BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah pelanggan serta pembangunan infrastruktur dan industrialisasi di berbagai sektor strategis. Menurut laporan resmi PT PLN (Persero), pada akhir 2024 jumlah pelanggan telah mencapai sekitar 92,88 juta pelanggan,. Jumlah tersebut naik sekitar 4,17% dibanding tahun 2023. Dengan demikian, kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut sistem proteksi distribusi yang semakin responsif, handal, dan selektif agar pemadaman dapat diminimalkan. **(** PLN, 2024)

Selain meningkatnya jumlah pelanggan, total energi listrik yang berhasil dijual pada tahun 2024 mencapai 306.219,42 GWh, mencerminkan perkembangan sistem tenaga nasional yang semakin kompleks. Hal tersebut tentunya memerlukan peningkatan keandalan sistem pengaman, termasuk proteksi transformator sebagai komponen inti jaringan distribusi tegangan menengah. Tanpa proteksi yang memadai, peningkatan beban justru dapat mempercepat kerusakan transformator dan memicu terjadinya padam akibat gangguan overload ataupun hubung singkat.. (PLN, 2024)

Kerusakan transformator akibat kegagalan proteksi memerlukan biaya perbaikan yang besar dan dapat memakan waktu lama untuk pemulihan jaringan. Oleh karena itu, keberadaan sistem proteksi yang bekerja sesuai karakteristik teknisnya menjadi keharusan yang tidak dapat diabaikan. Dengan demikian, peningkatan infrastruktur justru menjadi alasan kuat untuk memastikan proteksi sekunder berfungsi optimal di setiap titik jaringan. (PLN, 2024)

Dalam implementasinya, kinerja proteksi pada jaringan distribusi PLN masih menghadapi sejumlah tantangan teknis, terutama terkait ketidaktepatan pemilihan rating fuse terhadap kapasitas transformator dan pola beban yang terus berkembang. Fuse yang memiliki rating terlalu tinggi cenderung gagal memutus arus gangguan pada level rendah, sementara rating yang terlalu kecil berpotensi menyebabkan pemutusan tidak perlu saat terjadi lonjakan beban puncak, sehingga keduanya sama-sama meningkatkan risiko kegagalan proteksi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemilihan rating fuse merupakan kegiatan teknis yang sangat strategis dan tidak dapat dilakukan secara generik tanpa mempertimbangkan karakteristik operasional di lapangan. (Ferdyansyah & Joko, 2024)

Dengan semakin kompleksnya dinamika beban konsumen dan meningkatnya ketergantungan masyarakat pada listrik, risiko kegagalan sistem proteksi pada sisi sekunder transformator memerlukan perhatian lebih serius. Sistem proteksi yang tidak disesuaikan dengan kondisi operasional dapat menimbulkan gangguan yang tidak terantisipasi, yang pada akhirnya merugikan pelanggan dan menurunkan kualitas pelayanan. Kondisi ini semakin relevan di wilayah seperti ULP Makale yang memiliki profil beban berbeda dari daerah lain, sehingga penelitian kontekstual terhadap fuse sekunder menjadi penting untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi (NUR, 2022).

Monitoring kinerja fuse dan evaluasi keandalan proteksi di berbagai wilayah masih terbatas, karena sebagian besar unit distribusi hanya mencatat kejadian fuse putus tanpa memiliki basis data historis yang memadai untuk analisis tren jangka panjang. Padahal, informasi seperti frekuensi pemutusan fuse, arus gangguan, dan

kondisi fisik fuse sangat penting untuk merumuskan rekomendasi teknis yang akurat, terutama karena karakteristik jaringan tiap ULP berbeda sehingga temuan nasional tidak selalu relevan di tingkat lokal. Ketidakhadiran data longitudinal membuat evaluasi proteksi cenderung reaktif, sehingga semakin menegaskan perlunya pendekatan analitis berbasis data aktual dan spesifik lokasi (SIBURIAN, 2024).

Oleh karena itu, penelitian kuantitatif mengenai kinerja NT Fuse pada sisi sekunder transformator distribusi menjadi kebutuhan mendesak dalam pengelolaan aset distribusi PLN. Studi semacam ini tidak hanya menggambarkan kondisi teknis fuse, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis terkait rating fuse, pola beban, konfigurasi jaringan, dan pemeliharaan proteksi. Dengan data terukur, PLN dapat menyusun strategi mitigasi gangguan dan memastikan koordinasi proteksi berlangsung sistematis, sehingga model evaluasi ini dapat direplikasi di ULP lain dengan karakteristik beban serupa (Simanjuntak,2024)

Penelitian pada ULP Karangpilang menunjukkan bahwa Fuse Cut Out (FCO) memiliki tingkat keandalan tinggi dalam menangani gangguan pada sistem distribusi 20 kV. Namun, penelitian tersebut juga mengidentifikasi masalah serius berupa pemasangan NT-Fuse yang tidak sesuai dengan standar kapasitas transformator pada beberapa unit trafo. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya kesesuaian rating fuse dengan kapasitas transformator untuk menjamin proteksi optimal. (Ferdyansyah & Joko, 2024)

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, terlihat bahwa mayoritas studi masih berfokus pada evaluasi kinerja FCO di unit layanan tertentu. Namun, kajian-kajian tersebut belum memberikan perhatian mendalam terhadap kinerja NT Fuse pada

sisi sekunder transformator, padahal proteksi sekunder memiliki peran krusial dalam mencegah kerusakan transformator akibat gangguan berbasis beban. Selain itu, penggunaan pendekatan kuantitatif berbasis data lapangan seperti arus beban dan arus gangguan masih sangat terbatas. Kesenjangan ini menegaskan perlunya penelitian lanjutan yang mengombinasikan parameter teknis fuse dengan kondisi operasional aktual untuk menilai efektivitas NT Fuse sebagai proteksi sekunder dalam jaringan distribusi tenaga listrik (Simanjuntak, 2024)

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hubungan arus beban sekunder dan arus hubung singkat terhadap kinerja NT Fuse sebagai proteksi sisi sekunder transformator distribusi pada jaringan 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Makale?
2. Bagaimana tingkat bearing capacity pada NT Fuse yang terpasang pada sistem distribusi listrik berdasarkan kondisi arus beban operasi pada transformator distribusi ULP Makale?
3. Bagaimana tingkat efektivitas dan selektivitas NT Fuse dalam melindungi transformator distribusi berdasarkan standar proteksi yang berlaku?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan hubungan arus beban sekunder dan arus hubung singkat terhadap kinerja NT Fuse sebagai proteksi sisi sekunder transformator distribusi pada jaringan 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Makale.
2. Mengetahui tingkat bearing capacity pada NT Fuse yang terpasang pada sistem distribusi listrik berdasarkan kondisi arus beban operasi pada transformator distribusi ULP Makale?

3. Untuk mengetahui nilai efektivitas dan selektivitas NT Fuse dalam melindungi transformator distribusi, dan implementasinya terhadap standar proteksi sistem distribusi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah, fokus, dan dapat dilaksanakan secara efektif, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Penelitian ini hanya dibatasi pada kinerja NT Fuse yang terpasang pada sisi sekunder transformator distribusi jaringan 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Makale.

   Peralatan proteksi lain seperti, Fuse Cut Out pada sisi primer, recloser, relay proteksi, maupun sistem proteksi tegangan menengah tidak termasuk dalam ruang lingkup kajian..
2. Variabel teknis yang dianalisis dibatasi pada parameter arus beban sekunder, arus gangguan, rating NT Fuse,Bearing Capacity dan kondisi fisik NT Fuse
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada data operasional fuse,data transformator,data pengukuran arus beban, arus hubung singkat, serta dokumentasi teknis milik PLN ULP Makale.
4. Evaluasi kesesuaian NT Fuse dilakukan berdasarkan perhitungan standar teknis pabrikan, kapasitas transformator, dan regulasi proteksi yang berlaku (misalnya SPLN/IEC)..

1.5 Manfaat Penelitian

1. Instansi

   Memberikan dasar teknis untuk evaluasi dan optimalisasi kinerja NT Fuse pada sisi sekunder transformator distribusi berdasarkan data empiris arus beban, dan arus gangguan yang diamati.

   Membantu menurunkan angka gangguan, SAIDI, dan SAIFI melalui peningkatan keandalan proteksi sekunder, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

2. UKI Toraja

   Menambah kontribusi ilmiah dalam bidang teknik tenaga listrik, khususnya dalam kajian proteksi sekunder transformator distribusi dengan fokus pada kinerja NT Fuse.

   Menjadi referensi akademik yang dapat digunakan mahasiswa dan dosen dalam pembelajaran serta penelitian mengenai proteksi jaringan distribusi 20 kV.

3. Peneliti

   Menambah pemahaman mendalam tentang mekanisme kerja NT Fuse melalui pendekatan teknis, empiris, dan analisis kuantitatif berbasis data lapangan.

   Menyediakan landasan untuk penelitian lanjutan terkait sistem proteksi distribusi, manajemen gangguan, dan optimasi peralatan jaringan listrik.