

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekuatan militer memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga stabilitas dan keamanan suatu negara. Setiap negara, termasuk Indonesia, berusaha untuk membangun sistem pertahanan yang tangguh dan teknologi militer yang mandiri, tanpa ketergantungan pada negara lain. Tujuan utama adalah untuk melindungi keamanan nasional dan memenuhi kepentingan strategis dalam bidang militer. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya alam dan sumber daya manusia untuk menguasai teknologi militer sangat diperlukan agar negara dapat menghadapi tantangan teknologi di masa sekarang dan yang akan datang. Salah satu teknologi militer yang terus berkembang dan memiliki nilai strategis yang tinggi adalah radar. Radar atau *Radio Detection and Ranging* adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi objek yang jauh dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui *transmitter* dan dipantulkan kembali ke *receiver*. Melalui pantulan gelombang tersebut, radar dapat mengidentifikasi berbagai informasi penting mengenai target, seperti bentuk, jenis, jarak, dan ukuran (Gustomo dan Suwadi, 2013).

Dalam konteks pertahanan, radar sering digunakan untuk mendeteksi dan mengenali target musuh. Maka dari itu, untuk meningkatkan kemampuan sistem pertahanan dan mengurangi risiko deteksi Radar, diperlukan teknologi siluman (*Stealth Technology*), terutama pada pesawat dan kapal perang. Teknologi ini bertujuan untuk mengurangi pantulan gelombang radar, yang dikenal dengan istilah *Radar Cross Section (RCS)*, sehingga objek menjadi lebih sulit terdeteksi. Oleh karena itu, mengurangi nilai RCS menjadi kunci utama dalam meningkatkan efektivitas *stealth*

(Agustiatanto dan Bidyasuti, 2014). Teknologi siluman sendiri terbagi menjadi dua jenis utama. Pertama, desain geometris pesawat atau kapal dimodifikasi sedemikian rupa agar gelombang radar yang dipantulkan tidak dapat diterima oleh radar musuh. Kedua, penggunaan material penyerap gelombang radar, yang dikenal dengan *Radar Absorbing Material* (RAM). Prinsip dasar dari RAM adalah mengubah energi gelombang elektromagnetik menjadi energi panas melalui mekanisme polarisasi dipol magnetik. Teknologi RAM sering kali diaplikasikan dengan melapisi permukaan objek menggunakan bahan penyerap dengan ketebalan tertentu, untuk membuat objek lebih sulit terdeteksi radar musuh.

Radar Absorbing Material (RAM) adalah bahan yang dirancang khusus untuk menyerap gelombang elektromagnetik, terutama pada frekuensi gelombang mikro. Tujuan utama bahan ini adalah untuk mengurangi refleksi gelombang yang dapat mengganggu kinerja radar. Idealnya, bahan RAM harus memiliki refleksi yang sangat rendah, dengan nilai refleksi maksimum kurang dari -10 dB. Selain itu, bahan RAM juga harus memiliki rentang frekuensi penyerapan yang cukup luas agar dapat bekerja efektif pada berbagai frekuensi radar. Keunggulan lainnya adalah densitas yang rendah, sehingga lebih ringan dan mudah diterapkan dalam berbagai aplikasi. Desainnya juga harus fleksibel agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik, dengan harga yang terjangkau agar dapat lebih banyak digunakan di industri. Stabilitas dalam berbagai kondisi lingkungan juga menjadi faktor penting untuk memastikan kinerja RAM dalam jangka panjang (Mashuri, 2012).

Metode pelapisan RAM yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO), yang merupakan proses rekayasa permukaan relatif baru, mirip dengan proses *Anodizing*, dimana spesimen dicelupkan ke dalam larutan elektrolit dan diberi tegangan serta arus listrik yang mengalir pada katoda dan anoda. Namun, PEO memiliki keunggulan dibandingkan *Anodizing* konvensional, antara lain lapisan oksida yang lebih

tebal, lebih keras, dan lebih padat. Selain itu, PEO juga lebih ramah lingkungan, menjadikannya pilihan yang lebih berkelanjutan (Vahid *et al.*, 2015). Teknologi PEO pertama kali digunakan sekitar 40 tahun yang lalu, terutama untuk aplikasi pesawat luar angkasa Soviet. Seiring berjalannya waktu, teknologi ini terus dikembangkan untuk berbagai aplikasi, mulai dari industri antariksa hingga transportasi luar angkasa, dengan sifat-sifat yang semakin meningkat.

