

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama yang berperan penting dalam menunjang aktivitas masyarakat, industri, dan pertumbuhan ekonomi (Papageorgiou et al., 2020). Untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik, sistem tenaga harus beroperasi secara andal, aman, dan stabil. Salah satu faktor yang menentukan keandalan sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang berfungsi mendeteksi serta mengisolasi gangguan secara cepat dan selektif sehingga kerusakan peralatan dan gangguan yang lebih luas dapat dicegah. Pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA), sistem proteksi memiliki peran yang sangat penting dalam melindungi generator, transformator, dan peralatan utama lainnya dari berbagai gangguan yang dapat menyebabkan penurunan keandalan sistem bahkan pemadaman (*blackout*).

Dalam praktiknya, gangguan pada sistem tenaga listrik masih sering terjadi, baik berupa gangguan hubung singkat, gangguan tanah, maupun gangguan internal pada peralatan pembangkit (Ramya et al., 2025). Apabila sistem proteksi tidak bekerja dengan baik, gangguan tersebut dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius dan mengakibatkan terganggunya kontinuitas pasokan listrik. Oleh karena itu, keberhasilan sistem proteksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan *relay* proteksi dalam mendeteksi dan merespons gangguan secara cepat, tepat, dan andal.

Namun demikian, fenomena di lapangan menunjukkan bahwa kegagalan sistem proteksi masih menjadi salah satu penyebab menurunnya keandalan sistem tenaga listrik. Permasalahan yang sering ditemukan meliputi misoperation *relay*, keterlambatan kerja trip, serta ketidaksesuaian karakteristik *relay* terhadap kebutuhan sistem. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pemilihan *relay* proteksi menjadi aspek yang sangat penting karena akan memengaruhi efektivitas sistem proteksi secara keseluruhan.

Pada PLTA Asahan No. 3 terdapat beberapa alternatif *relay* proteksi yang dapat digunakan, yaitu *relay* P343, P643, dan P141. Masing-masing *relay* memiliki

karakteristik yang berbeda dari segi fungsi proteksi, keandalan, kemampuan integrasi standar IEC 61850, biaya investasi, serta kemudahan pemeliharaan. Akan tetapi, proses pemilihan *relay* proteksi pada sistem pembangkit umumnya masih didasarkan pada pengalaman *engineer*, rekomendasi vendor, atau praktik proyek sebelumnya sehingga cenderung bersifat subjektif. Kondisi ini dapat menyebabkan keputusan yang kurang optimal karena belum mempertimbangkan seluruh aspek teknis dan operasional secara terukur.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu metode pengambilan keputusan yang mampu mengevaluasi berbagai kriteria secara sistematis dan objektif. Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dapat digunakan untuk menentukan bobot kepentingan setiap kriteria melalui perbandingan berpasangan (Sun, 2025), sedangkan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dapat digunakan untuk merangking alternatif *relay* berdasarkan kedekatannya dengan kondisi ideal (Qian et al., 2023). Kombinasi metode AHP–TOPSIS menawarkan proses evaluasi yang objektif, transparan, dan dapat direplikasi (Wen et al., 2023).

Namun demikian, penerapan metode AHP–TOPSIS secara spesifik untuk pemilihan *relay* proteksi pada pembangkit PLTA, terutama yang terkait integrasi digital IEC 61850, masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memberikan model evaluasi yang komprehensif guna menentukan *relay* proteksi optimal pada PLTA Asahan No. 3 serta menyediakan kerangka referensi yang dapat menjadi standar pengambilan keputusan bagi PLN dalam proyek proteksi mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pernyataan masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan bobot tingkat kepentingan setiap kriteria pemilihan *relay* proteksi pada PLTA Asahan No. 3 menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)?

2. Bagaimana mengurutkan dan mengevaluasi alternatif *relay* proteksi (P343, P643, dan P141) menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)?
3. *Relay* proteksi manakah yang paling optimal untuk diterapkan pada PLTA Asahan No. 3 berdasarkan hasil analisis metode AHP–TOPSIS?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini Penentuan *Relay* Proteksi Optimal Pada PLTA Berbasis Respon Gangguan Menggunakan Simulasi ETAP dan Metode AHP–TOPSIS adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bobot setiap kriteria pemilihan *relay* proteksi menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sehingga diperoleh nilai prioritas yang konsisten dan terukur.
2. Menganalisis alternatif *relay* proteksi menggunakan metode TOPSIS berdasarkan bobot kriteria hasil AHP untuk menghasilkan peringkat atau preferensi setiap *relay*.
3. Menentukan *relay* proteksi yang paling optimal bagi sistem PLTA Asahan No. 3 sehingga dapat mendukung peningkatan keandalan, integrasi digital, dan efektivitas pemeliharaan.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan fokus pada permasalahan yang dikaji, maka batasan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak melakukan pengujian fisik *relay* di lapangan dan tidak melakukan studi koordinasi proteksi secara detail (seperti *setting time current curve* atau analisis diskriminasi proteksi)
2. Alternatif *relay* proteksi yang dianalisis hanya meliputi *relay* P343(Proteksi Generator) , P643(proteksi Transformator) , dan P141(Proteksi *Feeder/excitation*).
3. Penentuan bobot kriteria pemilihan *relay* proteksi menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

4. Proses perangkaan alternatif *relay* proteksi dilakukan menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik dari sisi akademik maupun praktis.

1. Menambah referensi ilmiah mengenai penerapan metode AHP–TOPSIS dalam sistem tenaga listrik, khususnya dalam pemilihan perangkat proteksi pada PLTA.
2. Menyediakan kerangka pemilihan *relay* yang berbasis multi-kriteria, sehingga dapat menjadi dasar penelitian lanjutan pada sistem proteksi pembangkit atau gardu induk.
3. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori optimasi dan pengambilan keputusan teknik berbasis pendekatan kuantitatif dan objektif.