BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan material hasil rekayasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih bahan dengan sifat mekanik dan pembentuk yang berbeda, kombinasi tersebut selanjutnya dicampur secara makroskopis dan dikompresi menjadi satu, dimana satu bahan berperan sebagai *Reinforcemen*t (fasa penguat) dan material lainnya sebagai *Matrix* (fasa pengisi) [1-3]. Material ini banyak diminati di sektor perindustrian karena sifatnya yang unggul, seperti kekuatan yang tinggi, bobot massa ringan, ketahanan terhadap korosi, dan ketahanan suhu yang tinggi. Maka dari itu, CFRP menjadi pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi dan performa tinggi dan banyak diaplikasikan di industri otomotif, kedirgantaraan dan konstruksi [4-6].

Perkembangan CFRP di bidang otomotif berkembang pesat dan menjadikan material ini populer dalam pengaplikasian struktur perancangan panel bodi, rangka dan komponen interior [7]. Penggunaan CFRP pada industri otomotif dimulai dengan kebutuhan akan komponen dengan bobot massa yang ringan dalam upaya efisiensi bahan bakar, seperti bodi mobil, panel sayap dan bodi pesawat hingga akhir – akhir ini di aplikasikan pada *fairing* sepeda motor karena keunggulannya terhadap ketahanan panas [8, 9].

Dalam aplikasinya, komponen berbasis CFRP sering kali tidak dicetak dalam satu bagian utuh berukuran besar akibat keterbatasan proses manufaktur, biaya cetakan, serta kompleksitas desain struktur. Akibatnya, komponen CFRP memerlukan adanya proses penyambungan untuk membentuk struktur akhir yang diinginkan. Sambungan antar komponen CFRP tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antar bagian, tetapi menjadi salah satu aspek dalam menjamin keamanan integritas struktural dan keselamatan sistem secara keseluruhan [10]. Kritikal aspek sambungan terbukti pada insiden kecelakaan pesawat Aloha Airlance Boeing B737-200-N-73711 pada tahun 1988 dimana kegagalan sambungan terjadi akibat retakan pada sambungan rivet yang merambat dan menyebabkan lepasnya

sepertiga atap pesawat selama penerbangan [11]. Insiden ini menegaskan pentingnya desain sambungan yang aman dan andal untuk menjaga integritas struktural.

Teknik penyambungan komposit CFRP berbeda dengan material logam yang dapat disambung dengan teknik pengelasan, CFRP memiliki sifat anisotropik dan rentan terhadap delaminasi, sehingga tidak semua metode cocok digunakan. Hal ini menimbulkan tantangan dalam memilih metode penyambungan yang tepat, baik dari segi kekuatan mekanik maupun keamanan yang panjang [12]. Salah satu metode penyambungan yang banyak digunakan pada penyambungan CFRP adalah *adhesive bonding* dan pengencang mekanis. *Adhesive bonding* dinilai lebih unggul dalam penyambungan komposit sebab menawarkan distribusi tegangan yang merata, bobot massa ringan dan tidak merusak serat material seperti sambungan mekanik [13, 14]. Namun, performa sambungan *adhesive* sangat dipengaruhi oleh jenis perekat, kondisi permukaan, serta bentuk sambungan [15-19].

Setiap sambungan memiliki karakteristik distribusi tegangan yang berbeda, geometri sambungan mempengaruhi distribusi tegangan yang terbentuk di daerah sambungan, dan desain sambungan yang buruk dapat mempercepat kegagalan struktur. Pereira, dkk. [20] menganalisa metode penyambungan *adhesive bonding* terkait kekuatan sambungan yang terikat dengan perekat. Pada penelitiannya ini pengujian dengan jenis perekat epoksi memiliki kekuatan lebih baik dibandingkan perekat akrilik pada sambungan *singel lap joint* dan *double lap joint.*