EDTA (*Ethylenediaminetetraacetic Acid*) memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam, yang dapat mengubah sifat elektromagnetik material. Proses ini berpotensi mempercepat konversi energi dan meningkatkan kemampuan material untuk menyerap gelombang elektromagnetik. Interaksi antara EDTA dan ion logam dapat menyebabkan perubahan signifikan pada sifat dielektrik dan magnetik material, yang sangat penting dalam meningkatkan efektivitas penyerapan gelombang elektromagnetik. Selain itu, EDTA juga dapat membuat material memiliki struktur pori yang lebih banyak dan tersebar secara merata (Zhang *et al.*, 2021). Struktur berpori ini sangat berperan dalam meningkatkan pencocokan impedansi material dengan gelombang elektromagnetik, yang krusial untuk penyerapan yang lebih efektif. Kehadiran pori-pori ini mengurangi konstanta dielektrik material, memfasilitasi pencocokan impedansi dengan ruang kosong, serta memungkinkan gelombang elektromagnetik terperangkap lebih lama dalam material. Proses refleksi berulang dalam pori-pori ini memperpanjang jalur gelombang, sehingga meningkatkan penyerapan gelombang elektromagnetik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi permukaan Aluminium 6061 menggunakan metode *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) dengan penambahan EDTA pada variasi konsentrasi 1 g/l, 3 g/l, dan 5 g/l. Penelitian ini akan mengevaluasi kinerja lapisan EDTA dalam meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang elektromagnetik pada material tersebut. Produk yang dihasilkan akan

dianalisis menggunakan beberapa teknik karakterisasi. *X-ray Diffraction* (XRD) akan digunakan untuk mengidentifikasi fase dan struktur kristal lapisan yang terbentuk. *Scanning Electron Microscope* (SEM) akan memberikan gambaran mendalam tentang morfologi dan porositas permukaan produk, yang sangat penting untuk memahami bagaimana struktur permukaan mempengaruhi penyerapan gelombang elektromagnetik. *Surface Profilometer* akan digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan, fitur topografi, dan ketebalan lapisan material. Selain itu, uji *Vector Network Analyzer* (VNA) akan digunakan untuk mengevaluasi kemampuan penyerapan gelombang elektromagnetik, sementara uji *Corrosion Test* akan mengukur ketahanan material terhadap korosi, untuk memastikan daya tahan dan stabilitas lapisan dalam kondisi nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana modifikasi permukaan Aluminium 6061 menggunakan metode *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) dengan penambahan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* (EDTA) berpengaruh terhadap morfologi dan komposisi kimia permukaan aluminium?
- b. Bagaimana kemampuan Aluminium 6061 yang telah dimodifikasi dengan metode PEO menggunakan EDTA lebih unggul untuk meningkatkan ketahanan korosi dibandingkan dengan material tanpa modifikasi permukaan?
- c. Bagaimana kemampuan Aluminium 6061 yang telah dimodifikasi dengan metode PEO menggunakan EDTA lebih unggul untuk meningkatkan performa penyerapan gelombang elektromagnetik dibandingkan dengan material tanpa modifikasi permukaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menunjukkan sasaran yang harus dicapai sesuai dengan rumusan masalah yang ditetapkan. Tujuan penelitian yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis pengaruh Aluminium 6061 dengan penambahan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* (EDTA) dalam proses *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) terhadap morfologi dan komposisi kimia permukaan Aluminium 6061.
- b. Mengevaluasi kemampuan ketahanan korosi Aluminium 6061 yang telah dimodifikasi melalui metode PEO dengan penambahan EDTA, serta membandingkannya dengan material tanpa modifikasi.
- c. Menganalisis efektivitas Aluminium 6061 yang telah dimodifikasi menggunakan PEO dengan penambahan EDTA dalam meningkatkan performa penyerapan gelombang elektromagnetik dibandingkan permukaan tanpa perlakuan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan penyerapan gelombang elektromagnetik. Secara umum manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1.4.1 Manfaat Teoritis

- a. Menambah pengetahuan tentang pengaruh EDTA terhadap sifat penyerapan gelombang elektromagnetik
- b. Memperluas teori mengenai penerapan metode Plasma Electrolytic Oxidation pada material pertahanan
- c. Memberikan teori hubungan antara modifikasi permukaan Aluminium 6061 dan kinerjanya sebagai electromagnetic absorber

1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Memberikan acuan pemilihan EDTA untuk meningkatkan efektivitas lapisan penyerap gelombang elektromagnetik

- b. Memberikan alternatif teknologi pelapisan PEO untuk Alutsista TNI yang lebih tahan korosi
- c. Menjadi panduan bagi peneliti lainnya untuk pembuatan *prototype* penyerap gelombang elektromagnetik berbasis Aluminium