

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keselamatan penumpang sangat penting dalam industri otomotif dan transportasi. Risiko kecelakaan lalu lintas meningkat seiring dengan peningkatan mobilitas masyarakat dan jumlah kendaraan yang digunakan. Kecelakaan tidak hanya merusak kendaraan tetapi juga dapat mengubah hidup seseorang, menyebabkan trauma, luka serius, atau bahkan kematian. Mulai dari sepeda motor, mobil, hingga truk dan bus besar, semua jenis mobil dapat terlibat. Karena banyaknya dan penggunaan harian yang tinggi, kendaraan roda empat seperti mobil pribadi dan taksi menjadi yang paling sering terlibat dalam kategori ini. Menurut (Data Indonesia.id, 2023), pada tahun 2023, ada 727.043 kendaraan bermotor, 68.771 mini bus, dan 13.339 truk dan troton yang terlibat dalam kecelakaan lalu lintas. Angka-angka ini lebih dari sekadar angka, mereka menunjukkan fakta lapangan yang menyedihkan tentang tingkat kecelakaan jalan raya yang tinggi yang melibatkan berbagai jenis kendaraan, dari yang ringan hingga berat.

Desain struktural kendaraan yang memiliki kemampuan *crashworthiness* yang optimal adalah cara untuk meningkatkan keselamatan penumpang (Wang et al. 2018). Kemampuan suatu kendaraan untuk menyerap dan mendistribusikan energi tumbukan saat terjadi kecelakaan disebut *crashworthiness*. Ini dilakukan dengan tujuan meminimalkan risiko cedera parah pada penumpang dan kerusakan yang signifikan pada interior kabin. Dalam kebanyakan kasus, desain struktural kendaraan yang tahan terhadap kecelakaan dirancang sehingga mengurangi kerusakan saat terjadinya tumbukan, seperti area depan, dapat diubah secara kontrol untuk menyerap energi benturan dan memastikan bahwa area utama di mana penumpang berada tetap terlindungi (Teng et al. 2017). Organisasi

internasional telah mengembangkan protokol pengujian tabrakan yang ketat untuk memastikan tingkat keselamatan yang tinggi. Sebagai contoh, untuk mengevaluasi kinerja keselamatan kendaraan, program penilaian mobil baru China (C-NCAP) melakukan sejumlah uji tabrakan, termasuk tabrakan frontal penuh, tabrakan frontal dengan tumpang tindih sebagian, dan tabrakan samping. Produsen mobil dapat menemukan dan memperbaiki kelemahan dalam desain struktural mereka dengan simulasi kecelakaan ini (Wikipedia, 2024).

Struktur *honeycomb* terdiri dari sel-sel berongga berbentuk heksagonal yang dirancang untuk memaksimalkan efisiensi material dan kekuatan struktural. Struktur sarang lebah di belakang bumper mobil dapat menyerap guncangan dan energi saat tabrakan. Energi kinetik kendaraan diubah menjadi energi regangan peredam dalam skenario peredam benturan. Dalam skenario ini, kendaraan memperlambat, menghasilkan kecepatan nol (Vieira et al. 2008). Studi menunjukkan bahwa struktur *honeycomb* dapat meningkatkan sistem keselamatan kendaraan, Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan (Li et al. 2020) yang diterbitkan dalam *International Journal of Crashworthiness*. Studi menunjukkan bahwa struktur sarang lebah dengan bentuk dan ketebalan tertentu mampu menyerap energi benturan dengan lebih baik daripada peredam konvensional. Hasil ini menunjukkan bahwa desain struktural yang tepat sangat penting dalam mengurangi efek kecelakaan.

Polylactic Acid (PLA) adalah polimer biodegradable yang dibuat dari bahan-bahan terbarukan seperti tebu, pati jagung, dan limbah makanan. PLA adalah salah satu bioplastik paling menjanjikan dan dapat digunakan sebagai pengganti plastik berbasis minyak bumi yang sulit terurai. Sangat menarik untuk berbagai aplikasi, mulai dari kemasan hingga bidang medis, karena sifatnya yang biokompatibel, dapat terurai secara hayati, dan memiliki kekuatan mekanik yang baik (Singhvi, Zinjarde, and Gokhale 2019). Karena sifatnya yang biodegradable dan berasal dari sumber terbarukan, *polylactic acid* (PLA) telah dianggap sebagai alternatif yang lebih ringan dan ramah lingkungan untuk berbagai aplikasi teknik, terutama dalam struktur penyerap benturan (Auras, Harte, and Selke 2004).

