

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan atau permintaan terhadap material yang memiliki sifat kinerja tinggi seperti kekuatan unggul, ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta kemampuan menahan aliran listrik berdasarkan aplikasinya mendorong terciptanya inovasi dalam pengembangan material komposit pada berbagai industri seperti transportasi darat dan laut sebagai komponen kendaraan diantaranya bagian pelindung mesin, badan mobil, tangki air, badan gerbong, bahkan kendaraan secara keseluruhan pada kendaraan pemadam kebakaran. Selain itu, industri dirgantara juga secara aktif mencari material yang terus berinovasi seperti komposit [1-3].

Komposit berkontribusi pada bagan pesawat. Kontribusi ini mencapai 20% hingga 30% dari total berat pesawat. Penggunaan material komposit bahkan lebih luas ditemukan pada helikopter yakni antara 50% hingga 80% dari total berat strukturnya. Material komposit seperti *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) pertama kali digunakan di bidang antariksa karena sifatnya yang ringan dan kuat, seperti pada rudal Polaris A-3 yang bobotnya berkurang 60% dan biaya produksi turun 66% dibanding pendahulunya. Seiring waktu, teknologi komposit berkembang melalui integrasi serat canggih seperti serat kevlar dan karbon untuk meningkatkan ketahanan struktural. Tren ini juga terlihat di industri penerbangan, di mana *Boeing* meningkatkan penggunaan komposit dari 18,5 m² pada B707 menjadi 930 m² pada B747, dan dari 1.429 kg di B757 hingga hampir 10 ton di B777, sementara Airbus A340 menggunakan lebih dari 4 ton komposit yang mencakup 13% dari total berat pesawat [3]. Tepatnya, penggunaan terletak pada ekor pesawat bagian *vertical tail*, *horizontal stabilizer*, *rudder*, sayap, badan, *fuselage*, sambungan mesin, dan rantai pada pesawat komersial yang menggunakan serat kaca dan berbagai resin termoset dengan kekuatan tarik dan sifat kekerasan material yang cukup besar [3, 4]. Dalam konteks tersebut, material komposit muncul sebagai solusi rekayasa yang menjanjikan. Komposit, yang merupakan kombinasi dari dua atau lebih bahan yang tidak saling larut, mampu menghasilkan sifat-sifat unggul yang tidak dapat diperoleh dari material konvensional. Dengan

menggabungkan keunggulan masing-masing komponen, material ini dapat dirancang untuk memenuhi standar teknis tinggi dan disesuaikan dengan kebutuhan spesifik menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi dengan kebutuhan kombinasi antara kekuatan, ketahanan, dan bobot ringan [3].

CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) adalah bahan komposit berbasis polimer dengan jenis polimer biasa digunakan adalah resin dengan penguat berupa serat karbon. Serat karbon terdiri atas atom karbon yang tersusun teratur sehingga membentuk material kuat dan ringan yang cocok untuk aplikasi dengan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi [5]. Resin poliester merupakan salah satu matriks polimer yang paling luas digunakan karena dikenal ekonomis dan mudah dibentuk ke berbagai ukuran juga bentuk komposit serta ketahanan yang tinggi terhadap berbagai bahan kimia sehingga cocok untuk aplikasi di lingkungan korosif [6, 7]. Meskipun resin poliester memiliki banyak kelebihan, sifat mekanik dan listriknya sering kali tidak cukup untuk memenuhi tuntutan aplikasi yang lebih tinggi. Untuk meningkatkan performa resin poliester, penambahan bahan pengisi menjadi strategi yang umum dilakukan. Alumina (Al_2O_3) adalah senyawa yang terdiri atas unsur aluminium dan oksigen sebagai salah satu bahan pengisi yang menarik perhatian karena kemampuannya untuk meningkatkan sifat mekanik dan perlindungan konduktivitas listrik komposit. Penelitian menunjukkan bahwa alumina dapat memperbaiki interaksi antara matriks dan serat, serta meningkatkan distribusi beban dalam komposit [8].

Penambahan alumina dalam konsentrasi tepat diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap deformasi pada komposit CFRP. Kombinasi serat karbon dan alumina dalam matriks resin poliester berpotensi menghasilkan material yang kuat dan ringan serta memiliki kemampuan isolasi terhadap konduktivitas listrik. Karakteristik ini penting untuk aplikasi yang memerlukan pengendalian muatan listrik statis seperti pada industri elektronik dan otomotif. Efektivitas bahan pengisi sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, konsentrasi, serta metode pencampuran dan pengawetan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan alumina ke dalam matriks resin poliester terhadap sifat mekanik dan elektrostatis komposit CFRP. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik

mengenai potensi penggunaan alumina sebagai bahan pengisi dalam pengembangan material komposit untuk berbagai kebutuhan industri, khususnya pada bagian lantai pesawat komersial.

