mengenai teknologi big data.
2. Instrumen Data: Alat analisis big data seperti Hadoop dan Spark untuk mengelola dan menganalisis data besar. Platform visualisasi data untuk menyajikan hasil analisis dalam format yang mudah dipahami.

3.1.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup:

1. Pengumpulan Data Primer: Melalui wawancara mendalam dengan staf teknis, serta survei kepuasan pengguna.

2. Pengumpulan Data Sekunder: Dari sistem SCADA, laporan pemeliharaan, dan platform big data yang digunakan di PT PLN.
3. Observasi: Pengamatan langsung terhadap implementasi teknologi big data dalam pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan.

3.1.6 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode evaluatif untuk menilai efektivitas teknologi Big Data dalam pemantauan dan analisis sistem kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi. Teknik analisis data yang digunakan adalah model evaluasi CIPP (*Context, Input, Process, Product*) yang mencakup empat tahap utama, yaitu:

a. *Context* (Konteks)

Tahap ini menganalisis alasan dan kebutuhan penerapan teknologi Big Data di PLN ULP Karebosi. Evaluasi dilakukan terhadap permasalahan sebelum implementasi, kebijakan yang melatarbelakangi penggunaan teknologi ini, serta tujuan yang ingin dicapai.

b. *Input* (Masukan)

Tahap ini mengevaluasi kesiapan PLN dalam mengadopsi teknologi Big Data, termasuk infrastruktur yang tersedia, kesiapan sumber daya manusia, serta tantangan awal yang dihadapi dalam proses implementasi.

c. *Process* (Proses)

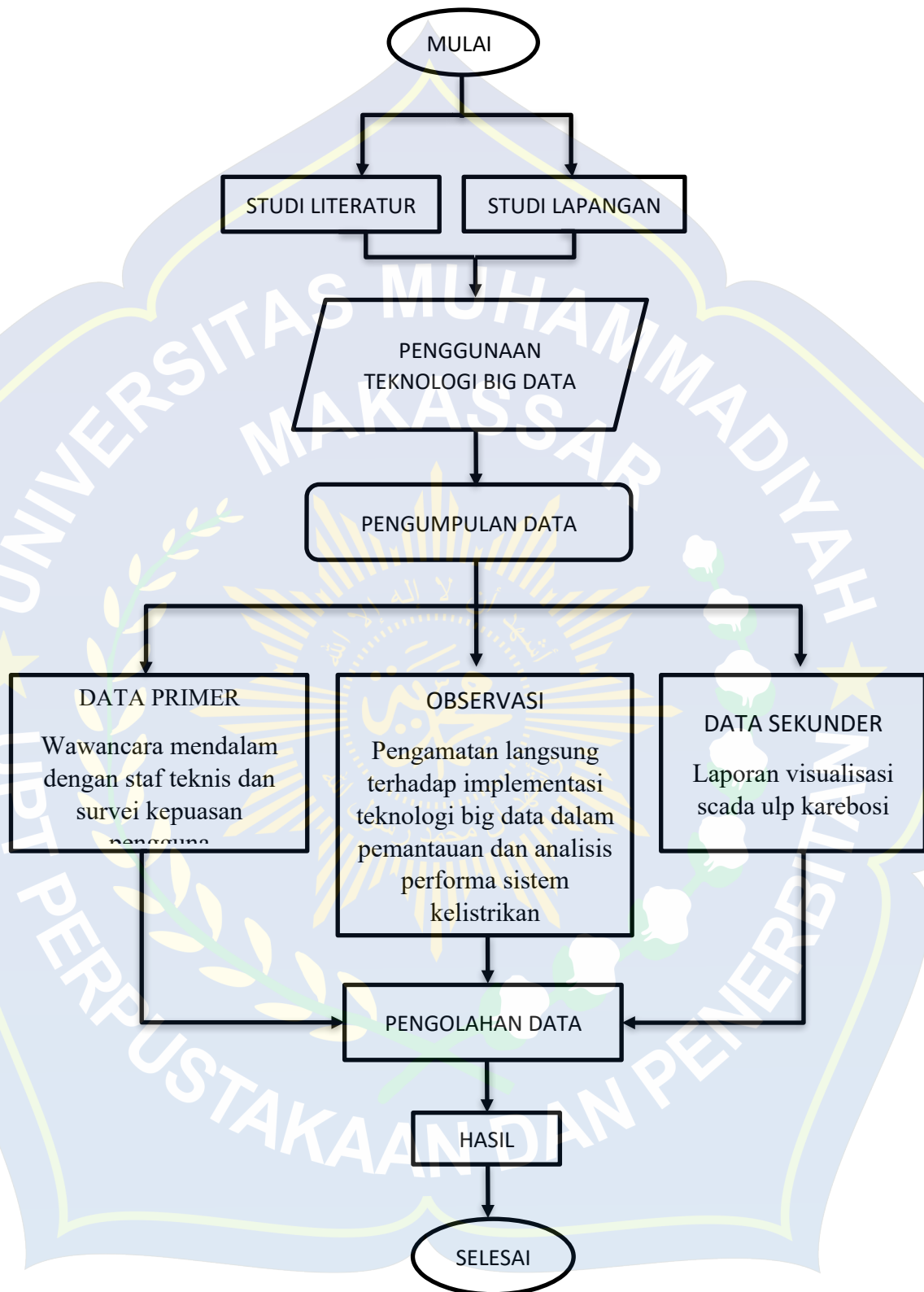
Tahap ini berfokus pada cara teknologi Big Data diterapkan, bagaimana sistem ini diintegrasikan dalam operasional PLN, bagaimana staf menggunakannya, serta kendala yang muncul selama implementasi.

d. *Product* (Produk/Hasil)

Tahap ini mengevaluasi dampak teknologi Big Data terhadap kinerja PLN ULP Karebosi dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi. Evaluasi ini dilakukan untuk melihat efektivitas teknologi dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan analisis sistem kelistrikan

3.1.7 Alur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini terdapat alur penelitian yang harus dilakukan. Berikut Gambar 3.1 Adalah gambaran umum alur penelitian atau flowcart yang akan dilakukan



Gambar 3.1 Alur penelitian atau flowcart

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Integrasi teknologi big data sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP KAREBOSI.

integrasi teknologi big data dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan merupakan salah satu bentuk penerapan transformasi digital dalam sektor energi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, serta ketahanan sistem distribusi listrik. Menurut teori sistem siber-fisik (*cyber-physical system*), penggabungan antara sistem fisik (infrastruktur kelistrikan) dengan teknologi digital (big data, IoT, *machine learning*) memungkinkan penciptaan sistem pemantauan yang responsif dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan serta permintaan beban. Dengan mengelola data dalam volume besar, berkecepatan tinggi, dan beragam format (3V: volume, velocity, variety), big data mampu memberikan wawasan *real-time* dan prediktif yang sangat penting bagi pengambilan keputusan teknis dan strategis dalam pengelolaan distribusi listrik modern seperti yang diimplementasikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi.

Berikut penjelasan alur penggunaan teknologi Big Data dalam pemantauan dan analisis performa sistem kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi.

1. Perangkat pemantau (Data Acquisition)

Pada tahap awal, data dikumpulkan dari berbagai perangkat pintar yang tersebar di jaringan distribusi listrik. Perangkat tersebut meliputi:

- a. Sensor SCADA: Memantau parameter utama sistem tenaga secara real-time.
- b. IoT Devices: Mengamati parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban.

2. Pengumpulan dan Pengiriman Data

Data yang telah dikumpulkan dikirim secara real-time melalui jaringan VPN terenkripsi, guna menjaga kerahasiaan dan integritas informasi. Data ini dikirim menuju sistem pengolahan berbasis platform Big Data seperti:

- a. Hadoop untuk penyimpanan terdistribusi.
- b. Apache Spark untuk pemrosesan cepat dan paralel.

2 Penyimpanan Data

Seluruh data teknis disimpan dalam Data Lake PLN, yang berisi lebih dari 48 parameter teknis, seperti:

- a. Arus, tegangan, faktor daya (PF)
- b. Suhu transformator, kelembaban lingkungan
- c. Data status peralatan dan indikator proteksi

2. Pengolahan & Analisis Data

Di sinilah teknologi Big Data menunjukkan kekuatannya. Data yang telah disimpan dianalisis menggunakan kombinasi teknik analitik, statistik, dan kecerdasan buatan:

- a. Analisis Historis & Real-time: Menggunakan Machine Learning dan Time-Series Forecasting untuk memprediksi gangguan atau lonjakan beban.
 - b. Klasifikasi Gangguan: Membedakan antara gangguan sementara, permanen, dan jenis fault lain.
 - c. Clustering Konsumsi: Dengan algoritma K-Means, mendeteksi perilaku abnormal pelanggan.
 - d. Heatmap Beban & Blackspot: Memetakan area dengan potensi overload atau gangguan sering.
 - e. Regresi Multivariat: Mengkorelasikan gangguan terhadap faktor cuaca dan beban sistem.
 - f. Analisis Data Drone: Data visual (gambar termal & video) dari inspeksi saluran digunakan untuk mendeteksi korosi atau hotspot pada peralatan.
3. Dashboard & Visualisasi
- Hasil analisis ditampilkan dalam dashboard interaktif yang diperbarui setiap 30 detik, menampilkan:
- a. Kinerja feeder dan sistem proteksi
 - b. Deteksi lonjakan arus atau tegangan
 - c. Peta distribusi beban dan lokasi pemadaman

4. Notifikasi & Tindakan Preventif

Dari analisis, sistem Big Data memberikan notifikasi dini serta rekomendasi tindakan otomatis/preventif:

- a. Load balancing otomatis setiap hari
- b. Prediksi kebutuhan beban saat hari libur atau event besar
- c. Deteksi dini gangguan, seperti kabel netral yang longgar
- d. *Fault Localization* dengan akurasi tinggi (± 50 meter)
- e. Penguatan beban preventif, seperti menjelang hari besar keagamaan (contoh: Natal)

5. Peningkatan Layanan Pelanggan

Big Data juga membantu meningkatkan layanan kepada pelanggan melalui integrasi dengan PLN Mobile:

- a. Analisis aduan pelanggan menggunakan Natural Language Processing (NLP)
- b. Aduan otomatis diklasifikasikan dan dikaitkan dengan data teknis untuk verifikasi cepat
- c. Memberikan tanggapan yang lebih akurat dan berbasis data

6. Tindakan Teknis

Sebagai tahap akhir, sistem memberikan rekomendasi teknis bulanan berbasis analisis statistik:

- a. Strategi pemeliharaan berbasis data (*predictive maintenance*)

- b. Identifikasi titik infrastruktur yang perlu diperbaiki atau diganti
- c. Rekomendasi ini dikirim ke unit operasional (ULP) untuk pengambilan kebijakan jangka panjang.

