

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era digital saat ini, keberadaan listrik sebagai sumber energi menjadi aspek yang sangat penting dalam kehidupan. Listrik saat ini dimanfaatkan dalam beragam bidang, termasuk sebagai sumber energi untuk industri, perkantoran, rumah tangga, dan banyak lagi. Listrik merupakan aliran atau pergerakan elektron, yaitu partikel bermuatan negatif yang terdapat dalam atom. Dengan semakin bertambahnya populasi dan perkembangan ekonomi, ketersediaan tenaga listrik di Indonesia harus berbanding lurus dengan kebutuhan tersebut. Sistem kelistrikan berperan untuk menyediakan energi listrik secara berkelanjutan. Dalam pengoperasian sistem kelistrikan, untuk memastikan keandalan dan stabilitas distribusi adalah hal yang sangat penting untuk mendukung kelancaran dalam penyaluran tenaga listrik (RB. Moch Gozali et al., 2023). Kondisi kehandalan peralatan distribusi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa peralatan dalam mendistribusikan listrik. Salah satu peralatan listrik yang memerlukan pemeliharaan dan perbaikan secara berkala adalah trafo distribusi (Dinda Rizki Batu Bara et al., 2024).

Transformator merupakan komponen utama dalam sistem jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk mengubah tingkat tegangan, baik dari tegangan tinggi ke rendah maupun sebaliknya, sesuai kebutuhan pengguna (Moses Maturbongs et al., 2020). Penggunaan transformator secara terus-menerus dapat berdampak pada penurunan kinerjanya. Umur pakai transformator dapat menurun lebih cepat jika faktor-faktor yang mempercepat penurunan usia tidak diperhatikan dengan baik. Salah satu penyebab utama penurunan umur transformator adalah pembebanan yang berlebihan. Semakin tinggi beban yang diterima transformator, maka suhu pada kumparan dan minyak di dalamnya akan meningkat, yang akan mempengaruhi suhu hotspot. Selain beban, suhu lingkungan sekitar (ambient temperature) memiliki pengaruh besar terhadap peningkatan suhu hotspot. Peningkatan suhu hotspot ini menyebabkan laju penuaan thermal yang lebih cepat, sehingga dapat mengurangi umur operasional transformator (Asfari Hariz Santoso et al., 2022).

Penyusutan umur transformator terjadi akibat adanya pembebanan yang berlebih yang menyebabkan peningkatan suhu lilitan transformator. Menurut Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), umur transformator dianggap normal jika suhu hotspot mencapai 98°C saat pembebanan berlangsung terus-menerus dengan suhu lingkungan sekitar (ambient temperature) sebesar 20°C . Namun, jika suhu transformator naik melebihi 98°C , maka penyusutan umur transformator akan semakin besar, sehingga umur operasional transformatornya menjadi lebih pendek (Nizar Rosyidi AS1 et al., 2024).

Transformator distribusi merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem tenaga listrik, yang bertanggung jawab atas proses distribusi energi listrik kepada konsumen dengan jaminan pelayanan yang andal. Namun, dalam situasi tertentu, proses penyediaan tenaga listrik dapat mengalami interupsi akibat berbagai faktor, termasuk gangguan hubung singkat, peningkatan beban yang signifikan, dampak mekanis terhadap kondisi kimia, degradasi isolasi transformator, serta faktor-faktor lainnya. Faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap penurunan masa pakai transformator, sehingga mengakibatkan kinerja transformator menjadi tidak optimal hingga mencapai batas akhir operasionalnya. Tahapan yang diterapkan meliputi perhitungan sisa masa pakai transformator berdasarkan standar *IEC 60076-7*. Parameter-parameter yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup arus sekunder transformator, beban, serta sisa masa pakai transformator. Nilai beban transformator berfungsi sebagai data pelatihan dan data pengujian dalam algoritma backpropagation. Hasil akhir yang diharapkan dari metode ini adalah prediksi sisa masa pakai transformator (Setiawati et al., 2021).

Prediksi atau peramalan adalah proses memperkirakan kejadian atau fenomena di masa depan dengan menggunakan data historis dan memproyeksikannya ke depan melalui berbagai model matematis. Salah satu metode peramalan yang sering digunakan adalah jaringan saraf tiruan (Artificial Neural Network atau ANN). ANN adalah sistem yang terinspirasi dari cara kerja jaringan saraf pada otak manusia. (Syahfitra, Febrian et al., 2020). Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan alat untuk memodelkan data statistik yang bersifat non-linier. JST digunakan untuk menggambarkan hubungan kompleks antara input dan

output, sehingga dapat mengidentifikasi pola-pola dalam data. (Dimas Aditia Dicki et al., 2021). Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) didasarkan pada prinsip kerja jaringan saraf manusia. Metode ini memiliki beberapa variasi, termasuk metode umpan-maju, RBF, recurrent, dan propagasi balik. (Ramadoni syahputra et al., 2020).

Backpropagation, atau propagasi terbalik, adalah teknik yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks. Proses ini juga dikenal sebagai aturan delta yang digeneralisasi (*generalized delta rule*). Cara kerja jaringan ini dimulai dengan memasukkan data input ke sistem, yang kemudian menghasilkan output. Selisih antara output aktual yang dihasilkan dengan output target akan dikirim kembali ke lapisan tersembunyi untuk digunakan sebagai input dalam penyesuaian bobot, sehingga output jaringan semakin mendekati output target. (Fathur Rohman et al., 2022).

Oleh karena itu, pada penelitian ini membahas tentang Analisis masa pakai dan sisa umur transformator yang berada di penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota. Penelitian ini melakukan peramalan atau memprediksi transformator menggunakan metode propagasi-balik (backpropagation).

