

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi elektronik saat ini memerlukan bahan yang tidak hanya berkinerja baik, tetapi juga bersifat *biodegradable*, memiliki fleksibilitas, dan dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh besar pada efisiensi perangkat elektronik adalah kelembaban. Kelembaban di udara dapat secara drastis mengubah karakteristik listrik dari suatu bahan, yang bisa digunakan untuk aplikasi sensor atau bahkan menjadi kesulitan dalam menjaga kestabilan perangkat elektronik[1]. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh kelembaban terhadap karakteristik listrik bahan elektronik sangat krusial dalam pengembangan perangkat elektronik di masa depan.

Bahan konduktor tradisional seperti tembaga dan aluminium, meskipun memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang baik, memiliki sejumlah keterbatasan dalam penggunaannya di era modern. Keterbatasan tersebut mencakup minimnya fleksibilitas mekanis, kepadatan yang tinggi, serta meningkatnya biaya bahan dan proses produksi[2]. Film komposit berbasis polimer telah mendapatkan banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir sebagai pilihan bahan untuk perangkat elektronik, karena memiliki karakteristik yang fleksibel, mudah diproduksi, dan lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan konvensional[3].

Salah satu bahan yang penting dalam menghadapi tantangan ini adalah MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$), yang merupakan bahan dua dimensi yang diperoleh melalui eksfoliasi dari struktur fase MAX. MXene menunjukkan konduktivitas listrik yang sangat tinggi (maksimal 35.000 S/cm pada frekuensi radio) dan memiliki struktur berlapis yang menawarkan fleksibilitas serta kemampuan untuk diproduksi menggunakan metode berbasis larutan[4]. Struktur berlapis MXene yang memiliki jarak antar lapisan yang dapat disesuaikan membuatnya sangat peka terhadap molekul air, sehingga memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai sensor kelembaban pada perangkat elektronik[5]. Keunggulan ini menjadikan material ini sebagai alternatif yang tangguh untuk menggantikan logam tradisional, seperti tembaga dan aluminium, yang mudah mengalami deformasi dan korosi.

Meskipun MXene memiliki potensi besar sebagai material konduktor, aplikasinya dalam bentuk murni masih menghadapi tantangan dalam hal stabilitas mekanik dan *processing*. Oleh karena itu, pendekatan komposit dengan menggabungkan MXene dengan material lain menjadi strategi yang menarik untuk mengoptimalkan sifat material secara keseluruhan[6]. Zinc oxide (ZnO) sebagai material semikonduktor n-type memiliki konduktivitas yang dapat dikontrol dan sifat piezoelektrik yang dapat berkontribusi pada stabilitas elektrik komposit[7].

ZnO telah terbukti dapat meningkatkan konduktivitas elektrik dalam sistem komposit polimer. Penelitian oleh D. U. Imaan, dkk menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel ZnO ke dalam matriks polyvinyl alcohol (PVA) dapat meningkatkan konduktivitas elektrik hingga 3,9 mS/cm[8]. Selain itu, ZnO memiliki stabilitas termal yang baik dan dapat berfungsi sebagai filler yang meningkatkan sifat mekanik material komposit[9].

Aspek keberlanjutan lingkungan juga merupakan faktor penting dalam pengembangan bahan modern. Cellulose nanocrystal (CNC) sebagai bahan yang diperoleh dari sumber terbarukan menyediakan pilihan yang ramah lingkungan untuk memperkuat material komposit[10]. CNC memiliki modulus elastisitas yang besar (sekitar 140 GPa) dan rasio aspek yang baik, sehingga menjadikannya bahan penguat yang ideal untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan mekanik yang tinggi[11]. Karakteristik *biodegradable* dari CNC juga mendukung pengembangan material yang berkelanjutan[12]. Studi menunjukkan bahwa CNC dapat berfungsi secara efektif sebagai cetakan untuk sintesis nanopartikel ZnO, menghasilkan nanohibrid dengan karakteristik antimikroba dan perlindungan UV yang unggul. Gabungan CNC dengan ZnO terbukti mampu memperbaiki sifat mekanik dan fungsional material komposit dengan cara yang signifikan[13].

Polyvinyl alcohol (PVA) dipilih sebagai matriks polimer karena kemampuannya untuk membentuk film dengan kualitas baik, sifat larut dalam air yang memperlancar proses, serta kompatibilitas yang tinggi dengan bahan pengisi. PVA mampu membentuk ikatan hidrogen dengan MXene dan CNC, sehingga menghasilkan antarmuka yang kokoh dalam struktur komposit[14]. Fleksibilitas yang melekat pada PVA memungkinkan penggunaan material komposit pada permukaan yang membutuhkan perubahan bentuk secara mekanis. Studi terbaru tentang komposit PVA/ZnO menunjukkan peningkatan konduktivitas elektrik yang signifikan dengan penambahan nanopartikel ZnO. Penelitian oleh F. H. Alshammari melaporkan bahwa komposit PVA/ZnO menunjukkan konduktivitas optimum pada konsentrasi ZnO tertentu[15]. Selain itu, kompatibilitas antara PVA dan CNC telah terbukti menghasilkan material komposit dengan sifat mekanik yang superior.