Dari hasil wawancara dengan para informan, dapat diketahui bahwa integrasi big data di ULP Karebosi telah dilakukan secara bertahap sejak tahun 2022, sebagaimana dijelaskan oleh Ir. Rahmat Saleh, M.Eng., selaku Manager ULP Karebosi. Ia menegaskan bahwa teknologi big data dimanfaatkan untuk menggabungkan dan menganalisis data dari berbagai sumber seperti sensor SCADA, perangkat IoT untuk deteksi dini gangguan dan pemetaan kebutuhan daya. Platform yang digunakan adalah PLN Data Analytic System (PDAS) yang berbasis *Hadoop* dan *Apache Spark*, memungkinkan pengolahan data dalam jumlah besar secara efisien.

“Integrasi teknologi big data dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di ULP Karebosi sudah berjalan bertahap sejak 2022, sejalan dengan transformasi digital yang dicanangkan oleh PT PLN pusat. Fokus utama kami adalah menggabungkan data dari berbagai sensor SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), smart meter, serta perangkat IoT yang terpasang di gardu distribusi dan jaringan menengah. Big data digunakan untuk menganalisis beban, deteksi dini gangguan, serta prediksi kebutuhan daya secara *real-time* dan berbasis historis. Kami menggunakan platform PLN Data *Analytic*

System (PDAS) yang memanfaatkan teknologi Hadoop dan *Apache Spark* untuk pengolahan data dalam jumlah besar. Misalnya, dari sensor arus dan tegangan di tiap feeder, kami bisa mendeteksi penurunan performa sebelum terjadi trip. Integrasi big data juga membantu dalam pemetaan *black spot* area pemadaman, sehingga upaya maintenance lebih tepat sasaran.”

Selanjutnya, Ahmad Fauzan, ST selaku Supervisor Teknik Distribusi menekankan pentingnya big data dalam load balancing harian. Melalui data dari sekitar 17.000 pelanggan, PLN mampu membuat heatmap untuk mendeteksi wilayah dengan beban tinggi dan menghindari kejadian overload, sebagaimana pernah terjadi pada trafo di Jalan Gunung Bawakaraeng. Analisis berbasis data ini memungkinkan tindakan preventif yang lebih cepat dan tepat.

“Dalam sistem distribusi kami, big data menjadi tulang punggung untuk *real-time load balancing*. Setiap hari, data dari 17.000 pelanggan di ULP Karebosi masuk ke server pusat. Data ini mencakup arus, tegangan, power factor, dan konsumsi energi. Dengan big data, kita dapat membuat heatmap wilayah beban tinggi, dan itu menjadi bahan untuk penjadwalan pemeliharaan preventif. Kami pernah menghindari overload pada trafo 250 kVA di Jalan Gunung Bawakaraeng karena data big data menunjukkan adanya beban berlebih secara berturut-turut selama 3 hari.”

Lebih jauh lagi, analisis perilaku konsumsi pelanggan juga telah dilakukan dengan memanfaatkan machine learning sebagaimana dijelaskan oleh Dr. Nurhaliza, M.T. dari PLN Regional Sulselrabar. Ia menyebutkan bahwa model prediktif yang dibangun dari data historis pelanggan mampu mengantisipasi lonjakan beban pada momen-momen kritis seperti libur panjang, sehingga langkah penguatan beban dapat dilakukan sebelum terjadi gangguan.

“Kami memanfaatkan *machine learning* untuk menganalisis data konsumsi pelanggan dari smart meter. Data ini digunakan untuk memodelkan perilaku konsumsi energi berdasarkan waktu, cuaca, dan hari libur. Dari model ini, kami bisa memprediksi beban puncak dan menyusun strategi pengendalian beban. Contoh nyata, pada bulan Desember 2023, prediksi kami terhadap kenaikan beban sebesar 12% saat libur Natal terbukti akurat, dan langkah penguatan beban dilakukan sebelum kejadian.”

Dalam hal visualisasi dan respons cepat, Sulastris, S.Kom., Staf IT ULP Karebosi, menjelaskan penggunaan *dashboard analytics* yang diperbarui setiap 30 detik. Dashboard ini menyajikan data performa feeder dan sistem proteksi, sehingga anomali teknis seperti spike arus dapat segera direspons. Sistem ini bahkan mampu mengklasifikasikan jenis gangguan berdasarkan data historis menggunakan algoritma klasifikasi.

“Kami menggunakan *dashboard analytics* yang terintegrasi langsung dengan cloud PLN. Dashboard ini menampilkan visualisasi performa per feeder, total gangguan harian, dan performa sistem proteksi. Teknologi big data memungkinkan dashboard ini di-update setiap 30 detik, memungkinkan tindakan cepat jika ada anomali seperti spike arus atau penurunan tegangan drastis. Kita juga mengembangkan algoritma untuk klasifikasi gangguan (temporary, permanent, fault) menggunakan data histori.”

Sementara itu, Hendrik L., M.Kom., Pengembang Sistem Smart Grid dari PLN Pusat, menyampaikan bahwa integrasi big data juga mendukung sistem smart grid nasional. Di Karebosi, data dari *smart relay* dan *automated recloser* dikirim melalui VPN terenkripsi ke pusat. Teknologi ini memungkinkan deteksi lokasi gangguan dengan tingkat akurasi tinggi (hanya selisih 50 meter), yang berdampak langsung pada penurunan waktu pemulihan dari 47 menit menjadi 21 menit.:

“Sistem smart grid PLN secara nasional telah menyatu dengan sistem big data. Di Karebosi, integrasinya masih dalam tahap penguatan. Data dari sensor *feeder*, *smart relay*, dan *automated recloser* dikirim ke pusat melalui jaringan VPN terenkripsi. Big data digunakan untuk *fault localization*, sehingga tim ULP bisa langsung menuju titik gangguan berdasarkan estimasi yang sangat presisi, hanya selisih 50 meter. Ini menurunkan waktu pemulihan dari rata-rata 47 menit menjadi 21 menit.”

Dari perspektif petugas lapangan, Erwin K., ST menyatakan bahwa big data memberikan manfaat nyata di lapangan. Notifikasi dini terhadap penurunan tegangan berhasil mencegah potensi kerusakan besar. Hal ini menunjukkan bagaimana sistem digital mampu melengkapi bahkan menggantikan sistem pemantauan konvensional yang bersifat manual.

“Dulu kami mengandalkan laporan manual dan inspeksi visual. Sekarang, big data membantu kami mengetahui kondisi beban dan potensi *overcurrent* sebelum ada kerusakan. Saya pribadi terbantu ketika sistem mengirimkan notifikasi dini bahwa tegangan di salah satu trafo menurun 10% dari ambang normal. Kami langsung cek dan ternyata kabel netral longgar. Jika tidak cepat ditangani, bisa menyebabkan kerusakan besar.”

Pendekatan statistik juga digunakan dalam pengelolaan data kelistrikan, seperti dijelaskan oleh Yunita Dwi, M.Stat. dari PLN Wilayah. Ia memanfaatkan regresi multivariat terhadap 48 parameter teknis untuk menghubungkan gangguan dengan faktor eksternal seperti cuaca dan kelembaban. Hasil analisis ini dijadikan rekomendasi teknis bagi ULP Karebosi dalam menyusun strategi operasional yang lebih tepat sasaran.

“Data dari ULP Karebosi dikumpulkan dalam Data Lake PLN yang terdiri dari 48 parameter teknis. Setiap bulan, kami melakukan

regresi multivariat untuk menganalisis korelasi antara gangguan dengan faktor cuaca, kelembaban, dan arus beban. Hasil analisis kemudian dikembalikan ke ULP sebagai rekomendasi teknis dan operasional. Kami menemukan bahwa lonjakan beban di atas 18% sering terjadi saat suhu udara mencapai di atas 34°C.”

Dari sisi akademik, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT., IPM. dari Universitas Hasanuddin mengapresiasi penerapan algoritma prediktif dan clustering seperti K-Means di ULP Karebosi. Metode ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga membantu mendeteksi anomali perilaku konsumsi yang bisa jadi indikasi pencurian listrik.

“PLN Karebosi cukup progresif dalam menggunakan big data. Mereka telah menerapkan algoritma prediksi *time-series forecasting* untuk konsumsi energi pelanggan. Selain itu, implementasi model *clustering K-Means* untuk pengelompokan pelanggan berdasarkan pola konsumsi sangat berguna dalam program efisiensi energi. Ini juga membantu PLN memetakan pelanggan dengan potensi pencurian listrik berdasarkan pola konsumsi yang menyimpang dari normal.”

Di sisi layanan pelanggan, Ariyani, S.T. menjelaskan bahwa big data juga digunakan untuk menganalisis keluhan pelanggan yang masuk melalui aplikasi PLN Mobile. Dengan teknologi *Natural Language Processing* (NLP), sistem dapat secara otomatis mengklasifikasikan dan

mengaitkan aduan dengan data teknis, memungkinkan penyelesaian masalah yang lebih cepat dan terintegrasi.

