

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring kemajuan zaman, listrik menjadi komponen vital bagi aktivitas masyarakat dan industri. Kebutuhan listrik terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi, karena hampir semua perangkat bergantung pada pasokan listrik. Untuk menjamin pasokan yang andal dan berkelanjutan, diperlukan sistem tenaga listrik dengan kontinuitas tinggi, salah satunya melalui sistem proteksi. Sistem ini melindungi peralatan seperti generator, transformator, serta jaringan transmisi dan distribusi dari kondisi operasi tidak normal.

Proteksi tenaga listrik dirancang untuk mendeteksi keadaan sistem berdasarkan parameter seperti arus, tegangan, frekuensi, atau sudut fasa. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan pada perangkat proteksi. Jika parameter tersebut melebihi atau berada di bawah batas yang telah ditentukan, maka sistem proteksi akan aktif untuk mengamankan peralatan (Simbolon, 2023).

Dalam proses penyaluran energi listrik dari pembangkit hingga ke konsumen, gangguan-gangguan tidak dapat sepenuhnya dihindari. Gangguan tersebut bisa berasal dari faktor internal maupun eksternal, salah satunya adalah beban berlebih yang termasuk gangguan eksternal. Gangguan-gangguan ini menyebabkan aliran arus tinggi yang berpotensi merusak peralatan listrik, sehingga diperlukan sistem proteksi untuk mencegah kerusakan akibat arus yang berlebihan. Jika kualitas energi listrik rendah, maka performa jaringan listrik

menjadi buruk, yang dapat mengakibatkan seringnya pemadaman di sisi konsumen. Oleh sebab itu, untuk menjaga kinerja jaringan tetap optimal, dibutuhkan sistem proteksi yang handal. Salah satu peralatan yang rentan terhadap gangguan adalah transformator daya.

Dalam operasionalnya, transformator daya dapat mengalami dua jenis gangguan, yaitu gangguan internal dan eksternal. Gangguan internal terjadi pada bagian dalam transformator itu sendiri, sedangkan gangguan eksternal berasal dari luar transformator namun tetap berdampak pada kinerja transformator tersebut (Setyawan, 2021).

Transformator memerlukan jenis proteksi yang bervariasi sesuai dengan karakteristik operasinya. Proteksi tersebut biasanya dilakukan menggunakan berbagai jenis *relay*, baik yang bersifat elektromagnetik maupun berbasis teknologi statik. Fungsi utama dari sistem proteksi ini adalah untuk melindungi transformator dari potensi kerusakan akibat gangguan yang mungkin terjadi. Salah satu jenis *relay* yang umum digunakan untuk melindungi transformator adalah *relay* diferensial.

Relay diferensial merupakan jenis *relay* yang beroperasi ketika terdapat selisih vektor dari dua atau lebih besaran listrik yang melebihi nilai ambang tertentu. Prinsip kerjanya didasarkan pada perbandingan antara arus di sisi primer dan arus di sisi sekunder dari *Current Transformer* (CT), serta arus yang masuk ke dalam *relay*. Operasi *relay* diferensial ini didukung oleh dua *Current Transformer*, di mana dalam kondisi normal, rasio kedua CT tersebut diatur

sedemikian rupa sehingga menghasilkan arus yang sama besar di kedua sisi (Farabi, 2022).

Dengan mempertimbangkan kebutuhan akan keandalan sistem tenaga listrik, pengawasan dan penguatan sistem proteksi pada transformator daya di Gardu Induk Purbalingga 150kV menjadi aspek yang sangat penting. Sistem proteksi yang andal berfungsi untuk mendeteksi serta mengisolasi gangguan secara cepat dan selektif, baik gangguan internal seperti hubung singkat antar fasa dan kerusakan lilitan, maupun gangguan eksternal yang dapat memengaruhi kinerja transformator. Keberadaan proteksi yang tepat tidak hanya mencegah kerusakan lanjutan pada transformator, tetapi juga melindungi peralatan lain dalam sistem tenaga. Selain itu, proteksi yang bekerja secara optimal berperan penting dalam mencegah meluasnya gangguan yang dapat menyebabkan pemadaman pada jaringan distribusi maupun transmisi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan yang menjadi pokok pembahasan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana kinerja sistem proteksi *relay* diferensial dalam mendeteksi gangguan pada transformator daya di gardu induk?
2. Apa dampak dari kesalahan pengaturan *setting relay* diferensial terhadap keandalan sistem tenaga listrik di gardu induk?
3. Bagaimana menentukan *setting* optimal untuk *relay* diferensial agar proteksi terhadap transformator daya lebih efektif dan handal?

4. Bagaimana respon *relay* diferensial saat simulasi menggunakan terhadap berbagai kondisi sistem, seperti gangguan internal, gangguan eksternal, dan kondisi operasi normal menggunakan *software* ETAP?

C. Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas sistem proteksi *relay* diferensial yang diterapkan pada transformator daya di gardu induk Purbalingga 150 kV, tanpa mencakup jenis proteksi lainnya.
2. Fokus penelitian ini terbatas pada transformator daya dengan kapasitas tertentu (misalnya, 10 MVA hingga 100 MVA).
3. Perangkat lunak ETAP digunakan sebagai alat bantu simulasi gangguan pada transformator daya untuk memastikan bahwa *relay* proteksi beroperasi sesuai dengan karakteristik dan fungsinya.
4. Parameter yang dianalisis terbatas pada perhitungan nilai rasio *Current Transformer* (CT), *error mismatch*, arus sekunder, arus diferensial, arus *restraint*, *percent Slope*, dan nilai arus *setting*.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencapai beberapa hal, diantaranya :

1. Melakukan analisis terhadap efektivitas sistem proteksi *relay* diferensial dalam mengidentifikasi gangguan yang terjadi pada transformator daya di gardu induk.

2. Menentukan pengaturan (*setting*) optimal *relay* diferensial guna meningkatkan efektivitas dan keandalan proteksi pada transformator daya.
3. Melakukan simulasi gangguan menggunakan perangkat lunak ETAP untuk mengetahui respon *relay* diferensial pada kondisi sistem termasuk gangguan internal, eksternal dan kondisi oprasi normal.
4. Memastikan bahwa *relay* proteksi diferensial beroperasi sesuai karakteristik dan fungsinya melalui analisis perhitungan parameter teknis seperti rasio arus (*Current Transformer*), *error mismatch*, arus sekunder, arus diferensial, arus *restraint*, *percent Slope*, dan nilai arus *setting*.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat dalam berbagai aspek, dengan beberapa manfaat utama yang dapat diperoleh antara lain:

1. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam bagi pembaca mengenai prinsip kerja dan kinerja sistem proteksi *relay* diferensial pada transformator daya di gardu induk.
2. Meningkatkan kemampuan sistem proteksi *relay* diferensial dalam mendeteksi gangguan pada transformator, sehingga dapat mengurangi risiko kerusakan dan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik.
3. Memberikan gambaran tentang respon *relay* diferensial terhadap berbagai jenis gangguan (internal dan eksternal) serta kondisi operasi normal melalui simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP.

4. Menjadi bahan pertimbangan bagi penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan teknologi proteksi dan teknik analisis yang lebih canggih dalam bidang kelistrikan.

