

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pembangkitan dengan sumber energi terbarukan saat ini sedang menjadi tren. Hal ini dikarenakan sumber energi ini mudah ditemukan, tersedia dalam jumlah banyak di berbagai tempat, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, banyak dikembangkan sistem tenaga listrik dengan menambahkan pembangkit yang bersumber dari energi terbarukan. Setiap tahun penggunaan energi terbarukan untuk sistem tenaga listrik semakin meningkat. Pada tahun 2022, penggunaan energi terbarukan di dunia meningkat hampir 30% dari tahun sebelumnya [1]. Pada tahun 2023, penambahan kapasitas energi terbarukan setiap tahunnya akan meningkat sebesar 510 GW dari tahun sebelumnya, dengan persentase peningkatan hampir 50%. Peningkatan kapasitas ini merupakan laju pertumbuhan tercepat dalam dua dekade terakhir. Pada tahun 2028, peningkatan kapasitas energi terbarukan diperkirakan meningkat sebesar 70% dengan kapasitas pembangkit sebesar 14.400 TWh [2].

Penambahan pembangkit pada sistem baik terbarukan maupun tidak akan mempengaruhi konfigurasi dan beberapa aspek pengoperasian sistem seperti aliran daya, perubahan rugi-rugi daya, keandalan dan juga perubahan tingkat arus hubung singkat pada sistem [3]–[7].

Mengenai kerugian dan hubungannya dengan perubahan konfigurasi sistem, beberapa penelitian dan studi telah dilakukan. Penelitian dan studi ini dikhususkan untuk mengkaji aspek-aspek seperti penempatan DG, metode yang digunakan untuk mengurangi kerugian dan aspek-aspek relevan lainnya. Dalam Referensi [3] losses pada jaringan distribusi dapat dikurangi berdasarkan lokasi penempatan DG. Dalam penelitian ini digunakan metode Monte Carlo dan diagonal band copula model sebagai teknik optimasi penentuan lokasi, hasilnya rugi-rugi daya aktif pada penyulang dapat diturunkan sebesar 71,7% menjadi 73,4%. Begitu pula pada referensi [4], dengan menggunakan Algoritma Bat (BA) untuk menentukan lokasi pembangkit diperoleh persentase penurunan rugi-rugi daya sebesar 64,42%. Pada referensi [5], algoritma Manta Ray Foraging Optimization (MRFO) yang digunakan untuk menentukan lokasi penempatan DG berhasil mereduksi kerugian sebesar 47,37% untuk penambahan single DG dan 58,68% untuk penambahan double DG.

Begitu pula pada [6] pengurangan kerugian dapat ditekan hingga 67,33% dengan mencari lokasi penempatan optimal pada sistem menggunakan teknik Cuckoo Search. Sedangkan pada penelitian Injeti [7], pengurangan kerugian dapat dicapai dengan memilih lokasi optimal yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan Improved Differential Search Algorithm (IDSA). Selain menggunakan metode-metode tersebut, lokasi DG yang optimal juga dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma

genetika (GA), particle swarm optimization (PSO), GA/PSO, simulated annealing (SA), Bacterial Foraging optimization algorithm (BFOA) dan pendekatan kill herd algorithm (KHA). Injeti [7] menunjukkan bahwa metode IDSA lebih unggul dibandingkan metode lainnya.

Menambahkan DG ke sistem juga dapat mempengaruhi keandalan sistem. Mahboob dalam [8], memperlihatkan fenomena tersebut dalam suatu sistem yang terdiri dari 4 feeder dan 22 titik beban yang disuplai dari Wind Turbine Generator (WTG). Pada [9], dengan menggunakan teknik Evolutionary Programming optimization, keandalan sistem tenaga listrik dapat ditingkatkan setelah dilakukan optimasi penempatan DG.

Penambahan DG juga bermanfaat bagi aspek keekonomian jaringan tenaga listrik. Lokasi yang tepat atau optimal akan menyebabkan biaya transmisi menjadi berkurang. Seluruh energi yang dihasilkan oleh DG dapat disalurkan dan dijual secara optimal. Hal ini memberikan keuntungan ekonomi bagi pemilik DG [10]. Penelitian yang dilakukan pada [11] juga menunjukkan hal ini, dengan menggunakan teknik Black Widow Optimizer (BWO), manfaat finansial dari Techno-Economic and Environmental Benefits (TEEBs) dari jaringan Ketenagalistrikan menjadi maksimal, ditemukan integrasi optimal dari DG Energi Terbarukan menghasilkan TEEB yang lebih tinggi dibandingkan DG tak terbarukan meskipun biaya modal DG terbarukan tinggi.

Rekonfigurasi dan pembangunan pembangkit baru di berbagai lokasi sistem juga akan mempengaruhi tingkat arus hubung singkat. Dampak negatif dari pembangunan dan integrasi pembangkit listrik baru dibahas pada [12], [13] terlihat bahwa arus hubung singkat yang dihasilkan dari rekonfigurasi sistem akan mengakibatkan kegagalan trip pada relai proteksi karena pengaturan relai akan berubah [13]. Pada [13] dicari lokasi penambahan DG yang paling optimal berdasarkan perubahan arus hubung singkat dengan menggunakan metode Algoritma Genetika. Penelitian lain terdapat pada [14], [15] dimana tegangan pada bus juga dipertimbangkan dalam menilai arus hubung singkat pada saat konfigurasi ulang sistem. Pada penelitian ini pembangkit baru ditambahkan pada bus dengan tegangan yang lebih rendah atau di bawah batas aman. Selanjutnya penelitian yang dilakukan pada [12] menyimpulkan secara umum bahwa penentuan lokasi penempatan DG yang optimal dapat mengurangi perubahan arus hubung singkat yang terjadi.

Selain dari aspek lokasi penambahan pembangkit, kapasitas pembangkit yang ditambahkan juga mempengaruhi perubahan level arus hubung singkat [16], [17]. Secara khusus, [16] menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit yang kecil dan jumlah unit yang lebih besar memiliki perubahan arus hubung singkat yang lebih kecil. Berdasarkan [17], semakin kecil selisih kapasitas maksimum dan minimum generator maka semakin kecil pula perubahan arus hubung singkat yang terjadi.

Dari sudut pandang kelistrikan dimana sistem tenaga digambarkan dengan matriks impedansi atau admitansi, konfigurasi sistem diubah dengan menambahkan pembangkit berupa penambahan bus dan impedansi/admitansi ke matriks sistem yang ada. Penambahan ini dapat dilakukan dimana saja, baik pada existing bus maupun pada bus yang baru dibuat. Dalam kondisi nyata, hal ini berarti penambahan dapat dilakukan pada lokasi pembangkit atau beban yang sudah ada atau pada titik tertentu pada sistem transmisi tenaga listrik yang sudah ada. Penambahan pembangkit dimanapun dalam sistem tenaga listrik lebih dimungkinkan jika jenis pembangkit yang ditambahkan/dibangun adalah pembangkitan berbasis sumber energi terbarukan yang fleksibel terhadap lokasi. Jenis pembangkit ini dapat berupa fuel cells, pembangkit listrik tenaga surya, power storage facilities, dan pembangkit listrik sumber fleksibel lokasi serupa lainnya.

Pada sistem tenaga listrik, perubahan sistem tenaga listrik dengan penambahan pembangkit setidaknya dapat dikategorikan menjadi empat skenario sesuai dengan letak penambahan pembangkit, yaitu: penambahan bus pembangkit baru yang dihubungkan dengan bus referensi, penambahan bus pembangkit baru yang dihubungkan dengan bus yang sudah ada pada sistem, menambahkan impedansi baru di antara bus referensi dan bus yang sudah ada pada sistem, dan menambahkan impedansi baru di antara dua bus yang sudah ada pada sistem [18]. Permasalahan pada keempat skenario lokasi penambahan yang berpengaruh terhadap arus hubung singkat ini bermula dari pertanyaan pada skenario mana yang mempunyai pengaruh perubahan arus hubung singkat terkecil (lokasi optimal). Masalah ini belum sepenuhnya dijelaskan dan dipelajari. Demikian pula pada lokasi optimal, harus ditambah berapa kapasitas pembangkit listrik yang paling tepat.

