

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kehidupan masyarakat sangat bergantung kepada sumber daya energi, salah satunya ialah tenaga listrik. Peranan tenaga listrik sudah menjadi suatu keniscayaan sebagai motor penggerak roda kehidupan, termasuk perekonomian, bagi sebuah negara agar senantiasa berproses dan berorientasi pada kemajuan. Ketergantungan terhadap keberadaan energi ini kian hari kian bertambah intens, mengingat keberlangsungan aneka ragam aktivitas harian masyarakat maupun kegiatan pada ranah industri sangat memerlukannya. Dengan demikian, dapat ditarik simpulan bahwa tidak adanya tenaga listrik akan menghambat bahkan menghentikan aktivitas sosial-ekonomi masyarakat, yang pada akhirnya menyebabkan terhambatnya kesinambungan roda kehidupan.

Keberadaan energi listrik yang andal, aman, bersahabat dengan lingkungan, serta hemat guna dengan biaya yang terjangkau merupakan hal yang penting dalam menopang keberlangsungan aktivitas masyarakat sehari-hari. Oleh sebab itu, tingkat keandalan sistem jaringan pada PT. PLN (*Persero*) perlu ditempatkan sebagai prioritas utama. Derajat mutu keandalan tersebut diindikasikan melalui kecepatan durasi yang diperlukan untuk mengembalikan keadaan ketika terjadi pemutusan aliran listrik (restorasi) (Arter T. Koitoli, 2020).

Distribusi energi listrik dapat dilihat dari tingkat keandalan suatu sistem, yakni bagaimana mekanisme penyaluran daya diberikan kepada pengguna. Permasalahan utama dalam jaringan distribusi umumnya berkaitan dengan standar

mutu, kualitas, serta kontinuitas layanan tenaga listrik bagi konsumen. Derajat mutu pelayanan tersebut diukur dari intensitas serta lamanya waktu pemadaman yang terjadi. Dampak signifikan akan muncul ketika pemutusan aliran berlangsung, sebab hal itu menentukan tingkat keterjaminan layanan bagi pelanggan. Hambatan yang dialami konsumen pada umumnya dipicu oleh kondisi pembebanan, sehingga frekuensi dan durasi pemadaman bergantung pada beban yang terhubung (Usep Zulkilpi dkk., 2021).

Sebagai entitas penyedia listrik utama di Indonesia, PT. PLN berkewajiban memperhatikan tingkat keandalan jaringan distribusi tenaga listrik. Persoalan mendasar dalam sistem distribusi tersebut berkaitan dengan standar mutu, kontinuitas, serta keterjaminan pelayanan energi listrik kepada pelanggan yang harus selaras dengan ketentuan PLN (SPLN 68-2:1968). Gangguan atau kegagalan pada perangkat kelistrikan dapat menimbulkan hambatan dalam proses penyediaan energi. Oleh karena itu, kerusakan peralatan listrik menjadi salah satu permasalahan penting, sehingga dibutuhkan evaluasi keandalan agar sesuai dengan standar PLN (SPLN 68-2:1968). Selain itu, pertumbuhan ekonomi, perkembangan sektor industri, peningkatan jumlah populasi terutama di wilayah perkotaan, kemajuan teknologi, serta naiknya standar kenyamanan hidup masyarakat turut mendorong peningkatan konsumsi energi listrik di Indonesia. Mengingat peran listrik yang begitu penting, sementara sumber energi pembangkit khususnya yang bersumber dari cadangan tak terbarukan sifatnya terbatas, maka diperlukan strategi maupun solusi berkelanjutan untuk menjamin ketersediaan energi listrik secara efisien, berkesinambungan, dan tetap terjangkau.

Keandalan sistem kelistrikan merupakan komponen yang sangat esensial dalam menentukan performa keseluruhan sistem. Tingkat keandalan tersebut dapat diamati dari sejauh mana suplai energi listrik mampu disalurkan secara berkesinambungan kepada konsumen sepanjang satu tahun penuh. Persoalan pokok dalam distribusi energi listrik pada dasarnya terletak pada kualitas, kontinuitas, serta keterjaminan layanan daya listrik kepada pelanggan. Gangguan yang muncul pada unit pembangkit akan menimbulkan gangguan dalam penyediaan energi listrik, yang pada akhirnya berdampak pada perusahaan penyedia maupun pihak pengguna. Tingkat keandalan suatu jaringan distribusi, khususnya pada saluran penyulang, umumnya diukur melalui parameter indeks keandalan yang kemudian dibandingkan dengan nilai acuan nasional berdasarkan Standar PLN untuk menilai sejauh mana jaringan distribusi tersebut memenuhi kriteria keandalan. Beberapa indeks yang dipakai pada sistem distribusi antara lain *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* yang menunjukkan durasi rata-rata pemadaman, *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)* yang menggambarkan frekuensi atau jumlah kejadian pemadaman, serta *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)* yang merupakan perbandingan antara *SAIDI* dengan *SAIFI* (Anon.-b, 2023).

Keandalan dapat dimaknai sebagai tingkat keberhasilan suatu sistem, ataupun subsistem, dalam menghasilkan kinerja optimal pada kurun waktu tertentu dan dalam situasi yang telah ditetapkan. Untuk menentukan tingkat keandalan, perlu dilakukan pengkajian melalui metode perhitungan maupun analisis terhadap capaian kinerja atau operasi sistem dalam rentang waktu tertentu, kemudian

dibandingkan dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam konteks kelistrikan, keandalan menjadi aspek penting guna menjamin keberlanjutan penyaluran energi listrik kepada konsumen, khususnya bagi pengguna dengan kapasitas daya besar yang sangat bergantung pada pasokan listrik tanpa gangguan. Terhentinya suplai listrik atau distribusi yang tidak stabil dapat menghambat proses produksi pada pelanggan industri besar dan berpotensi menimbulkan kerugian signifikan. Oleh karena itu, kepastian *reliabilitas* pasokan listrik merupakan kebutuhan yang tidak dapat ditawar, terutama bagi konsumen dengan intensitas daya tinggi. Konfigurasi jaringan tegangan menengah memiliki kontribusi dalam menentukan reliabilitas distribusi tenaga listrik, sebab desain jaringan yang baik memungkinkan adanya manuver penyaluran, di mana titik gangguan dapat diisolasi dan beban dialihkan ke jalur distribusi lainnya.

Keberlanjutan pelayanan, yang merupakan salah satu komponen esensial dari mutu pelayanan, sangat dipengaruhi oleh tipe media penyaluran serta perangkat proteksi yang diterapkan. Pada jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV, reliabilitas saluran distribusi sebagai media penghantar energi ditentukan oleh rancangan konfigurasi jaringan, jenis peralatan pengaman, serta mekanisme pengoperasiannya. Derajat keberlanjutan tersebut menjadi faktor dominan dalam menilai reliabilitas sistem distribusi 20 kV, dengan tujuan menjamin suplai listrik tetap konsisten dan minim hambatan bagi pengguna.

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah mengalami gangguan, Tingkatan-tingkatan tersebut antara lain :

1. Tingkat 1 : Pemadaman dapat berlangsung selama beberapa jam, yakni waktu yang diperlukan untuk menemukan serta memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan akibat gangguan.
2. Tingkat 2: Pemadaman berdurasi beberapa jam, yaitu waktu yang dibutuhkan guna mengirim personel menuju lokasi gangguan, melakukan pelokalisasi serta melaksanakan manipulasi untuk menyalakan kembali aliran listrik secara sementara melalui jalur atau saluran alternatif.
3. Tingkat 3 : Pemadaman dalam hitungan menit, di mana proses manipulasi dilakukan langsung oleh petugas penjaga gardu, atau melalui kegiatan deteksi, pengukuran, serta pengendalian jarak jauh.
4. Tingkat 4 : Pemadaman hanya berlangsung dalam beberapa detik, karena proses proteksi maupun manipulasi berlangsung secara otomatis.
5. Tingkat 5 : Tidak terjadi pemadaman, sebab sistem telah dilengkapi dengan instalasi cadangan yang terpisah dan didukung oleh mekanisme otomatisasi penuh (Koba et al., n.d., 2020).

Secara umum, konfigurasi jaringan distribusi di wilayah pedesaan umumnya menggunakan tipe saluran dengan pola jaringan radial yang memiliki tingkat keberlanjutan kategori 1. Sementara itu, untuk penyediaan energi listrik di kawasan perkotaan, struktur jaringan yang lazim dipakai ialah jenis kabel bawah tanah dengan pola jaringan spindel yang dikategorikan memiliki kontinuitas tingkat 2 (Koba et al., n.d., 2020).

PT. PLN (*Persero*) ULP Medan Denai, yang berlokasi di Jl. Sei Kera No. 199, Pandau Hilir, Kec. Medan Timur, Kota Medan, mengalami beberapa penyebab gangguan pada sistem jaringan distribusi 20 kV. Salah satu penyebab gangguan internal adalah kerusakan peralatan pada jaringan distribusi penyulang SO.01, yang disebabkan oleh hubung singkat antara SUTM dan holder *FCO* pada transformator, yang mengakibatkan transformator *MD162* mengalami gangguan satu fasa dan menyambar ke fasa lain yang berdekatan. Selain itu, gangguan eksternal juga terjadi, seperti kerangka layangan yang tersangkut di *cross arm steel* (lengan penopang pada tiang listrik yang digunakan sebagai dudukan isolator), Salah satu pemicu terjadinya gangguan pada jaringan distribusi adalah hubungan singkat antar fasa. Pada sistem distribusi 20 kV di ULP Medan Denai juga ditemukan adanya gangguan, meskipun penyebab pastinya tidak dapat diidentifikasi. Kondisi ini mengindikasikan perlunya dilakukan evaluasi terhadap reliabilitas jaringan listrik *SUTM*. Aspek kontinuitas penyaluran energi listrik menjadi faktor penting yang wajib diperhatikan, khususnya di Kota Medan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah melalui analisis nilai indeks keandalan seperti *SAIFI*, *SAIDI*, dan *CAIDI*, kemudian membandingkan nilai *SAIFI* dan *SAIDI* dengan standar SPLN. Dengan demikian, temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa informasi bagi pihak PLN dalam merumuskan strategi optimal untuk menjamin kesinambungan penyaluran energi listrik di kawasan tersebut (Alwi et al., n.d.-a, 2023).

Terdapat beberapa pendekatan yang dapat ditempuh untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Pendekatan pertama dilakukan dengan mengurangi frekuensi munculnya gangguan, sedangkan pendekatan kedua difokuskan pada upaya mempersingkat durasi gangguan. Untuk meminimalkan frekuensi gangguan, langkah preventif yang lazim diterapkan ialah pelaksanaan pemeliharaan jaringan secara teratur, sehingga kinerja sistem secara keseluruhan dapat tetap terjaga. Sementara itu, upaya mengurangi durasi gangguan dapat dilakukan dengan menyediakan sumber cadangan, baik dari pembangkit alternatif maupun pasokan dari penyulang lain, sehingga suplai energi tetap tersedia ketika sumber utama mengalami kegagalan. Selain itu, pelaksanaan manuver distribusi tenaga listrik diterapkan untuk memperkecil cakupan wilayah terdampak pemadaman saat terjadi gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan, sekaligus mencegah pemadaman pada pelanggan dengan kategori beban kritis (Pangestu et al., 2023).

Keandalan jaringan distribusi energi listrik merupakan aspek penting dalam memastikan kontinuitas suplai listrik yang stabil bagi konsumen. Adanya gangguan pada sistem distribusi dapat mengakibatkan terjadinya pemadaman yang berimplikasi pada sektor industri, kegiatan komersial, maupun kebutuhan rumah tangga. Untuk menilai tingkat *reliabilitas* suatu sistem distribusi, digunakan sejumlah parameter, di antaranya *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*, *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, serta *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)*. *SAIDI* merepresentasikan rata-rata lama pemadaman yang dialami pelanggan dalam kurun waktu tertentu, *SAIFI*

menunjukkan intensitas atau seberapa sering pemadaman terjadi per pelanggan, sedangkan *CAIDI* menggambarkan rata-rata durasi pemadaman per pelanggan yang terdampak. Apabila nilai ketiga parameter tersebut tergolong tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa reliabilitas jaringan distribusi berada pada level rendah, sehingga diperlukan kajian lebih mendalam untuk mengidentifikasi penyebabnya dan merumuskan langkah perbaikan yang tepat.

Satu diantara strategi yang bisa digunakan dalam mengevaluasi masalah sistem distribusi merupakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Metode ini membantu dalam mengidentifikasi berbagai mode kegagalan yang mungkin terjadi dalam sistem distribusi serta menganalisis dampaknya. Dengan menggunakan *FMEA*, setiap mode kegagalan dinilai berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemungkinan terdeteksi. Dari hasil analisis ini, dapat diketahui bagian mana dalam sistem distribusi yang memiliki risiko tinggi terhadap gangguan, sehingga dapat ditentukan tindakan perbaikan yang tepat.

Dengan menerapkan metode *FMEA*, PT. PLN (*Persero*) dapat lebih mudah mengidentifikasi penyebab utama gangguan yang berkontribusi terhadap tingginya nilai *SAIDI*, *SAIFI*, dan *CAIDI*. Selain itu, metode ini juga membantu dalam menentukan strategi perbaikan yang lebih efektif agar gangguan dapat dikurangi, baik dari segi jumlah kejadian maupun durasinya. Jika gangguan dapat diminimalkan, maka keandalan sistem distribusi akan meningkat dan pelanggan akan mendapatkan layanan listrik yang lebih baik. Sebab itu, riset berikut dilaksanakan agar mengevaluasi bagaimanakah metode *FMEA* dapat digunakan dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi melalui pengurangan nilai dan

frekuensi *SAIDI*, *SAIFI*, serta *CAIDI*. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi yang dapat membantu perusahaan listrik dalam meningkatkan kualitas layanan dan mengurangi risiko pemadaman listrik.

Berdasarkan uraian penelitian diatas adalah untuk mengetahui nilai keandalan dengan meninjau nilai *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* maupun nilai dari *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*. Dari hal tersebut penulis akan membahas tentang “ Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN (*Persero*) ULP Medan Denai dengan menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*”. Dengan *FMEA*, kita bisa melihat kemungkinan kerusakan pada peralatan jaringan distribusi, menganalisisnya, dan memahami dampaknya secara rinci.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini berikut yang hendak dilaksanakan peneliti yakni mencakup:

1. Masih terdapat gangguan yang penyebabnya tidak ditemukan, yang diidentifikasi sebagai penyebab potensial akumulasi masalah yang dapat mengurangi keandalan sistem distribusi.
2. Masih terdapat gangguan yang terjadi di PT.PLN Medan Denai, baik gangguan eksternal maupun internal yang menyebabkan berkurangnya keandalan sistem distribusi.
3. Gangguan internal dan eksternal mengakibatkan penelusuran tenaga listrik terhambat sampai gagalnya tersebut perlu dievaluasi keandalannya agar sesuai dengan Standar PLN (SPLN 68 – 2 : 1968).

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan kendala pada riset berikut diantaranya:

1. Keandalan regulasi yang dianalisis pada regulasi penyebaran 20 KV.
2. Sumber informasi yang dipakai yakni informasi dalam periode 2023.
3. Aturan keandalan yang menjadi pedoman adalah Standar PLN (SPLN).

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian antara lain:

1. Bagaimana mengevaluasi indeks keandalan system distribusi 20 KV dengan menggunakan metode *FMEA* ?
2. Bagaimana perbandingan indeks keandalan *SAIDI*, *SAIFI*, *CAIDI* di PT.PLN ULP Medan Denai dengan Standar SPLN.
3. Bagaimana metode *FMEA* dapat berkontribusi dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi nilai serta frekuensi *SAIDI*, *SAIFI*, dan *CAIDI* untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yakni:

1. Menganalisis indeks keandalan *SAIDI*, *SAIFI*, *CAIDI* di PT.PLN ULP Medan Denai agar sesuai dengan Standar PLN (SPLN).
2. Menganalisis indeks keandalan system distribusi 20 KV dengan menggunakan metode *FMEA*.
3. Menganalisis bagaimana metode *FMEA* dapat berkontribusi dalam mengidentifikasi, dan mengurangi faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan *SAIDI*, *SAIFI*, dan *CAIDI*.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan melalui penelitian yakni:

1. Manfaat praktis : memberikan informasi serta evaluasi yang mampu dipakai menjadi pedoman pertimbangan untuk melaksanakan pemeliharaan, perawatan, dan penggantian komponen pada sistem distribusi 20 kV. Dengan menerapkan hasil penelitian ini, diharapkan terjadi peningkatan keandalan jaringan distribusi yang memberikan dampak positif, baik bagi konsumen melalui pasokan listrik yang lebih stabil, maupun bagi perusahaan melalui efisiensi operasional dan pengurangan risiko gangguan.
2. Manfaat Teoritis : Tugas akhir ini diharapkan mampu membantu memahami sistem distribusi dan upaya untuk meningkatkan keandalannya.

