

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai tulang punggung energi modern, sistem kelistrikan bertegangan tinggi sangat penting untuk pasokan listrik yang stabil. Sistem tenaga listrik bertujuan untuk menyediakan dan menyalurkan energi listrik secara andal dan terus menerus kepada beban (Ekoriskiyanto dkk., 2019) . Untuk memberikan pelayanan yang handal, sistem tenaga listrik harus tetap utuh dan mampu mengatasi berbagai masalah yang mungkin terjadi (Djalal & Robandi, 2022). Salah satu syarat keandalan sistem tenaga listrik adalah kontinuitas pelayanan kepada konsumen (Barlian dkk., 2023). Maksud dari keandalan pada sistem tenaga listrik ini yaitu memberikan kualitas yang sangat baik dengan cara memberikan atau menyalurkan tenaga listrik yang layak dan cukup (A.S & Ilyas, 2023). Selain itu perlu di lihat juga dari kemampuan sistem tersebut untuk bertahan ketika terdapat gangguan yang terjadi secara mendadak. Banyak gangguan yang terjadi namun bila dilihat dari frekuensi terjadinya gangguan, pada saluran transmisi adalah yang paling sering terjadi (Syahputra dkk., t.t.). Untuk menjaga keandalan, penting memahami dampak kegagalan sistem, terutama pada saluran transmisi yang rentan terhadap gangguan.

Kegagalan sistem, seperti hilangnya satu saluran kontingensi N-1, lepasnya unit pembangkit, lepasnya saluran transmisi, hubung singkat dan hilangnya elemen sistem (A.S & Ilyas, 2023). Dalam situasi kontingensi N-1, hilangnya salah satu elemen sistem, seperti saluran transmisi, akan memengaruhi distribusi beban pada sistem tenaga listrik. Kondisi ini memunculkan tantangan tersendiri yang perlu segera ditangani. Jika sebuah saluran transmisi mengalami kontingensi N-1, beban yang dipikulnya akan dialihkan ke saluran lain yang tersisa, sehingga saluran yang tersisa tersebut akan semakin berat bebannya dan dapat mengakibatkan terjadinya overload (Setiawan dkk., 2023). Kontingensi N-1 yang tidak segera ditangani akan menimbulkan kontingensi N-2 di mana terdapat dua komponen dalam sistem ketenagalistrikan terputus secara berurutan (Risqi & Sunardiyo, 2024). Akibatnya, kondisi ini melanggar aturan dan bisa menyebabkan seluruh listrik padam (blackout).

Dalam upaya menjaga kontinuitas pasokan listrik, mitigasi yang tepat menjadi hal yang sangat penting. Salah satu pendekatan yang efektif untuk mencapai hal ini adalah melalui analisis kontingensi. Analisis kontingensi digunakan untuk menguji kekuatan sistem saat terjadi gangguan. Dalam analisis kontingensi sistem tenaga, diusulkan simulasi dengan metode berbasis aliran daya Newton-Rhapson untuk mengetahui nilai aliran daya (Setiawan dkk., 2023).

Hasilnya didapatkan dari perhitungan beban (load flow) untuk memperkirakan berbagai masalah yang mungkin muncul di masa depan. Dengan pengoperasian sistem untuk mengatasi terjadinya kasus-kasus yang ditimbulkan oleh kontingensi saluran transmisi (Liga & Randa, t.t.). Oleh karena itu, analisis kontingensi dapat menjadi sebuah solusi untuk menganalisa suatu sistem tenaga listrik untuk mencegah pemadaman meluas (Opa Mustopa dkk., 2024). Data yang diperoleh dari hasil analisis kontingensi ini sangat berguna untuk langkah selanjutnya dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik.

Data-data hasil analisis inilah yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi elemen sistem tenaga listrik yang tidak beroperasi dengan baik (Gusmedi & Legita, 2022). Dengan mengidentifikasi permasalahan yang muncul akibat kontingensi N-1, maka dapat dilakukan upaya perbaikan sistem untuk mencapai tingkat keandalan N-1. Setelah identifikasi masalah kontingensi N-1, langkah berikutnya adalah menerapkan sistem ranking analisis kontingensi untuk mengukur dampaknya melalui performansi indeks. Sistem ranking analisis kontingensi N-1 merupakan sistem yang dilakukan dengan cara menganalisa aliran daya ketika terjadi pelepasan saluran tertentu yang kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan indeks performa tegangan (PIV) dan indeks performa daya aktif (PIp) (Gusmedi & Legita, 2022). Performansi indeks dapat dijadikan indikator untuk mengukur tingkat keparahan suatu kontingensi N-1.

Mengingat pentingnya mitigasi risiko dalam sistem tenaga listrik, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kontingensi komprehensif terhadap saluran transmisi Subsistem Jambi 150 kV. Melalui simulasi gangguan, penelitian ini berupaya memprediksi dampak propagasi gangguan, mengidentifikasi titik-titik lemah sistem, dan merancang strategi mitigasi risiko yang optimal

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ulasan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah besaran *Performance Index* (PI) dari masing-masing saluran transmisi pada subsistem 150 kV Jambi setelah mengalami kontingensi tunggal N-1?
2. Bus mana yang mengalami deviasi tegangan di luar batas toleransi pada saluran transmisi Subsistem Jambi 150 kV akibat kontingensi tunggal N-1?

3. Apa solusi yang efektif untuk mengatasi bus yang terdampak penurunan tegangan signifikan?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi untuk memberikan arah yang lebih terarah pada pembahasan. Adapun batasan masalah dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan sistem hanya dilakukan pada sistem transmisi Subsistem 150 kV Provinsi Jambi.
2. Studi ini berfokus pada analisis karakteristik tegangan bus dan aliran daya pada sistem transmisi 150 kV di Subsistem interkoneksi Jambi.
3. Simulasi aliran daya pada sistem tenaga listrik dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1 dengan input data yang spesifik untuk menjalankan analisis beban (load flow).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan prioritas perbaikan saluran transmisi 150 kV Jambi dengan perhitungan Performance Index (PI) untuk gambaran ketahanan dan keandalan pasca-simulasi kontingensi (N-1)
2. Mengidentifikasi bus-bus yang mengalami deviasi tegangan di luar batas toleransi akibat gangguan tunggal N-1 pada sistem transmisi 150 kV Jambi.
3. Evaluasi dan usulkan solusi untuk mengatasi penurunan tegangan pada bus terdampak gangguan, guna meningkatkan keandalan dan kualitas daya sistem transmisi 150 kV Jambi

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dijadikan acuan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan pasokan listrik dengan mengidentifikasi dan mengatasi titik rawan kegagalan pada Subsistem Jambi 150 kV.
2. Penelitian ini berpotensi berkontribusi besar pada inovasi teknologi di bidang teknik elektro, terutama dalam sistem tenaga listrik yang kompleks.