1.2. Identifikasi Masalah

Setelah latar belakang selesai dirumuskan, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi permasalahan yang akan menjadi fokus penelitian. Berikut adalah rincian identifikasi masalah:

- 1) Kebutuhan material dengan kinerja tinggi seperti kombinasi kekuatan mekanik tinggi, ringan, dan sifat elektrostatis material yang optimal berdasarkan kegunaannya, sehingga industri perlu mengembangkan material komposit yang mampu memenuhi spesifikasi performa tersebut.
- 2) Optimisasi pengurangan bobot pesawat yang merupakan faktor kunci untuk meningkatkan efisiensi dan performa. Implementasi material komposit menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam aplikasi seperti struktur ekor, sayap, dan bahkan lantai pesawat, yang menuntut material dengan kekuatan dan ketahanan tinggi.
- 3) Keterbatasan sifat mekanik dan listrik pada resin poliester murni.
- 4) Optimalisasi peran bahan pengisi berupa Alumina untuk meningkatkan interaksi antara matriks dan serat serta distribusi beban dalam komposit yang menghadapi tantangan, terutama terkait dengan ukuran partikel, konsentrasi yang optimal, dan metode pencampuran yang efektif untuk menghindari aglomerasi.
- 5) Kebutuhan akan pengembangan material komposit berkelanjutan dengan inovasi material pada berbagai aplikasi yang tidak hanya memenuhi tuntutan performa tinggi, tetapi juga mendukung efisiensi produksi dan keberlanjutan dalam jangka panjang.

1.3. Pembatasan Masalah

Merujuk pada latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan sebelumnya, dilakukan penyusunan batasan masalah agar penelitian lebih fokus

pada ruang lingkup yang akan dilakukan penelitian. Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini mencakup hal-hal berikut:

- 1) Material komposit yang dilakukan penelitian adalah CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) dengan perbandingan komposisi antara matriks dan penguat serat karbon sebesar 75:25.
- 2) Sampel komposit dilakukan variasi dengan menambahkan penguat pada matriks berupa partikel alumina (Al_2O_3) berukuran 500 mesh diaplikasikan dalam proporsi massa 1, 3, 5, 7, dan 9% dari total berat material komposit CFRP.
- 3) Resin yang digunakan adalah resin poliester dengan jenis resin *termosetting*.
- 4) Pembuatan material komposit CFRP yang ditambahkan bubuk Alumina pada fase pertama digunakan metode *hand lay-up*, diikuti pada fase kedua oleh prosedur *vacuum bag* dengan waktu pengeringan dan pengawetan selama 48 jam.
- 5) Pengujian meliputi pengukuran kekuatan tarik pada *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, penentuan nilai kekerasan dengan *Vickers Hardness Tester* di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, dan pengukuran resistansi permukaan menggunakan *Insulation and Continuity Tester* pada *Laboratorium Fire and Safety Engineering*.

1.4. Perumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang dan identifikasi masalah yang ada, penulis mengemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Apa dampak penambahan Alumina (Al_2O_3) terhadap sifat mekanik khususnya kekuatan tarik dan kekerasan dari komposit berbasis resin poliester dan serat karbon?
- 2) Bagaimana Alumina (Al_2O_3) memengaruhi konduktivitas listrik dari komposit CFRP?

- 3) Apakah kombinasi serat karbon dan alumina dalam resin poliester dapat memenuhi kebutuhan aplikasi teknik tinggi, seperti lantai pesawat komersial yang memerlukan kekuatan dan ketahanan tertentu?

1.5. Tujuan Penelitian

Merujuk pada rumusan masalah yang sudah ditetapkan, fokus tujuan penelitian ini mencakup:

- 1) Menganalisis pengaruh penambahan alumina terhadap peningkatan sifat mekanik komposit CFRP berbasis resin poliester.
- 2) Mengetahui efek penambahan alumina terhadap konduktivitas listrik dari komposit yang dihasilkan.
- 3) Mengetahui kelayakan material komposit CFRP dengan performa tinggi yang berpotensi diaplikasikan pada industri penerbangan, khususnya pada struktur lantai pesawat komersial.

1.6. Manfaat Penelitian

Penulis sangat mengharapkan bahwa penelitian ini pada akhirnya dapat menghasilkan manfaat-manfaat yang akan dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Menyajikan informasi yang dapat dimanfaatkan sebagai referensi terkait penggunaan material komposit CFRP yang diperkuat bubuk Aluminium Oksida/ Al_2O_3 /Alumina.
- 2) Menjadi referensi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya dengan topik terkait.
- 3) Mendorong efisiensi penggunaan material dan biaya produksi melalui pemanfaatan resin poliester yang terjangkau dan Alumina sebagai bahan pengisi yang potensial.
- 4) Menyediakan alternatif material komposit dengan kombinasi kekuatan mekanik dan sifat kelistrikan yang baik, untuk aplikasi struktural dan fungsional.