Dalam konteks Rekayasa Keselamatan Kebakaran, pemahaman terhadap perilaku sambungan material komposit seperti CFRP sangat penting. Kegagalan sambungan tidak hanya berdampak pada kerusakan material, tetapi juga membahayakan keselamatan jiwa dan properti, terutama pada sistem yang harus beroperasi dibawah tekanan atau suhu tinggi. Oleh karena ini diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai jenis sambungan, distribusi tegangan serta perilaku kegagalan pada sambungan CFRP untuk menjamin kinerja dan keselamatan sistem. Penelitian difokuskan untuk

menganalisis pengaruh variasi bentuk sambungan terhadap sifat mekanik menggunakan teknik *adhesive bonding* dengan jenis perekat epoksi pada material CFRP sebagai dasar pengembangan desain yang lebih aman, efisien dan mencegah kegagalan dini dalam aplikasi teknik. Adapun penelitian dilakukan melalui pengujian tarik berdasarkan ASTM D-5868-01 dengan analisis patahan mode kegagalan berdasarkan ASTM D-5573-99.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, berikut poin – poin masalah yang menjadi fokus identifikasi pada penelitian, diantaranya sebagai berikut:

1. Sambungan menjadi aspek krusial dalam perancangan struktural sebab menjadi titik konsentrasi tegangan yang menimbulkan beban tambahan maupun kelemahan lokal pada struktur. Namun, kebutuhan akan sambungan tidak dapat dihindari akibat keterbatasan teknologi manufaktur dalam perakitan komponen secara utuh.
2. Metode *adhesive bonding* dipilih karena keunggulannya dalam mendistribusikan tegangan secara merata dan menghindari kerusakan fisik pada material komposit.
3. Bentuk sambungan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan, bentuk sambungan yang kurang tepat dapat menyebabkan konsentrasi tegangan dan menurunkan performa sambungan. Namun, belum terdapat rekomendasi pasti mengenai bentuk sambungan optimal material CFRP.
4. Kegagalan sambungan berpotensi membahayakan integritas struktural atau sistem yang bergantung pada kekuatan sambungan, sehingga perlu dipelajari lebih lanjut mengenai karakteristik dan pola patahan sebagai upaya mitigasi risiko kegagalan yang berdampak langsung pada keselamatan sistem secara keseluruhan.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka batasan masalah yang membatasi ruang lingkup masalah pada penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah CFRP yang terbuat dari serat karbon yang diperkuat dengan matriks poliester dengan ekstraksi silika abu sekam padi dengan komposisi 25% serat karbon, 54,48% resin dan 18,52% silika abu sekam padi.
2. Pembuatan material CFRP menggunakan metode *hand lay-up* dengan *vacuum bag.*
3. Metode penyambungan menggunakan teknik *adhesive bonding* dengan mengacu pada standar ASTM D-5868.
4. Perekat yang digunakan 3M *Scooth-Weld Epoxy Adhesive DP420NS.*
5. Variasi bentuk sambungan yang di analisa meliputi *singel lap, strap joint, scraft joint* dan *butt joint*
6. Pengujian difokuskan pada uji tarik (*tensile test*) untuk menganalisa sifat mekanik sambungan dan analisa patahan.
7. Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban tidak dimasukkan dalam variabel pengujian.

1.4 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, identifikasi masalah serta pembatasan masalah tersebut maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi bentuk sambungan terhadap sifat mekanik kekuatan tarik sambungan *adhesive* pada material CFRP?
2. Bagaimana pola kerusakan patahan antar bentuk sambungan *adhesive* pada material CFRP?
3. Bagaimana karakteristik bentuk sambungan yang memberikan kekuatan dan pola kegagalan paling ideal untuk aplikasi struktural berbasis CFRP?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ialah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh variasi bentuk sambungan terhadap kekuatan mekanik sambungan *adhesive* material CFRP.
2. Mengidentifikasi karakteristik dan fenomena kerusakan patahan yang terjadi pada tiap – tiap bentuk sambungan.

3. Memberikan rekomendasi bentuk sambungan *adhesive* yang optimal untuk digunakan dalam struktur keselamatan berdasarkan sifat mekaniknya.

1.6 Kegunaan Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan melalui percobaan eksperimen pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Memberikan data eksperimental yang berguna dalam pengembangan desain sambungan material CFRP.
2. Menjadi pertimbangan dan referensi untuk perancang dalam tahapan desain sambungan struktural yang aman dalam konteks rekayasa keselamatan kebakaran.
3. Mendukung pengembangan metode penyambungan komposit yang efisien dan tahan beban tinggi dalam kondisi ekstrem.