Namun, sifat mekanik PLA yang rendah, seperti kekuatan tarik dan ketangguhan yang rendah, dapat dibandingkan dengan material logam atau komposit (Farah, Anderson, and Langer 2016). Untuk mengatasi keterbatasan ini, perlakuan termal (*annealing*) diharapkan dapat memperbaiki celah yang terbentuk dari hasil percetakan dan meningkatkan kekuatan mekanik, kekakuan, dan ketahanan terhadap deformasi permanen (Tsuji and Ikada 1995). Oleh karena itu, modifikasi termal seperti proses *annealing* sangat penting untuk meningkatkan kinerja PLA dalam aplikasi struktural, terutama yang membutuhkan kemampuan tinggi untuk menyerap energi benturan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengumpulkan hasil uji kekuatan *crashworthiness* pada material *Polylactic Acid* (PLA). Diharapkan bahwa penelitian ini akan berfungsi sebagai acuan atau referensi bagi penelitian selanjutnya yang memerlukan informasi tentang pembuatan *crashworthiness* di masa mendatang. Penelitian ini juga diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan dan kematian akibat kecelakaan kendaraan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang sudah diuraikan diatas maka peneliti dapat mengidentifikasi masalah, yaitu:

1. Tingginya tingkat kecelakaan lalu lintas yang melibatkan berbagai jenis kendaraan, terutama mobil pribadi dan taksi.
2. Dampak kecelakaan lalu lintas yang signifikan terhadap keselamatan penumpang, termasuk risiko cedera serius hingga kematian
3. Desain struktural kendaraan untuk menyerap energi benturan masih terbatas.
4. *Polylactic Acid* (PLA) memiliki potensi sebagai material penyerap benturan, tetapi masih memiliki kelemahan mekanik yang perlu ditingkatkan.

1.3. Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi bentuk *crashworthiness* tabung hexagonal dengan variasi *honeycomb*
2. Penelitian difokuskan pada analisis *crashworthiness* material *Polylactic Acid* (PLA), bukan pada material lain.

3. Perancangan *crashworthiness* menggunakan mesin 3D printing
4. Penelitian hanya membahas perlakuan termal *annealing* sebagai metode peningkatan sifat mekanik *Polylactic Acid* (PLA).
5. Penelitian tidak mencakup pengujian tabrakan secara langsung pada kendaraan, tetapi pada material *Polylactic Acid* (PLA) dalam pengujian laboratorium.

1.4. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah, dan batasan masalah maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana kinerja *crashworthiness* dari material *Polylactic Acid* (PLA) yang telah melalui proses *annealing*?
2. Seberapa besar kemampuan struktur *honeycomb* berbahan *polylactic acid* (PLA) dalam menyerap energi benturan?
3. Bagaimana pengaruh proses *annealing* terhadap kekuatan uji tekan pada performa *crashworthiness* struktur *honeycomb* berbahan *polylactic acid* (PLA)?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja *crashworthiness* material *Polylactic Acid* (PLA) dalam bentuk struktur *honeycomb*.
2. Mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap peningkatan sifat mekanik dari uji tekan *crashworthiness* bermaterial *Polylactic Acid* (PLA) dengan variasi hexagonal motif *honeycomb*.
3. Menganalisis kinerja struktur *crashworthiness* yang dirancang melalui parameter *crashworthiness* untuk mengetahui potensi kemampuan serap energi dan kestabilan deformasi.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi bentuk *honeycomb* terhadap karakteristik *crashworthness* pada specimen hexagonal bermaterial *Polylactic Acid* (PLA).
2. Dapat mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap peningkatan kekuatan mekanik dan daya serap energi struktur *Polylactic Acid* (PLA).
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian – penelitian berikutnya mengenai *crashworthness*