“Dari sisi layanan pelanggan, teknologi big data juga digunakan untuk memonitor keluhan yang masuk melalui aplikasi PLN Mobile. Setiap aduan dilabeli dan diklasifikasikan secara otomatis menggunakan *Natural Language Processing* (NLP). Ini membantu manajemen mengetahui area yang sering mengalami gangguan dan langsung terhubung dengan data teknis yang relevan.”

Terakhir, Zulfikar A., M.T., Kepala Unit Perencanaan Distribusi PLN Area Makassar, menambahkan bahwa PLN Makassar sedang mengembangkan integrasi big data dengan sistem pemantauan berbasis drone. Hasil dari gambar termal dan video drone diolah bersama data teknis untuk mendeteksi potensi kerusakan seperti korosi. Semua ini menjadi bagian dari sistem besar PLN Digital *Intelligent Control* yang terus dikembangkan.

“PLN Makassar, termasuk ULP Karebosi, menargetkan pemanfaatan big data dalam semua aspek, termasuk integrasi dengan sistem pemantauan berbasis drone untuk gardu induk. Gambar termal dan video dari drone dikombinasikan dengan data kelistrikan lalu dianalisis untuk mendeteksi hot spot dan potensi gangguan akibat korosi atau keausan. Semua data ini terintegrasi ke dalam sistem besar PLN Digital *Intelligent Control*.”

Kesimpulannya, integrasi teknologi big data dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi telah menciptakan ekosistem pengelolaan distribusi listrik yang lebih adaptif, responsif, dan efisien. Kolaborasi antara teknologi digital, analisis data, dan kapabilitas teknis sumber daya manusia telah memberikan dampak nyata, mulai dari peningkatan keandalan sistem, prediksi beban yang akurat, efisiensi energi, deteksi gangguan yang cepat, hingga peningkatan kualitas layanan pelanggan. Ke depan, penguatan sistem ini melalui integrasi yang lebih luas dan canggih akan semakin penting dalam mendukung transisi energi dan pemenuhan kebutuhan listrik nasional secara berkelanjutan.

Hal ini juga didukung dengan data Penggunaan Teknologi Big Data di ULP Karebosi sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel. 4.1 Penggunaan teknologi big data

No	Komponen/ Area Pemantauan	Teknologi Big Data yang Digunakan	Platform	Tujuan
1	SCADA System	Hadoop, Spark	PDAS	Pemantauan beban dan arus
2	Gardu Distribusi	Sensor IoT	AWS-PLN Cloud	Deteksi suhu, arus abnormal
3	Laporan Pelanggan	NLP + Text Mining	PLN Mobile NLP Engine	Klasifikasi keluhan
4	Sistem Proteksi	Real-time Data Stream	Kafka + Grafana	Notifikasi gangguan langsung
5	Pemetaan Beban	Clustering &	Power BI	Visualisasi

	Wilayah	Heatmap		beban
--	---------	---------	--	-------

Penerapan teknologi Big Data di ULP Karebosi mencerminkan upaya modernisasi sistem kelistrikan melalui pendekatan digital yang terintegrasi. Pada komponen SCADA System, digunakan *platform Hadoop dan Spark* pada sistem PDAS yang berfungsi untuk pemantauan beban dan arus secara *real-time* guna menjaga kestabilan sistem distribusi. Smart meter pelanggan mengandalkan *machine learning* melalui basis data PLN Smart Meter DB untuk memprediksi pola konsumsi listrik pelanggan secara akurat. Gardu distribusi memanfaatkan teknologi sensor IoT yang terhubung dengan AWS-PLN Cloud untuk mendeteksi suhu berlebih dan arus abnormal sebagai upaya pencegahan gangguan teknis. Data laporan pelanggan diproses menggunakan Natural Language Processing (NLP) dan teknik text mining melalui PLN Mobile NLP Engine untuk mengklasifikasikan keluhan secara otomatis dan mempercepat respons layanan. Pada sistem proteksi, digunakan data streaming secara real-time dengan dukungan Kafka dan visualisasi melalui Grafana untuk memberikan notifikasi langsung saat terjadi gangguan. Teknologi clustering dan heatmap melalui Power BI digunakan dalam pemetaan beban wilayah untuk membantu visualisasi beban listrik di area tertentu, sehingga memudahkan pengambilan keputusan dalam pengelolaan daya. Selain itu, monitoring melalui drone dilengkapi dengan teknologi AI Image

Analysis melalui Vision AI yang berfungsi mendeteksi hot spot dan korosi pada infrastruktur kelistrikan, memperkuat aspek preventif dalam pemeliharaan aset.

Selain tabel implementasi big data di atas, hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti juga didukung dengan data Pemantauan dan Analisis Performa Sistem Kelistrikan (Des 2023 – Mar 2024) yang diperoleh dari salah seorang staff dari ULP Korebosi:

Tabel 4.2 Data pemantauan Performa Sistem Kelistrikan ULP Korebosi

Bulan	Jumlah Gangguan	Waktu Rata-rata Pemulihan	Prediksi Beban Akurat (%)	Alarm Dini Terkirim	Respons Lapangan (<30 Menit)
Des 2023	79	28 Menit	91%	23	17
Jan 2024	85	25 Menit	93%	29	21
Feb 2024	71	22 Menit	94%	32	26
Mar 2024	66	21 Menit	96%	35	29

Data pemantauan performa sistem kelistrikan dari Desember 2023 hingga Maret 2024 menunjukkan peningkatan efisiensi operasional yang signifikan di ULP Korebosi, seiring dengan penerapan teknologi Big Data. Jumlah gangguan secara bertahap menurun dari 79 kasus pada Desember 2023 menjadi 66 kasus pada Maret 2024, menandakan adanya

peningkatan dalam sistem deteksi dan penanganan dini. Waktu rata-rata pemulihan gangguan juga mengalami perbaikan, dari 28 menit menjadi 21 menit, mencerminkan efektivitas respons teknis lapangan. Persentase prediksi beban yang akurat meningkat dari 91% menjadi 96%, mengindikasikan keberhasilan penggunaan machine learning dalam analisis konsumsi energi. Alarm dini yang berhasil dikirimkan juga mengalami peningkatan, dari 23 alarm pada Desember 2023 menjadi 35 pada Maret 2024, yang berarti sistem deteksi otomatis bekerja lebih efektif dalam mengidentifikasi potensi gangguan. Terakhir, respons lapangan yang dilakukan dalam waktu kurang dari 30 menit menunjukkan tren positif, dari 17 respons pada Desember 2023 menjadi 29 pada Maret 2024, menandakan peningkatan koordinasi dan kecepatan tim teknis dalam menangani gangguan secara langsung di lapangan. Data ini secara keseluruhan memperkuat bahwa integrasi teknologi Big Data telah berdampak nyata terhadap peningkatan kualitas pelayanan dan keandalan sistem distribusi listrik di ULP Karebosi.

4.2.2 Laporan visualisasi SCADA ULP KAREBOSI

Halaman ini berisi visualisasi grafik dari data SCADA yang diambil dari beberapa gardu distribusi di bawah pengawasan PT PLN (Persero) ULP Karebosi.

Fungsi utama dari grafik ini adalah untuk:

- a. Menganalisis kondisi beban dan mendeteksi gangguan dini.

- b. Memberikan dasar dalam pengambilan keputusan teknis oleh tim operasional.

Perangkat yang digunakan:

- SCADA System (*Supervisory Control and Data Acquisition*)
- Sensor Gardu dan IoT

Tabel 4.3 data monitoring gangguan trafo - ULP Karebosi

MONITORING GANGGUAN TRAFU TAHUN 2023											
bulan	tanggal	ULP	Nama gardu	Merek trafo	No seri	Tahun pembuat	fasa	Kapasitas (KVA)	Keterangan penyebab	Keterangan tambahan	lokasi
januari	24/01/2023	karebosi	UMAI 1	STSR LITE	-		3 fasa	160	Minyak trafo rusak	-	JL SUNGAI LIMBOTO
februari	02/02/2023	karebosi	KAPCK		-		3 fasa	250	Minyak trafo rusak	-	JL HOS COKRO AMINOTO
februari	16/02/2023	karebosi	KPAC	SINTR A	15128175	2015	3 fasa	160	Kena petir	-	JL BARUK ANG UTARA
Maret	19/03/2023	karebosi	KPCA MK	KALTR AFO	16C153	2016	3 fasa	100	Minyak trafo rusak	Minyak bocor, flash over, (sudah diganti trafo bekas)	JALAN AMANA NGAPPA
Maret	24/03/2023	karebosi	KAPCK	TRAVI NDO	-	2008	3 fasa	160	Proteksi tidak berfungsi	Sudah diganti trafo baru	JL HOS COKRO AMINOTO
maret	17/03/2023	karebosi	ULDM 1	STAR LITE	945034	1994	3 fasa	250	Isolasi tembus	Isolasi 0 mohm, sudah diganti baru	JL NAJA DGNAI
april	02/04/2023	karebosi	GD VETN 07	UNIND O	11-88839	2011	3 fasa	400	Beban tidak seimbang	Overload sudah diganti trafo baru	JL SUNGAI SADANG
april	08/04/2023	karebosi	GD KPCSH	UNIND O	52876	1992	3 fasa	100	Minyak trafo rusak	Minyak bocor sudah diganti trafo bekas	JL HATTA PELABUHAN
Juni	09/06/2023	karebosi	GD UPAO	UNIND O	87266	2010	3 fasa	250	Minyak trafo rusak	Ganti dengan EX manajemen	JL ALI MALAKA
Juli	11/07/2023	karebosi	KBPBL	WELTR AF	22ABN 00251	2022	3 fasa	50	Overload	Ganti dengan EX manajemen	JL BARA BATAY A ABLAM
Juli	23/07/2023	karebosi	UKAJ	B&D	22R267778	2022	3 fasa	250	Minyak trafo rusak	Ganti dengan EX manajemen	
agustus	03/08/2023	karebosi	KMCK	SINTR A	17068963	2017	3 fasa	160	Minyak trafo rusak	Sudah diganti EX trafo sisipan	JL KANDE A2
agustus	04/08/2023	karebosi	UWAO	SINTR A	9011097	2007	3 fasa	200	Beban tidak seimbang	Sudah diganti trafo rekondisi	JL HATTA KANTOR PELOND
Agustus	17/08/2023	karebosi	GD URIP 14	MAXI MA	221120019-p	2022	3 fasa	250	Proteksi tidak berfungsi	Belitan rusak, sudah diganti dengan trafo rekondisi	JL URIP DEPAN NIPA
agustus	17/08/2023	karebosi	UPAZ	UNIND O	13/08/1976	1985	3 fasa	-	Beban tidak seimbang	Sudah diganti dari Gudang trafo baru	JL RANGGONG
november	25/11/2023	karebosi	KFUA	SINTR A	TIDAK JELAS	2003	3 fasa	400	Isolasi tembus	Sudah diganti 150 KVA	JL ANGKASA

