

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sepeda motor merupakan moda transportasi yang paling dominan di Indonesia karena memiliki fleksibilitas dan efisiensi tinggi dalam mobilitas harian. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah sepeda motor di Indonesia pada tahun 2024 mencapai lebih dari 139 juta unit, menjadikannya kendaraan dengan populasi terbesar dibandingkan jenis kendaraan lainnya (BPS, 2024). Selain itu, penjualan sepeda motor domestik pada tahun yang sama mencapai 6,3 juta unit, dengan dominasi jenis skutik, yang menunjukkan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap moda transportasi ini (AISII, 2024).

Tingginya penggunaan sepeda motor di Indonesia juga diikuti oleh tingginya keterlibatan sepeda motor dalam kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) Korlantas Polri, hingga 5 Agustus 2024 tercatat sebanyak 79.220 kecelakaan lalu lintas dengan 722.470 kendaraan terlibat, di mana sepeda motor merupakan jenis kendaraan yang paling banyak terlibat, yaitu sebanyak 552.155 unit atau 76,42% dari total kendaraan yang terlibat (Korlantas Polri, 2024). Kondisi kendaraan merupakan salah satu faktor yang dapat berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan, termasuk kondisi ban. Penelitian Heply and Siahaan (2022) mengidentifikasi ban pecah sebagai salah satu faktor kendaraan pada kecelakaan pengendara sepeda motor. Ban yang pecah secara tiba-tiba dapat menyebabkan sepeda motor sulit dikendalikan sehingga meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan. Oleh karena itu, keandalan ban menjadi salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam mendukung keselamatan sepeda motor.

Ban merupakan satu-satunya komponen kendaraan yang secara langsung berinteraksi dengan permukaan jalan dan berperan penting dalam menjaga stabilitas, traksi, serta kenyamanan berkendara (Farroni et al., 2020). Namun, ban pneumatik konvensional memiliki keterbatasan utama berupa ketergantungan terhadap tekanan udara sebagai elemen penopang beban, sehingga rentan mengalami kegagalan akibat kebocoran atau penurunan tekanan secara tiba-tiba

(Yang et al., 2024). Kegagalan tersebut dapat menyebabkan hilangnya kendali kendaraan dan meningkatkan risiko kecelakaan, terutama pada kondisi kecepatan tinggi.

Teknologi ban non-pneumatik (*Non-Pneumatic Tire/NPT*) dikembangkan untuk menghilangkan ketergantungan terhadap tekanan udara dengan memanfaatkan struktur elastis seperti *spoke* sebagai penopang beban (Deng et al., 2023). Struktur *spoke* pada NPT bekerja dengan cara mengalami deformasi berulang selama proses bergulir, sehingga material yang digunakan harus mampu menahan pembebanan tarik, tekan, serta deformasi siklik secara kontinu (Genovese et al., 2021). Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat menjadi faktor kunci dalam menentukan performa dan keandalan struktur NPT.

*Polyurethane* (PU) merupakan salah satu material elastomer yang banyak digunakan pada aplikasi teknik karena memiliki kombinasi sifat elastisitas, kekuatan mekanik, serta ketahanan abrasi yang baik (Prisacariu, 2011). Struktur bersegmen pada *polyurethane* memungkinkan material ini memiliki sifat viskoelastik yang mampu menyerap energi dan mempertahankan deformasi elastis dalam kondisi pembebanan berulang (Yıldır & Yıldır, 2020). Meskipun demikian, sifat mekanik *polyurethane* masih dapat ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi struktural seperti pada *spoke* ban non-pneumatik.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik *polyurethane* adalah dengan menambahkan *filler* anorganik seperti *silica*. Penambahan *silica* dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan material melalui interaksi antara partikel *filler* dan matriks polimer (Maganty et al., 2016). Selain itu, *silica* juga berperan dalam meningkatkan modulus elastisitas dan kekuatan tarik material, tergantung pada distribusi dan dispersi partikel dalam matriks (Nunes et al., 2000).

Namun demikian, peningkatan sifat mekanik akibat penambahan *silica* tidak selalu bersifat linier terhadap konsentrasi *filler*. Pada konsentrasi tertentu, material dapat mencapai kondisi optimum, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat terjadi penurunan performa akibat aglomerasi partikel dan distribusi yang tidak merata (Maganty et al., 2016). Aglomerasi partikel *silica* dapat menyebabkan

terbentuknya titik konsentrasi tegangan yang mempercepat terjadinya kegagalan material (Siot et al., 2018).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh penambahan *silica* terhadap sifat mekanik *polyurethane*, namun sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada pengujian sifat mekanik tanpa mengaitkannya dengan struktur mikro material (Nunes et al., 2000). Analisis struktur mikro menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) berperan penting dalam mengevaluasi distribusi *filler*, interaksi antara *filler* dan matriks, serta karakteristik kerusakan material, karena teknik ini mampu mengungkap morfologi permukaan dan distribusi partikel dalam komposit yang berkaitan dengan sifat mekaniknya (Kundu et al., 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi kandungan *silica* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro komposit *polyurethane* sebagai kandidat material *spoke* ban non-pneumatik. Variasi kandungan *silica* yang digunakan adalah sebesar 0 wt%, 0,5 wt%, 1 wt%, 1,5 wt%, dan 1,75 wt%, yang dipilih untuk merepresentasikan kondisi tanpa *filler*, zona peningkatan sifat mekanik, hingga potensi penurunan performa akibat aglomerasi pada konsentrasi tinggi. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik dan uji tekan untuk mengevaluasi sifat mekanik material, serta analisis struktur mikro menggunakan SEM-EDS untuk mengamati morfologi permukaan, distribusi *filler*, serta komposisi unsur sehingga hubungan antara struktur mikro dan sifat mekanik dapat dianalisis sebagai dasar pengembangan material struktural pada ban non-pneumatik pada sepeda motor.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut adalah beberapa identifikasi masalah pada penelitian kali ini adalah

1. Tingginya angka kecelakaan lalu lintas yang melibatkan sepeda motor menunjukkan bahwa aspek keselamatan kendaraan masih menjadi permasalahan utama, salah satunya berkaitan dengan kondisi ban.
2. Ban pneumatik konvensional memiliki keterbatasan berupa ketergantungan terhadap tekanan udara, sehingga berpotensi mengalami kegagalan seperti kebocoran atau *blowout* yang dapat menurunkan tingkat keselamatan berkendara.

