

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang andal dan aman, keandalan sistem tenaga listrik menjadi faktor krusial yang tidak dapat diabaikan. Sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik membutuhkan berbagai komponen pendukung yang berfungsi untuk menjaga kestabilan dan keselamatan penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju konsumen. Salah satu komponen penting tersebut adalah isolator. Isolator berfungsi untuk menopang konduktor bertegangan serta memisahkan bagian-bagian aktif dari struktur yang dibumikan agar tidak terjadi aliran arus yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, keandalan isolator sangat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem tenaga listrik [1].

Dalam sistem transmisi dan distribusi, isolator sering kali digunakan di lingkungan luar (*outdoor*) yang secara langsung terpapar oleh berbagai kondisi cuaca dan lingkungan. Paparan jangka panjang terhadap kelembaban tinggi, hujan, angin, sinar ultraviolet (UV), serta kontaminasi udara dapat menyebabkan penurunan performa isolasi dari isolator. Salah satu permasalahan lingkungan yang signifikan adalah kontaminasi permukaan isolator oleh partikel garam (NaCl), terutama di daerah pesisir. Garam laut merupakan salah satu kontaminan paling umum dan agresif yang dapat menyebabkan kerusakan permukaan isolator dan meningkatkan risiko terjadinya arus bocor serta *flashover* [2].

Tradisionalnya, isolator yang digunakan dalam sistem distribusi adalah isolator keramik karena sifat mekanis dan ketahanannya terhadap suhu yang tinggi. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, isolator berbahan polimer mulai banyak digunakan sebagai alternatif karena memiliki berbagai keunggulan. Isolator polimer lebih ringan, lebih mudah dipasang, tahan terhadap vandalisme, serta memiliki sifat hidrofobik alami yang mampu mencegah terbentuknya jalur konduktif dari air di permukaannya. Sifat hidrofobik ini menjadi alasan utama pemilihan isolator polimer dalam lingkungan dengan kelembaban tinggi [3].

Namun demikian, keandalan isolator polimer sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Sifat hidrofobik dari material polimer dapat menurun seiring waktu akibat kontaminasi oleh berbagai polutan, termasuk debu industri, asap kendaraan, dan yang paling berbahaya partikel garam laut. Garam yang bersifat higroskopis akan menyerap uap air dari udara, lalu membentuk lapisan film elektrolit yang konduktif di permukaan isolator ketika kelembaban meningkat atau saat terjadi hujan. Kontaminasi ini menyebabkan meningkatnya arus bocor (*leakage current*) pada permukaan isolator, yang dapat mempercepat proses penuaan material, degradasi permukaan, serta menyebabkan gangguan kelistrikan dalam bentuk *flashover* [4].

Dalam kondisi kering, partikel garam dapat membentuk lapisan kristal tipis di permukaan isolator. Meskipun tampak tidak aktif secara konduktif, lapisan ini tetap mengandung potensi bahaya karena dapat menjadi sangat konduktif begitu bersentuhan dengan air atau uap air. Sementara itu, dalam kondisi basah, air yang membasahi lapisan garam ini akan membentuk jalur konduktif yang memperbesar peluang terjadinya arus bocor. Kombinasi antara kontaminasi garam dan kelembaban inilah yang menjadi salah satu penyebab utama kegagalan isolator luar ruang, terutama dalam jangka panjang [5].

Tak hanya itu, keberadaan arus bocor akibat kontaminasi garam juga menimbulkan rugi-rugi daya (*power losses*) dalam sistem distribusi listrik. Arus bocor yang mengalir terus-menerus di permukaan isolator menyebabkan dissipasi energi dalam bentuk panas, yang secara akumulatif dapat menurunkan efisiensi sistem distribusi. Selain menurunkan efisiensi energi, rugi-rugi daya ini juga berdampak pada meningkatnya biaya operasional dan pemeliharaan sistem kelistrikan. Dalam jangka panjang, fenomena ini dapat mengakibatkan penurunan umur isolator dan berisiko menyebabkan pemadaman listrik akibat kegagalan isolasi [6].

