

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi energi terbarukan yang pesat menuntut adanya sistem kelistrikan yang cerdas dan adaptif untuk menjaga kestabilan dan keandalan jaringan.[1] Salah satu konsep yang banyak dikembangkan adalah microgrid, yaitu sistem distribusi energi berskala kecil yang mampu beroperasi secara terhubung maupun mandiri dari jaringan utama (grid-connected dan islanded mode). [2] Dalam operasinya, microgrid menghadapi tantangan dalam pembagian daya (power sharing) yang optimal di antara sumber-sumber energi terdistribusi (Distributed Generation). [3]

Metode droop control adalah salah satu strategi pengendalian yang diterapkan dalam sistem AC microgrid, terutama untuk memungkinkan distribusi beban secara desentralisasi tanpa perlu komunikasi antar inverter. Prinsip utama metode ini adalah meniru sifat-sifat pembangkit sinkron konvensional dengan mengaitkan daya aktif terhadap frekuensi (P - f droop) dan daya reaktif terhadap tegangan (Q - V droop). Melalui pendekatan ini, setiap unit Distribusi Energi (DG) dapat berperan dalam menyediakan beban secara otomatis sesuai dengan perubahan kondisi sistem. [4]

Salah satu kekurangan utama dari droop control tradisional adalah tingkat akurasi yang rendah dalam distribusi daya, terutama saat sistem berada dalam kondisi nonlinier atau menghadapi perubahan beban yang tiba-tiba. Dalam situasi tersebut, respons sistem sering kali kurang optimal, sehingga distribusi daya antara inverter menjadi tidak seimbang. Selain itu, kinerja kontrol droop sangat dipengaruhi oleh parameter jaringan, terutama impedansi saluran antar bus pada unit DG. Perbedaan nilai impedansi ini bisa mengakibatkan deviasi dalam distribusi daya aktif dan reaktif, yang berujung pada penurunan efisiensi serta keandalan sistem microgrid.[5]

Keterbatasan lainnya adalah karakteristik metode ini yang kurang responsif terhadap perubahan kondisi operasional. Nilai konstanta droop, yang merupakan parameter kemiringan (m dan n), biasanya ditetapkan secara tetap di fase perancangan dan tidak disesuaikan secara real-time. Akibatnya, sistem tidak dapat merespons dengan baik terhadap variasi

beban maupun perubahan keadaan sumber energi. Ini menjadi semakin penting saat microgrid menggabungkan sumber energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang memiliki karakteristik keluaran daya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti intensitas radiasi matahari dan suhu.[6]

Selain itu, kontrol droop konvensional juga belum secara efektif menangani ketidakpastian yang ada dalam sistem, baik yang disebabkan oleh fluktuasi beban maupun dari sumber energi terbarukan, dengan demikian ada beberapa jenis control yang sudah dikembangkan untuk menangani beberapa kendala tersebut yaitu :

1. Droop Control dengan Secondary Control

Sistem ini menambahkan lapisan kontrol sekunder untuk memperbaiki error tegangan dan frekuensi. Meskipun dapat meningkatkan akurasi, metode ini membutuhkan komunikasi antar DG yang meningkatkan kompleksitas sistem dan waktu respon.

2. Adaptive Droop Control

Metode ini menggunakan algoritma adaptif untuk menyesuaikan nilai droop coefficient secara real-time. Namun, pendekatan ini masih memiliki keterbatasan dalam menghadapi non linieritas tinggi dan ketidakpastian sumber energinya.

3. Fuzzy Logic Control (Type-1)

Kontrol Fuzzy Type-1 telah diterapkan untuk meningkatkan respons sistem terhadap perubahan beban dengan aturan berbasis logika linguistik. Meskipun lebih fleksibel daripada droop konvensional, Fuzzy Type-1 hanya dapat menangani ketidakpastian tingkat rendah, karena fungsi keanggotaannya bersifat deterministik.

Dengan beberapa jenis control yang sudah ada saat ini maka pada Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem kontrol berbasis kecerdasan buatan dalam proses pembagian daya pada AC microgrid, sehingga sistem mampu menyesuaikan kondisi beban dan variasi daya masukan secara dinamis. Alasan menggunakan metode kontrol cerdas menggunakan sistem fuzzy type 2 adalah dapat meningkatkan efisiensi, kestabilan frekuensi, serta kualitas tegangan pada sistem microgrid yang kompleks dibandingkan dengan sistem sebelumnya yang dimana menggunakan sistem fix control yang dimana kekurangan dalam sistem fix control ini adalah fleksibilitas untuk

merespons perubahan dinamis, seperti variasi beban dan produksi energi terbarukan yang tidak dapat diprediksi. Hal ini dapat menyebabkan ketidakstabilan seperti penyimpangan frekuensi dan tegangan, yang solusi tradisionalnya adalah memutus beban atau membatasi energi terbarukan. [7]

Pada penelitian ini, Fuzzy Logic Type-2 tidak digunakan untuk menggantikan konsep droop control secara keseluruhan, tetapi berfungsi sebagai pengendali cerdas (Intelligent Controller) yang melakukan penyesuaian terhadap mekanisme pembagian daya berdasarkan kondisi operasi sistem secara real-time. Variabel masukan berupa deviasi frekuensi (*frequency error*) dan perubahan deviasi frekuensi (*change of error*) diproses menggunakan mekanisme inferensi fuzzy untuk menghasilkan sinyal kendali yang mampu memperbaiki respons dinamis sistem. Dengan pendekatan tersebut, sistem dapat merespons perubahan beban secara lebih cepat dibandingkan metode konvensional sehingga penyimpangan frekuensi dapat diminimalkan.

