

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan aspek esensial dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat di daerah Bandung Timur. Proteksi terhadap peralatan listrik, seperti pada transformator 4 di Gardu Induk Ujungberung menjadi kunci dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik bagi konsumen (Lasiyono, 2021). Untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik dan mengurangi risiko pemadaman listrik, diperlukan perlindungan yang tepat pada transformator (Nazari et al., 2023). Beberapa perlindungan yang terdapat pada transformator yaitu relai *buchholz*, relai *jansen*, relai *sudden pressure*, relai suhu minyak, relai suhu belitan, relai differensial, relai REF, OCR/GFR, dan relai SBEF. Relai differensial sebagai salah satu bagian dari proteksi utama transformator berperan penting dalam mendeteksi dan merespon gangguan internal pada transformator (Sattari et al., 2021).

Terdapat tren gangguan yang pernah terjadi di PT PLN (Persero) ULTG Bandung Timur yaitu kebakaran pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung akibat relai differensial tidak bisa mengatasi gangguan yang disebabkan oleh gangguan 3 fasa dan kegagalan *supply* 380 VAC, sehingga gangguan meluas dan menyebabkan kebakaran. Setelah itu, dilakukan pergantian transformator, tetapi masih terjadi gangguan, seperti gangguan antara fasa akibat arus naik, kegagalan pada *tap changer* transformator, relai differensial mengalami maloperasi karena bekerja saat terjadi gangguan di zona eksternal, dan relai tidak terlalu sensitif terhadap gangguan internal. Hal tersebut disebabkan oleh *setting* relai yang terpasang terlalu besar dan tidak terlalu sensitif terhadap arus gangguan, sehingga gangguan tersebut mengakibatkan transformator *lockout* dan relai differensial tidak bisa mengatasi gangguan dengan baik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya analisis *setting* dan kinerja relai differensial. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan, simulasi gangguan menggunakan *software* ETAP, dan simulasi karakteristik *slope* menggunakan *software* Microsoft Excel untuk memastikan bahwa relai differensial bekerja dengan baik dalam mendeteksi dan merespons gangguan internal tanpa dipengaruhi

gangguan eksternal, sehingga relai dapat beroperasi dengan baik di masa mendatang.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait analisis *setting* relai differensial, salah satunya yang berfokus pada relai differensial dengan melakukan perhitungan matematis dan simulasi menggunakan *software* ETAP menunjukkan bahwa relai differensial mampu mengisolasi gangguan arus hubung singkat dengan efektif (Laksono & Syahrial, 2022). Selain itu, pada penelitian lain yang berfokus pada relai differensial transformator daya dengan membandingkan *setting* teoritis dengan *setting existing* di lapangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam pengaturan *slope* 1 dan *slope* 2 untuk menghindari sensitivitas berlebih terhadap arus gangguan dalam zona proteksi (Altama et al., 2019). Sementara itu, pada penelitian ini mencakup analisis mendalam untuk *setting* dan kinerja relai differensial terkait *gap* dan validasi pada hasil simulasinya. Selain itu, perbedaan utamanya terletak pada lokasi penelitian, versi *software* yang digunakan, dan parameter spesifik yang dianalisis dalam *setting* relai differensial.

Urgensi penelitian ini terdapat pada *setting*, kinerja, dan karakteristik *slope* relai differensial sebagai proteksi utama internal transformator. Selain itu, kondisi *existing* relai pasca gangguan di lapangan tidak selalu sesuai dengan teori-teori dan standar yang ada, karena situasi dan kondisi lingkungan yang tidak dapat dikendalikan sepenuhnya (Hafni, 2020). Oleh karena itu, fokus tujuan penelitian ini adalah analisis *setting* dan kinerja relai differensial pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung berdasarkan karakteristik *slope* relai dengan membandingkan kondisi *existing* dan perhitungan teoritis, apakah masih baik atau tidak berdasarkan standar, simulasi gangguan menggunakan ETAP 19.0.1, dan simulasi karakteristik *slope* menggunakan Microsoft Excel.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan kontribusi sebagai acuan untuk meninjau kembali *setting* relai differensial pada transformator, serta rekomendasi yang sesuai untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas proteksi utama transformator.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang sebelumnya, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perbandingan *setting* perhitungan teoritis dengan *setting* terpasang relai differensial pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung.
2. Bagaimana kinerja relai differensial berdasarkan hasil simulasi arus gangguan hubung singkat dan simulasi karakteristik *slope* relai pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung.

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, ditetapkan batasan masalah dalam penyusunan skripsi ini. Batasan masalah ini digunakan untuk mengidentifikasi ruang lingkup pembahasan agar terbatas dan tidak melebar terlalu luas, sehingga tujuan penulisan penelitian dapat tercapai. Penelitian ini terbatas pada hal-hal antara lain:

1. Transformator 4 Gardu Induk Ujungberung menjadi objek/sampel pengujian.
2. Relai differensial pada transformator 4 merupakan relai proteksi transformator yang akan dibahas.
3. Pengujian di lapangan dilaksanakan dalam kondisi sistem tidak bertegangan atau dalam keadaan *shutdown testing measurement*.
4. ETAP 19.0.1 dan Microsoft Excel digunakan sebagai perangkat lunak untuk pemodelan simulasi.
5. Keidealan relai differensial diklasifikasikan berdasarkan standar sistem proteksi relai differensial yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero) dan IEEE.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini, antara lain:

1. Menganalisis dan membandingkan hasil *setting* perhitungan teoritis dengan *setting* terpasang relai differensial pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung.
2. Menganalisis kinerja relai differensial berdasarkan hasil simulasi arus gangguan hubung singkat dan simulasi karakteristik *slope* relai pada transformator 4 Gardu Induk Ujungberung.

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat manfaat dari pembuatan tugas akhir atau skripsi ini, antara lain:

1. Menambah pengetahuan dan keterampilan terkait relai differensial, transformator, dan gardu induk sebagai bagian dari sistem tenaga listrik.

2. Memberikan pengalaman bekerja secara langsung dalam menyelesaikan permasalahan nyata di lapangan.
3. Memberikan referensi penelitian mengenai analisis *setting* dan kinerja relai differensial pada transformator menggunakan *software* ETAP dan Microsoft Excel.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini mencakup lima bab, mengikuti panduan yang tertera dalam buku Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah UPI tahun 2024. Berikut merupakan sistematika penulisan yang menjadi landasan dalam menyelesaikan penelitian ini:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini, berisi pemaparan landasan teori penelitian berdasarkan sumber-sumber referensi yang tertulis dan relevan dengan topik penelitian. Teori yang dipaparkan berupa gambaran umum terkait transformator, relai, perhitungan, dan *software* yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini, berisi rancangan alur penelitian berdasarkan metode penelitian yang digunakan. Selain itu, bab ini memaparkan lokasi penelitian, instrumen penelitian berupa data penelitian, dan prosedur penelitian yang menjelaskan tahapan penelitian secara rinci.

BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, berisi data perbandingan hasil perhitungan teoritis dan *setting* terpasang, analisis *setting* dan kinerja relai differensial, serta *gap* dan validasi dari relai yang relevan berupa penggunaan *software* untuk simulasi.

BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

Dalam bab ini, berisi kesimpulan dari permasalahan yang diteliti dengan menggaris bawahi hasil-hasil penting dan rekomendasi untuk tindakan lebih lanjut di masa depan berdasarkan hasil penelitian karya ilmiah ini.