

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan inovasi di bidang elektronik terus mengalami kemajuan yang signifikan dari waktu ke waktu, khususnya dalam hal material yang digunakan. Perangkat elektronik konvensional yang memanfaatkan material semikonduktor, logam, dan komponen anorganik memang unggul dalam hal konduktivitas listrik dan ketahanan mekanis. Namun, material-material tersebut juga memiliki kelemahan, seperti sifatnya yang kaku, berat, berpotensi merusak lingkungan, serta mudah mengalami korosi. Sejalan dengan pesatnya kemajuan teknologi, penggunaan bahan yang lebih ramah lingkungan kini menjadi suatu kebutuhan mendesak [1].

Berbagai bahan yang *biodegradable* kini banyak dikembangkan sebagai pengganti material konvensional untuk aplikasi elektronik karena sifatnya yang ramah lingkungan, fleksibel, serta mudah terurai secara alami di tanah. Salah satu contoh bahan *biodegradable* adalah material komposit. Komposit merupakan material hasil kombinasi dua atau lebih bahan penyusun yang memiliki sifat fisika dan kimia berbeda. Proses penggabungan ini menghasilkan material baru dengan karakteristik unik, di mana sifat asli masing-masing komponen tetap terjaga namun terbentuk sifat baru yang lebih unggul [2][3]. Keunggulan utama material komposit terletak pada karakteristik istimewanya seperti bobot ringan, fleksibilitas tinggi, kekuatan mekanik yang baik, serta kekakuan optimal. Sifat-sifat unggul inilah yang membuat material komposit lebih menguntungkan dibandingkan material elektronik konvensional [4].

Material yang sering digunakan dalam pengembangan aplikasi material komposit adalah *Polyvinyl Alcohol* (PVA). Dalam hal ini, PVA berperan sebagai matriks yang merupakan polimer *biodegradable* dengan kompatibilitas tinggi, larut dalam air serta mudah untuk dibentuk. Keunggulan lain yang dimiliki oleh PVA sehingga sangat cocok diaplikasikan ke dalam perangkat listrik adalah karena memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi dan juga stabilitas mekanik [5][6]. Namun, material PVA mempunyai kekurangan dalam hal konduktivitas listrik yang rendah, sehingga perlu diberikan penambahan material *filler* untuk meningkatkan nilai konduktivitas dari komposit. Penambahan nanopartikel *Zinc Oxide* (ZnO) ke dalam PVA matriks dapat mengubah sifat listrik dan mekanik secara signifikan. ZnO juga memiliki keunggulan yaitu mempunyai lebar pita (*band gap*) yang lebar sekitar 3,3 eV disuhu ruangan dan juga energi pengikat 60 meV yang mampu menciptakan kestabilan kimia, panas, dan elektrik yang baik [7][8][9]. ZnO merupakan salah satu nanopartikel yang banyak dimanfaatkan untuk memperbaiki karakteristik material karena memiliki sifat antibakteri yang efektif, stabilitas yang tinggi, serta kemampuan fotokatalitik. Dalam penelitian ini, *Zinc Oxide* (ZnO) dipilih karena

penambahannya sebagai bahan *filler* antimikroba pada PVA yang mampu menghasilkan sifat mekanik yang sangat baik.

Material dengan nilai konduktivitas listrik tinggi yang digunakan dalam penelitian adalah Mxene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$). Mxene merupakan material 2D dengan struktur berlapis yang banyak digunakan karena konduktivitas listrik yang tinggi, sehingga sangat potensial untuk meningkatkan sifat listrik pada material komposit [10]. Berdasarkan penelitian, film dengan menggunakan murni Mxene mencapai nilai konduktivitas sebesar $1,1 \times 10^5$ S/m hingga $2,89 \times 10^5$ S/m [11][12]. Mxene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) dihasilkan melalui proses sintesis *etching* lapisan *MAX Phase* (Ti_3AlC_2) menggunakan larutan asam fluorida (HF) [13]. Gugus hidrofilik pada permukaan Mxene memberikan kemampuan untuk menyesuaikan konduktivitas material melalui variasi jarak antarlapisan [14]. Namun, Mxene memiliki kekurangan yaitu cenderung mengalami penumpukan atau agregasi karena gaya *Van Der Waals* yang kuat dan sangat mempengaruhi kinerja dari material. Untuk mengatasi masalah tersebut agar nilai konduktivitas listrik dapat lebih maksimal, maka dilakukan penambahan *spacer* [15]. *Cellulose Nanocrystal* (CNC) merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai *spacer* karena sifat-sifatnya yang unggul serta memiliki karakteristik fisik dan kimia yang baik. CNC juga dikenal sebagai penguat yang efektif dalam material komposit berkat luas permukaan spesifiknya yang besar ($\sim 250 \text{ m}^2/\text{g}$), kekakuan tinggi (Modulus Young hingga 140 GPa), serta kekuatan tarik yang tinggi (7500 MPa) [16][17].

