

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jaringan distribusi tegangan menengah seperti pada level 20 kV, memiliki peran vital dalam mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit atau gardu induk ke konsumen akhir. Pada umumnya, jaringan distribusi ini melayani pelanggan dengan cakupan yang sangat luas, mulai dari pelanggan perumahan, komersial hingga industri. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi listrik akibat pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi, tuntutan terhadap keandalan dan efisiensi jaringan distribusi juga semakin besar. Hal ini terutama penting untuk meminimalkan dampak dari gangguan yang dapat menyebabkan pemadaman listrik, kerugian ekonomi, serta potensi gangguan sosial yang diakibatkan oleh pemutusan pasokan listrik secara tiba-tiba.

Salah satu ancaman utama terhadap keandalan jaringan distribusi adalah terjadinya gangguan yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Gangguan ini meliputi kejadian-kejadian seperti hubung singkat antar fase, gangguan hubung tanah, gangguan karena faktor cuaca seperti petir, angin kencang, ataupun gangguan dari lingkungan seperti pohon tumbang, hewan yang mengenai konduktor, atau kerusakan peralatan akibat keausan. Setiap gangguan ini memiliki potensi untuk menyebabkan pemadaman listrik skala kecil hingga besar, tergantung pada lokasi dan tingkat keparahan gangguan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penerapan sistem proteksi yang efektif dan andal sangat diperlukan. Di antara berbagai teknologi proteksi, recloser merupakan salah satu perangkat proteksi yang penting dalam jaringan distribusi 20 kV. Recloser berfungsi sebagai pemutus otomatis yang dapat memutus aliran listrik ketika terjadi gangguan dan kemudian mencoba untuk menutup kembali rangkaian listrik setelah beberapa saat. Mekanisme ini memberikan kesempatan bagi gangguan sementara, seperti *flashover* atau petir, untuk hilang sebelum dilakukan

pemutusan permanen. Dengan demikian, penggunaan recloser sangat membantu dalam meminimalkan waktu pemadaman dan memastikan kestabilan jaringan distribusi.

Penggunaan recloser memungkinkan adanya *auto-reclosing*, yaitu tindakan untuk memulihkan jaringan listrik secara otomatis setelah gangguan terjadi. Jika gangguan bersifat sementara, recloser dapat segera memulihkan pasokan listrik tanpa intervensi manual. Namun, jika gangguan masih ada setelah beberapa kali percobaan penutupan, maka recloser akan membuka secara permanen, yang mengindikasikan bahwa diperlukan penanganan lebih lanjut oleh tim teknisi. Fungsi ini memberikan dua manfaat utama: mengurangi waktu pemadaman untuk gangguan sementara, dan meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi kebutuhan intervensi teknisi untuk gangguan kecil.

Namun, dalam praktiknya, sistem proteksi recloser sering menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan terbesar adalah koordinasi antara recloser dengan perangkat proteksi lainnya, seperti fuse dan pemutus sirkuit (*circuit breaker*). Koordinasi yang buruk antara perangkat-perangkat ini dapat menyebabkan over-protection atau under-protection, di mana gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan seluruh jaringan atau bahkan kegagalan dalam mendeteksi gangguan serius. Untuk itu, pengaturan waktu operasi recloser harus dioptimalkan agar sistem proteksi bekerja secara selektif, artinya hanya memutus bagian yang terganggu tanpa memutus seluruh jaringan.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya banyak menyoroti pentingnya koordinasi yang tepat dalam sistem proteksi jaringan distribusi. Studi oleh Kumar et al. (2020) menunjukkan bahwa pengaturan recloser yang optimal dapat mengurangi frekuensi dan durasi pemadaman listrik, serta meningkatkan keandalan jaringan distribusi secara keseluruhan. Selain itu, penelitian oleh Hossein et al. (2018) menekankan pentingnya koordinasi antara recloser dan fuse, di mana recloser harus disetel sedemikian rupa agar memberikan kesempatan fuse untuk bekerja terlebih dahulu jika terjadi gangguan lokal. Hal ini sangat penting untuk meminimalkan kerusakan pada jaringan dan memastikan bahwa hanya bagian yang terdampak yang akan diputus.