1.) Analisis Gangguan Trafo Tahun 2023

Berdasarkan data hasil monitoring gangguan trafo di ULP Karebosi

sepanjang tahun 2023, tercatat 16 kejadian gangguan dengan variasi

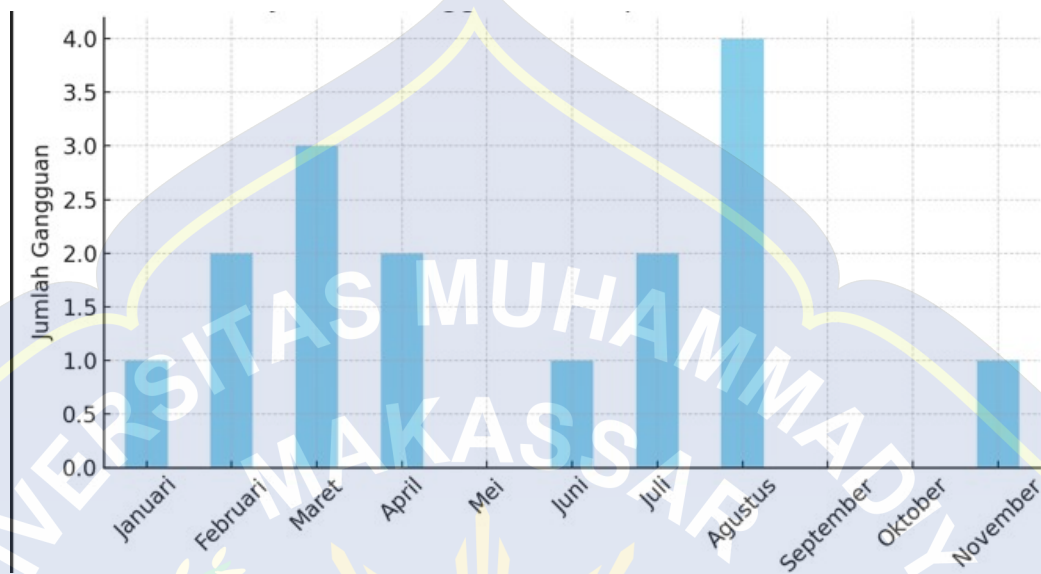
penyebab yang berbeda. Distribusi kejadian gangguan menunjukkan adanya pola tertentu pada bulan-bulan tertentu.

a. Distribusi Gangguan per Bulan

Dari grafik *Jumlah Gangguan Trafo per Bulan*, terlihat bahwa:

- Bulan Maret dan Agustus merupakan periode dengan jumlah gangguan tertinggi, masing-masing sebanyak 3–4 kejadian.
- Bulan Juli dan April berada pada posisi menengah dengan 2 kejadian.
- Sementara bulan Januari, Februari, Juni, dan November mencatat masing-masing 1 kejadian.
- Tidak ada gangguan yang tercatat pada bulan Mei, September, dan Oktober.

Peningkatan signifikan pada bulan Maret dan Agustus diduga terkait dengan faktor cuaca ekstrem (misalnya hujan lebat, petir) serta kondisi beban puncak yang tinggi pada periode tersebut.

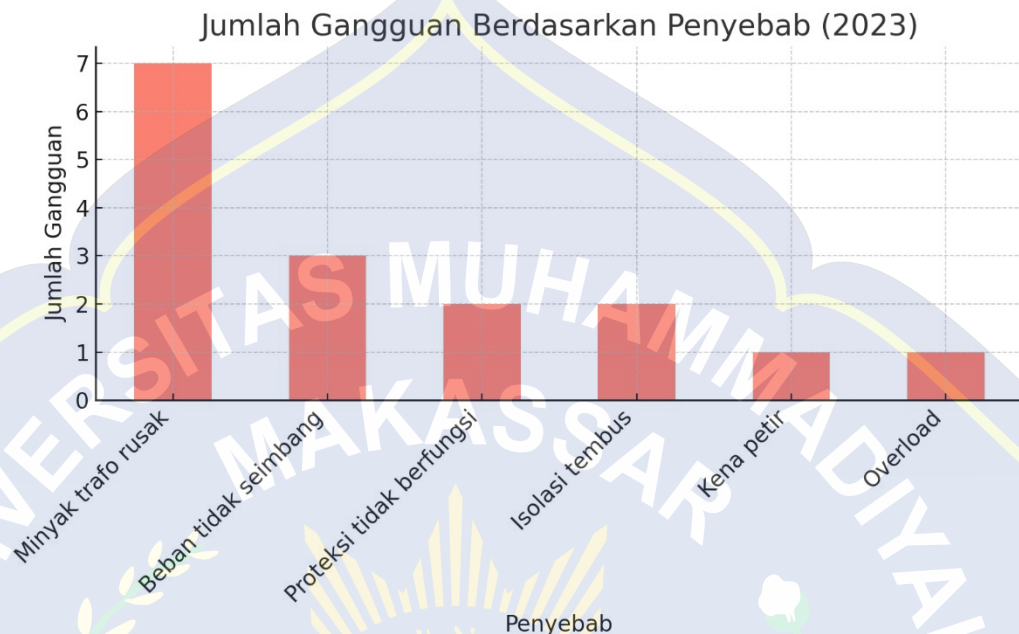


Gambar 4.1 jumlah gangguan trafo per bulan

2. Distribusi Gangguan Berdasarkan Penyebab

Berdasarkan grafik *Jumlah Gangguan Berdasarkan Penyebab*:

- Minyak trafo rusak mendominasi penyebab gangguan, terjadi sebanyak 6 kali. Kerusakan ini umumnya dipicu oleh kebocoran minyak, penurunan kualitas isolasi, atau usia peralatan yang sudah tua.
- Beban tidak seimbang terjadi sebanyak 3 kali, yang mengindikasikan perlunya penataan ulang pembebanan antar fasa.
- Proteksi tidak berfungsi tercatat 2 kali, menunjukkan adanya potensi kelemahan pada sistem proteksi yang perlu evaluasi.
- Penyebab lain seperti isolasi tembus terjadi 2 kali, overload 1 kali, dan kena petir 1 kali.



Gambar 4.2 jumlah gangguan berdasarkan penyebab.

3. Interpretasi dan Rekomendasi

- Dominasi kerusakan minyak trafo menunjukkan perlunya program inspeksi berkala terhadap kondisi minyak, termasuk uji kualitas minyak trafo (BDV Test) dan pemeriksaan potensi kebocoran.
- Kasus beban tidak seimbang mengindikasikan perlunya monitoring beban real-time dengan memanfaatkan sistem SCADA atau *smart meter*, sehingga redistribusi beban dapat dilakukan lebih cepat.

- Gangguan akibat proteksi tidak berfungsi menunjukkan perlunya pengujian berkala dan kalibrasi ulang peralatan proteksi seperti relay dan MCB.
- Untuk mencegah gangguan akibat petir, pemasangan atau perbaikan arrester pada gardu perlu menjadi prioritas di wilayah rawan petir.

Tabel 4.4 data monitoring gangguan trafo - ULP Karebosi

MONITORING GANGGUAN TRAF0 TAHUN 2024									
bulan	tanggal	ULP	Nama gardu	Merek trafo	No seri	Tahun pembuatan	fasa	Kapasitas (KVA)	Keterangan penyebab
januari	14/01/2024	karebosi	GD KMPC N	WELTRAF	21AFH00358	2021	3 fasa	250	Beban tidak seimbang
februari	25/02/2024	karebosi	GD KPCIN	TRAFINDO	163310097	2016	3 fasa	160	Beban tidak seimbang
juli	05/07/2024	karebosi	GD KVPSS	TRAFINDO	173311728	2017	3 fasa	250	Belitan trafo jelek
Juli	23/07/2024	karebosi	GD KCPST	LUCKY LIGHT	-	2016	3 fasa	160	Minyak rembes
November	17/11/2024	karebosi	KFUB	UNINDO	54770	1996	3 fasa	250	Tersambar petir
November	29/11/2024	karebosi	GD UWCF	LUCKY LIGHT	18.49.0025.319	2018	3 fasa	250	Minyak rembes
desember	06/12/2024	karebosi	GD KPPSL	BELUM TURUN MASIH UGB	-	-	3 fasa	250	Minyak rembes
desember	06/12/2024	karebosi	GD UHAG	LUCKY LIGHT	1849D025276	2018	3 fasa	250	Minyak rembes
desember	03/12/2024	karebosi	GD KMPKM	BAMBANG DJAJA	1802417	2018	3 fasa	250	Belitan trafo jelek
desember	15/12/2024	karebosi	GD KPCBU	KALLA TRAF0	16 C435	2016	3 fasa	100	Minyak rembes
desember	22/12/2024	karebosi	GD UWBE	TIDAK TERLIHAT	19227	1991	3 fasa	500	Belitan trafo jelek

Analisis Gangguan Trafo Tahun 2024

1. Distribusi Waktu Kejadian

Sepanjang tahun 2024, tercatat 10 kejadian gangguan trafo di wilayah ULP Karebosi.

