

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi elektronik saat ini semakin pesat, dengan kebutuhan akan perangkat yang lebih ringan, fleksibel, dan memiliki performa tinggi [1]. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan perangkat elektronik adalah pemilihan material konduktif yang tidak hanya memiliki sifat listrik unggul tetapi juga ramah lingkungan [2]. Perangkat elektronik konvensional umumnya menggunakan material konduktif berbasis logam seperti tembaga, yang memiliki konduktivitas tinggi dan resistansi minimal [3], [4]. Namun, penggunaan logam pada material konduktif berkontribusi signifikan terhadap peningkatan limbah elektronik. Limbah ini mengandung bahan kimia berbahaya dan logam berat yang sulit terurai, sehingga menciptakan masalah lingkungan yang serius [5]. Kondisi ini mendorong kebutuhan akan material konduktif alternatif yang mampu menggantikan logam dengan performa listrik yang baik, sekaligus ramah lingkungan dan *biodegradable*. Salah satu material konduktif yang menjanjikan dalam kategori ini adalah komposit berbasis polimer, yang telah menunjukkan potensi besar dalam memenuhi kebutuhan teknologi modern.

Dalam dunia material teknik, komposit merupakan salah satu inovasi penting yang memungkinkan penggabungan berbagai material untuk menghasilkan sifat unggul yang tidak dimiliki oleh masing-masing material secara terpisah. Material komposit mampu menghasilkan sifat atau keunggulan baru tanpa menghilangkan sifat asli dari bahan penyusunnya. Material komposit juga terkenal ringan, kuat, dapat terurai, tidak terpengaruh korosi, dan memiliki sifat listrik yang memadai sehingga mampu bersaing dengan bahan logam [6]. Oleh karena itu, pengembangan material komposit sebagai pengganti bahan logam dapat menjadi solusi inovatif yang menjawab tantangan lingkungan sekaligus meningkatkan performa perangkat elektronik.

Bahan penyusun dari material komposit pada penelitian ini adalah polivinil alkohol (PVA), *zinc oxide* (ZnO), Mxene, dan *cellulose nanocrystals* (CNC). Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer komposit yang diperoleh melalui hidrolisis vinil asetat dan alkohol. PVA unggul dalam hal bobotnya yang ringan, fleksibilitasnya yang tinggi, dan kemampuannya membentuk film yang sangat baik. Keunggulan-keunggulan ini menjadikan PVA pilihan ideal untuk digunakan sebagai matriks komposit dibandingkan dengan polimer lainnya. PVA juga dipilih sebagai matriks komposit dikarenakan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, larut dalam air, tidak berbahaya, tidak beracun, *biodegradable*, dan *biocompatible* [7], [8], [9].

Namun, PVA memiliki konduktivitas listrik yang rendah, sehingga tidak cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan konduktivitas tinggi. Untuk meningkatkan konduktivitas listrik PVA, perlu dilakukan kombinasi dengan material lain yang memiliki sifat konduktif.

Zinc oxide (ZnO), atau seng oksida, adalah senyawa anorganik yang tidak mudah larut dalam air atau alkohol. Namun, ZnO dapat larut dalam garam amonium, asam, atau basa, dan memiliki sifat yang tidak beracun [10]. ZnO merupakan senyawa berukuran nanopartikel (1-100 nm) yang memiliki banyak keunggulan yaitu sifat-sifat elektrik, magnetik, kimia, mekanik, dan optik yang baik. Keunggulan lainnya termasuk reaktivitas permukaan yang tinggi, stabilitas terhadap panas, tidak beracun, ramah lingkungan, serta material dengan harga relatif murah [11], [12], [13]. Penambahan ZnO ke dalam PVA menghasilkan pembentukan pulau-pulau semikonduktor dalam matriks PVA, yang dapat mengubah sifat dielektriknya [8], [14]. ZnO dipilih sebagai bahan tambahan dalam penelitian ini karena ZnO dapat menjadi pelapis polimer, meningkatkan sifat antimikroba dan sifat dari PVA secara keseluruhan, menghasilkan komposit dengan sifat listrik dan mekanik yang lebih optimal.

Bahan Mxene dengan rumus kimia ($Ti_3C_2T_x$) adalah senyawa dua dimensi yang terdiri dari logam transisi, karbida, dan nitrida [15]. Mxene memiliki nilai konduktivitas listrik yang baik, hingga mencapai 10.000 S cm^{-1} [16]. Mxene adalah bahan nanomaterial 2D yang baru berkembang, memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya sangat menjanjikan untuk aplikasi elektronik. Keunggulan-keunggulan tersebut antara lain konduktivitas listrik yang baik, gugus terminal yang melimpah, struktur berlapis yang unik, luas permukaan yang tinggi, dan bersifat hidrofilik [17], [18], [19]. Kombinasi keunggulan ini menjadikan Mxene material yang ideal untuk pengembangan perangkat elektronik fleksibel dengan penggabungan material komposit [17]. Berkat berbagai keunggulan yang dimilikinya, Mxene dipilih sebagai bahan pengisi yang bersifat konduktif untuk dicampurkan dengan komposit PVA/ZnO. Pencampuran ini bertujuan untuk menghasilkan komposit baru dengan sifat konduktivitas listrik yang baik.

Cellulose nanocrystals (CNC) atau nanokristal selulosa merupakan selulosa dengan dimensi ukuran antara 1-100 nanometer (nm) yang dapat tercampur secara homogen dalam air, menghasilkan larutan stabil yang disebut koloid. Berbagai sumber alami, seperti tanaman, kayu, kapas, hewan tunikata, dan bakteri, dapat digunakan untuk menghasilkan CNC [20]. CNC sangat menarik untuk diteliti karena memiliki berbagai karakteristik unik, yaitu *biodegradable*, sumbernya melimpah, dapat diperbaharui, dan memiliki sifat mekanik yang sangat baik, sehingga mudah dikombinasikan dengan polimer lainnya [20], [21], [22]. CNC, salah satu jenis

nanoselulosa yang paling banyak digunakan, memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa biasa, yaitu struktur yang terdefinisi dengan baik, dan kemudahan modifikasi karena gugus hidroksil yang melimpah. [23]. Gugus hidroksil yang melimpah ini memungkinkan CNC membentuk jaringan kompleks melalui interaksi hidrogen intramolekul dan antarmolekul [24]. Oleh karena itu, CNC menjadi *spacer* yang ideal untuk komposit Mxene, menghasilkan material dengan sifat mekanik dan elektrik yang sangat baik.

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai sifat listrik dari suatu material adalah dengan menerapkan ultrasonikasi. Ultrasonikasi merupakan teknik pengelupasan partikel dengan menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi tertentu. Gelombang ultrasonik menghasilkan efek kavitasi yang menyebabkan partikel mencapai ukuran nanometer melalui proses pembentukan, pertumbuhan, dan pemecahan gelembung. Proses ini menghasilkan gelombang kejut dalam medium air, yang dikenal sebagai efek *bubble collapse* [25]. Memperpanjang waktu ultrasonikasi diketahui akan menghasilkan struktur yang lebih halus, distribusi pori yang lebih baik, dan ukuran partikel yang lebih kecil karena getaran yang diberikan memecah partikel menjadi ukuran nano [26]. Jika distribusi pori bahan merata, jumlah pori meningkat, dan luas permukaan bertambah, hal ini akan mempengaruhi nilai konduktivitas listrik dan kapasitansi material tersebut. [25]. Ultrasonikasi terhadap Mxene menyebabkan ukuran Mxene menjadi nano, sehingga memudahkan Mxene untuk melingkupi matriks secara merata [27]. Waktu ultrasonikasi pada rentang optimal juga diketahui akan menghasilkan penggabungan partikel yang cenderung lebih homogen dan stabil secara fisika [26].

Adapun penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa komposit PVA, Mxene, dan CNC memiliki peningkatan yang signifikan pada sifat mekanik dan listrik. Modulus elastisitas komposit ini meningkat dari 392 MPa menjadi 855 Mpa. Konduktivitas listriknya juga meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan Ti₃C₂T_x. Berdasarkan hal ini, sifat elektrik dari film PVA, Mxene, dan CNC menjadikannya kandidat yang potensial sebagai bahan elektroda dan memiliki kegunaan yang menjanjikan dalam aplikasi perangkat elektronik [28]. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa waktu ultrasonikasi yang optimal dapat meningkatkan konduktivitas listrik polypyrrole. Namun, ultrasonikasi yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi struktur polimer, mengurangi konduktivitas listrik [29].

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian “**Pengaruh Waktu Ultrasonikasi Terhadap Konduktivitas Elektrik Komposit Polivinil Alkohol, Zinc Oxide, Mxene, Dan Cellulose Nanocrystals Untuk Perangkat Elektronik**”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap konduktivitas elektrik komposit PVA/ZnO/Mxene/CNC. Penelitian ini diharapkan

dapat menghasilkan bahan yang bersifat *biodegradable*, fleksibel, memiliki sifat listrik, dan memiliki sifat mekanis yang baik. Agar dapat menjadi kandidat potensial untuk dikembangkan dalam aplikasi perangkat elektronik yang lebih efisien, fleksibel, dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana variasi waktu ultrasonikasi mempengaruhi sifat listrik dari film komposit PVA, ZnO, Mxene, dan CNC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik dari film komposit PVA, ZnO, Mxene, dan CNC pada variasi waktu ultrasonikasi.
2. Untuk mendapatkan karakterisasi film komposit PVA, ZnO, Mxene, dan CNC pada variasi waktu ultrasonikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mampu menghasilkan film komposit yang bersifat ramah lingkungan, dengan sifat listrik yang baik dan sifat mekanik yang kuat, mampu menggantikan komponen material logam, yang dapat diaplikasikan dalam material perangkat elektronik contohnya adalah sensor.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengukuran sifat listrik yang dilakukan untuk pengukuran nilai konduktivitas menggunakan metode empat titik (*four point probe*).
2. Variasi waktu ultrasonikasi yang dilakukan yaitu 0 menit, 30 menit, dan 60 menit.
3. Metode karakterisasi yang dilakukan yaitu *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
4. Hanya terbatas pada pembuatan sampel, pengukuran konduktivitas listrik, dan pengujian karakteristik.

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, literatur, survei lapangan, jalannya penelitian, diagram alur penelitian dan cara pengolahan data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini berisikan hasil dan analisa dari penelitian tugas akhir ini.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

