

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luas lahan yang rusak akibat kebakaran hutan di Indonesia tergolong sangat tinggi setiap tahunnya. Peningkatan jumlah kebakaran hutan disebabkan oleh sulitnya proses penangkapan pelaku dan lambatnya penanganan kebakaran di lapangan, yang menghambat upaya pemadaman. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mempercepat respons adalah pengembangan robot drone pemadam kebakaran hutan otomatis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). *Drone* ini dirancang untuk mampu memadamkan api secara cepat sebelum api menyebar lebih luas. UAV dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis, sehingga mempermudah akses ke area-area yang sulit dijangkau oleh manusia. Penggunaan UAV menjadi salah satu metode terbaik dalam mendeteksi titik api dari jarak jauh dan merespons secara cepat. Di Indonesia, penggunaan *drone* untuk pemadaman kebakaran hutan masih belum diterapkan secara luas, berbeda dengan negara seperti Amerika Serikat, di mana departemen pemadam kebakaran telah memanfaatkan berbagai jenis *drone* seperti DJI Zenmuse XT, Z30, Matrice 210, dan Inspire 1 v2.0. Teknologi ini terbukti efektif dalam menjangkau lokasi yang tidak dapat dilalui oleh personel darat. Pengendalian kebakaran hutan akan menjadi lebih efisien apabila proses pemadaman tidak lagi mengandalkan manusia secara langsung, melainkan menggunakan sistem berbasis sensor dan UAV yang mampu membedakan panas api dari panas makhluk hidup serta membawa muatan pemadam api untuk menghentikan kebakaran sebelum meluas. (Nurkarim dkk., 2021).

Konstruksi *sandwich* yang konsisten diharapkan memiliki kekakuan bending yang memadai dengan berat yang relatif ringan. Konstruksi ini terdiri dari material *core* yang diapit oleh dua kulit. Komposit *polyester-fiberglass* tipis dapat digunakan sebagai kulit komposit *sandwich* karena prinsipnya adalah untuk membuat kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan dengan menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* komposit yang ringan. Komposit *sandwich* biasanya terdiri dari lapisan kulit (*skin*) dan lapisan inti (*core*) yang ringan. Tugas utama lapisan kulit dalam komposit *sandwich* adalah menahan beban *transversal* atau momen lentur sementara lapisan inti (*core*) menahan beban geser melintang, serta mengemban tugas struktural atau fungsional lainnya seperti toleransi benturan, perisai radiasi. (Catur & Prayitno, 2014). Kekuatan struktur komposit *sandwich* dapat dipengaruhi oleh sifat mekanis kulit dan *core*, serta ketebalan, dan kekuatan ikatan antara kulit dan *core*. Jenis material kulit dan *core*, orientasi serat, dan fraksi volume juga dapat mempengaruhi kekuatan struktur komposit *sandwich* (Kurniawan dkk., 2022). Serat nipah adalah bahan alami yang menghasilkan

struktur ringan namun kuat, karakteristiknya seperti kekuatan serat yang tinggi dan densitas yang rendah, membuat serat pelepah nipah sebagai *core* komposit *sandwich* yang ideal. Meningkatkan kekakuan dan distribusi tegangan geser adalah dua fungsi utama material ini, semuanya tanpa menambah beratnya secara signifikan. Dibandingkan dengan *core* berbasis *3D printing*, terdapat perbedaan mencolok dalam hal kemampuan desain dan optimalisasi rasio kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*) (Dani dkk., 2024). Geometri yang kompleks, seperti struktur *lattice* atau *honeycomb*, yang dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan kekuatan dan kekakuan dengan berat yang paling sedikit, dapat dibuat dengan *core* yang dibuat menggunakan *3D printing*.

Teknologi manufaktur aditif memungkinkan pembuatan inti (*core*) komposit yang dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan mekanis tertentu, sehingga menghasilkan struktur yang kuat dengan bobot yang sangat ringan. Meskipun demikian, *core* yang berbahan serat pelepah nipah, meskipun lebih mudah dalam proses pembuatannya, memiliki keterbatasan dari segi fleksibilitas desain dan pengoptimalan struktur mikro. Dalam hal perbandingan *strength-to-weight ratio*, *core* yang dibuat dengan teknologi *3D printing* umumnya lebih unggul karena kemampuannya menghasilkan struktur ringan namun tetap memiliki kekuatan mekanis yang tinggi. Di sisi lain, *core* berbahan serat nipah menawarkan kelebihan berupa ketersediaan bahan yang melimpah, sifat ramah lingkungan, serta biaya produksi yang relatif rendah (Dani dkk., 2024). Salah satu bahan yang umum digunakan dalam teknologi cetak 3D adalah *PLA (Polylactic Acid)*, polimer termoplastik yang berasal dari sumber daya terbarukan. Karakteristik ini menjadikan *PLA* sebagai bahan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan filamen sintetis berbasis minyak bumi. Penggunaan *PLA* juga berkontribusi dalam mengurangi limbah plastik serta ketergantungan terhadap bahan kemasan konvensional. Selain itu, *PLA* memiliki beberapa keunggulan teknis seperti kekuatan tarik yang tinggi, sifat tidak beracun, dan kualitas permukaan cetak yang baik (Sumardiyanto & Setiawan, 2021).

