

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolator listrik adalah komponen listrik yang penting untuk mendukung keselamatan operasi dan implementasi ketenagalistrikan. Agar berfungsi dengan baik, isolator harus mematuhi standar yang ditentukan[1]. Isolator adalah perangkat yang secara elektrik dapat memisahkan dua atau lebih konduktor listrik yang berdekatan[2]. Ada beberapa jenis-jenis isolator diantaranya keramik, kaca dan polimer. Salah satu jenis isolator yang umum digunakan adalah jenis isolator keramik yang memiliki kelebihan pada kekuatan mekaniknya sehingga tidak mudah mengalami kerusakan ketika mengalami degradasi akibat cuaca. Namun kekurangan jenis isolator ini adalah dari sifat hidrofiliknya yang membuat air mudah menyerap pada permukaan isolator dan menyebabkan terjadinya arus bocor [3]. Selain itu, ada juga isolator kaca dengan kelebihan, seperti konduktivitas termal yang rendah, tahan korosi, keras dan kuat. Namun isolator jenis kaca juga memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat, dan permukaannya yang bersifat menyerap air (hidrofilik) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor (*flashover*)[4]. Berikutnya bahan isolator polimer. Pada tahun 1963, isolator polimer dikembangkan dan ditingkatkan sampai saat ini. Isolator polimer juga dikenal sebagai isolator non-keramik atau isolator komposit[5]. Isolator ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan lain seperti memiliki sifat tolak air, sifat termal, dan sifat dielektrik yang sangat baik, yang ditandai dengan tingkat tegangan tembus yang tinggi. Selain itu, bahan polimer ringan dan mudah dalam proses pembuatannya[6].

Pemilihan isolator polimer pasangan luar (*Outdoor Insulation*) harus memperhitungkan jarak rambat spesifik minimum berdasarkan International Standard IEC 815, dengan mempertimbangkan tegangan sistem dan tingkat polusi yang dapat terjadi pada daerah isolator akan dipasang[7]. Sebagai isolator pasang luar, kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kinerja material itu sendiri[8]. Pengaruh polusi udara seperti debu, asap dan garam laut serta basah kering yang menempel pada permukaan isolator dan membentuk lapisan kontaminan. Kontaminasi yang bersifat konduktif dan kontaminasi yang bersifat lembab sebagian besar dibawa oleh angin ke permukaan isolator. Semakin tinggi tingkat polusi di sekitar isolator, semakin tinggi juga lapisan kontaminasi isolator tersebut. Ketika terjadi tekanan tegangan tinggi maka akan menyebabkan arus bocor dan busur api pada permukaan Isolator. Panas yang dihasilkan arus bocor di daerah bertekanan tinggi dapat menghambat pencucian alami, sehingga akan menambah timbunan kontaminan, hal tersebut menyebabkan timbulnya pita kering pada

permukaan Isolator. Jika pita kering terus meningkat, maka semakin lama akan menyebabkan terjadinya *flashover* yang merupakan kegagalan suatu isolator[9].

Penyebab utama degradasi dan kegagalan pada isolator adalah aktivitas korona pada tegangan tinggi, yaitu dalam penerapannya, kondisi lingkungan sangat mempengaruhi isolator yang ditempatkan di luar ruangan, contohnya adalah adanya dampak pada endapan polutan dan temperatur. Hal tersebut akan berakibat pada menurunnya kinerja isolator atau efisiensi kinerja normalnya[10]. Kegagalan isolator yang terjadi selama operasi pada sistem tegangan tinggi atau menengah dapat merusak alat sehingga kontinuitas sistem terganggu[9].