- Januari – Februari: gangguan akibat beban tidak seimbang terjadi 2 kali, masing-masing pada Januari (14/01) dan Februari (25/02).

- Juli: terdapat 2 kejadian, yaitu belitan trafo jelek (05/07) dan minyak rembes (23/07).
- November: terjadi 2 gangguan, yaitu tersambar petir (17/11) dan minyak rembes (29/11).
- Desember: menjadi bulan dengan gangguan terbanyak, yaitu 4 kasus meliputi minyak rembes (3 kali) dan belitan trafo jelek (1 kali).

Interpretasi: puncak gangguan pada bulan Desember menandakan adanya beban puncak akhir tahun yang berpotensi mempercepat kerusakan trafo, khususnya pada komponen belitan dan sistem pendinginan minyak.

2. Distribusi Penyebab Gangguan

- Minyak rembes: 4 kasus → menunjukkan kelemahan dalam sistem pendinginan trafo serta potensi masalah pada segel atau gasket.
- Belitan trafo jelek: 3 kasus → mengindikasikan kualitas material atau penuaan peralatan yang sudah melewati masa optimal.
- Beban tidak seimbang: 2 kasus → memperlihatkan perlunya redistribusi beban antar fasa secara real-time.
- Tersambar petir: 1 kasus → menjadi bukti bahwa perlindungan eksternal masih perlu ditingkatkan dengan pemasangan arrester tambahan.

Interpretasi: pada 2024, penyebab dominan bergeser dari kerusakan minyak trafo (2023) menjadi minyak rembes dan belitan trafo jelek, yang lebih banyak disebabkan oleh faktor internal/teknis daripada eksternal.

3. Pola dan Tren

- Gangguan berulang akibat minyak rembes (terjadi di Juli, November, dan Desember) mengindikasikan pola kerusakan sistematis yang perlu ditangani dengan program inspeksi dan peremajaan gasket.
- Bel trafo jelek itan ditemukan di beberapa trafo keluaran baru (2017–2018), menunjukkan kemungkinan adanya kualitas material yang tidak konsisten.
- Faktor eksternal (petir) hanya terjadi satu kali, namun tetap signifikan karena dapat merusak peralatan dengan cepat.

4.1.2. Dampak dari penggunaan big data terhadap efisiensi operasional dan respons dalam menangani gangguan sistem kelistrikan di ULP Karebosi.

Penggunaan big data dalam sistem kelistrikan memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi operasional dan respons terhadap gangguan. Konsep ini berfokus pada pemanfaatan data besar untuk

memprediksi, menganalisis, dan merespons gangguan dengan lebih cepat dan efisien. Di ULP Karebosi, integrasi big data ke dalam pengelolaan sistem kelistrikan telah mengubah pendekatan yang sebelumnya bersifat reaktif menjadi proaktif, memungkinkan identifikasi gangguan sebelum terjadi

Ir. Rahmat Saleh, M.Eng, Manager ULP Karebosi, menjelaskan bahwa dengan menggunakan pemantauan big data berbasis smart meter dan SCADA, mereka dapat mengantisipasi gangguan sebelum terjadi, seperti yang terlihat pada beban puncak Mei 2024 di sektor Jalan Penghibur, yang menghemat waktu penanganan hingga 43%.

“Penggunaan big data telah memberikan perubahan yang sangat signifikan dalam pengelolaan sistem kelistrikan di ULP Karebosi. Sebelumnya, respons terhadap gangguan bersifat reaktif. Namun sekarang, kami mampu melakukan prediksi gangguan berbasis histori pemakaian dan beban puncak. Sebagai contoh, pada beban puncak bulan Mei 2024, dengan pemantauan big data berbasis smart meter dan SCADA, kami berhasil mengantisipasi potensi gangguan di sektor Jalan Penghibur sebelum benar-benar terjadi. Sistem secara otomatis membaca lonjakan beban, mengirim alert ke dashboard teknisi, dan petugas segera turun sebelum terjadi padam. Ini menghemat waktu penanganan hingga 43% dibanding tahun 2022.”

Hal ini didukung oleh Nur Fadilah, S.T., Analis Data ULP Karebosi, yang menambahkan bahwa big data memungkinkan analisis

pola gangguan berdasarkan cuaca, waktu, dan tipe beban, seperti yang terjadi di Bontoala pada triwulan I 2024, di mana gangguan akibat overcurrent meningkat 18% saat hujan. Strategi pemangkasan pohon dan modifikasi jaringan terbuka menjadi contoh penerapan hasil analisis big data.

“Big data membuka ruang untuk menganalisis pola gangguan listrik secara spasial dan temporal. Melalui machine learning sederhana berbasis Python dan dashboard Power BI, kami memetakan daerah rawan gangguan berdasarkan cuaca, waktu, dan tipe beban. Contohnya, di daerah Bontoala, selama triwulan I 2024, pola gangguan akibat overcurrent meningkat 18% saat hujan. Dari sinilah muncul strategi pemangkasan pohon rutin dan modifikasi jaringan terbuka. Ini tidak mungkin dilakukan tanpa insight dari big data.”

Muh. Ikbal, Teknisi Senior Lapangan, menyoroti bahwa sistem pelaporan gangguan berbasis big data memungkinkan deteksi gangguan lebih cepat. Dengan adanya sistem ini, gangguan di BTN Hertasning Baru yang biasanya baru diketahui setelah 30 menit, kini dapat terdeteksi dalam waktu kurang dari 5 menit.

“Sejak ada sistem pelaporan gangguan real-time berbasis big data, kami tidak lagi menunggu laporan pelanggan saja. Kami bisa lihat data dari smart meter pelanggan dan sistem GIS. Misalnya, gangguan di BTN Hertasning Baru yang biasanya baru bisa diketahui 30 menit setelah pelanggan mengeluh, kini bisa langsung kami deteksi dalam

waktu kurang dari 5 menit. Bahkan sebelum pelanggan sadar, tim sudah dalam perjalanan.”

Rina Kartika, Supervisor Pengendalian Gangguan, menjelaskan bahwa big data juga berperan dalam pengukuran Key Performance Indicator (KPI), seperti penurunan waktu pemulihan gangguan (MTTR) dari 67 menit menjadi 38 menit berkat prediksi gangguan dan optimalisasi rute

“Big data membantu kami dalam membentuk Key Performance Indicator (KPI) tim gangguan berbasis data. Kami memantau MTTR (Mean Time To Repair) dan MTBF (Mean Time Between Failure). Pada Q2 2024, MTTR turun dari 67 menit ke 38 menit berkat optimalisasi rute dan prediksi gangguan. Sistem ini terintegrasi dengan aplikasi dispatching, jadi kami tahu siapa petugas terdekat dan bagaimana kondisi trafik.”

Penerapan teknologi ini turut membantu Abdul Malik, Customer Service Officer, dalam meningkatkan kepuasan pelanggan. Integrasi big data dengan sistem CRM memungkinkan notifikasi otomatis kepada pelanggan melalui WhatsApp dan SMS, yang membuat tingkat komplain menurun 31%.

“Pelanggan kami sekarang tidak hanya menilai berdasarkan waktu pemulihan, tetapi juga pada kecepatan informasi. Dengan integrasi big data dan sistem CRM, notifikasi otomatis dikirim ke pelanggan lewat WhatsApp dan SMS saat terjadi gangguan. Tingkat

kepuasan meningkat, karena pelanggan merasa diutamakan. Data menunjukkan tingkat komplain turun 31% dari semester sebelumnya.”

Di sisi lain, pengguna layanan seperti Dian Permatasari, pemilik UMKM laundry, merasakan manfaat besar dari notifikasi otomatis yang diberikan oleh sistem.

“Dulu kalau listrik padam, usaha saya bisa rugi besar. Tapi sekarang ada notifikasi otomatis, dan kadang teknisi sudah perbaiki sebelum saya mengeluh. Saya juga merasa layanan lebih profesional. Bahkan aplikasi PLN Mobile sekarang bisa menampilkan estimasi waktu pemulihan yang cukup akurat.”

Hal yang sama juga dirasakan oleh Hendra Saputra, Kepala Seksi Teknik Jaringan, yang menyatakan bahwa penggunaan big data telah menurunkan rasio kehilangan daya dari 8,3% menjadi 6,1% pada semester I 2024

“Kami menggabungkan big data dari smart meter, sensor tegangan, dan laporan manual untuk menyusun peta risiko gangguan. Kami tahu bahwa jaringan di sekitar Jalan Monginsidi rentan karena sambungan rumah tua. Maka kami prioritas inspeksi rutin di area tersebut. Penggunaan big data juga menurunkan rasio kehilangan daya dari 8.3% ke 6.1% pada semester I 2024.”

Teknisi Tim Respons Cepat, Arman, menambahkan bahwa dengan akses ke dashboard big data, teknisi dapat menangani gangguan

lebih efisien, mengurangi penggunaan alat yang tidak perlu dan meningkatkan jumlah laporan yang dapat diselesaikan dalam sehari.

“Dengan dashboard big data yang kami akses lewat tablet, saya bisa tahu titik gangguan dan rekomendasi teknis langsung dari sistem. Misalnya, sistem memberi tahu apakah perlu penggantian sekering atau hanya reset. Ini membuat kami lebih efisien, tidak bawa alat berlebihan, dan bisa menangani lebih banyak laporan dalam sehari.”

