

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menjalankan aktivitas dan rutinitas di era perkembangan teknologi yang semakin pesat ini, tidak bisa dipungkiri bahwa manusia sangat memerlukan keberadaan energi listrik pada setiap aktivitasnya. Energi listrik dalam penerapannya menjadi salah satu kebutuhan primer yang digunakan pada berbagai alat yang dapat menunjang macam-macam kegiatan manusia, mulai dari alat yang bertenaga listrik rendah seperti lampu dan handpone, sampai alat yang memerlukan daya cukup besar seperti peralatan di pabrik-pabrik besar. Energi listrik juga menjadi suatu jawaban atas ketergantungan manusia terhadap energi fosil yang jumlahnya terbatas dan kurang ramah lingkungan. Meninjau energi listrik yang sangat penting dan sangat dibutuhkan di berbagai macam kegiatan manusia, maka perlunya perhatian khusus terhadap proses pembangkitan energi listrik sebagai pemasok utama. Energi listrik memiliki beberapa variabel yang sangat berpengaruh terhadap kualitasnya yaitu tegangan, arus, dan daya listrik. Guna mencapai ketersediaan pasokan energi listrik yang cukup dan berkualitas, perlu adanya kalkulasi yang akurat dan rinci pada sistem tenaga listrik yang terbagi menjadi 3 yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi energi listrik (Gunadin et al., n.d.).

Salah satu pembangkit listrik yaitu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) merupakan pembangkit tenaga listrik yang sering ditemui dan tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. PLTA menjadi salah satu jenis pembangkit yang menjadi andalan dan kerap dijumpai di Indonesia karena beberapa alasan mulai dari melimpahnya sumber daya air, bentuk topografi yang mendukung, efisiensi dan biaya operasional yang rendah, dan merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. PLTA sebagai salah satu pembangkit listrik yang ramah lingkungan mampu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang terbatas jumlahnya dan juga mampu mengurangi kadar polusi yang dihasilkan ketika menerapkan pembangkit listrik bertenaga bahan bakar fosil. Proses pembangkitan energi listrik pada PLTA dimulai dari penampungan air pada suatu waduk guna mengumpulkan energi potensial. Energi tersebut selanjutnya

akan diolah menjadi energi mekanik melalui generator yang digerakkan oleh laju aliran air dari waduk dan akhirnya melalui suatu reaksi magnetik dapat berubah menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen(Rafli Ardiansyah, n.d.).

Di dalam sistem pembangkitan energi listrik di PLTA terdapat salah satu komponen penting yang harus ada di dalamnya yaitu transformator daya. Komponen transformator ini berfungsi sebagai penyalur sekaligus pengkonversi tegangan listrik yang dapat menaikkan atau menurunkannya tanpa merubah frekuensi(Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, n.d.). Pengoperasian transformator dengan rentan waktu yang berkelanjutan pada suatu PLTA tentunya tidak lepas dari suatu gangguan dan halangan terhadap kinerja transformator. Gangguan yang terjadi dalam kinerja transformator digolongkan menjadi dua jenis yang memiliki sifat masing-masing yakni gangguan internal dan eksternal. Gangguan internal merupakan gangguan yang terjadi dalam lingkup transformator itu, sedangkan gangguan eksternal berarti gangguan terjadi di luar lingkup transformator namun masih dapat mempengaruhi kinerja transformator. Untuk mengantisipasi gangguan tersebut, maka diperlukan sebuah sistem proteksi yang dapat mengantisipasi dan meminimalisir gangguan yang terjadi pada transformator.

Sistem proteksi pada suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) tentu digunakan pada beberapa bagian mulai dari generator, transformator, jaringan distribusi, dan masih banyak lagi yang lainnya guna mencapai proses pembangkitan energi listrik yang efisien, optimal, dan aman. Sistem proteksi diterapkan guna mendeteksi suatu gangguan yang terjadi dan mencegah kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan tersebut. Setiap bagian dari PLTA tersebut memiliki berbagai macam sistem proteksi sesuai dengan fungsi dan kinerjanya pada komponen masing-masing. Pada suatu transformator penentuan sistem proteksi yang tepat sangat dianjurkan untuk mencapai kinerja transformator yang stabil dan aman dari gangguan yang muncul. Sebuah sistem proteksi dalam penerapannya harus memiliki kinerja yang cepat dan akurat untuk memutus arus yang mengalami gangguan baik internal maupun

