

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat modern. Hampir seluruh aktivitas manusia, baik di sektor rumah tangga, pendidikan, kesehatan, pemerintahan, maupun industri, sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik yang stabil dan berkelanjutan. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, perkembangan teknologi, serta pertumbuhan sektor industri, kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Kondisi ini menuntut penyedia tenaga listrik untuk mampu menjaga keandalan sistem tenaga listrik agar pasokan listrik tetap tersedia secara kontinu dan berkualitas [1].

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat tiga bagian utama yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Ketiga sistem tersebut saling berkaitan dan harus beroperasi secara optimal untuk menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Salah satu komponen penting yang berperan dalam sistem tenaga listrik adalah transformator [2]. Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik sesuai kebutuhan sistem. Keberadaan transformator sangat penting karena tanpa transformator proses penyaluran daya listrik dari pembangkit ke konsumen tidak dapat berlangsung secara efisien [3].

Transformator bekerja secara terus-menerus selama proses pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik berlangsung. Kondisi operasi yang berlangsung dalam jangka waktu lama menyebabkan transformator rentan mengalami penurunan kualitas kinerja. Salah satu bagian transformator yang paling sering mengalami penurunan kualitas adalah sistem isolasi. Sistem isolasi berfungsi untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan sehingga mencegah terjadinya kebocoran arus maupun hubungan singkat. Apabila sistem isolasi mengalami kerusakan, maka dapat mengakibatkan gangguan pada transformator bahkan menyebabkan kegagalan operasi peralatan [4].

Fenomena yang sering terjadi pada transformator adalah menurunnya kualitas isolasi akibat faktor usia pemakaian, suhu operasi yang tinggi, kelembaban udara, kontaminasi debu, serta beban kerja yang terus menerus. Penurunan kualitas isolasi ini sering kali tidak dapat diketahui secara langsung karena pada awalnya transformator masih dapat beroperasi secara normal. Namun, apabila kondisi tersebut dibiarkan tanpa adanya pemeriksaan dan pemeliharaan yang tepat, maka dapat menyebabkan terjadinya gangguan yang lebih serius seperti kebocoran arus, flashover, hubung singkat antar lilitan, hingga kerusakan total transformator. Kerusakan transformator tentunya akan berdampak pada terganggunya proses pembangkitan energi listrik dan dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan [5].

Permasalahan utama yang sering dihadapi dalam pengoperasian transformator adalah sulitnya mendeteksi kondisi penurunan kualitas isolasi sebelum terjadi kerusakan. Banyak gangguan transformator yang diawali oleh penurunan nilai tahanan isolasi, tetapi tidak terdeteksi sejak dini karena kurang optimalnya proses pengujian kondisi isolasi. Akibatnya, kerusakan baru diketahui setelah transformator mengalami gangguan yang dapat menghambat kontinuitas penyaluran energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mendeteksi kondisi isolasi transformator secara dini sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar [6].

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengetahui kondisi sistem isolasi transformator adalah metode Indeks Polarisasi (Polarization Index/PI). Metode ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas isolasi dengan membandingkan nilai tahanan isolasi pada menit pertama dan menit kesepuluh saat pengujian menggunakan alat insulation resistance tester (megger). Nilai Indeks Polarisasi dapat memberikan informasi mengenai kondisi kesehatan isolasi transformator. Nilai PI yang tinggi menunjukkan bahwa kondisi isolasi masih baik, sedangkan nilai PI yang rendah menunjukkan adanya indikasi kelembaban, kontaminasi, atau degradasi isolasi yang dapat menyebabkan gangguan pada transformator [7].

Pentingnya pengujian Indeks Polarisasi tidak hanya sebagai bagian dari pemeliharaan rutin, tetapi juga sebagai langkah preventif dalam sistem proteksi transformator. Dengan mengetahui kondisi isolasi secara berkala, perusahaan dapat

melakukan tindakan perbaikan atau pemeliharaan sebelum terjadi kegagalan peralatan. Hal ini sangat penting karena biaya perbaikan maupun penggantian transformator jauh lebih besar dibandingkan biaya pemeliharaan preventif yang dilakukan secara rutin [8].

PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan merupakan salah satu unit pembangkit yang memiliki peran strategis dalam penyediaan energi listrik di wilayah Sumatera Utara. Dalam operasionalnya, berbagai transformator digunakan untuk mendukung proses pembangkitan dan penyaluran energi listrik. Mengingat transformator merupakan peralatan vital dalam sistem pembangkitan, maka kondisi keandalannya harus selalu dijaga. Apabila terjadi gangguan pada transformator, maka proses pembangkitan dapat terganggu sehingga berpotensi menurunkan keandalan sistem tenaga listrik dan mengurangi kualitas pelayanan kepada masyarakat.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, kegiatan pemeliharaan transformator di PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan telah dilakukan secara berkala. Namun demikian, penilaian terhadap kondisi isolasi transformator perlu terus dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan operasi peralatan. Penurunan kualitas isolasi yang tidak terdeteksi dapat meningkatkan risiko kegagalan transformator. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam mengenai kondisi isolasi transformator melalui metode Indeks Polarisasi agar dapat diketahui tingkat kesehatan isolasi serta efektivitas sistem proteksi transformator yang digunakan.

Dengan demikian, fenomena utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah adanya potensi penurunan kualitas isolasi transformator akibat usia operasi, suhu kerja, kelembaban, dan faktor lingkungan lainnya yang dapat menyebabkan gangguan atau kegagalan transformator apabila tidak dideteksi sejak dini. Kondisi tersebut dapat mengancam keandalan sistem pembangkitan tenaga listrik dan mengakibatkan kerugian operasional bagi perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis proteksi transformator menggunakan metode Indeks Polarisasi untuk mengetahui kondisi aktual isolasi transformator dan sebagai dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisa Proteksi Transformator Menggunakan Metode Indeks Polarisasi di PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi tahanan isolasi transformator di PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan berdasarkan hasil pengujian?
2. Bagaimana cara mengukur nilai Indeks Polarisasi (Polarization Index) yang diperoleh dari hasil pengujian transformator?
3. Bagaimana tingkat kelayakan dan keandalan sistem isolasi transformator berdasarkan hasil analisis metode Indeks Polarisasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi tahanan isolasi transformator di PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan berdasarkan hasil pengujian.
2. Menentukan nilai Indeks Polarisasi (Polarization Index) transformator berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi.
3. Mengetahui tingkat kelayakan dan keandalan sistem isolasi transformator berdasarkan hasil analisis metode Indeks Polarisasi.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka perlu ditetapkan beberapa batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada transformator yang beroperasi di PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan.
2. Analisis yang dilakukan hanya difokuskan pada kondisi sistem isolasi transformator.
3. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi isolasi transformator adalah metode Indeks Polarisasi (Polarization Index/PI).

4. Data yang digunakan berupa data hasil pengukuran tahanan isolasi transformator yang diperoleh selama penelitian.
5. Penelitian tidak membahas perancangan sistem proteksi transformator maupun analisis ekonomis pemeliharaan transformator.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode ini digunakan untuk menganalisis kondisi isolasi transformator berdasarkan data hasil pengukuran tahanan isolasi dan nilai Indeks Polarisasi yang diperoleh dari lapangan.

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan berbagai referensi berupa buku, jurnal ilmiah, standar pengujian transformator, serta sumber lain yang berkaitan dengan transformator daya, sistem isolasi, dan metode Indeks Polarisasi.

2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data teknis transformator serta data hasil pengujian tahanan isolasi yang diperoleh dari PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan.

3. Pengolahan Data

Mengolah data hasil pengukuran tahanan isolasi transformator untuk memperoleh nilai Indeks Polarisasi sesuai dengan prosedur pengujian yang berlaku.

4. Analisis Data

Menganalisis nilai Indeks Polarisasi yang diperoleh dan membandingkannya dengan standar penilaian kondisi isolasi transformator untuk menentukan tingkat kelayakan operasinya.

5. Penyusunan Kesimpulan

Menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan serta memberikan saran yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan pemeliharaan transformator.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam menganalisis kondisi isolasi transformator menggunakan metode Indeks Polarisasi sebagai salah satu bentuk proteksi dan pemeliharaan peralatan tenaga listrik.

2. Bagi PT PLN (Persero) Unit Pelaksanaan Pembangkitan Belawan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dalam mengetahui kondisi isolasi transformator sehingga dapat mendukung upaya pemeliharaan dan meningkatkan keandalan peralatan pembangkit.

3. Bagi Akademisi dan Peneliti

Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa maupun peneliti yang akan melakukan penelitian terkait transformator, sistem proteksi, dan pengujian kondisi isolasi peralatan listrik.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun ke dalam lima bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, metode penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi transformator daya, sistem proteksi transformator, sistem isolasi transformator, tahanan isolasi, metode Indeks Polarisasi (Polarization Index), serta penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, objek penelitian, alat dan bahan penelitian, metode pengumpulan data, prosedur penelitian, serta teknik analisis data yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian tahanan isolasi transformator, perhitungan nilai Indeks Polarisasi, analisis kondisi isolasi transformator, serta pembahasan hasil penelitian berdasarkan standar yang berlaku.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk kegiatan pemeliharaan dan penelitian selanjutnya.