1.2 Rumusan masalah

Adapun perumusan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana faktor pembebanan transformator distribusi 20 kV pada penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota?
2. Bagaimana hubungan antara parameter pembebanan transformator dengan masa pakai atau sisa umur transformator distribusi pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota?
3. Bagaimana penerapan metode Backpropagation dalam menganalisis prediksi masa pakai dan sisa umur transformator distribusi?
4. Bagaimana hasil prediksi masa pakai dan sisa umur transformator distribusi 20 kV pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota menggunakan metode Backpropagation?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis faktor pembebanan transformator distribusi 20 kV pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota
2. Untuk mengetahui hubungan antara parameter pembebanan dengan masa pakai atau sisa umur transformator distribusi 20 kV pada penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota
3. Untuk mengetahui penerapan metode Backpropagation dalam memperkirakan masa pakai atau transformator distribusi 20 kV berdasarkan data pembebanan yang tersedia.
4. Untuk mengetahui hasil prediksi masa pakai dan sisa umur transformator distribusi 20 kV pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota menggunakan metode Backpropagation?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam melakukan penelitian ini penulis hanya memakai rumus perhitungan yang berkaitan dengan sisa umur transformator distribusi 20 kV berdasarkan kondisi pembebanan menggunakan metode backpropagation di Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota
2. Parameter yang dianalisis hanya parameter faktor beban transformator, parameter nameplate trafo, top oil rise, temperatur hotspot, loss of life, usia pakai, normalisasi min-max, dan sisa umur atau masa pakai transformator
3. Metode analisis yang digunakan dibatasi pada metode Backpropagation, dengan pemodelan dan simulasi menggunakan software MATLAB 2025a.
4. Penelitian ini hanya menggunakan data transformator distribusi 20 kV pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota dan tidak membahas pengaruh faktor lain, seperti gangguan sistem, kondisi lingkungan secara detail, maupun pengujian fisik transformator.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi akademik mengenai masa pakai atau sisa umur transformator distribusi berdasarkan pembebanan menggunakan metode backpropagation di Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota.
2. penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan bahan evaluasi serta memberikan gambaran penerapan pemodelan berbasis MATLAB 2025a untuk menganalisis perkiraan masa pakai atau sisa umur transformator dengan data histori pengukuran lapangan yang ada atau data pembebanan yang sudah ada sebelumnya.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi masa pakai dan sisa umur transformator distribusi berdasarkan data pembebanan aktual, sehingga dapat menjadi bahan evaluasi terhadap kinerja transformator yang beroperasi pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota.
4. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi PT PLN (Persero) dan Maintenance agar mengetahui masa pakai dan sisa umur transformator, khususnya dalam transformator jaringan distribusi, serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan metode analisis dan simulasi perkiraan masa pakai transformator yang mempertimbangkan faktor suhu serta pembebanan yang ada

1.6 Kebaruan Penelitian

Penelitian Ini memiliki kebaruan (Novelty) pada Beberapa Aspek yang membedakannya dengan Penelitian Terdahulu

1. Penelitian ini menerapkan metode Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation untuk memprediksi perkiraan masa pakai atau sisa umur transformator distribusi berdasarkan kondisi pembebanan aktual pada Penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota, Khususnya di Aceh (Daerah Lhokseumawe) yang belum memakai metode ini dalam memprediksi masa pakai atau sisa umur

transformator

2. Penelitian ini memanfaatkan data historis pembebanan transformator di daerah lhokseumawe sebagai parameter utama dalam analisis metode backpropagation untuk prediksi masa pakai trafo, sehingga menghasilkan pendekatan yang lebih berkaitan terhadap kondisi operasional transformator di lapangan.
3. Penelitian ini menghasilkan model prediksi yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi transformator secara dini, sehingga dapat membantu pihak P.T PLN Lhokseumawe dalam pengambilan keputusan pemeliharaan preventif dan pengelolaan umur pakai transformator yang lebih efektif.
4. Penelitian ini mengintegrasikan hasil perhitungan parameter termal transformator, seperti *Top Oil Rise*, temperatur *hot-spot*, dan *Loss of Life (LoL)*, sebagai masukan pada model *Artificial Neural Network (ANN)* Backpropagation untuk meningkatkan ketepatan prediksi masa pakai atau sisa umur transformator distribusi.

1.7 Sistematika penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyusun dengan sistematika bab dan juga sub bab, sehingga penulis membentuk dan menyusun Proposal Tugas Akhir ini dengan pedoman format dan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian dan manfaat penelitian, beserta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang gambaran umum dari sistem distribusi tenaga listrik, transformator distribusi, prinsip kerja transformator, Kondisi Pembebanan, umur transformator serta penggunaan metode backpropagation

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode pengumpulan data, flowchart penelitian,

serta tahapan analisis data termasuk pemodelan dengan perangkat lunak MATLAB 2025a.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang Analisis Perkiraan Masa Pakai Transformator Distribusi 20 kV Berdasarkan Kondisi Pembebanan menggunakan metode backpropagation di penyulang AR 06 ULP Lhokseumawe Kota 20 kV

BAB V PENUTUP

Dalam Bab ini berisikan tentang ringkasan dan kesimpulan dari pada hasil analisis beserta saran-saran.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini mencantumkan seluruh referensi yang digunakan dalam penelitian, baik dari buku, jurnal, maupun sumber daring sesuai dengan format penulisan APA.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi informasi tambahan yang mendukung isi skripsi, seperti data teknis, perhitungan detail, atau dokumentasi lainnya