Fungsi objektif dari penelitian ini adalah merancang dan menganalisis Intelligent Power Sharing Control berbasis Fuzzy Logic Type-2 yang mampu meningkatkan performa AC microgrid pada kondisi islanded. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan deviasi frekuensi akibat perubahan beban, meningkatkan keseimbangan pembagian daya aktif dan daya reaktif antar Distributed Generation, mempercepat waktu pemulihan sistem (*recovery time*), serta mempertahankan kualitas tegangan agar tetap berada dalam batas operasi yang diizinkan. Keberhasilan metode yang diusulkan dievaluasi melalui simulasi menggunakan MATLAB/Simulink dengan membandingkan performa sistem sebelum dan sesudah penerapan pengendali Fuzzy Type-2.[8]

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang terjadi pada sistem AC microgrid dalam pengaturan pembagian daya, yaitu:

1. Bagaimana meningkatkan metode kontrol konvensional menangani non-linearitas dan gangguan sistem, sehingga diperlukan metode kontrol cerdas yang lebih adaptif dan sistem handal seperti Fuzzy Type-2.
2. Bagaimana memperbaiki Respon sistem yang masih lambat terhadap perubahan beban tidak adaptif, karena tidak

- memiliki kemampuan pengambilan keputusan secara real-time.
3. Bagaimana meredam Tingkat fluktuasi frekuensi yang masih tinggi akibat tidak adanya mekanisme kontrol yang mampu mengatasi ketidakpastian pada sumber energi terbarukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol pada ac microgrid yang mana menggunakan sistem control fuzzy type 2 untuk mengoptimalkan pembangkit energi baru terbarukan.

Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah :

1. Merancang model AC microgrid yang terdiri atas dua Distributed Generation berbasis inverter pada lingkungan MATLAB/Simulink.
2. Merancang pengendali Intelligent Power Sharing menggunakan Fuzzy Logic Type-2 dengan masukan berupa deviasi frekuensi dan perubahan deviasi frekuensi.
3. Menganalisis karakteristik Fuzzy Logic Type-2 dalam memperbaiki pembagian daya aktif dan daya reaktif antar Distributed Generation.
4. Menganalisis pengaruh penggunaan Fuzzy Logic Type-2 terhadap respons frekuensi, tegangan, serta waktu pemulihan sistem ketika terjadi perubahan beban.
5. Membandingkan performa sistem sebelum dan sesudah penerapan Fuzzy Logic Type-2 berdasarkan parameter frekuensi, tegangan, daya aktif, dan daya reaktif.

1.4 Batasan Masalah

Supaya pembahasan tidak menyimpang dari tujuan penulisan penelitian ini, maka penulis sampaikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem **AC microgrid** yang beroperasi pada kondisi **islanded mode**.
2. Sistem terdiri atas dua unit Distributed Generation berbasis inverter yang masing-masing merepresentasikan pembangkit energi terbarukan.
3. Pengendalian pembagian daya dilakukan menggunakan metode **droop control** yang dipadukan dengan **Fuzzy Logic Type-2**

sebagai pengendali cerdas.

4. Variabel yang dianalisis meliputi daya aktif, daya reaktif, frekuensi, dan tegangan.
5. Pengujian dilakukan melalui simulasi menggunakan MATLAB/Simulink tanpa implementasi perangkat keras.
6. Gangguan yang diberikan berupa peningkatan beban secara tiba-tiba untuk mengevaluasi respons dinamis sistem.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan skripsi ini disusun secara sistematis agar mempermudah dalam memahami pembahasan laporan skripsi ini. Struktur penelitian ini disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan, dengan susunan sebagai berikut.

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan penyusunan skripsi, berupa Latar Belakang, Rumusan Masalah, dan Batasan Masalah, Manfaat Penulisan, Metodologi Penelitian serta Sistematika Penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan beberapa teori diantaranya mengenai tentang sistem microgrid, jenis jenis microgrid, distributet generation, droop control dan beberapa teori pendukungnya.

BAB III : Metodologi Penelitian

Pada bagian bab 3 ini menjelaskan mengenai perencanaan dan pengerjaan design sistem microgrid yang berbasis control fuzzy type 2

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas data yang diolah, hasil simulasi menggunakan *simulink*, serta pembahasan, dan analisa dari simulasi

BAB V : Kesimpulan dan Penutup

Pada bab ini memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang dapat digunakan sebagai tindak lanjut dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN