

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Kesatuan Republik Indonesia terletak di wilayah yang strategis, yaitu wilayah dengan tata ruang yang mengutamakan kedaulatan negara dan mempengaruhi kepentingan nasional. Menurut Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2017, kawasan strategis nasional ditujukan untuk mendukung kegiatan militer, pangkalan militer, tempat penyimpanan alutsista, gudang amunisi, area uji sistem pertahanan, serta kawasan di sekitar perbatasan negara. Sistem pertahanan tersebut menempatkan Tentara Nasional Indonesia sebagai komponen utama sekaligus salah satu pilar yang berhubungan erat dengan kegiatan militer dengan taraf keamanan dan tingkat risiko yang tinggi. Penjagaan keamanan dan kerahasiaan wilayah perlu dijaga dari ancaman musuh yang mendeteksi dan mencari celah lokasi pertahanan negara. Penguatan pertahanan tersebut dapat diwujudkan melalui teknologi modern yang mutakhir (Gaber & Ibrahim, 2024). *Stealth technology* (teknologi siluman) telah menarik minat yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan bertahan hidup dalam perang modern (Y. Zhang *et al.*, 2023). Seiring dengan semakin luasnya jangkauan rudal berpemandu radar dan sistem pencegat, teknologi siluman kini mulai diterapkan pada desain terbaru pesawat, kapal, rudal, satelit, dan kapal selam agar sulit dideteksi oleh inframerah, radar, serta metode pengawasan lainnya (Hu *et al.*, 2023).

*Stealth technology* dapat diciptakan dengan mendesain permukaan kapal atau pesawat terbang dengan bentuk dan dimensi tertentu yang dapat mengarahkan gelombang radio, dan dengan melapisi kapal atau pesawat dengan *radar absorbing material* (RAM) berdasarkan cara pembuatannya (Pattanaik & Chauhan, 2023). Pendekatan yang menggunakan RAM dengan *bahan* elektromagnetik dan komponen penyusun yang baik dinilai lebih efektif karena memungkinkan penyerapan gelombang radar secara signifikan tanpa perlu melakukan perubahan besar pada desain

aerodinamika kapal atau pesawat. Penggunaan RAM dapat diterapkan pada berbagai jenis permukaan dan memberikan fleksibilitas lebih besar dalam hal perawatan dan peningkatan kemampuan *stealth*, dibandingkan dengan upaya mendesain struktur fisik yang kompleks dan kurang efisien (Wulandari *et al.*, 2024). *Radar absorbing material* dapat digunakan secara signifikan untuk meningkatkan kemampuan bertahan perangkat militer dalam peperangan modern (W. Li *et al.*, 2019). Material yang sering dikembangkan untuk RAM mencakup berbagai jenis bahan yang memiliki sifat-sifat dapat menyerap gelombang elektromagnetik, khususnya radar. Bahan penyerap gelombang mikro tradisional seperti ferit (Swatsitang *et al.*, 2016), material berbasis silika misalnya silikon karbida (R. Yang *et al.*, 2020), dan bubuk logam magnetik telah digunakan secara luas. Penggunaan awal RAM didominasi oleh logam dan paduan tradisional karena konduktivitas listriknya yang sangat baik (Choi *et al.*, 2021). Namun, logam dan paduan tersebut memiliki kekurangan seperti berat, mahal, tidak mudah diproses, dan memiliki ketahanan korosi yang rendah. RAM berbasis silika memiliki keunggulan dari stabilitas termal dan tinggi, kekuatan mekanik, serta kekerasan yang baik (Shen *et al.*, 2019). Di sisi lain, material yang akan diperoleh memiliki bobot yang besar dan struktur yang padat (Zeng *et al.*, 2021).

Jika dibandingkan dengan penyusun RAM tradisional, komposit RAM berbasis karbon memiliki sifat dielektrik yang sangat baik, struktur mikro khusus, pencocokan impedansi yang baik, sifat penyerap gelombang yang efisien, dan dapat mengurangi massa bahan komposit secara efektif, yang memiliki potensi pengembangan besar di bidang material penyerap gelombang (Shuiqing *et al.*, 2024). *Carbon nanotubes* (NCTs) (Ling *et al.*, 2019), *carbon fiber* (CF) (Dai *et al.*, 2022), *porous carbon* (PC) (Y. Liu *et al.*, 2022), *metal organic framework* (MOF) *derivates* (Kong *et al.*, 2021), *carbon black* (CB) (Si *et al.*, 2023), dan *graphene* (Zhu *et al.*, 2019) telah menjadi material pilihan untuk memproduksi bahan penyerap radar ringan berkinerja tinggi karena strukturnya yang unik dan sifatnya yang stabil, serta material-

material ini telah banyak digunakan di bidang *electromagnetic shielding*. Hal ini disebabkan material-material tersebut memiliki kekuatan yang tinggi, ringan, dan konduktivitas sangat baik (Suo *et al.*, 2018). Adapun keterbatasan material tersebut, diantaranya biaya produksi yang tinggi dan cukup sulit diaplikasikan dengan kualitas tinggi (Hussein & Alkufi, 2022). Komposit berbasis karbon meningkatkan konduktivitas material dengan perpaduan bahan yang memberikan respons magnetik, seperti  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Meski demikian, sinergi antara sifat-sifat ini belum sepenuhnya dieksplorasi. Penelitian ini menguji komposit berbasis karbon, yaitu karbon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  dalam matriks PPy untuk mengetahui interaksi dan sinergi antara penyusunnya, termasuk pengaruh  $\text{TiO}_2$  sebagai material semikonduktor untuk mencapai performa optimal. Selain itu, karbon dari sumber alami umumnya memiliki kristalinitas rendah, sehingga membatasi kinerjanya dalam berbagai aplikasi. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan alternatif bahan karbon yang melimpah dan memiliki kristalinitas tinggi. Salah satu kandidat yang menjanjikan adalah karbon dari grafit pensil, yang menawarkan kristalinitas yang lebih baik dan potensi aplikasi yang luas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, dapat diajukan suatu rumusan masalah terkait komposit karbon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  dalam matriks PPy sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis dan karakterisasi  $\text{GiO}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ ?
2. Bagaimana proses sintesis dan karakterisasi  $\text{rGO}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ ?
3. Bagaimana potensi dari komposit  $\text{GiO}$  dan  $\text{rGO}$  dalam matriks PPy yang disintesis sebagai *radar absorbing material*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan sintesis dan karakteristik  $\text{GiO}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ .
2. Melakukan sintesis dan karakteristik  $\text{rGO}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ .
3. Menganalisis potensi dari komposit karbon/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ /PPy sebagai RAM berdasarkan nilai *reflection loss* yang dihasilkan.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak yang berkaitan baik secara teoritis maupun praktis.

#### 1.4.1 Manfaat Teoritis

- a. Dalam upaya inovasi pemanfaatan material khususnya dalam bidang material penyerap radar (RAM), hal ini dapat menambah wawasan mengenai kombinasi karbon,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$  dalam matriks PPy dapat diperoleh material dengan penyerapan gelombang elektromagnetik yang unggul.
- b. Dapat mengetahui interaksi antara material magnetik ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), material konduktif (karbon), material dielektrik ( $\text{TiO}_2$ ), dan polimer konduktif (PPy) dalam matriks komposit, serta bagaimana interaksi ini mempengaruhi sifat-sifat RAM yang dihasilkan.

#### 1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Pengembangan material penyerap radar yang efisien dapat dimanfaatkan dalam industri pertahanan yang sangat dibutuhkan untuk aplikasi seperti *stealth technology* pada pesawat, kapal, atau kendaraan militer lainnya.
- b. Dengan menggunakan material yang relatif mudah disintesis seperti  $\text{GiO}/\text{rGO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan  $\text{TiO}_2$ , penelitian ini dapat memberikan alternatif yang lebih ekonomis dan efisien dalam pengembangan material RAM sehingga dapat menekan biaya produksi.
- c. Dapat meningkatkan kapasitas riset dan inovasi di bidang material fungsional, serta membuka peluang bagi penelitian lanjutan dan

kolaborasi antar disiplin ilmu, yang pada akhirnya dapat mendorong kemajuan teknologi terbaru.