Faktor utama yang mempengaruhi kinerja material isolator polimer adalah hidrofobisitas. Hidrofobisitas merupakan parameter penting yang harus dimiliki oleh material isolator. Beberapa faktor yang mempengaruhi hidrofobisitas permukaan isolator yakni kepadatan polutan, *surface arcing*, dan penuaan. Beberapa faktor tersebut telah diamati di lapangan yaitu isolator yang terletak pada daerah yang sangat tercemar mengalami kristalisasi polutan pada permukaan isolator sehingga menyebabkan permukaan isolator menjadi kasar. Isolator dengan sifat hidrofobik tinggi mempunyai karakteristik tegangan *flashover* lebih baik dibandingkan permukaan yang bersifat hidrofilik atau kaca. Hidrofobik merupakan sifat anti air di mana permukaan suatu material dengan air akan terbentuk sudut lebih besar atau sama dengan 90° . Kekasaran permukaan akibat kristalisasi dari polutan dapat mempengaruhi hidrofobik material[11]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran dan analisis arus bocor skala laboratorium untuk kekasaran permukaan yang berbeda untuk mengetahui pengaruh terhadap kinerja permukaan material. Permukaan yang bersifat hidrofobik akan semakin sulit membentuk jalur konduksi yang kontinyu dikarenakan tetesan kontaminan akan sulit menempel pada permukaan material isolator[12].

Tuntutan akan material isolator ramah lingkungan, tidak memerlukan sumber tegangan eksternal, ringan, mempunyai daya ubah elektromekanik yang tinggi, kuat, dan juga tidak beracun semakin meningkat. Hal ini mendorong peneliti untuk mencari alternatif material yang digunakan[13]. Bahan komposit bersifat listrik merupakan kajian yang penting terhadap perkembangan ilmu kelistrikan. Bahan komposit merupakan suatu bahan baru yang dibuat dengan menggabungkan dua bahan atau lebih yang memiliki sifat-sifat unggul. Sifat unggul ini dapat dipenuhi oleh bionanokomposit karena merupakan kombinasi dari dua fasa atau lebih dari polimer alami dan organik/anorganik pada skala nanometer yang menunjukkan peningkatan sifat mekanik, kestabilan termal dari komposit dengan hanya penambahan sedikit bahan pengisi berukuran nano ($<10\%$). Selain itu mempunyai keunggulan karena bersifat biokompatibel, *biodegradable*, dan mempunyai sifat spesifik tergantung sifat bahan pengisi yang digunakan [13]. Hal ini juga dipermudah dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang sangat pesat, yang pada akhirnya mendorong kreativitas manusia [14]. Bentuk kreativitas yang diciptakan oleh manusia yaitu polimer. Salah satu jenis polimer yang digunakan yaitu LDPE. LDPE (*Low-Density Polyethylene*) merupakan

polimer berjenis termoplastik, dapat dicampur dengan karet alam (NR) untuk menghasilkan senyawa polimer dengan sifat biopolimer atau biokomposit. Karet alam merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung atom karbon (C) dan hidrogen (H). Karet alam memiliki karakteristik umum yaitu berwarna agak kecoklatan gelap, dengan berat jenis 0,91-0,93, suhu penggunaan tertinggi 90°C, melunak pada suhu 130°C dan terdekomposisi sekitar 200°C. Untuk mendapatkan bahan isolator komposit, nanolaminasi dapat ditambahkan ke LDPE-NR yang merupakan bahan keramik non-silikat yang paling umum digunakan karena hambatan listriknya yang tinggi, ketahanan terhadap kejutan termal dan korosi. Alumina termasuk isolator panas dan listrik yang baik. Sifat mekanik, termal, dan dielektrik dari bahan polimer dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan tertentu berukuran nano untuk membentuk bahan yang disebut bionanokomposit. Selain itu, hal tersebut juga dapat menghemat biaya [15].

Beberapa penelitian terkait isolator polimer dengan beragam jenis bahan pengisi yang divariasikan komposisinya menunjukkan bahwa peningkatan komposisi bahan pengisi akan meningkatkan nilai tegangan tembus dan sudut hidrofobik isolator polimer namun kekuatan tarik dan tekannya akan menurun seiring bertambahnya komposisi bahan pengisi pada matriks utama [16]. Penelitian yang dilakukan Yuniarti, Nurhening dan A.N. Afandi [17] dengan bahan pengisi ATH pada isolator SIR mengungkapkan bahwa dengan penambahan komposisi bahan pengisi akan mengurangi nilai sudut kontak permukaan isolator dengan tetesan air, artinya sifat hidrofobisitas permukaan isolatornya menjadi berkurang. Penelitian oleh Indira, Eki. [18] dengan menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengisi pada matriks resin epoksi menghasilkan kualitas tembus tegangan isolator yang rendah dibandingkan isolator yang tidak menggunakan bahan pengisi abu sekam padi. Namun, secara mekanik bahan polimer resin epoksi semakin kaku sehingga hanya meningkatkan sifat mekaniknya. Penelitian Kitta, Ikhlas dkk. [19] dengan menggunakan *filler* abu terbang batu bara dengan persentase 30% dapat menurunkan sudut kontak isolator dibandingkan isolator SIR dan Epoksi tanpa bahan pengisi. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Malago, Yusrianto, dkk. [20] dengan menggunakan pasir silika memperoleh hasil yang baik dimana jika persentase silika semakin tinggi maka degradasi akan memakan waktu yang lebih lama. Aulia, dkk [10]. melakukan penelitian menganalisis pengaruh partikel nanosilika terhadap sifat tolak air bahan isolasi bionanokomposit memperoleh hasil bahwa nanosilika dapat memperbesar sudut kontak air dengan permukaan bionanokomposit.

Isolator bionanokomposit 20 kV merupakan salah satu jenis isolator yang terbuat dari material bionanokomposit. Material ini memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi serta tahan terhadap korosi dan kontaminasi. Namun, keberhasilan isolator tersebut dalam menjaga integritas sistem kelistrikan sangat bergantung pada kondisi permukaannya. Permukaan isolator yang terkontaminasi oleh kotoran atau zat-zat lain dapat mempengaruhi kinerjanya, sehingga dapat

menurunkan performa sistem kelistrikan secara keseluruhan. Berdasarkan uraian hasil penelitian terdahulu, maka tugas akhir ini dilakukan “Analisis Pengaruh Kondisi Permukaan terhadap Unjuk Kerja Isolator Bionanokomposit 20 kV” dengan melakukan pengujian sudut kontak, dan *surface tracking* untuk mengetahui sudut kontak dan tingkat degradasi dari isolator bionanokomposit 20 kV.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi *nanofiller* terhadap sifat hidrofobisitas permukaan isolator bionanokomposit 20 kV?
2. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi *nanofiller* terhadap karakteristik permukaan isolator bionanokomposit 20 kV?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan hasil peningkatan sudut kontak terhadap penambahan konsentrasi *nanofiller* alumina dan silika pada isolator bionanokomposit 20 kV.
2. Mendapatkan hasil karakteristik *surface tracking* pada isolator bionanokomposit 20 kV.
3. Mendapatkan hasil validasi pengujian dengan menggunakan XRD dan FTIR.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai salah satu pilihan bahan isolator 20 kV yang terbuat dari bionanokomposit yang memiliki sifat dielektrik (hidrofobisitas dan arus bocor) yang baik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan sampel isolator bionanokomposit 20 kV dengan variasi *nanofiller* alumina dan silika.
2. Kondisi campuran LDPE dan karet alam sama pada setiap penambahan *nanofiller*.
3. Pengujian meliputi hidrofobisitas dan arus bocor dengan pengujian *surface tracking* selama 3,5 jam, yang divalidasi dengan menggunakan uji XRD dan uji FTIR.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari laporan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori pendukung yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metodologi penelitian yang digunakan berupa metode penelitian, flowchart (diagram alir) penelitian, peralatan dan bahan penelitian yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini membahas tentang simpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan.

KEPUSTAKAAN