Dengan menggabungkan material-material tersebut, komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC diharapkan mampu menghasilkan bahan elektronik yang tidak hanya memiliki konduktivitas tinggi, tetapi juga bersifat fleksibel dan *biodegradable*, sehingga sangat berpotensi untuk digunakan dalam pengembangan perangkat elektronik pada generasi mendatang. Metode yang paling efektif untuk mencapai dispersi partikel yang merata (homogen) adalah dengan menggunakan sonikasi berbasis gelombang *ultrasound* [18]. Ultrasonikasi adalah suatu teknik mekanis yang memanfaatkan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi untuk menimbulkan kavitasi. Kavitasi merupakan fenomena terbentuknya, mengembangkannya, dan pecahnya gelembung-gelembung mikro dalam suatu cairan [19]. Proses ultrasonikasi yang semakin lama akan menghasilkan partikel berukuran lebih kecil, karena semakin banyak partikel yang terurai hingga mencapai skala nano. Proses ini juga berpengaruh terhadap sifat mekanik dan kelistrikan material komposit. Keunggulan metode ultrasonikasi terletak pada kemudahan dalam pelaksanaannya, kecepatan proses, serta peningkatan kualitas produk akhir yang cukup signifikan [20].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi Mxene dan CNC meningkatkan performa mekanik film, di mana kekuatannya naik dari 18 MPa menjadi 52,2 MPa dengan konduktivitas listrik yang mencapai 6×10^4 S/m [21]. Selain itu, penelitian lain terkait serat nano PVA, Mxene dan CNC teknik *electrospinning* telah membuktikan efektivitasnya. Penambahan Mxene berhasil

meningkatkan konduktivitas listrik material hingga 0,8 S/m, sedangkan penambahan CNC mampu meningkatkan modulus elastisitas secara signifikan dari 392 MPa menjadi 855 MPa pada suhu ruang (25°C) [22]. Penelitian lain yang mempelajari terkait durasi dari ultrasonikasi material komposit menunjukkan bahwa semakin lama proses ultrasonikasi dilakukan maka material akan terdispersi secara merata, serta meningkatkan efisiensi dari struktur mikro atau nano yang lebih baik [23].

Pada penelitian lain mengenai nano komposit dari PVA/Mxene menjelaskan bahwa, sifat kelistrikan komposit PVA/Mxene sangat bergantung pada variasi tipe dan komposisi Mxene yang digunakan. Mxene terbukti sangat mempengaruhi pembentukan jaringan perkolasi elektron yang pada akhirnya menentukan kelistrikan material. Peningkatan fraksi Mxene serta orientasi dan konektivitas yang lebih baik di antara lembaran-lembarannya dapat mendongkrak konduktivitas listrik secara signifikan hingga beberapa orde magnitudo. Pada pengujian komposit PVA/Mxene dengan perbandingan 60:40, nilai konduktivitas yang dihasilkan mencapai $2,26 \times 10^{-3}$ S/m. Akan tetapi, komposisi yang berlebihan dapat meningkatkan resistivitas material karena mobilitas elektron terhambat di area antarmuka antara Mxene dan polimer [24].

Komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC merupakan pilihan yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan material yang memiliki kinerja unggul dalam aplikasi elektronik. Masing-masing komponen penyusun komposit ini memiliki fungsi khusus. PVA memberikan fleksibilitas dan kemampuan *biodegradable*, sementara ZnO dan Mxene berkontribusi dalam meningkatkan konduktivitas listrik serta ketahanan material. Di sisi lain, CNC berperan dalam penguatan struktur dan mencegah agregasi partikel. Namun, untuk mendapatkan performa terbaik, diperlukan penelitian lebih mendalam terkait proses produksinya, terutama pengaruh ultrasonikasi dan kelembapan terhadap karakteristik komposit.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana **Pengaruh Variasi Mxene Terhadap Rapat Arus dan Kapasitansi Spesifik Film Komposit *Polyvinyl Alcohol, Zinc Oxide, Mxene, dan Cellulose Nanocrystal* sebagai Konduktor yang *Biodegradable***. Penelitian ini berfokus untuk menganalisa pengaruh dari variasi komposisi Mxene terhadap rapat arus dan kapasitansi spesifik pada komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan material konduktif yang tidak hanya *biodegradable* dan ringan, tetapi juga memiliki sifat mekanik yang unggul. Dengan demikian, material ini dapat dioptimalkan untuk pengembangan perangkat elektronik yang lebih efisien dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan komposisi Mxene mempengaruhi nilai dari rapat arus dan kapasitansi spesifik film komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC?
2. Bagaimana perbedaan komposisi Mxene mempengaruhi karakteristik dari film komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menguji nilai rapat arus dan kapasitansi spesifik film komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC dengan variasi Mxene.
2. Untuk mendapatkan karakterisasi dari film komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC dengan variasi Mxene.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC yang mempunyai rapat arus dan kapasitansi spesifik yang baik, *biodegradable*, ringan, fleksibel dan dapat diaplikasikan sebagai referensi alternatif dalam pembuatan perangkat elektronik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran nilai rapat arus dan kapasitansi spesifik menggunakan metode *Cyclic Voltammetry*.
2. Variasi Mxene yang digunakan dalam penelitian adalah komposisi Mxene 20%, Mxene 25%, dan Mxene 30%.
3. Pengujian karakteristik dilakukan dengan metode *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM).
4. Hanya terbatas pada pembuatan film komposit, pengukuran nilai rapat arus dan kapasitansi spesifik, serta pengujian karakteristik, belum diaplikasikan langsung pada perangkat elektronik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika 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 diterbitkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini menjelaskan tentang metode penelitian yang mencakup bahan/tempat penelitian, literatur, survei lapangan, jalannya penelitian, diagram alur penelitian dan metode pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini berisikan hasil dan analisa dari penelitian tugas yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab V ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan data dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