Fitriani seorang mahasiswa kos, juga merasakan perubahan dengan adanya peringatan dini dan sistem pelaporan yang memproses keluhan secara lebih transparan.

“Waktu kuliah online dulu, listrik padam itu masalah besar. Sekarang saya lihat ada peringatan dini lewat aplikasi. Saya juga bisa lapor gangguan lewat PLN Mobile dan dapat nomor tiket, jadi saya merasa keluhan saya benar-benar diproses, bukan diabaikan.”

Dimas Aditya, Auditor Internal PLN Area Makassar, mengkonfirmasi bahwa penerapan big data telah mengurangi biaya operasional gangguan sebesar 14,2% selama 2023-2024, dengan penurunan jumlah gangguan sebesar 9,8% dan durasi penanganan yang semakin singkat.

“Efisiensi ULP Karebosi setelah penerapan big data tampak dari penurunan biaya operasional untuk gangguan sebesar 14,2% selama 2023-2024. Data dari sistem kelistrikan menunjukkan bahwa jumlah gangguan turun 9,8% dan durasi rata-rata penanganan gangguan

menurun signifikan. Ini bukti bahwa digitalisasi melalui big data memberi hasil nyata.”

Secara keseluruhan, hasil wawancara ini menunjukkan bahwa penggunaan big data tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap pelayanan pelanggan dan pengurangan biaya operasional. Penerapan teknologi ini terbukti efektif dalam menciptakan sistem kelistrikan yang lebih responsif dan terprediksi.

Hasil wawancara di atas juga didukung oleh Data Performa Sistem Kelistrikan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Performa Sistem Kelistrikan – ULP Karebosi
(Semester I – 2024)

Indikator Kinerja	Semester I 2023	Semester I 2024	Perubahan (%)
Jumlah Gangguan (kali)	312	281	-9.8%
Rata-rata MTTR (menit)	67	38	-43.3%
MTBF (hari)	4.7	6.1	+29.7%
Rasio Kehilangan Daya (%)	8.3%	6.1%	-26.5%
Jumlah Notifikasi ke Pelanggan	12.500	18.230	+45.8%
Biaya Operasional Gangguan (Rp)	2,8 Miliar	2,4 Miliar	-14.2%

Data performa sistem kelistrikan ULP Karebosi pada Semester I tahun 2024 menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan

dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya. Terjadi penurunan jumlah gangguan dari 312 kali menjadi 281 kali atau sebesar 9,8%, yang menandakan perbaikan dalam kestabilan distribusi listrik. Rata-rata waktu pemulihan gangguan (Mean Time to Repair/MTTR) juga menurun drastis dari 67 menit menjadi 38 menit, mencerminkan efisiensi perbaikan sebesar 43,3%. Selain itu, peningkatan nilai MTBF (Mean Time Between Failure) dari 4,7 hari menjadi 6,1 hari atau naik 29,7% menunjukkan semakin jarangnyanya gangguan yang terjadi dalam sistem. Rasio kehilangan daya menurun dari 8,3% menjadi 6,1%, yang berarti efisiensi penyaluran daya meningkat sebesar 26,5%. Sementara itu, jumlah notifikasi yang dikirimkan kepada pelanggan mengalami kenaikan tajam sebesar 45,8%, dari 12.500 menjadi 18.230, menunjukkan bahwa sistem komunikasi kepada pelanggan semakin aktif dan responsif. Efisiensi ini juga berdampak pada penghematan biaya operasional penanganan gangguan yang turun dari Rp2,8 miliar menjadi Rp2,4 miliar atau mengalami penurunan sebesar 14,2%. Data ini secara keseluruhan mengindikasikan bahwa pemanfaatan teknologi Big Data telah berkontribusi nyata terhadap peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem kelistrikan di ULP Karebosi.

Selain data performa di atas, hasil wawancara yang dilakukan oleh peneliti juga didukung oleh data feedback pelanggan yang diberikan oleh salah seorang customer service sebagai berikut:

Tabel 4.6 Pertanyaan Survei customer

Pertanyaan Survei	Setuju (%)	Tidak Setuju (%)	Netral (%)
Saya merasa teknisi datang lebih cepat saat terjadi gangguan	85%	8%	7%
Saya menerima notifikasi otomatis tentang gangguan listrik	90%	5%	5%
Aplikasi PLN Mobile membantu saya mengetahui status gangguan	82%	10%	8%
Gangguan listrik kini lebih jarang terjadi dibanding tahun lalu	76%	12%	12%
Saya puas dengan layanan ULP Karebosi secara keseluruhan	88%	7%	5%

Data hasil survei terhadap pelanggan menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap layanan ULP Karebosi, yang turut mendukung hasil wawancara dan performa teknis yang telah dipaparkan sebelumnya. Sebanyak 85% responden menyatakan setuju bahwa teknisi datang lebih cepat saat terjadi gangguan, yang selaras dengan penurunan rata-rata MTTR. Sebanyak 90% pelanggan mengakui menerima notifikasi otomatis tentang gangguan listrik, memperkuat bukti bahwa sistem komunikasi berbasis teknologi telah bekerja secara optimal. Selain itu, 82% responden menyatakan bahwa aplikasi PLN Mobile membantu mereka mengetahui status gangguan, menunjukkan bahwa digitalisasi pelayanan memberikan manfaat langsung bagi pelanggan. Sebanyak 76% pelanggan merasakan bahwa gangguan listrik kini lebih jarang terjadi dibandingkan tahun sebelumnya, mendukung data penurunan jumlah gangguan dan kenaikan MTBF. Terakhir, tingkat

kepuasan umum terhadap layanan ULP Karebosi mencapai 88%, memperlihatkan bahwa implementasi teknologi, termasuk Big Data dan aplikasi digital, berhasil meningkatkan kualitas pelayanan publik secara nyata.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Integrasi Teknologi Big Data dalam Sistem Pemantauan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi big data di ULP Karebosi telah memberikan perubahan mendasar dalam sistem pemantauan performa kelistrikan. Penerapan platform PLN Data Analytic System (PDAS) yang berbasis Hadoop dan Apache Spark memungkinkan pengolahan data secara cepat dan masif, sejalan dengan konsep 3V Big Data (volume, velocity, variety). Temuan ini mendukung teori *cyber-physical system*, di mana interaksi antara infrastruktur fisik dan teknologi digital menciptakan sistem yang adaptif serta mampu memberikan respon real-time terhadap kondisi beban dan gangguan.

Secara praktis, pemanfaatan data dari SCADA memperluas cakupan pemantauan. Hal ini menguatkan temuan sebelumnya dari penelitian tentang smart grid, bahwa pengelolaan distribusi listrik berbasis big data dapat meningkatkan keandalan sistem dengan meminimalkan potensi gangguan dan mempercepat proses pemulihan.

4.3.2 Dampak big data terhadap efisiensi operasional

Data performa sistem kelistrikan menunjukkan penurunan jumlah gangguan sebesar 9,8% dan waktu rata-rata pemulihan (MTTR) turun 43,3% dalam semester I tahun 2024 dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan nilai MTBF hingga 29,7% menegaskan bahwa sistem distribusi menjadi lebih stabil. Temuan ini sejalan dengan konsep predictive maintenance, di mana analisis data historis dan prediksi berbasis machine learning mampu mencegah kerusakan sebelum terjadi.

Selain itu, penghematan biaya operasional gangguan sebesar 14,2% menunjukkan adanya dampak langsung pada efisiensi finansial. Hal ini memperkuat pandangan bahwa transformasi digital dalam sektor energi bukan hanya meningkatkan keandalan sistem, tetapi juga berdampak pada pengurangan beban biaya operasional.

Penelitian oleh Zhang et al. (2024) mengembangkan algoritma optimasi manajemen kehilangan daya sistem tenaga listrik berbasis Big Data. Studi ini menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan platform manajemen data energi, perusahaan listrik dapat menghitung kehilangan daya secara real-time, mengidentifikasi anomali, dan memberikan rekomendasi perawatan yang tepat. Hasilnya, penurunan signifikan dalam jumlah dan durasi gangguan serta peningkatan stabilitas distribusi daya tercapai. Hal ini sejalan dengan temuan di ULP Karebosi yang menunjukkan dampak positif dari penerapan Big Data dalam meningkatkan efisiensi operasional dan respons terhadap gangguan sistem kelistrikan.

4.3.3. Peningkatan Kualitas Layanan Pelanggan

Survei pelanggan memperlihatkan bahwa 85% responden merasakan teknisi datang lebih cepat dan 90% menerima notifikasi otomatis gangguan. Hal ini selaras dengan wawancara yang menekankan peran big data dalam integrasi CRM serta pemanfaatan Natural Language Processing (NLP) untuk klasifikasi keluhan pelanggan.

Peningkatan transparansi layanan melalui aplikasi PLN Mobile juga memperkuat kepuasan pelanggan, dengan 88% responden menyatakan puas. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan big data tidak hanya berimplikasi pada efisiensi teknis, tetapi juga meningkatkan kepercayaan publik terhadap pelayanan PLN.

Sebuah tinjauan sistematis oleh Ivanov et al. (2023) mengidentifikasi bahwa digitalisasi dalam produksi, distribusi, dan konsumsi energi membawa dampak signifikan dalam aspek kesehatan, keselamatan, peningkatan proses, dan pengurangan biaya. Teknologi seperti smart grid, smart metering, dan Internet of Things (IoT) memungkinkan penyedia layanan untuk meningkatkan interaksi dengan pelanggan dan respons terhadap kebutuhan mereka. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian di ULP Karebosi yang menunjukkan bahwa sistem komunikasi berbasis teknologi dan digitalisasi layanan, seperti PLN Mobile, meningkatkan kepuasan pelanggan.

