

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik sudah menjadi suatu kebutuhan pokok yang harus terpenuhi dan keberadaannya sangat penting bagi manusia untuk melakukan aktifitas sehari-hari. Permintaan akan energi listrik tiap tahunnya kian meningkat akibat pertambahan jumlah penduduk yang semakin tinggi. Saat ini, laju peningkatan konsumsi energi listrik tidak sebanding dengan peningkatan ketersediaan sumber energi listrik yang akan didistribusikan oleh PLN sebagai pihak penyedia listrik. Menurut data yang dilansir oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Listrik, penyediaan tenaga listrik PLN dari tahun 2014 sampai akhir tahun 2015 meningkat sebesar 602,24 GWh (0,25%). Sedangkan penjualan tenaga listrik PLN meningkat sebesar 4.244,04 GWh (2,13%).

Bertambahnya beban yang ada mengharuskan pihak penyedia listrik untuk menambah jumlah pembangkit maupun jaringan transmisi agar kualitas dari listrik yang didistribusikan ke konsumen tetap terjaga. Pembangunan unit pembangkit maupun jaringan transmisi baru akan menyebabkan sistem tenaga listrik menjadi semakin kompleks dan lebih rentan mengalami gangguan. Semakin panjangnya saluran transmisi akan menyebabkan rugi daya semakin besar dan gardu induk yang berada jauh dari sumber pembangkit akan mengalami jatuh tegangan yang cukup besar.

Pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV yang terdiri dari 8 unit pembangkit, 26 bus dan 32 saluran masih terdapat beberapa bus yang berada diluar batas peratururan tegangan pada jaringan transmisi serta rugi-rugi daya yang cukup besar. Beberapa cara untuk menstabilkan tegangan dan mengurangi rugi daya antara lain dengan menempatkan peralatan konvensional kapasitor bank atau dengan menggunakan peralatan *Flexible Alternating Current Transmission System* (FACTS).

Optimalisasi kapasitas sistem transmisi yang ada jauh lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan membangun sistem transmisi yang baru (Saadat, 1999). Kapasitor bank dan FACTS digunakan untuk memasok daya reaktif ke sistem tenaga listrik sehingga dapat memperbaiki faktor daya, memperbaiki drop tegangan, dan mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi, namun penggunaan kapasitor bank tidak fleksibel karena

besaran kapasitasnya tidak dapat diatur secara dinamis. FACTS merupakan peralatan kontrol modern berbasis semikonduktor yang memiliki fungsi serbaguna dan fleksibel pada jaringan transmisi AC (Jaya, 2011). FACTS memiliki beberapa kemampuan, antara lain meningkatkan fleksibilitas operasi, kestabilan sistem, dan pemanfaatan jaringan eksisting yang sudah ada (Narain G. H & Laszlo G., 2000). Dengan investasi yang relatif lebih murah dan waktu pemasangan yang cepat dibandingkan dengan membangun saluran transmisi maupun pembangkit baru, aplikasi peralatan FACTS banyak menjadi pertimbangan utama oleh perusahaan listrik (Indra, 2013).

FACTS pertama kali dikembangkan oleh *Electric Power Research Institute* (EPRI) di Palo Alto negara bagian California, Amerika Serikat. FACTS dapat diklasifikasikan berdasarkan tipe *impedance variabel* dan *Voltage Source Converter* (VSC). Dalam penelitian ini *Unified Power Flow Controller* (UPFC) dijadikan sebagai objek penelitian karena diantara jenis FACTS device yang memiliki load ability transfer paling tinggi dan memiliki injeksi MVAR paling besar (Rezae & Joorabian, 2011).

*Unified Power Flow Controller* (UPFC) adalah sebuah piranti FACTS yang dapat mengontrol secara simultan tiga parameter sistem tenaga listrik (impedansi saluran, sudut fasa, dan tegangan). UPFC menggunakan dua buah VSC yang dapat membangkitkan sumber tegangan serempak (Arjana, Setiawan & Budiastira, 2014). Sama seperti FACTS lain, efektivitas UPFC juga tergantung dengan letak pemasangan serta kapasitas yang diberikan pada sistem tenaga listrik (Haili, 2013). Keefektifan penentuan tempat pemasangan dan kapasitas UPFC akan berpengaruh terhadap kualitas UPFC untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya.

Metode perhitungan matematis maupun menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) dapat digunakan untuk menentukan lokasi dan kapasitas pemasangan UPFC. Penggunaan AI seperti *Genetic Algorithm*, *Particle Swarm Optimization*, *Bee Colony*, *Ant Colony*, *Gravitational Search Algorithm*, *Imperialist Competitive Algorithm* dan lain sebagainya dapat menemukan solusi optimasi lebih cepat dibandingkan metode matematis.

Dalam penelitian ini metode *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) akan diterapkan untuk menentukan lokasi dan kapasitas optimal dari UPFC karena metode ICA memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menemukan solusi optimasi dibandingkan dengan metode lain (Deepa & Rizwana, 2015). ICA adalah algoritma evolusioner yang terinspirasi dari kompetisi kekuasaan (*imperialist competition*) (Esmail A.G. & Caro Lucas, 2007).

## 1.2 Rumusan Masalah

Melihat permasalahan yang diuraikan pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana lokasi dan kapasitas pemasangan kapasitor bank dan UPFC yang optimal untuk memperbaiki profil tegangan dan menghasilkan rugi-rugi daya yang paling kecil dengan menggunakan metode ICA pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV.
2. Bagaimana perbandingan profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV antara sistem tanpa kapasitor bank maupun UPFC, sistem dengan penambahan kapasitor bank yang telah dioptimasi menggunakan metode ICA, dan sistem dengan penambahan UPFC yang telah dioptimasi menggunakan metode ICA.

## 1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah disebutkan, adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Program simulasi menggunakan program MATLAB R2016a.
2. Sistem yang ditinjau adalah sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV
3. Sistem standar IEEE 30 Bus digunakan sebagai data untuk validasi program.
4. Kondisi sistem dianggap *steady state*.
5. Metode analisis aliran daya yang digunakan adalah Newton-Raphson.
6. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi adalah metode *Imperialist Competitive Algortihm* (ICA).
7. Tidak memperhitungkan desain, faktor biaya, dan pengaruh harmonisa yang timbul pada sistem akibat adanya kapasitor bank maupun *Unified Power Flow Control* (UPFC).

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menentukan lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor bank serta UPFC yang paling optimal guna memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV menggunakan metode ICA.
2. Mendapatkan perbandingan profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV antara sistem tanpa kapasitor bank maupun UPFC, sistem dengan penambahan kapasitor bank yang telah dioptimasi menggunakan metode ICA, dan sistem dengan penambahan UPFC yang telah dioptimasi menggunakan metode ICA.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan ini diharapkan kedepannya dapat diterapkan pada sistem tenaga listrik JAMALI 500 kV maupun sistem tenaga listrik lainnya yang berkaitan dengan pemasangan kapasitor bank maupun UPFC untuk memperbaiki permasalahan profil tegangan dan rugi-rugi daya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan konsep-konsep yang dijadikan sebagai dasar teori pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisikan penjelasan tentang metode atau cara yang digunakan untuk mencapai tujuan dalam penelitian.

### **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berisikan penjelasan tentang data serta analisis hasil simulasi yang telah dilaksanakan.

### **BAB V : PENUTUP**

Berisikan kesimpulan dari analisis hasil simulasi yang telah dilaksanakan serta saran sehubungan dengan penelitian selanjutnya.