Perkembangan teknologi terbaru dalam bidang proteksi jaringan distribusi juga telah memungkinkan pengoperasian recloser secara remote melalui sistem

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Dengan sistem ini, operator dapat memantau, mengendalikan, serta mengatur ulang pengoperasian recloser secara jarak jauh, yang semakin meningkatkan efisiensi dan respon terhadap gangguan. Namun, meskipun teknologi ini telah banyak diterapkan, masih terdapat kebutuhan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja dan efektivitas sistem proteksi recloser secara menyeluruh, terutama dalam konteks jaringan distribusi 20 kV.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem proteksi recloser pada jaringan distribusi 20 kV, termasuk pengaturan, koordinasi, dan efektivitasnya dalam merespons gangguan. Penelitian ini juga akan mengevaluasi bagaimana sistem recloser dapat dioptimalkan untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik, mengurangi waktu pemadaman, serta memperpanjang umur peralatan pada jaringan distribusi. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi yang konkret untuk meningkatkan sistem proteksi pada jaringan distribusi, terutama terkait dengan penggunaan dan pengaturan recloser.

ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis, simulasi, desain, dan pengoptimalan sistem kelistrikan. Aplikasi ini banyak digunakan di berbagai industri, seperti pembangkit listrik, distribusi energi, dan manufaktur, karena kemampuannya untuk memberikan analisis yang akurat dan mendetail terhadap perilaku sistem kelistrikan dalam kondisi normal maupun gangguan. ETAP menawarkan berbagai fitur, termasuk analisis aliran daya, studi hubung singkat, stabilitas dinamis, dan koordinasi proteksi, yang memungkinkan pengguna untuk merancang sistem yang lebih andal, aman, dan efisien. Dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem tenaga listrik, ETAP menjadi alat yang sangat penting untuk memastikan keandalan operasional dan optimalisasi kinerja jaringan listrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mensimulasikan sistem proteksi recloser pada jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah (20 kV) di sistem kelistrikan meskom?
2. Bagaimana pengambilan data pada jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah (20 kV) di sistem kelistrikan meskom?
3. Bagaimana kinerja sistem proteksi *recloser* pada jaringan distribusi 20 kV dalam mendeteksi dan merespons berbagai jenis gangguan di area meskom?
4. Bagaimana analisa koordinasi antara recloser dan perangkat proteksi lainnya, seperti fuse dan pemutus sirkit (*circuit breaker*), dalam mengatasi gangguan pada jaringan distribusi 20 kV di area meskom?
5. Bagaimana analisa pengoptimalan pengaturan recloser dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional jaringan distribusi 20 kV?
6. Bagaimana kinerja sistem proteksi pada jaringan distribusi 20 KV saat terjadi gangguan, seperti hubung singkat atau arus lebih, jika dianalisis menggunakan ETAP?
7. Bagaimana hasil simulasi menggunakan ETAP dapat menunjukkan respon sistem proteksi terhadap variasi jenis gangguan dan kondisi beban pada jaringan distribusi 20 KV di area meskom?
8. Bagaimana ketepatan dan keandalan data dari analisis ETAP dalam mendukung peningkatan kualitas serta keamanan operasi pada jaringan distribusi tegangan menengah di area meskom?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya akan menganalisis sistem proteksi *recloser* pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 Kv di area meskom. Komponen proteksi lain seperti *fuse* dan pemutus sirkit akan dibahas dalam konteks

koordinasi dengan *recloser*, namun fokus utama tetap pada *recloser* di area meskom.