Berdasarkan uraian di atas, dan juga karena semakin meningkatnya pengembangan pembangkit energi terbarukan dan integrasinya ke dalam sistem tenaga listrik, maka dalam artikel ini dibahas pengaruh lokasi penempatan dan penambahan kapasitas pembangkit baru terhadap perubahan arus hubung singkat. Hal ini dilakukan untuk mencari lokasi optimal penempatan generator baru dengan melihat perubahan arus hubung singkat terkecil. Lokasi penambahan pembangkit baru dilakukan dengan menggunakan empat skenario berdasarkan konsep modifikasi matriks impedansi bus. Penelitian yang dilakukan pada artikel ini dapat mewakili kasus perubahan jaringan akibat penambahan pembangkit baru dari sumber energi terbarukan yang lebih fleksibel penempatannya dan menjadi tren perkembangan sistem tenaga listrik saat ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah pengaruh dari lokasi penempatan pembangkit baru terhadap perubahan arus hubung singkat?

2. Bagaimana pengaruh dari kapasitas pembangkit baru terhadap besar arus hubung singkat?
3. Dimanakah lokasi yang paling optimum untuk penempatan pembangkit baru?

### 1.3 Tujuan

1. Untuk mendapatkan hasil analisis pengaruh dari lokasi penempatan pembangkit baru terhadap perubahan arus hubung singkat.
2. Untuk mendapatkan hasil analisis pengaruh dari kapasitas pembangkit baru terhadap besar arus hubung singkat.
3. Untuk mendapatkan pengetahuan tentang lokasi optimum untuk melakukan penambahan pembangkit pada sistem tenaga listrik.

### 1.4 Batasan Masalah

1. Sistem tenaga listrik yang diuji pada penelitian ini adalah sistem IEEE 14-Bus dan jenis gangguan hubung singkat yang dihitung adalah gangguan tiga fasa simetris.
2. Skenario perubahan sistem yang dilakukan adalah: penambahan bus pembangkit pada bus baru di bus referensi, melakukan penambahan bus pembangkit di bus lain yang sudah ada, melakukan penambahan impedansi baru di antara bus referensi dan bus yang sudah ada pada sistem dan melakukan penambahan impedansi baru di antara dua buah bus yang sudah ada pada sistem.
3. Kapasitas pembangkit yang paling besar pada sistem IEEE 14-Bus dijadikan acuan untuk variasi kapasitas pembangkit baru yang ditambahkan pada sistem.
4. Variasi kapasitas pembangkit baru yang ditambahkan adalah 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 % dari kapasitas pembangkit terbesar.
5. Arus hubung singkat dihitung dengan menggunakan *software* ETAP.
6. Pembangkit yang ditambahkan adalah pembangkit secara umum, dan bukan jenis pembangkit secara spesifik.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan diketahuinya bagaimana perubahan arus hubung singkat sebelum dan setelah penambahan pembangkit, maka bisa dipilih mana lokasi yang paling baik jika ada penambahan pembangkit baru serta besar kapasitas untuk pembangkit tersebut. Hal ini dilakukan untuk memilih perangkat proteksi dengan rating arus yang lebih rendah. Perangkat proteksi dengan rating lebih rendah tentunya memiliki harga yang lebih rendah pula.

### 1.6 Kontribusi/Inovasi Penelitian

Inovasi pada penelitian ini adalah membangun sebuah algoritma untuk menentukan lokasi dan kapasitas yang optimum untuk penambahan pembangkit baru

berdasarkan perubahan arus hubung singkat. Algoritma tersebut dilakukan dengan melakukan iterasi penambahan pembangkit pada bus yang sudah ada pada sistem berdasarkan skenario perubahan matriks impedansi

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1: Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan tesis.

#### **BAB 2: Tinjauan Pustaka**

Berisikan teori-teori pendukung dalam perencanaan dan pembuatan tesis.

#### **BAB 3: Metodologi**

Berisikan langkah-langkah dan tahapan yang dilakukan dalam pembuatan tesis.

#### **BAB 4: Hasil dan Analisa**

Membahas dan menganalisa pengaruh modifikasi Zbus akibat penambahan pembangkit baru terhadap arus hubung singkat pada sistem tenaga listrik.

#### **BAB 5: Kesimpulan dan Saran**

Berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran yang dapat diberikan pada tesis ini.

