

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pesatnya perkembangan di dunia sains dan teknologi mendorong penelitian terkait penyerap gelombang mikro untuk mengatasi gelombang mikro yang tidak diinginkan dari lingkungan (Goel, Garg, et al., 2021). Interferensi yang diakibatkan oleh penggunaan gelombang mikro, dikenal sebagai *Electromagnetic Interference* (EMI), telah menjadi perhatian utama seiring kemajuan teknologi dan meningkatnya penggunaan perangkat elektronik (Jiang et al., 2019). Teknologi komunikasi dan sistem *Radio Detection and Ranging* (RADAR) juga menjadi sumber EMI yang dapat memengaruhi fungsi operasional perangkat elektronik lainnya (Perez et al., 2022).

Electromagnetic Interference (EMI) sangat memengaruhi pengoperasian perangkat elektronik, transmisi informasi, dan bahkan kesehatan manusia (Chen et al., 2020). Di bidang militer, pengembangan material dengan sifat anti-RADAR menjadi penting untuk mengurangi deteksi oleh musuh (Zhang et al., 2021). Selain itu, material penyerap EMI diperlukan untuk mengurangi gangguan yang ditimbulkan oleh malfungsi perangkat elektronik, listrik, dan telekomunikasi. Penyerapan gelombang mikro juga telah menarik perhatian karena potensinya dalam aplikasi pelindung elektromagnetik, terutama pada rentang frekuensi GHz (Elmahishi et al., 2022; Wang et al., 2020). Berbagai penelitian telah difokuskan pada pengembangan material komposit pelindung EMI yang ringan, fleksibel, serta memiliki daya serap tinggi dan jangkauan pita frekuensi yang luas (Zhang et al., 2021). Pengukuran efektivitas pelindung EMI umumnya dilakukan menggunakan antena pita lebar dan bersifat omnidirectional, seperti antena discone, kemudian dilanjutkan dengan analisis radiasi emisi elektromagnetik dari objek uji sederhana, misalnya antena monopole (Bakti et al., 2023; Trivida et al., 2021).

Penyerap gelombang elektromagnetik umumnya terbuat dari polimer atau komposit berbahan penyerap seperti karbon nanotube, ferit, dan bubuk logam *ultrafine* (M. Hashim et al., 2023). Salah satu material yang menonjol adalah seng

oksida (ZnO), yang lebih unggul dibandingkan material logam tradisional berkat sifat-sifat uniknya (Wang et al., 2020). ZnO adalah semikonduktor anorganik tipe-n golongan II–VI dengan struktur *wurtzite*, lebar celah pita 3.37 eV, dan energi ikat eksiton yang tinggi (60 meV). Sifat-sifat ini membuat ZnO sangat efisien untuk aplikasi optoelektronik pada suhu kamar (Rhamdiyah et al., 2022; González et al., 2022; B. Gherbi et al., 2022).

Selain efisiensi optoelektroniknya, ZnO juga memiliki keunggulan lain, seperti tidak berbau, tidak beracun, biokompatibel, dan tahan terhadap suhu tinggi, yang menjadikannya andal untuk berbagai aplikasi (Karam et al., 2022). Nanopartikel ZnO (ZnO-NP) memiliki mobilitas elektron tinggi ($200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), stabilitas termal yang baik, serta kemampuan absorbansi yang sangat baik pada rentang panjang gelombang 300-350 nm (sinar ultraviolet), sehingga sangat cocok untuk berbagai aplikasi, seperti panel surya, perangkat penyimpanan elektrokimia, pelapisan material, dan industri cat (Ngom et al., 2020; Fagier et al., 2021). Sebagai material semikonduktor, ZnO dapat disintesis dalam berbagai bentuk struktur nano, seperti *Nanotubes* (Dobrzańska-Danikiewicz et al., n.d.), *Nanopilar* (Jenkins et al., 2020), *Nanorods* (Sugihartono et al., 2023), *Nanoflower* (Qu et al., 2020), dan *Nanoparticles* (Nowak et al., 2020).

Di sisi lain, karbon nanotube (CNT) juga banyak diteliti sebagai bahan semikonduktor dengan sifat struktural dan elektronik yang luar biasa. Sifat CNT dapat dimodifikasi melalui fungsionalisasi permukaan, menjadikannya menarik untuk berbagai aplikasi (Cursaru et al., 2021). CNT tetap menjadi salah satu nanomaterial yang paling banyak diteliti berkat sifat elastis, mekanis, dan listriknya yang unggul, yang memungkinkan penggunaannya dalam penyimpanan energi (seperti hidrogen dan energi surya), sistem pengiriman obat dalam bidang medis, pengolahan air dan air limbah, serta sensor gas untuk pengendalian polusi udara (Azqhandi et al., 2023; Elahi et al., 2022). Secara fisik, CNT memiliki luas permukaan spesifik yang sangat besar, struktur berongga dan tertutup, serta gugus fungsi seperti -COOH, -OH, dan -NH₂. Karakteristik ini menjadikan CNT material adsorpsi yang ideal dengan kapasitas adsorpsi tinggi untuk menghilangkan zat organik maupun kontaminan anorganik (Onyancha et al., 2021).