2. Penelitian akan membatasi jenis gangguan pada gangguan yang umum terjadi di jaringan distribusi 20 kV di area meskom, seperti gangguan hubung singkat antar fase, gangguan hubung tanah, dan gangguan eksternal seperti petir dan faktor lingkungan. Gangguan pada jaringan tegangan rendah atau gangguan di luar jaringan distribusi tidak akan dibahas.
3. Analisis kinerja proteksi recloser akan dilakukan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV yang melayani area perumahan, komersial, dan industri. Distribusi listrik di jaringan tegangan rendah atau tegangan tinggi tidak akan menjadi bagian dari penelitian ini.
4. Evaluasi terhadap pemanfaatan teknologi SCADA akan dibatasi pada pengoperasian recloser secara remote untuk memantau dan mengendalikan proteksi terhadap gangguan. Teknologi SCADA secara keseluruhan pada sistem distribusi tidak akan dibahas secara mendalam.
5. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi waktu pemutusan, waktu pemulihan, koordinasi proteksi antar perangkat, serta durasi dan frekuensi pemadaman listrik. Aspek finansial, seperti biaya operasional atau investasi dalam implementasi sistem recloser, tidak menjadi bagian dari penelitian ini.
6. Perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi dan analisis adalah ETAP, sehingga hasil yang diperoleh terbatas pada kemampuan fitur dan modul ETAP yang terkait dengan proteksi jaringan distribusi.

#### **1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian**

1. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mensimulasikan sistem proteksi recloser pada jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah (20 kV) di sistem kelistrikan Meskom. Untuk memperoleh data teknis dan operasional yang akurat dari jaringan distribusi tenaga listrik tegangan

menengah (20 kV) di sistem kelistrikan Meskom, sebagai dasar dalam perencanaan dan analisis sistem proteksi menggunakan perangkat lunak simulasi.

2. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem proteksi recloser dalam mendeteksi dan merespons gangguan pada jaringan distribusi 20 kV di area Meskom. Fokus utamanya adalah mengevaluasi koordinasi antara recloser dengan perangkat proteksi lain seperti fuse dan pemutus sirkuit, serta mengoptimalkan pengaturannya guna mengurangi waktu pemadaman dan intervensi manual. Selain itu, penelitian juga meninjau pemanfaatan teknologi SCADA untuk pengoperasian recloser secara remote. Hasilnya diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang proteksi otomatis, mempercepat pemulihan pasokan listrik, dan mengurangi frekuensi pemadaman.
3. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas sistem proteksi recloser pada jaringan distribusi 20 kV menggunakan perangkat lunak ETAP. Fokusnya adalah mengevaluasi kinerja recloser dalam menangani gangguan seperti arus lebih dan hubung singkat, serta menentukan pengaturan parameter proteksi yang optimal. Melalui simulasi ETAP, penelitian ini juga memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan jaringan distribusi listrik.

### **1.5 Metode Penyelesaian Masalah**

Penelitian ini akan dilakukan untuk menganalisis kinerja sistem proteksi recloser pada jaringan distribusi 20 kV. Berikut adalah tahapan-tahapan metode penyelesaian masalah yang akan diterapkan:

1. Pendekatan Penelitian  
Penelitian ini akan menggunakan pendekatan campuran (*mixed-method*) yang mencakup metode kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang kinerja sistem proteksi *recloser*.
2. Metode Pengumpulan Data
  - a) Melakukan kajian literatur terhadap penelitian sebelumnya, jurnal, dan

dokumen teknis mengenai *recloser* dan sistem proteksi pada jaringan distribusi 20 kV.

- b) Melakukan pengukuran langsung di lapangan untuk mengumpulkan data kinerja *recloser*, termasuk waktu pemutusan dan pemulihan, serta respons terhadap berbagai jenis gangguan.
- c) Mengadakan wawancara dengan teknisi dan operator di lapangan untuk memahami proses dan tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian *recloser*.
- d) Menyebarkan kuesioner kepada teknisi dan staf operasional untuk mengumpulkan data tentang pengalaman mereka dengan sistem proteksi *recloser*, serta masalah yang sering terjadi.