Penelitian tentang pengaruh kontaminasi garam terhadap arus bocor pada isolator polimer penting dilakukan mengingat banyaknya wilayah di Indonesia yang memiliki iklim tropis dengan kelembaban tinggi dan curah hujan yang signifikan, serta garis pantai yang sangat panjang yang berpotensi memberikan paparan kontaminasi garam secara terus-menerus. Pemahaman yang lebih mendalam terhadap perilaku arus bocor dalam keadaan kering, pada isolator polimer akan membantu dalam menentukan strategi pemeliharaan yang tepat, pemilihan jenis isolator yang sesuai, serta kebijakan perencanaan dan pengoperasian sistem kelistrikan di wilayah dengan risiko kontaminasi tinggi [7].

Selain itu, analisis arus bocor juga penting sebagai indikator awal untuk mengidentifikasi potensi kerusakan dini pada isolator, karena arus bocor dapat menyebabkan pemanasan lokal, perubahan sifat fisik dan kimia material isolator, serta meningkatkan risiko kegagalan sistem. Dalam jangka panjang, hal ini dapat mengganggu kontinuitas pelayanan listrik dan bahkan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar, baik bagi penyedia energi listrik maupun bagi konsumen [8].

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh data eksperimen yang menggambarkan perilaku arus bocor pada isolator polimer yang terkontaminasi garam. Dengan begitu, hasil penelitian ini tidak hanya akan memperluas wawasan ilmiah mengenai keandalan isolator berbahan polimer di lingkungan tropis, tetapi juga memberikan masukan praktis bagi para praktisi kelistrikan, perusahaan penyedia tenaga listrik, dan pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan teknis yang lebih bijak dan tepat guna.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh bahan polutan garam terhadap arus bocor pada isolator berbahan polimer dalam keadaan kering?
2. Bagaimana karakteristik resistansi permukaan pada isolator polimer yang terkontaminasi garam dalam keadaan kering?
3. Bagaimana pengaruh arus bocor terhadap rugi-rugi daya listrik pada isolator polimer yang terkontaminasi garam dalam keadaan kering?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui besarnya arus bocor pada isolator polimer yang terkontaminasi garam.
2. Untuk mengetahui besarnya resistansi permukaan pada isolator polimer yang terkontaminasi garam.
3. Untuk mengetahui pengaruh arus bocor terhadap rugi-rugi daya pada isolator polimer yang terkontaminasi garam.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat, antara lain:

1. Dari segi ilmiah, hasil skripsi ini diharapkan dapat memperluas wawasan mengenai mekanisme terjadinya arus bocor pada isolator polimer yang terkontaminasi garam.
2. Dari segi akademik, skripsi ini dapat menjadi sarana penerapan ilmu yang telah diperoleh penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Andalas.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis isolator yang digunakan adalah isolator polimer berbahan dasar *silikon rubber* dengan bentuk dan spesifikasi standar untuk sistem distribusi tegangan menengah 20 kV.
2. Pengujian dilakukan dari tingkat polutan bersih, ringan ($0,04 \text{ mg/cm}^3$), sedang ($0,08 \text{ mg/cm}^3$) dan berat ($0,12 \text{ mg/cm}^3$) serta meningkatkan tingkat tegangan secara bertahap (13 kV, 15 kV, 17 kV, 19 kV, 21 kV).
3. Parameter yang diamati adalah nilai arus bocor, resistansi permukaan dan rugi-rugi daya isolator polimer pada kondisi kering.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memuat uraian mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan ruang lingkup penelitian, tujuan yang ingin dicapai, manfaat dari penelitian, serta gambaran umum mengenai susunan bab dalam laporan ini.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas teori-teori dasar yang relevan dan menjadi landasan dalam menyusun penelitian, termasuk hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik yang diangkat.

- **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan pendekatan dan metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, meliputi studi pustaka, pengumpulan data, langkah-langkah perhitungan, analisis data, serta cara penarikan kesimpulan dan pemberian saran.

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi pemaparan data hasil penelitian yang telah diperoleh, baik dari pengujian maupun perhitungan. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui keterkaitan dengan teori yang ada serta tujuan penelitian. Pada bagian ini juga dilakukan pembahasan mengenai temuan penelitian, interpretasi hasil, perbandingan dengan penelitian terdahulu, serta faktor-faktor yang memengaruhi hasil penelitian.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan, yang menjawab perumusan masalah dan tujuan penelitian. Selain itu, disajikan pula saran-saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya maupun penerapan hasil penelitian di lapangan.