

ANALISIS GANGGUAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH 20KV DAN UPAYA PENANGGULANGANNYA DI PLN UP3 SEMARANG

Pandu Rizkynawan¹

¹Universitas Semarang

Email: pandunawan78382@gmail.com

Abstrak: Jaringan distribusi tegangan menengah 20KV ini merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi dari gardu induk hingga ke pelanggan. Pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV, gangguan yang sering terjadi akibat faktor internal seperti kegagalan fungsi pada peralatan dan isolasi, serta faktor eksternal seperti petir, pohon tumbang, dan hewan. Gangguan tersebut berdampak pada meningkatnya frekuensi dan durasi pemadaman yang memengaruhi keandalan sistem, yang diukur indeks SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis, frekuensi, dan penyebab gangguan pada jaringan distribusi 20 kV di PLN UP3 Semarang serta dampaknya terhadap keandalan system . Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data historis gangguan, klasifikasi data, perhitungan indeks SAIDI dan SAIFI, serta analisis penyebab dominan gangguan. Hasil analisis menunjukkan bahwa gangguan didominasi oleh faktor eksternal dan gangguan hubung singkat yang berkontribusi terhadap tingginya nilai SAIDI dan SAIFI. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan pemeliharaan preventif, optimalisasi sistem proteksi, serta percepatan penanganan gangguan untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi.

Kata Kunci: Jaringan Distribusi, 20 Kv, Gangguan Listrik, SAIDI, SAIFI, Keandalan.

Abstract: *The 20kV medium-voltage distribution network is a crucial component of the electric power system, delivering energy from substations to customers. In the 20kV medium-voltage distribution network, frequent outages are caused by internal factors such as equipment and insulation failure, as well as external factors such as lightning, fallen trees, and animals. These outages increase the frequency and duration of outages, which impact system reliability, as measured by the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) and System Average Interruption Frequency Index (SAIFI). This study aims to analyze the types, frequencies, and causes of outages in the 20kV distribution network at PLN UP3 Semarang and their impact on system reliability. The methods used include collecting historical outage data, classifying the data, calculating the SAIDI and SAIFI indices, and analyzing the dominant causes of the outages. The analysis shows that outages are dominated by external factors and short circuits, contributing to the high SAIDI and SAIFI values. Therefore, efforts are needed to increase preventive maintenance, optimize protection systems, and accelerate outage handling to improve distribution network reliability.*

Keywords: *Distribution Network, 20 Kv, Power Interruption, SAIDI, SAIFI, Reliability.*

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan infrastruktur vital dalam mendukung aktivitas masyarakat, industri, dan pertumbuhan ekonomi. Bagian penting dalam sistem tersebut salah satunya adalah jaringan distribusi tenaga listrik yang memiliki fungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke pelanggan. Jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV memiliki peran strategis karena menjadi penghubung utama antara sistem transmisi dan konsumen akhir. Namun, karakteristik jaringan distribusi yang umumnya berbentuk radial dan tersebar luas menjadikannya rentan terhadap berbagai gangguan.

Gangguan pada jaringan distribusi 20 kV dapat disebabkan oleh faktor internal seperti kegagalan peralatan, kerusakan isolasi, serta kesalahan operasional, maupun faktor eksternal seperti cuaca ekstrem, sambaran petir, tumbangnya pohon, hewan, dan aktivitas manusia. Gangguan tersebut berpotensi menimbulkan pemadaman listrik yang berdampak pada menurunnya kualitas pelayanan, terganggunya aktivitas pelanggan, serta kerugian ekonomi. Maka dari itu, keandalan sistem distribusi menjadi parameter penting yang harus dijaga oleh penyedia tenaga listrik.

Keandalan sistem distribusi umumnya diukur menggunakan indeks SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) sebagaimana direkomendasikan dalam standar IEEE 1366. SAIDI memberikan pemahaman rata-rata durasi pemadaman yang dialami pelanggan, sedangkan SAIFI menunjukkan frekuensi pemadaman. Nilai kedua indeks tersebut mencerminkan kualitas layanan distribusi tenaga listrik. Tingginya nilai SAIDI dan SAIFI menunjukkan bahwa sistem masih memiliki tingkat gangguan yang signifikan dan memerlukan perbaikan. PLN UP3 Semarang sebagai unit pelayanan distribusi tenaga listrik menghadapi tantangan dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik. Berdasarkan data operasional, masih terdapat gangguan yang cukup tinggi pada jaringan distribusi 20 kV yang berdampak pada meningkatnya nilai SAIDI dan SAIFI. Kondisi ini menunjukkan adanya permasalahan pada sistem distribusi yang perlu dianalisis secara komprehensif, baik dari sisi jenis gangguan, frekuensi kejadian, maupun faktor penyebab dominan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gangguan pada jaringan distribusi didominasi oleh gangguan hubung singkat dan faktor eksternal seperti cuaca dan vegetasi di sekitar jaringan. Selain itu, koordinasi sistem proteksi dan pemeliharaan preventif yang kurang optimal juga menjadi penyebab meningkatnya frekuensi gangguan. Oleh karena itu, diperlukan

pendekatan analisis yang sistematis untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan menentukan strategi penanggulangan yang efektif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisa gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di wilayah kerja PLN UP3 Semarang dengan mengidentifikasi jenis gangguan, frekuensi kejadian, serta dampaknya terhadap indeks keandalan SAIDI dan SAIFI. Selain itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk menentukan faktor dominan penyebab gangguan dan merumuskan rekomendasi teknis sebagai upaya peningkatan keandalan sistem distribusi.

Rencana pemecahan masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data historis gangguan, klasifikasi jenis dan penyebab gangguan, perhitungan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI, serta analisis penyebab dominan menggunakan pendekatan statistik dan evaluatif. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam merumuskan strategi penanggulangan, seperti peningkatan pemeliharaan preventif, optimalisasi sistem proteksi, serta mitigasi gangguan eksternal.

Sehingga, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik, khususnya pada sistem 20 kV di PLN UP3 Semarang, serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem distribusi yang lebih handal dan efisien di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

1) Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif untuk mengevaluasi gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di wilayah kerja PLN UP3 Semarang. Pendekatan ini dipilih untuk mengolah data historis gangguan secara sistematis guna memperoleh pola, frekuensi, serta dampaknya terhadap keandalan sistem distribusi. Desain penelitian meliputi beberapa tahapan utama sebagai berikut:

- (1) studi literatur,
- (2) pengumpulan data,
- (3) klasifikasi dan pengolahan data,
- (4) perhitungan indeks keandalan,
- (5) analisis penyebab gangguan,

Prosedur penelitian dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data gangguan jaringan distribusi 20 kV dari PLN UP3 Semarang.
2. Mengelompokkan data berdasarkan jenis gangguan, penyebab, lokasi, dan durasi.
3. Menghitung nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.
4. Menganalisis hubungan antara gangguan dengan nilai keandalan.
5. Mengidentifikasi faktor dominan penyebab gangguan.
6. Menyusun rekomendasi teknis untuk peningkatan keandalan sistem.

Penelitian dilakukan di wilayah kerja PLN UP3 Semarang yang mencakup beberapa Unit Layanan Pelanggan (ULP) seperti Semarang Tengah, Semarang Barat, Semarang Selatan, Semarang Timur, Kendal, Weleri, dan Boja.

Objek penelitian adalah jaringan distribusi tegangan menengah (20 kV) beserta data gangguan yang terjadi dalam periode tertentu. Data yang digunakan terdiri dari:

- a. Data primer: hasil wawancara dengan petugas teknik.
- b. Data sekunder: data historis gangguan, data SAIDI dan SAIFI, serta laporan pemeliharaan.

Teknik pengumpulan data didapatkan melalui:

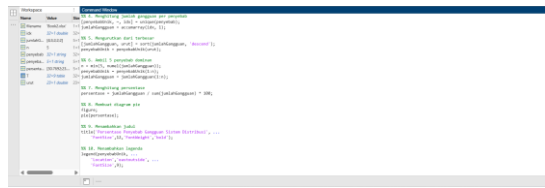
- a. Studi dokumentasi (data gangguan dan laporan PLN).
- b. Wawancara teknis dengan petugas lapangan.
- c. Studi literatur dari buku dan jurnal terkait sistem distribusi tenaga listrik.

Definisi operasional variabel dalam penelitian ini adalah:

- a. Gangguan jaringan: kejadian yang menyebabkan terganggunya penyaluran listrik.
- b. SAIFI: frekuensi rata-rata pemadaman per pelanggan.
- c. SAIDI: durasi rata-rata pemadaman per pelanggan.
- d. Faktor penyebab: sumber gangguan yang diklasifikasikan menjadi internal dan eksternal.

Teknik analisis data meliputi:

- a. Analisis statistik deskriptif untuk menentukan pola gangguan.
- b. Analisis keandalan menggunakan indeks SAIDI dan SAIFI.
- c. Analisis penyebab menggunakan pendekatan evaluatif terhadap faktor dominan gangguan.



Gambar 2. Gambar Input Diagram Pie

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Gambaran Umum Sistem Distribusi

PLN UP3 Semarang merupakan unit pelayanan distribusi tenaga listrik yang melayani wilayah Semarang dan sekitarnya, meliputi beberapa Unit Layanan Pelanggan (ULP) seperti Semarang Tengah, Semarang Barat, Semarang Selatan, Semarang Timur, Kendal, Weleri, dan Boja. Jaringan distribusi tegangan menengah (20 kV) yang digunakan umumnya berbentuk radial dengan karakteristik luas jaringan yang panjang dan tersebar.

Kondisi geografis wilayah Semarang yang sering mengalami cuaca ekstrem hujan deras dan angin kencang menyebabkan jaringan distribusi rentan terhadap gangguan eksternal. Selain itu, faktor internal seperti kondisi peralatan yang mengalami penurunan performa juga turut memengaruhi keandalan sistem.

b) Hasil Analisis Jenis dan Penyebab Gangguan

Berdasarkan data historis gangguan jaringan distribusi 20 kV di PLN UP3 Semarang, gangguan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu gangguan internal dan eksternal.

Gangguan eksternal merupakan penyebab dominan, terutama akibat:

- Cuaca ekstrem (hujan deras dan angin kencang).
- Pohon tumbang yang mengenai jaringan.
- Gangguan hewan dan aktivitas manusia (layangan, dll).

Sementara itu, gangguan internal umumnya disebabkan oleh:

- Kegagalan isolasi.
- Kerusakan peralatan proteksi seperti Fuse Cut Out (FCO), Arrester.
- Peralatan yang telah berumur.

Selain itu, jenis gangguan yang paling sering terjadi adalah gangguan hubung singkat, khususnya gangguan satu fasa ke tanah. Hal ini sejalan dengan karakteristik jaringan distribusi saluran udara yang lebih rentan terhadap gangguan lingkungan.

Hasil ini menunjukkan bahwa faktor eksternal memiliki kontribusi terbesar terhadap gangguan jaringan, sehingga perlu menjadi fokus utama dalam upaya mitigasi.

c) Analisis Dampak Gangguan terhadap Keandalan Sistem jaringan distribusi 20Kv

Gangguan tersebut terjadi pada jaringan distribusi secara langsung memengaruhi nilai indeks keandalan, yaitu SAIFI dan SAIDI. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data:

- **SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)** cenderung meningkat akibat tingginya frekuensi gangguan, terutama yang disebabkan oleh faktor eksternal dan gangguan pada peralatan proteksi seperti FCO. Hal ini menunjukkan bahwa pelanggan mengalami pemadaman listrik yang cukup sering dalam periode tertentu.
- **SAIDI (System Average Interruption Duration Index)** dipengaruhi oleh lamanya waktu pemadaman. Gangguan yang memerlukan proses investigasi lebih lanjut atau perbaikan yang kompleks menyebabkan durasi pemadaman menjadi lebih lama.

Gangguan dengan kategori “dalam investigasi” menjadi salah satu faktor yang signifikan dalam meningkatkan nilai SAIDI, karena membutuhkan waktu penanganan yang lebih panjang. Selain itu, keterbatasan dalam sistem monitoring dan identifikasi lokasi gangguan juga memperlambat proses pemulihan sistem.

Secara keseluruhan, tingginya nilai SAIFI dan SAIDI menunjukkan bahwa tingkat keandalan jaringan distribusi 20 kV di PLN UP3 Semarang masih perlu ditingkatkan. Hasil ini sejalan dengan standar IEEE 1366 yang menyatakan bahwa peningkatan frekuensi dan durasi gangguan akan menurunkan kualitas pelayanan distribusi tenaga listrik.

d) Pembahasan dan Interpretasi Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dominasi gangguan eksternal merupakan karakteristik umum pada jaringan distribusi berbasis saluran udara. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa faktor lingkungan seperti vegetasi dan cuaca merupakan penyebab utama gangguan pada sistem distribusi.

Tingginya frekuensi gangguan akibat FCO juga menunjukkan bahwa koordinasi sistem proteksi belum optimal. Hal ini dapat menyebabkan gangguan yang seharusnya bersifat lokal

justru berdampak lebih luas terhadap sistem. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap setting dan koordinasi proteksi untuk meningkatkan selektivitas sistem.

Dari sisi durasi pemadaman, lamanya proses identifikasi gangguan menjadi salah satu faktor utama meningkatnya nilai SAIDI. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan sistem monitoring, seperti penggunaan teknologi SCADA atau sistem otomatisasi distribusi untuk mempercepat deteksi dan penanganan gangguan.

Selain itu, pemeliharaan preventif yang belum optimal juga berkontribusi terhadap meningkatnya gangguan. Pemangkasan pohon yang tidak rutin dan keterlambatan penggantian peralatan yang sudah tidak layak pakai menjadi faktor yang memperburuk kondisi sistem.

e) Rekomendasi Berdasarkan Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV di PLN UP3 Semarang adalah:

- **Peningkatan pemeliharaan preventif**, seperti pemangkasan pohon secara rutin dan inspeksi berkala terhadap kondisi jaringan.
- **Optimalisasi sistem proteksi**, khususnya koordinasi antara FCO, recloser, dan peralatan proteksi lainnya.
- **Peningkatan sistem monitoring**, melalui implementasi teknologi SCADA untuk mempercepat identifikasi gangguan.
- **Percepatan penanganan gangguan**, dengan meningkatkan sistem pelaporan dan respon teknis di lapangan.
- **Sosialisasi kepada masyarakat**, untuk mengurangi gangguan akibat aktivitas manusia seperti layangan.

Implementasi rekomendasi tersebut diharapkan dapat menurunkan nilai SAIFI dan SAIDI, sehingga meningkatkan keandalan sistem distribusi serta kualitas pelayanan kepada pelanggan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di PLN UP3 Semarang didominasi oleh faktor eksternal, terutama cuaca ekstrem, pohon tumbang, serta aktivitas manusia, disertai gangguan internal seperti kegagalan peralatan dan proteksi. Jenis gangguan yang paling sering terjadi

adalah gangguan hubung singkat, khususnya satu fasa ke tanah. Tingginya frekuensi dan durasi gangguan berdampak langsung terhadap meningkatnya nilai SAIFI dan SAIDI, yang menunjukkan bahwa tingkat keandalan sistem distribusi masih perlu ditingkatkan. Selain itu, lamanya proses identifikasi dan penanganan gangguan turut memperbesar nilai durasi pemadaman. Oleh karena itu, peningkatan keandalan sistem dapat dilakukan melalui pemeliharaan preventif yang lebih optimal, perbaikan koordinasi sistem proteksi, serta peningkatan sistem monitoring dan respon gangguan. Dengan penerapan upaya tersebut, diharapkan nilai SAIFI dan SAIDI dapat ditekan sehingga kualitas pelayanan distribusi tenaga listrik menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Saadat, *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill, 1999.
- IEEE Power & Energy Society, *IEEE Std 1366-2012: IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. New York: IEEE, 2012.
- S. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- R. Billinton and R. N. Allan, *Reliability Evaluation of Power Systems*. New York: Plenum Press, 1996.
- A. R. Bergen and V. Vittal, *Power System Analysis*, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.
- D. Das, "Reconfiguration of distribution system using fuzzy multi-objective approach," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 28, no. 5, pp. 331–338, 2006.
- M. Kezunovic, "Smart fault location for smart grids," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2011.
- T. Gönen, "Analysis of distribution system reliability," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 6, no. 4, pp. 202–210, 1984.
- I. W. Sukerayasa, I. N. Setiawan, dan I. N. Satya Kumara, "Analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik menggunakan indeks SAIDI dan SAIFI," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 65–72, 2011.
- A. Nugroho dan B. Winardi, "Analisis gangguan pada jaringan distribusi 20 kV," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 45–52, 2018.

- R. Hidayat, M. Facta, dan A. Warsito, “Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik berbasis SAIDI dan SAIFI,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 210–216, 2020.
- F. Rahman dan S. Suyono, “Analisis penyebab gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV,” *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 85–92, 2021.
- D. Prasetyo, A. Setiawan, dan M. R. Maulana, “Analisis keandalan sistem distribusi 20 kV menggunakan indeks SAIDI dan SAIFI,” *JTEKSIS (Jurnal Teknik Elektro dan Sistem Informasi)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- N. Fadillah, R. Kurniawan, dan E. Saputra, “Evaluasi gangguan jaringan distribusi dan strategi penanggulangannya,” *JTEKSIS (Jurnal Teknik Elektro dan Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 2, pp. 75–83, 2023.
- Y. Firmansyah dan L. Hakim, “Peningkatan keandalan jaringan distribusi 20 kV berbasis analisis SAIDI dan SAIFI,” *JTEKSIS (Jurnal Teknik Elektro dan Sistem Informasi)*, vol. 10, no. 1, pp. 12–20, 2024.
- PLN (Persero), *Statistik PLN dan Laporan Kinerja Distribusi*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.