### 3. Metode Analisis Data

- a. Menggunakan perangkat lunak statistik untuk menganalisis data kuantitatif yang diperoleh dari pengukuran dan kuesioner. Parameter yang dianalisis mencakup:
  - 1) Waktu pemutusan dan pemulihan.
  - 2) Durasi dan frekuensi pemadaman listrik.
  - 3) Koordinasi antara *recloser*, *fuse*, dan pemutus sirkuit.
- b. Menganalisis data kualitatif dari wawancara dan kuesioner untuk menggali wawasan lebih dalam mengenai pengalaman praktis dan tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian *recloser*.
- c. Menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan skenario gangguan dan respons sistem proteksi *recloser*. Ini akan membantu dalam mengevaluasi efektivitas pengaturan dan koordinasi antar perangkat proteksi.

### 4. Pengujian Kinerja Sistem Proteksi Recloser

- a. Menilai kinerja *recloser* dalam mendeteksi dan merespons gangguan dengan mengidentifikasi waktu pemutusan, pemulihan, dan keandalan sistem.
- b. Menganalisis beberapa studi kasus yang melibatkan koordinasi antara *recloser* dan perangkat proteksi lainnya untuk mengidentifikasi

efektivitas dan efisiensi pengaturan waktu.

- c. Melakukan pengukuran langsung di lapangan untuk mengumpulkan data kinerja recloser, termasuk waktu pemutusan dan pemulihan, serta respons terhadap berbagai jenis gangguan.
- d. Mengadakan wawancara dengan teknisi dan operator di lapangan untuk memahami proses dan tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian recloser.
- e. Menyebarkan kuesioner kepada teknisi dan staf operasional untuk mengumpulkan data tentang pengalaman mereka dengan sistem proteksi recloser, serta masalah yang sering terjadi.

#### 5. Metode Analisis Data

- a. Menggunakan perangkat lunak statistik untuk menganalisis data kuantitatif yang diperoleh dari pengukuran dan kuesioner. Parameter yang dianalisis mencakup:
  - 1) Waktu pemutusan dan pemulihan.
  - 2) Durasi dan frekuensi pemadaman listrik.
  - 3) Koordinasi antara *recloser*, *fuse*, dan pemutus sirkuit.
- b. Menganalisis data kualitatif dari wawancara dan kuesioner untuk menggali wawasan lebih dalam mengenai pengalaman praktis dan tantangan yang dihadapi dalam pengoperasian recloser.
- c. Menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan skenario gangguan dan respons sistem proteksi recloser. Ini akan membantu dalam mengevaluasi efektivitas pengaturan dan koordinasi antar perangkat proteksi.

#### 6. Pengujian Kinerja Sistem Proteksi Recloser

- a. Menilai kinerja *recloser* dalam mendeteksi dan merespons gangguan dengan mengidentifikasi waktu pemutusan, pemulihan, dan keandalan sistem.
- b. Menganalisis beberapa studi kasus yang melibatkan koordinasi antara recloser dan perangkat proteksi lainnya untuk mengidentifikasi efektivitas dan efisiensi pengaturan waktu.

7. Pemanfaatan Teknologi SCADA
  - a. Mengkaji penggunaan teknologi SCADA dalam pengoperasian recloser secara remote, termasuk kecepatan respons dan kemampuan pemantauan.
  - b. Mengukur dampak dari pengoperasian remote terhadap waktu pemadaman dan kualitas pasokan listrik, menggunakan data dari sistem SCADA yang ada.
8. Penyusunan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis, menyusun rekomendasi untuk pengaturan recloser dan integrasi teknologi SCADA dalam jaringan distribusi. Rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem proteksi.
9. Validasi dan Verifikasi
  - a. Menggunakan metode triangulasi untuk memvalidasi data yang diperoleh dari berbagai sumber, baik kuantitatif maupun kualitatif.
  - b. Melakukan uji coba pada rekomendasi yang dihasilkan untuk menilai keefektifannya dalam praktiknya tadi lapangan.