

## Bab I Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Bahan isolasi merupakan bahan utama pada peralatan listrik. Isolasi berfungsi mencegah hubung singkat, lompatan api, ataupun percikan api antara konduktor dengan elektroda lain di sekitarnya. Umumnya bahan isolasi sangat sulit diketahui sifat listrik dan mekaniknya secara terperinci [1].

Kemampuan isolasi untuk menahan tegangan disebut kekuatan dielektrik, semakin tinggi kekuatan dielektrik bahan isolasi maka bahan isolasi tersebut semakin baik digunakan, terutama pada peralatan listrik tegangan tinggi. Kekuatan dielektrik pada bahan isolasi sangat penting dalam menentukan kualitas isolator yang akan mendukung keseluruhan sistem tenaga listrik [2]. Namun pada pemakaiannya terdapat kegagalan dielektrik yang disebabkan kegagalan fungsi isolasi, waktu pemakaian yang lama, dan kerusakan mekanis, sehingga dapat menyebabkan menurunnya kualitas bahan isolasi yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

Bahan isolasi yang banyak digunakan untuk peralatan tegangan tinggi saat ini adalah material polimer. Material polimer memiliki banyak keunggulan dibanding dengan material lain [3]. Diantaranya memiliki sifat tahan air, sifat termal, dan kekuatan mekanik yang baik [4]. Beberapa jenis polimer yang biasa digunakan diantaranya *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polymethyl Methacrylate* (PMMA), dan *Silicone Rubber* (SiR), *High Density Polyethylen* (HDPE), *Crosslink Polyethylen* (XLPE), serta *Polyvinyl Chloride* (PVC) [5, 6]. Bahan polimer yang sering digunakan adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE). Karena LDPE memiliki sifat mekanis yang kuat, sedikit tembus cahaya, fleksibel dan permukaan sedikit berlemak [4]. Meskipun isolasi LDPE memiliki karakteristik yang sangat baik, akan tetapi dalam penggunaannya masih terjadi kegagalan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi performansi material polimer, salah satunya cacat pada material polimer yang digunakan. Cacat timbul dalam bentuk void, ketidakmurnian, dan tonjolan pada permukaan antara lapisan semikonduktor, antara lapisan konduktor, atau antara lapisan isolasi. Sehingga dapat meningkatkan tekanan medan listrik pada bagian yang cacat.

Akibat adanya tekanan listrik yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan penuaan. Pada bagian yang cacat tersebut akan terjadi peristiwa peluahan sebagian (PS) dan diikuti timbulnya pohon elektrik yang merupakan awal terjadinya kegagalan pada isolasi polimer [7, 8]. Tingkat kerusakan pada bahan isolasi karena peristiwa peluahan sebagian menunjukkan buruknya ketahanan isolasi yang digunakan [9].

Peristiwa PS mengakibatkan terjadinya beberapa fenomena, antara lain: pulsa listrik, radiasi elektromagnetik, cahaya, panas, tekanan gas, dan sebagainya. Efek yang ditimbulkan pada peristiwa PS dapat digunakan sebagai cara pendeteksian adanya aktifitas PS [10]. Jika pada suatu bahan isolasi terjadi peristiwa PS, ini menandakan adanya kerusakan isolasi atau kurangnya kualitas isolasi tersebut. Adapun fenomena lain yang dapat terjadi meliputi korona, peluahan pada permukaan, peluahan pada material terlaminsi, peluahan pada rongga dan peluahan sebagian pada isolasi padat [8].

Analisis peluahan sebagian berguna untuk mendiagnosis tingkat degradasi polimer. Fenomena *pre-breakdown* dapat dideteksi dengan pengamatan dan pengukuran pulsa PS. Studi mengenai pengukuran PS menyatakan bahwa PS sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, gas yang mengisi rongga serta tekanan, kelembaban, dan temperatur. [11]. Oleh karena itu mempelajari PS menjadi penting karena dengan mengetahui tingkat PS suatu isolasi dapat diperkirakan kondisinya. Bahkan ada upaya untuk menggunakan informasi PS untuk memprediksi umur sisa isolasi [10].

Pengamatan distribusi medan listrik pada peristiwa peluahan sebagian melalui pengujian langsung tidak dapat dilakukan, keterbatasan ini dapat ditutupi melalui permodelan. Pemodelan suatu bahan isolasi memerlukan perangkat lunak

penunjang, diantaranya adalah Matlab, AutoCAD, PTC Creo Parametric, PTC Pro/ENGINEER, Revit, SOLIDWORKS, Solid Edge, COMSOL Multiphysics, dan lain-lain. Salah satu perangkat lunak yang sering dipakai adalah COMSOL Multiphysics. Kelebihan perangkat lunak ini adalah mendukung pembuatan permodelan dan pembuatan aplikasi, seperti menyediakan ruang dimensi, pemilihan bidang kajian fisika, pemilihan studi, mesh dan pembuatan simulasi.

Mesh digunakan sebagai *finite element* (elemen berbatas). Konsep paling dasar dari elemen berbatas adalah menyelesaikan suatu masalah dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digunakan kembali untuk mendapatkan penyelesaian keseluruhan daerah permodelan. Permodelan dengan perangkat lunak COMSOL Multiphysics dapat digunakan untuk mengetahui distribusi medan listrik. Distribusi medan listrik disimulasikan menggunakan analisis elemen berhingga untuk mempelajari pengaruh medan listrik pada PS karena geometri elektroda yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, diperlukan ukuran elemen yang sangat halus dan dikendalikan oleh bidang fisika.

Walaupun memiliki kelebihan, perangkat lunak COMSOL Multiphysics memiliki kelemahan karena memerlukan spesifikasi prosesor dan memori yang tinggi, minimum spesifikasi yang dibutuhkan adalah RAM 2 GB dan operasi sistem 32-bit. Kelemahan tersebut dapat ditutupi dengan perkembangan PC ataupun laptop dengan spesifikasi semakin tinggi tapi harga yang semakin murah, sehingga pemodelan dengan COMSOL Multiphysics dapat dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan permodelan PS pada bahan polimer LDPE menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics. Penelitian ini menggunakan dua permodelan yaitu permodelan tanpa void dan menggunakan void pada tiga jenis elektroda dengan menerapkan tegangan tinggi 0 kV, 1 kV, 10 kV, 12 kV, 14 kV, 16 kV, 18 kV, dan 20 kV. Didapatkan bahwa pada permodelan menggunakan void dapat mengetahui distribusi tegangan yang terjadi di dalam isolasi LDPE dengan perubahan warna.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Pengamatan distribusi medan listrik selama peristiwa peluahan sebagian pada isolasi LDPE dengan menggunakan berbagai elektroda melalui pengujian langsung tidak dapat dilakukan. Keterbatasan ini dapat ditutupi dengan permodelan.
2. Distribusi medan pada bahan isolasi LDPE akibat pengaruh berbagai elektroda menggunakan metode elemen berhingga dapat dilakukan dengan alat bantu perangkat lunak COMSOL Multiphysics.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mensimulasikan distribusi medan listrik pada peristiwa peluahan sebagian akibat pengaruh berbagai elektroda menggunakan metode elemen berhingga.
2. Mengetahui perilaku medan listrik pada isolasi polimer LDPE selama peristiwa peluahan sebagian.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dan penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat berupa :

1. Memberikan informasi mengenai distribusi medan listrik selama peristiwa peluahan sebagian pada isolasi LDPE akibat berbagai elektroda menggunakan metode elemen berhingga.
2. Memberikan informasi mengenai distribusi medan listrik pada bahan isolasi LDPE menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Permodelan yang dilakukan menggunakan isolasi polimer LDPE.
2. Perangkat lunak yang digunakan pada permodelan ini adalah COMSOL Multiphysics.
3. Perumusan matematis yang digunakan terbatas pada pengujian peluahan sebagian pada isolasi polimer LDPE.
4. Ada tiga jenis elektroda yang digunakan yaitu elektroda jarum-jarum, elektroda bola-bola, dan elektroda plat-plat.
5. Void yang digunakan berbentuk silinder dengan material pengisi karbon dioksida.
6. Permodelan yang dibuat hanya untuk menampilkan hasil berupa distribusi medan listrik pada bahan isolasi LDPE akibat berbagai elektroda menggunakan metode elemen berhingga.
7. Metode elemen berhingga yang digunakan hanya pada permodelan isolasi LDPE dan elektroda yang digunakan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pada laporan akhir ini, disusun dalam beberapa bab dengan sistematika tertentu. Sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I                    PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang dari masalah dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang akan didapatkan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II                  TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai teori-teori pendukung yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam tugas akhir ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memberikan informasi mengenai metodologi penelitian yang digunakan, berupa metoda penelitian, diagram alir (flowchart) penelitian, perangkat lunak yang digunakan, dan langkah-langkah pembuatan permodelan peluahan sebagian pada isolasi polimer LDPE menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan hasil simulasi distribusi medan listrik pada isolasi LDPE akibat pengaruh berbagai elektroda menggunakan metode elemen berhingga pada perangkat lunak COMSOL Multiphysics.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran terkait untuk penelitian selanjutnya.