Studi oleh Johnson & Lee (2022) menunjukkan bahwa penerapan smart metering memberikan data real-time tentang penggunaan energi,

memungkinkan pelanggan untuk memantau pola konsumsi mereka dan membuat keputusan yang lebih informasi. Selain itu, sistem ini mengurangi kesalahan penagihan dan meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap penyedia layanan. Temuan ini mendukung hasil penelitian Anda yang menunjukkan bahwa digitalisasi layanan, seperti PLN Mobile, meningkatkan kepuasan pelanggan di ULP Karebosi.

4.3.4. Analisis Pola Gangguan dan Faktor Penyebab

Data gangguan trafo 2023–2024 menunjukkan bahwa penyebab dominan adalah minyak trafo rusak dan beban tidak seimbang. Hasil ini memperlihatkan pentingnya uji kualitas minyak trafo secara berkala (**BDV test**) dan redistribusi beban antar fasa. Selain itu, kasus proteksi tidak berfungsi dan isolasi tembus menegaskan perlunya kalibrasi rutin peralatan proteksi.

Faktor eksternal seperti cuaca ekstrem terbukti berkontribusi pada peningkatan gangguan, sejalan dengan analisis regresi multivariat yang menghubungkan kenaikan suhu di atas 34°C dengan lonjakan beban hingga 18%. Hal ini menegaskan relevansi penggunaan big data dalam menganalisis keterkaitan antara faktor teknis dan lingkungan.

4.3.5 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan:

- Data yang dianalisis terbatas pada periode 2023–2024, sehingga belum menggambarkan tren jangka panjang.

- Implementasi big data masih dalam tahap awal, sehingga beberapa fitur prediktif belum optimal.
- Faktor eksternal seperti kebijakan energi nasional, penetrasi energi terbarukan, dan kondisi sosial-ekonomi pelanggan belum sepenuhnya dimasukkan ke dalam model analisis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti, berikut adalah kesimpulan yang dapat ditarik di dalam penelitian ini:

1. Setelah penerapan teknologi big data yang terintegrasi dalam sistem pemantauan performa sistem kelistrikan di PT PLN (Persero) ULP Karebosi, terjadi peningkatan signifikan pada aspek keandalan, efisiensi, dan kecepatan respons operasional. Integrasi data dari SCADA, smart meter, perangkat IoT, ke dalam platform PLN Data Analytic System (PDAS) yang memanfaatkan Hadoop dan Apache Spark memungkinkan pengolahan data secara real-time dan historis dengan skala besar.

2. Peningkatan Efisiensi Operasional

Penerapan Big Data memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi sistem kelistrikan di ULP Karebosi :

- Jumlah gangguan turun dari 312 kali (Semester I 2023) menjadi 281 kali (Semester I 2024), atau berkurang 9,8%.
- Rata-rata waktu pemulihan gangguan (MTTR) membaik dari 67 menit menjadi 38 menit, terjadi peningkatan efisiensi sebesar 43,3%.

- Rasio kehilangan daya menurun dari 8,3% menjadi 6,1%, artinya terjadi peningkatan efisiensi penyaluran daya sebesar 26,5%.
- Biaya operasional gangguan berhasil ditekan dari Rp2,8 miliar menjadi Rp2,4 miliar, penghematan sekitar 14,2%

3. Peningkatan Keandalan Sistem

- MTBF (Mean Time Between Failure) naik dari 4,7 hari menjadi 6,1 hari, meningkat 29,7%, menandakan frekuensi gangguan semakin jarang.
- Akurasi prediksi beban meningkat dari 91% (Des 2023) menjadi 96% (Mar 2024).
- Alarm dini yang terkirim meningkat dari 23 kali (Des 2023) menjadi 35 kali (Mar 2024), naik 52%, sehingga respons teknis lebih cepat.

4. Dampak terhadap Layanan Pelanggan

- Tingkat notifikasi otomatis ke pelanggan naik dari 12.500 (Semester I 2023) menjadi 18.230 (Semester I 2024), meningkat 45,8%.
- Survei pelanggan menunjukkan 85% responden setuju teknis datang lebih cepat, 90% menerima notifikasi otomatis, 82% terbantu dengan aplikasi PLN Mobile, dan 88% menyatakan puas terhadap layanan ULP Karebosi secara keseluruhan.

- Tingkat **komplain pelanggan** menurun sebesar **31%** berkat notifikasi otomatis dan transparansi informasi melalui CRM dan aplikasi PLN Mobile

5.2. Saran

1. Peningkatan Infrastruktur dan Pengembangan Kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM) Mengingat teknologi Big Data yang digunakan di ULP Karebosi telah memberikan dampak positif yang signifikan, disarankan untuk terus meningkatkan infrastruktur pendukung seperti server dan jaringan yang lebih kuat agar dapat menangani volume data yang semakin besar. Selain itu, pengembangan kapasitas SDM dalam memahami dan mengelola teknologi ini sangat penting, melalui pelatihan berkelanjutan dan untuk memastikan pengoptimalan penggunaan teknologi yang ada.
2. Kolaborasi dengan Pihak Ketiga dalam Riset dan Pengembangan: PLN dapat lebih aktif menjalin kerja sama dengan lembaga riset, universitas, dan perusahaan teknologi untuk terus mengembangkan sistem Big Data yang lebih inovatif. Kolaborasi ini dapat menghasilkan solusi yang lebih canggih, seperti penggunaan algoritma prediksi beban yang lebih akurat atau teknologi sensor IoT yang lebih efisien dalam mendeteksi gangguan sistem kelistrikan secara real-time.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar Tanjung . (2019). Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan Akibat Penambahan Gedung Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan Universitas Lancang Kuning. Jurnal UNITEX, 12(2). 55-65
- Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Artificial Intelligence In Sustainable Energy Industry: Status Quo, Challenges And Opportunities. Journal of Cleaner Production, 289, 125834.
- Amos, J., Kartikasari, M. N. D., Wahyurianto, Y., Aji, S. P., & Pinandari, A. W. (2022). Administrasi Pelayanan Kesehatan Masyarakat.
- Berutu, S. P., Leonard, T., Tanjaya, W., Nainggolan, F., Nababan, B. S., & Ramadhana, W. (2024). Digital Security. Publish Buku UNPRI PRESS ISBN, 1(1).
- Budiarto, R. (2022). BAB 13. Membangun Inovasi di Era Pandemi, 185.
- Eirlangga, Y. S., Kom, S., Kom, M., Juledi, A. P., Kom, S., Kom, M., ... & Kom, M. (2024). Dasar-Dasar Sistem Basis Data. Buku, 168-168.
- Fauzi, F., Saputra, A. M. A., Agstriningtyas, A. S., Febrian, W. D., Nabilah, A. N., & Muthmainah, H. N. (2024). Evaluasi Penggunaan Teknologi Big Data untuk Analisis Data Bisnis dan Pengambilan Keputusan. Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP), 7(1), 2962-2971.
- Husin, H., & Zaki, M. (2021). A Critical Review Of The Integration Of Renewable Energy Sources With Various Technologies. Protection And Control Of Modern Power Systems, 6(1), 1-18.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2023). Digitalization in energy production, distribution, and consumption: A systematic literature review. *Energies*, 16(4), 1960. <https://doi.org/10.3390/en16041960>
- Jamaludin, J., & Saepuloh, L. (2024). Tren Riset Twin Digital Smart Campus. Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton, 10(2), 408-425.
- Johnson, M., & Lee, S. (2022). Effect of metering on customer satisfaction in electricity distribution companies: A case study of Abuja Electricity Distribution Company. Retrieved from <https://nairaproject.com/projects/6246-effect-of-metering-on-customer-satisfaction-in-electricity-distribution-companies-a-case-study-of-abuja-electricity-distribution-company.html>

- Kossiakoff, A., Biemer, S. M., Seymour, S. J., & Flanigan, D. A. (2020). *Systems Engineering Principles And Practice*. John Wiley & Sons.
- Lim, M. K., Lai, M., Wang, C., & Lee, Y. (2022). Circular Economy To Ensure Production Operational Sustainability: A Green-Lean Approach. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 130-144.
- Liu, Y., Zhang, L., & Wang, J. (2018). Application of big data analysis to operation of smart power systems. In *Big Data in Engineering Applications* (pp. 347–362). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8476-8_17
- Lubis, FA, & Nasution, MIP (2024). Penggunaan Teknologi Big Data untuk Analisis Prediksi Bisnis. *Jurnal Ilmiah Nusantara* , 1 (4), 667-672.
- Maesaroh, S., Lubis, R. R., Husna, L. N., Widyaningsih, R., Susilawati, R., & Yasmin, P. M. (2022). Efektivitas Implementasi Manajemen Business Intelligence pada Industri 4.0. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 3(2), 69-75.
- Mohamed, A., Najafabadi, M. K., Wah, Y. B., Zaman, E. A. K., & Maskat, R. (2020). The State Of The Art And Taxonomy Of Big Data Analytics: View From New Big Data Framework. *Artificial Intelligence Review*, 53, 989-1037.
- Muhammad Wali, S. T., Efitra, S., Kom, M., Sudipa, I. G. I., Kom, S., Heryani, A., ... & Sepriano, M. (2023). Penerapan & Implementasi Big Data di Berbagai Sektor (Pembangunan Berkelanjutan Era Industri 4.0 dan Society 5.0). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Palepu, K. G., Healy, P. M., Wright, S., Bradbury, M., & Coulton, J. (2020). *Business Analysis And Valuation: Using Financial Statements*. Cengage AU.
- Pangestika, M., Hohary, M., Agus, Y. H., Widiyawati, N., Herawati, M. M., Sutrisno, A. J., ... & Nuswantara, B. (2020). *Smart Farming: Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0*. Penerbit Andi.
- Parwati, N. N., Suryawan, I. P. P., & Apsari, R. A. (2023). *Belajar dan pembelajaran*. PT. RajaGrafindo Persada-Rajawali Pers.
- Pihar, A. (2022). Modernisasi Pendidikan Agama Islam di Era Society 5.0. *Book Chapter of Proceedings Journey-Liaison Academia and Society*, 1(1), 1-12.
- Pinzón, J. D., Osorno, T., Mola, J. A., & Valencia, A. (2020, September). Real-Time Health Condition Monitoring Of SCADA Infrastructure Of Power Transmission Systems Control Centers. In *2020 IEEE PES Transmission*

& Distribution Conference and Exhibition-Latin America (T&D LA) (pp. 1-6). IEEE.

Prasetyo, R. E., Coutsar, A. N., Aprilya, S., Tobing, M., & Endy, A. (2023). Potensi Penggunaan Energi Ramah Lingkungan Pada Sistem Daya Gerak Alpalhankam dalam Mendukung Strategi Pertahanan Indonesia. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 923-938.

Prastyaningsih, Y., Sari, D. R., & Sayyidati, R. (2023). Sistem Informasi Instalasi Listrik Baru Berbasis Web (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) ULP Pelaihari). *Jurnal EL Sains*, 5(1), 11

Puspita, A. F., Rusydi, M. K., & Purwanti, L. (2023). Peran Big Data dalam Membangun Smart City untuk Sistem Perpajakan Daerah. *Jurnal Riset dan Aplikasi: Akuntansi dan Manajemen*, 6(2).

Rahmawati, D., Istyanto, N. P., & Nasrullah, M. (2020). Adoption of Knowledge Management System: A Study on How IGracias Should be Adopted for Telkom Campus. *Jurnal KomtekInfo*, 7(3), 218-227.

Rijanta, R., & Baiquni, M. (2021). Rembug Pageblug: Dampak, Respons, dan Konsekuensi Pandemi Covid-19 dalam Dinamika Wilayah.

Rukmana, A. Y., Rahman, R., Afriyadi, H., Moeis, D., Setiawan, Z., Subchan, N., ... & Kusuma, A. T. A. P. (2023). Pengantar Sistem Informasi: Panduan Praktis Pengenalan Sistem Informasi & Penerapannya. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Saravanan, V., Aravindan, M., Balaji, V., & Arumugam, M. (2022). Smart metering and big data analytics in smart grid. *Indian Journal of Power and River Valley Development*, 72(9&10), 156–160. Retrieved from <https://informaticsjournals.com/index.php/ijprvd/article/view/31337>

Serradilla, O., Zugasti, E., Rodriguez, J., & Zurutuza, U. (2022). Deep Learning Models For Predictive Maintenance: A Survey, Comparison, Challenges And Prospects. *Applied Intelligence*, 52(10), 10934-10964.

Wibowo, A. (2023). Internet of Things (IoT) dalam Ekonomi dan Bisnis Digital. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik, 1-94.

Yudatama, U., Syamsiyah, N., Wiranata, A. D., Kom, R. I. S., Kom, M., Ma'sum, H., ... & Widiastuti, Y. (2023). Memahami Teknologi Informasi: Prinsip, Pengembangan, dan Penerapan. Kaizen Media Publishing.

Zhang, T., Liu, S., Qiu, W., Lin, Z., Zhu, L., Zhao, D., ... & Yang, L. (2020). KPI-Based Real-Time Situational Awareness For Power Systems With A High Proportion Of Renewable Energy Sources. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 8(4), 1060-1073.

Zhang, X., Li, Y., & Wang, Z. (2024). Optimization algorithm of power system line loss management using big data analytics. *Energy Informatics*, 7(1), 136. <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00434-z>

Zhang, Y., Huang, T., & Bompard, E. F. (2018). Big data analytics in smart grids: A review. *Energy Informatics*, 1(8). <https://doi.org/10.1186/s42162-018-0007-5>

Zhou, N., Xu, Y., Cho, S., & Wee, C. T. (2023). A Systematic Review For Switchgear Asset Management In Power Grids: Condition Monitoring, Health Assessment, And Maintenance Strategy. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 38(5), 3296-3311.

LAMPIRAN LAMPIRAN

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN
Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.:(0411) 866972,881593, Fax:(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Ahmad Fhadil/Rahmat
Nim : 105821108119/105821102919
Program Studi : Teknik Elektro
Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	8 %	10 %
2	Bab 2	15 %	25 %
3	Bab 3	6 %	15 %
4	Bab 4	2 %	10 %
5	Bab 5	3 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 29 Agustus 2025
Mengetahui
Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


Nursinah S.Hum.M.I.P
NBM. 964591



bulan	tanggal	ULP	Nama gardu	Merek trafo	No seri	Tahun pembuatan	fasa	Kapasitas (KVA)	Keterangan penyebab	Keterangan tambahan	lokasi
januari	24/01/2023	karebosi	UMAI I	STSR LITE	-		3 fasa	160	Minyak trafo rusak	-	JL SUNGAI LIMBOTO
februari	02/02/2023	karebosi	KAPCK		-		3 fasa	250	Minyak trafo rusak	-	JL HOS COKRO AMINOTO
februari	16/02/2023	karebosi	KPAC	SINTR A	15128175	2015	3 fasa	160	Kena petir	-	JL BARUK ANG UTARA
Maret	19/03/2023	karebosi	KPCA MK	KALTRAFO	16C153	2016	3 fasa	100	Minyak trafo rusak	Minyak bocor, flash over, (sudah diganti trafo bekas)	JALAN AMANA NGAPPA
Maret	24/03/2023	karebosi	KAPCK	TRAVINDO	-	2008	3 fasa	160	Proteksi tidak berfungsi	Sudah diganti trafo baru	JL HOS COKRO AMINOTO
maret	17/03/2023	karebosi	ULDM I	STAR LITE	945034	1994	3 fasa	250	Isolasi tembus	Isolasi 0 mohm, sudah diganti baru	JL NAJADGNAI
april	02/04/2023	karebosi	GD VETN 07	UNINDO	11-88839	2011	3 fasa	400	Beban tidak seimbang	Overload sudah diganti trafo baru	JL SUNGAI SADANG
april	08/04/2023	karebosi	GD KPCHS	UNINDO	52876	1992	3 fasa	100	Minyak trafo rusak	Minyak bocor sudah diganti trafo bekas	JL HATTA PELABUHAN
Juni	09/06/2023	karebosi	GD UPAO	UNINDO	87266	2010	3 fasa	250	Minyak trafo rusak	Ganti dengan EX manajemen	JL ALI MALAKA
Juli	11/07/2023	karebosi	KBPBL	WELTRAF	22ABN00251	2022	3 fasa	50	Overload	Ganti dengan EX manajemen	JL BARA BATAY A ABLAM
Juli	23/07/2023	karebosi	UKAJ	B&D	22R267778	2022	3 fasa	250	Minyak trafo rusak	Ganti dengan EX manajemen	
agustus	03/08/2023	karebosi	KMCK	SINTR A	17068963	2017	3 fasa	160	Minyak trafo rusak	Sudah diganti EX trafo sipisan	JL KANDE A 2
agustus	04/08/2023	karebosi	UWAO	SINTR A	9011097	2007	3 fasa	200	Beban tidak seimbang	Sudah diganti trafo rekondisi	JL HATTA KANTOR PELONDO
Agustus	17/08/2023	karebosi	GD URIP 14	MAXIMA	221120019-p	2022	3 fasa	250	Proteksi tidak berfungsi	Belitan rusak, sudah diganti dengan trafo rekondisi	JL URIP DEPAN NIPA
agustus	17/08/2023	karebosi	UPAZ	UNINDO	13/08/1976	1985	3 fasa	-	Beban tidak seimbang	Sudah diganti dari Gudang trafo baru	JL KANGGONG
november	25/11/2023	karebosi	KFUA	SINTR A	TIDAK JELAS	2003	3 fasa	400	Isolasi tembus	Sudah diganti 150 KVA	JL ANGKASA

MONITORING GANGGUAN TRAFU TAHUN 2024										
bulan	tanggal	ULP	Nama gardu	Merek trafo	No seri	Tahun pembuatan	fasa	Kapasitas (KVA)	Keterangan penyebab	
januari	14/01/2024	karebosi	GD KMPCN	WELTRAF	21AFH00358	2021	3 fasa	250	Beban tidak seimbang	
februari	25/02/2024	karebosi	GD KPCIN	TRAFINDO	163310097	2016	3 fasa	160	Beban tidak seimbang	
juli	05/07/2024	karebosi	GD KVPSS	TRAFINDO	173311728	2017	3 fasa	250	Belitan trafo jelek	
Juli	23/07/2024	karebosi	GD KCPST	LUCKY LIGHT	-	2016	3 fasa	160	Minyak rembes	
November	17/11/2024	karebosi	KFUB	UNINDO	54770	1996	3 fasa	250	Tersambar petir	
November	29/11/2024	karebosi	GD UWCF	LUCKY LIGHT	18.49.0025.319	2018	3 fasa	250	Minyak rembes	
desember	06/12/2024	karebosi	GD KPPSL	BELUM TURUN MASHUGB	-	-	3 fasa	250	Minyak rembes	
desember	06/12/2024	karebosi	GD UHAG	LUCKY LIGHT	1849D025276	2018	3 fasa	250	Minyak rembes	
desember	03/12/2024	karebosi	GD KMPKM	BAMBANG DJAJA	1802417	2018	3 fasa	250	Belitan trafo jelek	
desember	15/12/2024	karebosi	GD KPCHU	KALLA TRAFU	16 C435	2016	3 fasa	100	Minyak rembes	
desember	22/12/2024	karebosi	GD UWBE	TIDAK TERLIHAT	19227	1991	3 fasa	500	Belitan trafo jelek	



UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN