

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan vital dalam mendukung aktivitas masyarakat maupun industri. Dalam sistem tenaga listrik, gardu induk memiliki fungsi penting sebagai pusat penyaluran dan transformasi daya. Keberadaan peralatan di gardu induk harus dijaga keandalannya agar kontinuitas penyaluran listrik tetap terjamin (Fikri, Rudito, & Usman, 2021). Salah satu peralatan utama di gardu induk adalah pemutus tenaga (PMT), yang berfungsi sebagai saklar mekanis yang dapat menghubungkan maupun memutuskan arus pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Peran PMT sangat penting, karena apabila terjadi kegagalan operasi, dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan lain dan bahkan menyebabkan terganggunya penyaluran tenaga listrik.

Dalam menjaga keandalan PMT, diperlukan kegiatan pemeliharaan secara berkala untuk memastikan PMT tetap berfungsi optimal dalam proses pemutusan dan penyambungan arus listrik. Pengujian PMT dilakukan secara rutin setiap dua tahun dengan beberapa parameter pengujian, yaitu tahanan kontak, tahanan isolasi, keserempakan, serta kualitas gas SF₆. Pengujian tahanan kontak digunakan untuk mengetahui rugi daya saat PMT beroperasi, tahanan isolasi untuk menilai tingkat kebocoran arus pada sistem isolasi, serta keserempakan kontak untuk memastikan waktu kerja antar kontak masih dalam batas toleransi. Sementara itu, pengujian kualitas gas SF₆ dilakukan untuk memastikan kondisi gas tetap optimal sebagai media isolasi dan pemadam busur api, karena penurunan kualitas gas dapat menyebabkan kegagalan pemutusan maupun kerusakan peralatan (Saputra, Joko, Agung, & Haryudo, 2022).

Gardu Induk (GI) Miwon merupakan salah satu gardu induk yang beroperasi di wilayah PT PLN (Persero) ULTG Krian. Di Gardu Induk Miwon, terdapat PMT pada T/L bay Driyorejo yang telah beroperasi selama lebih dari 15 tahun. Seiring bertambahnya usia operasional, komponen di dalam PMT mengalami degradasi yang berpotensi menurunkan kinerja dan keandalannya (Sutjipto, Sungkowo, Khairan, Nurhadi, & Hakim, 2025). Berdasarkan data historis hasil pengujian kualitas gas SF₆ pada PMT T/L bay Driyorejo di GI Miwon tahun 2023 dan 2025, ditemukan adanya *decomposition product* berupa SO₂ yang tidak sesuai standar dengan nilai 22 ppmv pada tahun 2023 dan 43 ppmv pada tahun 2025. Temuan ini mengindikasikan terjadinya proses degradasi internal pada media isolasi gas akibat paparan busur api atau kontaminasi kelembapan, yang berpotensi

menurunkan kemampuan isolasi dan efektivitas pemadaman busur. Fakta lapangan tersebut memperkuat dugaan bahwa kondisi PMT telah mengalami penurunan kualitas dan memerlukan evaluasi lebih mendalam.

Namun, hasil pengujian pada kegiatan pemeliharaan biasanya cenderung hanya dibandingkan dengan standar acuan, tetapi kurang memperhatikan pola perubahan nilai dari waktu ke waktu. Kondisi ini berpotensi membuat gejala awal degradasi tidak teridentifikasi secara tepat. Sebagai solusi, diperlukan analisis tren berdasarkan data historis pengujian untuk memprediksi kemungkinan degradasi PMT secara lebih dini. Setelah itu dilakukan peramalan usia atau umur pakai PMT berdasarkan hasil analisis tren untuk memperkirakan sisa masa operasional peralatan. Tahapan ini penting agar waktu optimal pemeliharaan atau penggantian komponen dapat direncanakan sebelum terjadi kegagalan.

Dengan demikian, kombinasi antara analisis tren dan peramalan usia PMT diharapkan mampu memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam manajemen aset peralatan tegangan tinggi. Penelitian ini diharapkan menghasilkan rekomendasi teknis yang konkret, seperti menentukan apakah PMT masih layak beroperasi, perlu dilakukan perbaikan, atau harus diganti.

Urgensi penelitian ini semakin tinggi karena PMT merupakan peralatan vital dalam menjaga kontinuitas penyaluran listrik di Gardu Induk Miwon yang melayani konsumen industri berskala besar. Evaluasi kondisi yang komprehensif melalui kombinasi analisis standar, tren, dan peramalan usia sangat diperlukan agar keandalan sistem tetap terjaga.

Sementara itu, penelitian-penelitian terdahulu umumnya berhenti pada tahap perbandingan hasil pengujian dengan standar yang berlaku. Belum banyak penelitian yang mengintegrasikan analisis tren jangka panjang, peramalan usia PMT, serta penyusunan rekomendasi teknis dalam satu kerangka penelitian. Beberapa penelitian terdahulu yang memperhitungkan peramalan usia peralatan menunjukkan bahwa metode statistik, khususnya regresi linear dan regresi polinomial, dapat digunakan untuk memodelkan tren degradasi kinerja peralatan tegangan tinggi, termasuk pemutus tenaga (PMT). Metode ini memanfaatkan data hasil pengujian periodik, seperti waktu kerja kontak, tahanan kontak, dan parameter gas isolasi, untuk memproyeksikan kondisi peralatan di masa mendatang.