3. Struktur *spoke* pada ban non-pneumatik mengalami pembebanan tarik dan tekan selama proses operasional, sehingga membutuhkan material elastomer dengan sifat mekanik yang optimal.
4. *Polyurethane* sebagai material elastomer memiliki karakteristik yang potensial untuk aplikasi struktural, namun sifat mekaniknya masih perlu ditingkatkan agar mampu memenuhi kebutuhan performa pada struktur *spoke* ban non-pneumatik sepeda motor.
5. Penambahan *silica* sebagai *filler* pada *polyurethane* diketahui dapat meningkatkan sifat mekanik material, namun pengaruh peningkatan tersebut tidak selalu bersifat linier terhadap variasi konsentrasi *filler* yang digunakan.
6. Pada konsentrasi tertentu, penambahan *silica* dapat menyebabkan terjadinya aglomerasi partikel yang mengakibatkan distribusi *filler* tidak merata dan berpotensi menurunkan performa mekanik material.
7. Karakteristik komposit *polyurethane-silica* perlu dianalisis berdasarkan variasi kandungan *silica*, struktur mikro, dan sifat mekaniknya sebagai dasar evaluasi potensi penggunaannya sebagai kandidat material *spoke* ban non-pneumatik.

### 1.3 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus dan ketercapaian tujuan penelitian, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada komposit *polyurethane-silica* (PU-SiO<sub>2</sub>) sebagai kandidat material untuk struktur *spoke* pada ban non-pneumatik sepeda motor.
2. Variasi kandungan *silica* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0 wt%, 0,5 wt%, 1 wt%, 1,5 wt%, dan 1,75 wt%.
3. Pengujian yang dilakukan dibatasi pada pengujian sifat mekanik statik, yaitu uji tarik ASTM D412 dan uji tekan ASTM D575, serta analisis struktur mikro dan komposisi unsur menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS).
4. Pengujian dilakukan pada spesimen uji standar, dan tidak dilakukan pada bentuk ban atau struktur *spoke* secara langsung.

5. Parameter proses pembuatan spesimen dan pengujian, seperti temperatur pencampuran, rasio pencampuran *polyurethane*, laju pembebanan, dan kondisi lingkungan pengujian dibuat konstan sehingga perbedaan hasil hanya dipengaruhi oleh variasi kandungan *silica*.
6. Penelitian ini tidak mencakup optimasi maupun variasi metode pencampuran, pengaruh temperatur, pengujian *fatigue*, maupun pembebanan dinamis.

#### 1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan penelitian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi kandungan *silica* terhadap sifat mekanik komposit *polyurethane-silica* (PU-SiO<sub>2</sub>) berdasarkan hasil pengujian tarik dan pengujian tekan?
2. Bagaimana karakteristik struktur mikro dan komposisi unsur komposit *polyurethane-silica* (PU-SiO<sub>2</sub>) pada setiap variasi kandungan *silica* berdasarkan hasil karakterisasi Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)?
3. Bagaimana keterkaitan antara karakteristik struktur mikro dan sifat mekanik komposit *polyurethane-silica* (PU-SiO<sub>2</sub>) berdasarkan variasi kandungan *silica*?
4. Bagaimana pengaruh variasi kandungan *silica* terhadap karakteristik komposit *polyurethane-silica* (PU-SiO<sub>2</sub>) sebagai kandidat material *spoke* pada ban non-pneumatik?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi kandungan *silica* (0 wt%, 0,5 wt%, 1 wt%, 1,5 wt%, dan 1,75 wt%) terhadap sifat mekanik komposit *polyurethane* yang meliputi kekuatan tarik dan kekuatan tekan.

2. Menganalisis karakteristik struktur mikro komposit *polyurethane* akibat variasi kandungan *silica* menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM–EDS).
3. Menganalisis hubungan antara distribusi *silica* dalam matriks *polyurethane* berdasarkan hasil analisis SEM–EDS dengan sifat mekanik komposit *polyurethane*.
4. Menentukan komposisi kandungan *silica* yang menghasilkan sifat mekanik paling optimal sebagai kandidat material *spoke* ban non-pneumatik sepeda motor.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi kandungan *silica* (0 wt%, 0,5 wt%, 1 wt%, 1,5 wt%, dan 1,75 wt%) terhadap sifat mekanik komposit *polyurethane–silica* yang meliputi kekuatan tarik dan kekuatan tekan.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik struktur mikro dan distribusi unsur pada komposit *polyurethane–silica* berdasarkan hasil analisis *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM–EDS).
3. Memberikan pemahaman mengenai hubungan antara distribusi *silica* dalam matriks *polyurethane* dengan perubahan sifat mekanik komposit *polyurethane–silica*.
4. Menjadi referensi dalam pengembangan komposit *polyurethane–silica* sebagai kandidat material struktur *spoke* pada ban non-pneumatik sepeda motor.
5. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan komposit *polyurethane–silica* melalui variasi kandungan *filler* maupun karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material.