Seiring dengan kemajuan penelitian CNT, pengembangan nanokomposit ZnO/CNT menjadi salah satu pendekatan populer untuk meningkatkan sifat-sifatnya. Berbagai metode telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja nanokomposit ini, termasuk metode berbasis larutan seperti dekomposisi, solvotermal, proses hidrotermal, metode sol-gel, dan sintesis berbantuan gelombang mikro (Ranjithkumar et al., 2019). Selain itu, beberapa metode sintesis yang umum digunakan untuk menghasilkan nanopartikel ZnO meliputi metode hidrotermal (Lestari et al., 2019), *ball milling* (Wirunchit et al., 2021), solvotermal (Y. Wang et al., 2021), sol-gel (G. Singh et al., 2020), elektrokimia (Y. Wu et al., 2019), dan sonokimia (Noman et al., 2020).

Di antara berbagai metode sintesis tersebut, biosintesis menjadi pilihan menarik karena lebih ramah lingkungan dan hemat biaya (Chan et al., 2021). Salah satu contoh biosintesis yang efektif adalah penggunaan daun kelor (*Moringa oleifera*), yang kaya akan β -karoten, protein, vitamin C, kalsium, dan kalium (Verma et al., 2021). Selain itu, daun kelor juga mengandung senyawa bioaktif seperti fenolik, flavonoid, asam askorbat, karotenoid, tanin, alkaloid, terpenoid, dan saponin, yang berfungsi sebagai sumber antioksidan alami (Nurlina et al., 2020). Senyawa flavonoid mengandung gugus hidroksil seperti -OH yang dapat mereduksi ion logam Zn^{2+} menjadi ZnO. Keunggulan dari bahan alami ini membuatnya sangat potensial untuk diterapkan dalam biosintesis nanomaterial dengan karakteristik yang ramah lingkungan (Naseer et al., 2020).

Beberapa penelitian terkait biosintesis dan sintesis nanomaterial juga telah dilakukan. Elumalai et al. (2015) juga melaporkan bahwa ZnO-NP telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun kelor dan menghasilkan ukuran partikel yaitu sebesar 24 nm. Azqhandi et al. (2017) menerapkan metode hidrotermal berbantuan gelombang mikro untuk mendapatkan nanokomposit ZnO/CNT terdoping Cd. Ranjithkumar et al. (2019) menggunakan metode refluks kimia untuk sintesis nanokomposit ZnO/CNT. Penelitian oleh Ngom et al. (2021) melaporkan bahwa ZnO-NP berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun kelor dengan ukuran kristalit rata-rata sebesar 10.8 nm. Rhamdiyah & Maharani (2022) juga melaporkan sintesis ZnO-NP menggunakan ekstrak daun kelor dengan ukuran kristal rata-rata

sebesar 16.97 nm, sementara Sugihartono et al. (2023) melaporkan ukuran kristalit rata-rata sebesar 22.524 nm.

Dalam pengembangan material penyerap gelombang mikro, beberapa penelitian telah menunjukkan hasil yang signifikan. Gong et al. (2020) berhasil mengembangkan material penyerap piramida dengan radiator dan ventilasi menggunakan polipropilena yang diperluas sebagai bahan baku. Penyerap yang diperoleh memiliki kinerja penyerapan gelombang mikro (MWAP) sebesar -40 dB di atas 18 GHz dan dapat diperluas hingga sudut datang 45° . Sementara itu, Deng et al. (2021) merancang material penyerap gelombang mikro berbentuk menara dielektrik logam multilapis yang dipilin, yang mencapai penyerapan pita lebar lebih dari 80% pada 11,3-35 GHz. Sun et al. (2022) menyiapkan spons rGO dengan metode pengeringan beku dan kemudian memprosesnya menjadi struktur piramida, menghasilkan MWAP sebesar -10 dB pada 2,4-40 GHz.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode biosintesis pada pH 10 dengan prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* (ZAD) 0.8 M, serta untuk menghasilkan material alternatif penyerap gelombang mikro. Karakterisasi nanokomposit ZnO/MWCNT dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Vector Network Analyzer* (VNA).

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis nanopartikel ZnO dari ekstrak daun kelor menggunakan metode biosintesis?
2. Bagaimana proses pengukuran karakteristik struktur kristal dan morfologi nanopartikel ZnO?
3. Bagaimana karakteristik sifat serapan gelombang mikro nanokomposit ZnO/MWCNT dengan variasi MWCNT 0, 5, 10, dan 15 wt% serta MWCNT murni sebagai material penyerap gelombang mikro?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis nanopartikel ZnO dari ekstrak daun kelor menggunakan metode biosintesis.
2. Menganalisis karakteristik struktur kristal dan morfologi nanopartikel ZnO.
3. Menganalisis karakteristik sifat serapan gelombang mikro nanokomposit ZnO/MWCNT dengan variasi MWCNT 0, 5, 10, dan 15 wt% serta MWCNT murni sebagai aplikasi material penyerap gelombang mikro.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat diperoleh manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk studi lebih lanjut terkait material nanokomposit ZnO/MWCNT sebagai penyerap gelombang mikro.
2. Menghasilkan material penyerap gelombang mikro berbasis nanokomposit ZnO/MWCNT dengan bahan dasar yang melimpah dan mudah diperoleh di Indonesia.
3. Berpotensi untuk diaplikasikan pada bidang militer (anti-radar), industri elektronik (pelindung EMI), dan perangkat medis (mengurangi interferensi sinyal).