

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi informasi dan industri di era modern telah mendorong peningkatan ketergantungan manusia terhadap energi listrik dalam berbagai aspek kehidupan. Listrik kini menjadi kebutuhan utama dalam pengoperasian berbagai sektor, mulai dari industri manufaktur, transportasi, layanan publik, hingga sistem komunikasi. Akibatnya, gangguan pasokan listrik tidak hanya berdampak pada kerugian teknis, tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan serta mengganggu aktivitas masyarakat secara luas [1].

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat tiga komponen utama yang saling terkait, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Dari ketiganya, sistem distribusi merupakan bagian yang paling akhir sebelum energi sampai ke konsumen dan sering kali menjadi titik paling rentan terhadap gangguan [2]. Apabila terjadi gangguan di sisi distribusi, maka suplai listrik ke pelanggan akan langsung terpengaruh. Oleh karena itu, peningkatan keandalan sistem distribusi menjadi fokus penting dalam menjaga kontinuitas layanan energi listrik.

Distribusi tenaga listrik memiliki peran utama dalam menyalurkan daya dari sistem transmisi ke berbagai konsumen. Kompleksitas jaringan serta kondisi lingkungan eksternal yang dinamis menjadikan sistem distribusi rentan terhadap gangguan, seperti hubung singkat antarfasa atau antara fasa dengan tanah, yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan dan penghentian pasokan listrik. Oleh sebab itu, pengelolaan sistem distribusi yang efektif sangat bergantung pada performa sistem proteksi yang andal [3][4].

Gangguan dalam sistem distribusi umumnya disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor internal seperti kerusakan komponen teknis (misalnya isolasi kabel atau trafo), serta faktor

eksternal seperti cuaca ekstrem, interaksi hewan, dan gangguan fisik lainnya. Meskipun tidak semua gangguan dapat dicegah, dampaknya masih dapat diminimalkan melalui sistem proteksi yang cepat dan selektif dalam merespons gangguan [5].

Sistem proteksi dirancang untuk mengenali gangguan dengan cepat dan mengisolasi bagian sistem yang terganggu agar tidak meluas. Dalam sistem distribusi 20 kV, perangkat seperti *Over Current Relay* (OCR) dan *Recloser* banyak digunakan. OCR berfungsi untuk memutus arus lebih secara permanen saat terjadi gangguan, sedangkan *Recloser* memiliki kemampuan untuk melakukan pemutusan dan penyambungan ulang secara otomatis apabila gangguan bersifat sementara [6] [7].

Recloser dirancang untuk mendeteksi gangguan sesaat dan melakukan penyambungan ulang dalam beberapa detik. Jika gangguan tidak hilang setelah beberapa kali percobaan, maka *Recloser* akan membuka secara permanen. Mekanisme otomatis ini sangat berguna untuk mengurangi waktu padam akibat gangguan sementara. Namun demikian, agar sistem dapat bekerja secara efektif dan selektif, dibutuhkan koordinasi proteksi yang optimal antara OCR dan *Recloser* [8].

Koordinasi proteksi bertujuan untuk mengatur parameter kerja masing-masing perangkat agar dapat merespons gangguan secara berurutan, sesuai dengan lokasi dan tingkat keparahan gangguan. Tanpa koordinasi yang tepat, kedua perangkat dapat bekerja secara bersamaan atau bahkan tidak bekerja sama sekali, yang pada akhirnya dapat memperluas area pemadaman [9][10].

Salah satu metode yang menjanjikan untuk mengoptimalkan koordinasi ini adalah *Ant Colony Optimization* (ACO). ACO merupakan teknik optimasi yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam menemukan jalur terpendek menuju sumber makanan dengan meninggalkan jejak feromon. Jejak ini menjadi penanda yang mengarahkan semut lain menuju solusi yang lebih optimal [11][12][13].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ACO mampu meningkatkan efektivitas koordinasi proteksi dalam sistem distribusi. Sebagai contoh, analisa koordinasi antara *Recloser* dan *Sectionalizer* menggunakan perangkat lunak ETAP berhasil memperkecil area terdampak gangguan dengan waktu operasi yang lebih cepat dan selektif. Studi lainnya juga menunjukkan bahwa pengaturan parameter proteksi seperti arus pickup dan waktu operasi dapat ditingkatkan efisiensinya dengan ACO [14][15].

Dalam perkembangan lanjutan, varian algoritma seperti *AS psORank* telah terbukti mampu memberikan hasil optimasi yang lebih baik dibandingkan dengan versi ACO konvensional [16][17]. Hal ini menunjukkan bahwa metode ACO tidak hanya relevan tetapi juga adaptif dalam menghadapi tantangan optimasi kompleks di sistem tenaga listrik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan untuk merancang dan menganalisa model koordinasi proteksi antara *Recloser* dan OCR menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), yang diharapkan dapat menghasilkan pengaturan parameter proteksi yang optimal dan meningkatkan keandalan sistem distribusi secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengoptimalkan koordinasi *recloser* pada sistem distribusi listrik untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem?
2. Bagaimana penerapan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam pengaturan dan koordinasi perangkat proteksi *recloser* pada jaringan distribusi?
3. Apa dampak penggunaan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam keandalan sistem distribusi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Menganalisa strategi yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan koordinasi *recloser* dalam rangka meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem distribusi listrik.
2. Mengembangkan model penerapan algoritma (ACO) untuk pengaturan dan koordinasi perangkat *Ant Colony Optimization* pada proteksi *recloser* pada jaringan distribusi listrik.
3. Mengetahui dampak penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) terhadap koordinasi keandalan sistem distribusi listrik.

1.4 Batasan Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, berikut adalah batasan masalah terkait penelitian ini:

1. Ruang lingkup sistem distribusi listrik yang dianalisa terbatas pada jaringan tegangan menengah (20 kV) dengan konfigurasi radial.
2. Studi koordinasi *recloser* difokuskan pada optimasi setelan perangkat proteksi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional tanpa memodifikasi infrastruktur fisik secara signifikan.
3. Penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dibatasi pada pengaturan koordinasi proteksi tanpa mencakup integrasi dengan perangkat proteksi lain seperti fuse atau relai diferensial.
4. Analisa dampak hanya mencakup setting proteksi *recloser* dan *Over Current Relay* pada penyulang.
5. Simulasi dilakukan menggunakan software Matlab dengan asumsi data jaringan yang ideal, tanpa *recloser*, mempertimbangkan faktor gangguan eksternal seperti cuaca ekstrem atau kerusakan mekanis.
6. Arus gangguan yang terjadi dan di Analisa hanya gangguan tiga fasa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian "Analisa Koordinasi Sistem *Recloser* pada Sistem jaringan Distribusi Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*" dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Memberikan solusi dalam optimasi pengaturan koordinasi proteksi pada sistem distribusi listrik yang lebih efisien dan andal.
2. Membantu penyedia listrik meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan mengurangi dampak gangguan serta mempercepat pemulihan pasokan listrik.
3. Menyediakan referensi ilmiah bagi pengembangan metode optimasi berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO) di bidang proteksi sistem tenaga listrik.