Metode sonikasi menggunakan gelombang *ultrasound* merupakan metode yang paling efektif untuk mendispersikan partikel secara homogen[16]. Ultrasonikasi adalah suatu metode yang memanfaatkan gelombang suara berkekuatan tinggi untuk menghasilkan kavitasi. Kavitasi itu sendiri adalah fenomena yang terjadi ketika gelembung kecil muncul, tumbuh, dan meledak di dalam media cair[17]. Semakin lama proses ultrasonikasi dilakukan, semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan, karena lebih banyak partikel yang dipecah menjadi ukuran nano. Ultrasonikasi akan berpengaruh pada kekuatan mekanik dan karakteristik listrik dari bahan komposit[18]. Keunggulan dari ultrasonikasi ini terletak pada cara kerjanya yang sederhana, cepat, dan mampu meningkatkan kualitas hasil akhir dengan signifikan.

Kelembaban adalah faktor lingkungan yang dapat memengaruhi karakteristik kelistrikan dari material komposit, terutama yang terbuat dari polimer hidrofilik seperti PVA dan CNC. Molekul air yang diserap oleh material pada tingkat kelembaban relatif yang tinggi dapat meningkatkan mobilitas ionik melalui pembentukan jalur konduktif, yang secara bersamaan mengurangi resistansi dan meningkatkan konduktivitas listrik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konduktivitas dari komposit PVA dan PVA/MXene meningkat secara signifikan dengan peningkatan RH, terutama dalam rentang kelembaban 50%, 75%, hingga 95%, karena efek pelebaran antar partikel dan penurunan celah di antara filler konduktif yang diisi dengan molekul air[19], [20]. MXene memiliki struktur berlapis dan karakteristik hidrofilik, menunjukkan reaksi kelembaban yang tinggi saat dipadukan dengan CNC, menghasilkan reaksi yang cepat, tingkat sensitivitas yang tinggi, dan daya tahan jangka panjang pada sensor kelembaban berbasis film[21]. Untuk itu, memahami dampak kelembaban sangat krusial dalam pembuatan film komposit berbasis MXene/ZnO/CNC/PVA sebagai bahan konduktor yang fleksibel, karena perbedaan kandungan air bisa berdampak langsung pada kemampuan elektrik material dalam penggunaan seperti perangkat elektronik.

Karakterisasi yang mendalam mengenai sifat listrik seperti konduktivitas, konstanta dielektrik, impedansi, dan kapasitansi pada berbagai level kelembaban relatif sangat krusial untuk memahami cara konduksi dan penggunaan potensial dari material ini. Di samping itu, analisis terhadap struktur mikro, morfologi, komposisi kimia, dan sifat termal material juga penting untuk mengaitkan perubahan sifat listrik dengan perubahan struktural yang disebabkan oleh variasi kelembaban[22].

Penelitian tentang material komposit untuk aplikasi antena mikrostrip masih terbatas, khususnya yang melibatkan kombinasi material 2D dengan *biopolymer*. Sebagian besar penelitian sebelumnya fokus pada material konduktor tunggal atau komposit sederhana dengan dua komponen. Kombinasi empat material berbeda (MXene, ZnO, CNC, dan PVA) dalam satu sistem komposit menawarkan peluang untuk mengoptimalkan *multiple properties* secara simultan[23]. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memahami hubungan antara komposisi bahan, struktur mikro, kelembaban lingkungan, dan sifat listrik, yang sangat krusial untuk pengembangan perangkat elektronik berbasis komposit polimer yang peka terhadap kondisi lingkungan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengkarakterisasi film komposit berbasis MXene-ZnO-CNC-PVA sebagai material konduktor, dengan fokus pada evaluasi sifat listrik dan karakteristik pada material komposit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kelembaban terhadap hasil pengukuran sifat listrik dari film komposit PVA, Zinc Oxide, CNC, MXene?
2. Bagaimana pengaruh kelembaban terhadap uji karakteristik film komposit MXene, ZnO, CNC, dan PVA?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai kapasitansi spesifik dan rapat arus dari film komposit PVA, Zinc Oxide, CNC, MXene pada variasi kelembaban.
2. Untuk mendapatkan karakterisasi dari film komposit PVA, Zinc Oxide, CNC, MXene pada variasi kelembaban.
3. Untuk mendapatkan hasil pengujian karakteristik menggunakan XRD dan FESEM.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Variasi nilai kelembaban yang dilakukan 50%, 75%, dan 95%
2. Pengukuran sifat listrik yaitu rapat arus dan kapasitansi spesifik dengan menggunakan *cyclic voltammetry*.
3. Pengujian karakterisasi yang dilakukan yaitu dengan pengujian *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan film komposit PVA, Zinc Oxide, CNC, MXene dengan sifat listrik dan sifat mekanik yang baik sehingga dapat dikembangkan untuk aplikasi dibidang elektro, salah satunya yaitu sebagai material perangkat elektronik, seperti elektroda superkapasitor.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika tertentu, sistematika laporan ini sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I ini menjeaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini berisikan tentang tinjauan pustaka yang mencakup landasan teori yang mendukung penulisan dan pustaka-pustaka yang telah dipublikasikan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini menjelaskan tentang metode penelitian yang

mencakup bahan/tempat penelitian, literature, survey lapangan, jalannya penelitian, diagram alur penelitian dan cara pengolahan data.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian dan pembahasan dalam penelitian Tugas Akhir.

BAB V

PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran terkait penelitian Tugas Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