eksternal(Haidar & Sofwan, 2024). Hal tersebut ditujukan agar terjadinya gangguan pada salah satu komponen tidak menyebar ke peralatan listrik lain yang terhubung, bahkan sampai mengganggu kinerja suatu sistem tenaga listrik. Fungsi lain dari sistem proteksi pada peralatan listrik selain sebagai pengaman adalah sebagai sarana yang mengoptimalkan kontinuitas dari suplai beban. Sistem proteksi yang bekerja pada transformator dengan kapasitas tinggi lebih kompleks jika dibandingkan dengan kinerja transformator distribusi dengan kapasitas rendah. Sistem proteksi yang dapat digunakan pada kinerja transformator bermacam-macam yaitu relai *Over Current Relay* (OCR), *Ground Fault Relay* (GFR), relai differensial, relai jarak, relai direksional, *undervoltage relay*, dan masih banyak lainnya. Dari berbagai macam gangguan yang kerap muncul pada kinerja transformator, sistem proteksi yang dinilai tepat diaplikasikan pada kasus tersebut adalah relai differensial. Hal ini ditinjau dari kinerja transformator yang terdiri dari arus primer dan arus sekunder yang memiliki nilai masing-masing, sehingga nilai tersebut dapat dikontrol kestabilannya melalui suatu rele differensial.

Relai differensial sebagai sistem proteksi utama pada transformator memiliki faktor penting yang menjadi kunci dalam pemilihan relai tersebut. Faktor tersebut adalah relai ini dapat membandingkan arus primer dengan arus sekunder yang ada pada transformator untuk selanjutnya dibandingkan dengan batasan nilai arus yang telah diatur sebelumnya pada relai differensial sebagai pengaman. Ketika terjadi lonjakan atau perubahan nilai arus pada transformator yang melampaui batasan nilai yang telah ditentukan, maka relai tersebut akan bekerja dengan memberikan sinyal kepada *circuit breaker* untuk memutuskan arus listrik yang mengalir pada transformator. Relai differensial ini juga merupakan salah satu relai yang tidak dapat diaplikasikan sebagai *backup protection* atau proteksi cadangan pada suatu sistem. Untuk mencapai kinerja yang efektif dan responsif pada kinerja relai differensial, maka diperlukan suatu setting yang tepat agar relai dapat berfungsi optimal. Dalam penyetingan relai differensial perlunya peninjauan terhadap beberapa variabel mulai dari arus penahan (arus restrain), karakteristik arus kerja pada relai, kesalahan pembacaan antara arus primer dan sekunder (*error mismatch*), presentase slope pada relai,

dan arus eksitasi pada trafo. Kelebihan lain yang dimiliki oleh relai differensial ini adalah relai ini dapat bekerja dengan cepat sesuai dengan fungsinya sebagai pengaman tanpa perlu berkoordinasi dengan relai yang lainnya (Simbolon et al., n.d.). Relai differensial dalam kinerjanya menerapkan prinsip keseimbangan arus. Prinsip tersebut sejalan dengan hukum Kirchhoff mengenai arus yakni jumlah arus yang mengalir pada suatu titik sama dengan jumlah arus yang keluar.

Pada penelitian ini dilakukan analisis setting relai diferensial pada transformator daya 11/154 kV pada PLTA Wlingi, Blitar. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan yaitu melalui pengambilan data spesifikasi transformator di lapangan, perhitungan variabel yang diperlukan secara manual, dan simulasi rangkaian menggunakan software ETAP 16.0. Perolehan dari hasil perhitungan manual serta hasil simulasi digunakan sebagai acuan untuk menganalisa penyetingan relai diferensial pada transformator guna mencapai kinerja yang cepat serta selektif dalam menjalankan fungsi utamanya, yakni pemutusan arus gangguan.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan dari penjelasan latar belakang diatas, maka dapat ditarik perumusan masalah, sebagai berikut :

- a. Bagaimana kinerja relai differensial transformator 30 MVA yang telah disesuaikan dengan hasil perhitungan setting relai pada PLTA Wlingi?
- b. Bagaimana perbandingan setting relai differensial transformator 30 MVA hasil perhitungan berdasarkan teori dengan setting relai differensial transformator pada PLTA Wlingi dengan simulasi menggunakan software ETAP?

1.3 Tujuan dan manfaat penelitian

1.3.1 Tujuan

Merujuk pada rumusan permasalahan yang ada, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Untuk menganalisis penyetingan relai differensial transformator 30 MVA sesuai dengan perhitungan berdasarkan di PLTA Wlingi.
- b. Untuk melakukan perbandingan setting relai differensial transformator 30 MVA sebelum dan sesudah perhitungan teori menggunakan aplikasi ETAP

1.3.2 Manfaat

- a. Sebagai kontribusi terhadap perkembangan teknologi, utamanya pada program studi teknik elektro.
- b. Untuk menambah pengembangan ilmu pengetahuan tentang kinerja transformator dan setting relai differensial sebagai sistem proteksi transformator.
- c. Sebagai syarat untuk menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Trunodjoyo Madura.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Penelitian ini menganalisa setting relai differensial secara manual berdasarkan teori dengan setting relai pada transformator 30 MVA PLTA Wlingi.
2. Sistem proteksi yang digunakan pada transformator daya 30 MVA PLTA Wlingi adalah relai 87T (relai differensial).
3. Software yang digunakan adalah ETAP 16.0.0.
4. Dataset berupa spesifikasi transformator dan relai differensial, dan *single line* diagram PLTA Wlingi.

1.5 Sistematika Penulisan

Metode dalam menyusun skripsi atau penelitian ini melewati 5 tahapan yaitu :

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah serangkaian langkah yang harus

diselesaikan sebelum memulai proses pengumpulan dan pengolahan data. Tahap ini mencakup berbagai aktivitas sebagai berikut: menentukan judul skripsi, menyusun proposal penelitian skripsi, melakukan studi pustaka terkait materi desain untuk merinci garis besar penelitian, dan menentukan kebutuhan data yang diperlukan. Perencanaan jadwal dalam persiapan di atas harus dilaksanakan dengan teliti guna menghindari pengulangan pekerjaan, sehingga tahap pengumpulan data dapat berjalan dengan lebih efisien.

b. Tahap Perancangan

Setelah proposal skripsi diterima dan disetujui karena layak untuk dijadikan sebagai topik penelitian maka masuk kedalam tahap selanjutnya yakni tahap perancangan Skripsi. Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pembuatan sistem sesuai dengan gambaran dari tahap sebelumnya. Pada tahap ini mempunyai gambaran ilmiah mengenai langkah awal sampai dengan akhir penyusunan laporan skripsi.

c. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang diterapkan meliputi: Studi Literatur: Pemanfaatan literatur dari berbagai sumber yang relevan dengan penelitian, baik berupa temuan substansial, kontribusi teoritis, maupun metodologis. Literatur ini dapat bersumber dari berbagai sumber yang dianggap bermanfaat untuk memperoleh pengetahuan yang relevan. Konsultasi Para Ahli: Melibatkan diskusi dan konsultasi dengan para ahli yang memiliki pemahaman mendalam dalam bidang terkait. Tujuannya adalah untuk mendapatkan wawasan dan pandangan dari mereka yang memiliki pengetahuan dan pengalaman yang berharga. Sumber Data: Data diperoleh dari berbagai sumber yang relevan dengan penelitian, sehingga data yang digunakan memiliki relevansi dengan tujuan penelitian. Uji Coba: Melibatkan uji coba terhadap metode atau alat yang digunakan dalam penelitian, sehingga dapat memastikan bahwa metode tersebut efektif dan dapat diandalkan. Metode Observasi: Melibatkan observasi lapangan dengan tujuan untuk memahami kondisi sebenarnya di lapangan. Hasil dari observasi digunakan sebagai pertimbangan dalam perancangan struktur

mesin sortasi yang akan dibuat.

d. Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Data yang diperlukan untuk analisis dan pengolahan dikelompokkan berdasarkan tujuan identifikasi masalah. Setelah proses pengolahan data selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data. Hasil dari proses pengolahan data akan dianalisis dan 5 diinterpretasikan sehingga data tersebut dapat diartikan sebagai informasi yang bermakna. Selanjutnya, langkah terakhir adalah menyimpulkan hasil analisis tersebut.

e. Tahap penulisan laporan

Apabila hasil dari analisis dan pengolahan data sudah didapat dan semua tujuan yang diharapkan sudah tercapai maka tahap akhir merupakan kesimpulan dan proses pembuatan laporan akhir.