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa pendekatan regresi mampu memberikan estimasi usia sisa peralatan secara kuantitatif dan mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis kondisi (condition-based maintenance). Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi metode regresi sebagai solusi analitis untuk meramalkan usia PMT 70 kV T/L Bay Driyorejo

berdasarkan data pemeliharaan rutin dua tahunan. Hal inilah yang menjadi dasar kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini. (Juwita & L, 2023)

Dalam penelitian ini, metode regresi linear digunakan sebagai pendekatan utama untuk analisis tren dan peramalan usia PMT, karena mampu menggambarkan kecenderungan degradasi peralatan secara sederhana dan representatif terhadap data historis jangka panjang. Selain itu, regresi polinomial orde tiga digunakan sebagai metode pembandingan untuk mengevaluasi pengaruh fluktuasi data terhadap hasil peramalan, sehingga diperoleh model yang paling sesuai sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan. Sementara itu parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan kontak, serta kualitas gas SF₆ berupa kandungan SO₂. Parameter-parameter tersebut digunakan sebagai variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) dalam analisis regresi untuk memodelkan tren degradasi dan memproyeksikan usia sisa PMT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi eksisting PMT 70 kV T/L bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon?
2. Bagaimana hasil evaluasi pengujian PMT 70 kV T/L Bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon pada pemeliharaan rutin dua tahunan periode 2015-2025 berdasarkan parameter tahanan kontak, tahanan isolasi, keserempakan kontak, dan kualitas gas SF₆ jika dibandingkan dengan standar yang berlaku?
3. Bagaimana hasil peramalan usia PMT 70 kV T/L Bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon berdasarkan hasil analisis tren parameter pengujian?
4. Bagaimana implikasi hasil evaluasi dan peramalan usia PMT terhadap kebutuhan pemeliharaan selanjutnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi eksisting PMT 70 kV T/L bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon.
2. Menganalisis hasil pengujian PMT 70 kV T/L Bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon pada pemeliharaan rutin dua tahunan periode 2015-2025 berdasarkan parameter tahanan kontak, tahanan isolasi, keserempakan kontak, dan kualitas gas SF₆.

3. Melakukan peramalan usia pakai PMT 70 kV T/L Bay Driyorejo berdasarkan tren perubahan hasil pengujian.
4. Menyusun rekomendasi teknis pemeliharaan PMT berdasarkan hasil evaluasi dan peramalan usia pakai PMT.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam memberikan dasar teknis yang lebih akurat untuk mengevaluasi kondisi PMT 70 kV T/L bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon melalui analisis tren dan peramalan usia, sehingga gejala awal degradasi dapat terdeteksi lebih dini dan waktu optimal pemeliharaan atau penggantian komponen dapat direncanakan secara tepat. Hasil penelitian ini juga memberikan manfaat operasional bagi PT PLN (Persero) dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan keandalan sistem transmisi serta efisiensi biaya pemeliharaan. Dari sisi akademis, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa integrasi evaluasi standar, analisis tren dan peramalan usia PMT dalam satu kerangka penelitian yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang teknik elektro. Secara praktis, penelitian ini menghasilkan rekomendasi teknis yang konkret terkait kelayakan operasi, perbaikan, atau penggantian PMT, sedangkan secara sosial dan ekonomi, penelitian ini mendukung upaya menjaga kontinuitas penyaluran listrik yang andal bagi konsumen industri di Gardu Induk Miwon.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang dibahas, maka diperlukan batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada PMT 70 kV T/L bay Driyorejo di Gardu Induk Miwon.
2. Fokus pengujian terbatas pada empat parameter utama : tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan kontak, dan kualitas gas SF₆ (parameter SO₂).
3. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa hasil pengujian rutin PMT yang dilakukan oleh pihak PLN pada pemeliharaan rutin dua tahunan periode 2015-2025.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan proposal ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

- Menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka
Berisi uraian teori dan referensi yang mendukung penelitian ini. Bab ini meliputi pembahasan mengenai penelitian terdahulu, teori dasar tentang gardu induk dan peralatan utamanya, pemutus tenaga (PMT/Circuit Breaker), pedoman serta standar evaluasi hasil pemeliharaan, alat ukur pengujian, metode analisis tren dengan regresi linear sederhana dan berganda serta identitas Gardu Induk Miwon yang mencakup profil umum, *single line diagram*, dan data spesifikasi PMT yang diteliti.
 3. Bab III Metodologi Penelitian
Berisi rancangan dan tahapan penelitian yang dilakukan, meliputi jenis penelitian, tempat dan waktu pelaksanaan, studi literatur, teknik pengumpulan data, tahapan penelitian, serta tahapan analisis hasil pengujian.
 4. Bab IV Analisis Dan Pembahasan
Membahas mengenai data yang diperoleh dari hasil wawancara dan survei di lapangan yang kemudian di analisis agar diperoleh cara penyelesaian yang paling sesuai untuk masalah yang diangkat.
 5. Bab V Penutup
Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran dari pembuatan laporan akhir ini secara ringkas dan jelas.

