

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), khususnya di PT. Pertamina Geothermal Energi Area Karaha, memegang peranan sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi nasional. Operasional yang andal dari PLTP tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga memiliki implikasi luas terhadap ketahanan energi, pembangunan ekonomi, dan target keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Mengingat besarnya potensi kerugian ekonomi, ketidakstabilan jaringan, dan hambatan transisi energi terbarukan akibat gangguan pada PLTP, maka memastikan kinerja optimal dari setiap komponen krusial, seperti generator dan transformator, menjadi sebuah keharusan. Generator bertanggung jawab mengubah energi panas bumi menjadi listrik, sedangkan transformator bertugas mengatur tegangan untuk transmisi dan distribusi. Sistem kelistrikan yang kompleks ini rentan terhadap gangguan seperti hubung singkat, beban lebih, atau kegagalan isolasi, yang dapat terjadi kapan saja sehingga menuntut adanya sistem proteksi yang tangguh dan responsif untuk mencegah kerusakan yang parah dan pemadaman berkepanjangan. Sehingga efektivitas sistem proteksi sangat diperlukan untuk menjaga keandalan operasional sistem secara keseluruhan.(Prasetijo & Romadhona, 2010)

Rele proteksi berfungsi sebagai pendeteksi gangguan dan kondisi tidak normal pada sistem kelistrikan. Setelah mendeteksi anomali yang mengindikasikan adanya gangguan, rele akan segera memerintahkan pemutus tenaga (PMT) untuk membuka sirkuit dan mengisolasi bagian yang terganggu dengan cepat untuk

mencegah kegagalan berantai. Rele ini tidak terhubung langsung, melainkan melalui potensial transformer (PT) dan current transformer (CT) yang menurunkan besaran tegangan dan arus sistem ke tingkat yang aman dan praktis untuk diukur. Penggunaan PT dan CT adalah pilar fundamental yang memungkinkan pengembangan rele yang terstandarisasi, modular, efisien, dan skalabel dalam proteksi sistem tenaga modern. Salah satu jenis rele yang umum digunakan untuk mengamankan generator dan transformator adalah rele proteksi diferensial, yang dikenal karena sensitivitas dan selektivitasnya yang tinggi dalam mendeteksi gangguan internal. Rele ini beroperasi berdasarkan Hukum Kirchhoff: dalam kondisi normal, arus yang masuk ke zona proteksi harus sama dengan arus yang keluar. Setiap perbedaan arus (arus diferensial) mengindikasikan adanya gangguan internal. Untuk mewujudkan prinsip ini, CT dipasang di sisi primer dan sekunder komponen yang diproteksi. Rele diferensial terus-menerus membandingkan arus yang diukur oleh CT di kedua sisi. Jika ada perbedaan, rele akan memberikan perintah trip. Karakteristik ini membuat proteksi diferensial sangat selektif terhadap gangguan internal, mencegah tripping yang tidak perlu akibat gangguan eksternal. (Sandbacka et al., 2014)

Rele *overall* diferensial merupakan jenis khusus yang mengintegrasikan proteksi generator dan transformator dalam satu zona yang lebih luas. Rele ini memiliki tiga input arus dari sisi generator dan transformator, memungkinkannya memproteksi keseimbangan arus dari ketiga sisi dan mengamankan generator serta transformator sebagai satu kesatuan unit. Rele ini beroperasi berdasarkan *setting* arus dan waktu yang telah ditentukan, dan dilengkapi fitur penahan gangguan eksternal serta harmonisa untuk menghindari salah kerja. Fungsi penahan ini

mengurangi sensitivitas rele terhadap kondisi non-gangguan, memastikan rele tetap stabil, selektif, dan hanya beroperasi untuk gangguan internal sejati. Integrasi proteksi ini memang menyederhanakan skema fisik dan koordinasi proteksi, namun zona proteksi yang lebih besar dan kompleks juga meningkatkan tantangan analitis, memerlukan fitur penahan canggih dan analisis ketat untuk membedakan gangguan internal sejati dari kondisi non-gangguan.(Hardi et al., 2020)

Dalam kategori rele diferensial, terdapat jenis khusus yang disebut rele *overall* diferensial, rele *overall* diferensial dirancang untuk melindungi generator dan transformator secara langsung dalam satu zona proteksi yang lebih luas dari gangguan internal serius seperti hubung singkat antar fasa, fasa ke tanah, dan antar belitan. Prinsip dasarnya adalah selektivitas: rele hanya bekerja jika gangguan terjadi di dalam zona proteksinya. Namun, ada risiko "salah kerja" (maloperation), di mana rele beroperasi padahal gangguan terjadi di luar zona proteksinya atau bukan merupakan gangguan sebenarnya. Salah kerja dapat mengakibatkan pemadaman listrik yang tidak perlu, kerusakan pada komponen sehat, peningkatan biaya operasional, dan merusak integritas sistem secara keseluruhan. Risiko ini menekankan pentingnya analisis kinerja rele di bawah berbagai kondisi gangguan.(Prasetijo & Romadhona, 2010)

Mengingat peran krusial rele diferensial dalam memproteksi peralatan, maka rele harus mampu memberikan proteksi yang efektif. Namun, kinerja aktual rele diferensial dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti konfigurasi sistem, jenis gangguan, dan akurasi *setting* rele. Potensi perbedaan antara desain teoretis dan kinerja lapangan, sehingga diperlukan analisis dan verifikasi empiris perilaku rele, terutama terkait sensitivitas, selektivitas, dan keandalan rele di bawah beragam

skenario gangguan internal dan eksternal, dengan berbagai nilai besaran gangguan. Keandalan dalam sistem tenaga yang kompleks tidak hanya divalidasi dari desain awal, tetapi sangat bergantung pada validasi empiris dan optimasi berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul **“Analisa Kinerja *Setting* Rele *Overall* Diferensial pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PT. Pertamina Geothermal Energi Area Karaha”**. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja rele *overall* diferensial generator dan transformator ketika terjadi gangguan di dalam zona proteksi dan di luar zona proteksi rele *overall* diferensial.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka identifikasi masalah yang akan dibahas di dalam laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja sistem proteksi Rele *overall* diferensial apabila terjadi gangguan hubung singkat didalam zona proteksinya dan gangguan hubung singkat diluar zona proteksinya?
2. Bagaimana kurva karakteristik kerja Rele *overall* diferensial berdasarkan besaran gangguan yang diberikan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja sistem proteksi Rele *overall* diferensial apabila terjadi gangguan hubung singkat didalam zona proteksinya dan gangguan hubung singkat diluar zona proteksinya.

2. Mendapatkan kurva karakteristik kerja Rele *overall* diferensial berdasarkan besaran gangguan yang diberikan.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dengan mempertimbangkan Rumusan dan Tujuan Penelitian, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Rele yang digunakan adalah Rele *overall* diferensial dan Pendekatan pada penelitian ini menggunakan perhitungan matematis secara manual dan pemodelan sistem kelistrikan menggunakan software ETAP.
2. Penelitian ini hanya membahas mengenai kurva karakteristik kerja Rele *overall* diferensial berdasarkan besaran gangguan yang diberikan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Sebagai landasan dalam memahami kontribusi hasil penelitian ini, maka manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat penelitian ini adalah dapat menjadi bahan evaluasi dalam proses penyettingan Rele *overall* diferensial pada generator dan transformator.
2. Dapat meningkatkan keandalan sistem proteksi.