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan jenis komposit yang paling umum digunakan dalam berbagai sektor industri seperti transportasi darat, laut, dan udara karena memiliki sifat mekanik yang unggul, antara lain kekuatan tinggi, bobot ringan, kekakuan yang baik, serta ketahanan terhadap korosi. Secara umum, *GFRP* tersusun atas resin sebagai matriks dan serat kaca sebagai bahan penguat. Menurut Tang dkk (2013), resin memiliki sifat yang sangat mudah terbakar dan dapat menghasilkan panas, asap, serta gas dalam jumlah besar, sehingga menyebabkan *GFRP* memiliki ketahanan terhadap panas yang sangat rendah. Penggunaan resin jenis *fire retardant (FR)* dalam *GFRP* komersial belum sepenuhnya efektif dalam meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga masih diperlukan penambahan aditif *flame retardant* lainnya

sebagai alternatif untuk meningkatkan sifat tahan api pada material tersebut (A. H. Siregar dkk., 2017).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengamati tentang pengaruh penambahan senyawa *fire retardant* magnesium carbonate $MgCO_3$ pada *glass fiber reinforced polymer* (GFRP) core serat alam dan *3D printing* terhadap sifat tahan api dengan pengujian laju pembakaran menggunakan spesimen ASTM D635. Pengujian kekerasan digunakan untuk mengukur penetrasi atau deformasi lokal yang disebabkan oleh gaya tekan tertentu dengan menggunakan standar ASTM D2240 untuk menentukan sifat mekanik dari material komposit *sandwich* dengan penambahan senyawa *fire retardant* menggunakan core serat alam dan *3D printing* material PLA.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah penelitian dirumuskan berdasarkan latar belakang yang ada. Permasalahan yang ingin diselesaikan pada penelitian. Dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serbuk *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) terhadap uji kekerasan *shore D* pada komposit *sandwich* dengan core nipah dan *3D printing*?
2. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serbuk *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) terhadap laju pembakaran pada komposit *sandwich* dengan core nipah dan *3D printing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan berdasarkan konteks dan permasalahan yang telah diidentifikasi, dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serbuk *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) terhadap uji kekerasan *shore D* pada komposit *sandwich* dengan core nipah dan *3D printing*.
2. Mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serbuk *magnesium carbonate* ($MgCO_3$) terhadap laju pembakaran pada komposit *sandwich* dengan core nipah dan *3D printing*?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah berisikan terkait batasan masalah yang akan diambil dalam penelitian. Batasan masalah diterapkan agar fokus penelitian ini tidak melebar kemana-mana. Berikut batasan masalah yang didapat.:

1. Penelitian ini hanya menggunakan jenis resin epoksi sebagai matriks polimer.
2. Bahan *filler* yang digunakan adalah $MgCO_3$ dengan variasi fraksi volume 0%, 5%, 10%, dan 15%.
3. Jenis core yang digunakan terbatas pada serat nipah dan filamen PLA hasil cetak 3D.
4. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* tanpa vakum atau.

5. Sifat material yang diuji hanya mencakup kekerasan *Shore D* dan laju pembakaran horizontal (ASTM D2240 dan ASTM D635).
6. Penelitian tidak mencakup pengujian impak, atau analisis mikroskopik struktur komposit.

1.5 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan ini menjabarkan sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab, sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab satu merupakan bagian awal dari penelitian ini, yang memberikan informasi detail mengenai situasi atau konteks latar belakang penelitian, merumuskan masalah penelitian, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian tersebut, serta membatasi ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua akan menguraikan tinjauan pustaka yang relevan dengan penelitian ini, yang akan digunakan sebagai dasar untuk merancang sebuah solusi dan memberikan jawaban terhadap permasalahan yang diidentifikasi.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga adalah bagian yang menjelaskan mengenai metodologi penelitian, mencakup jenis penelitian yang dilakukan, dari langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

4. Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN.

Bab empat akan menguraikan dengan detail mengenai hasil data yang diperoleh, hubungan antara penambahan serbuk MgCO_3 dengan kekuatan tarik dan laju pembakaran, serta analisis data menggunakan Minitab.

7. Bab V PENUTUP.

Bab penutup merinci hasil penelitian yang memberikan jawaban terhadap tujuan penelitian, serta memberikan rekomendasi untuk studi lanjutan mengenai komposit *sandwich* dengan *filler flame retardant*.