

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda motor merupakan moda transportasi yang sangat dominan di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai lebih dari 166 juta unit, dengan sepeda motor menjadi kontributor utama dari total tersebut, yakni sekitar 139,45 juta unit. Angka ini menunjukkan bahwa sepeda motor mendominasi struktur transportasi darat di Indonesia dan menjadi alat mobilitas utama masyarakat di berbagai wilayah, baik perkotaan maupun perdesaan (BPS, 2025)

Ban sepeda motor konvensional (pneumatic tire) masih rentan mengalami kegagalan seperti kebocoran dan pecah ban akibat tekanan udara yang tidak terjaga, keausan, dan kurangnya perawatan (Sujoni, 2024). Laporan di sektor otomotif menunjukkan bahwa insiden kecelakaan lalu lintas yang dipicu oleh kegagalan ban, termasuk pecah ban saat berkendara, masih terjadi dalam persentase yang signifikan (Sujoni, 2024). Faktor-faktor seperti umur ban, tekanan udara yang tidak sesuai rekomendasi, serta kebiasaan perawatan yang kurang baik memperbesar kemungkinan terjadinya kegagalan ban pada kondisi operasi nyata (Sujoni, 2024).

Sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan ban *pneumatik*, dikembangkan teknologi ban *non-pneumatic* (*Non-pneumatic Tire/NPT*) yang mengeliminasi kebutuhan tekanan udara sebagai penopang beban (Mohan et al., 2017). Pada NPT, fungsi penopang beban digantikan oleh struktur elastis yang umumnya terdiri atas *hub*, *spoke* fleksibel, *shear band*, dan *tread* (Mohan et al., 2017). Struktur *spoke* berperan sebagai elemen utama yang menyalurkan beban dan mengakomodasi deformasi saat ban berputar sehingga karakteristik geometrik dan material *spoke* sangat menentukan kinerja global ban (Mohan et al., 2017). Penggunaan material *elastomer* atau *polyurethane* pada *spoke* dapat memberikan kombinasi kekakuan, fleksibilitas, dan ketahanan yang baik untuk aplikasi ban *non-pneumatic* (Ali et al., 2022).

Salah satu konfigurasi struktur *spoke* yang banyak dikaji dalam pengembangan NPT adalah struktur *Honeycomb* yang memiliki rasio kekuatan terhadap massa yang tinggi (Fu et al., 2022). Struktur *Honeycomb* menawarkan kemampuan deformasi yang baik dalam menerima beban statik maupun dinamik sekaligus memungkinkan optimasi kekakuan dan distribusi tegangan melalui pengaturan parameter geometrik seperti ketebalan dinding, ukuran sel, dan sudut sel (Fu et al., 2022). Hasil analisis numerik dan eksperimental pada berbagai model *Honeycomb* menunjukkan bahwa variasi geometri sel berpengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan, deformasi, dan kemampuan daya dukung ban *non-pneumatic* (Wibowo et al., 2021).

Salah satu konfigurasi *spoke* yang dikembangkan pada NPT adalah struktur *Honeycomb*. Struktur *Honeycomb* memiliki kemampuan menopang beban dengan tetap mempertahankan struktur yang relatif ringan (Naveed et al., 2024). Parameter geometri seperti ukuran sel, ketebalan dinding sel, jari-jari sudut, dan ketebalan struktur *spoke* dapat memengaruhi karakteristik mekanik NPT (Naveed et al., 2024). Perubahan geometri *Honeycomb* memberikan pengaruh terhadap nilai tegangan, regangan, deformasi, dan *Strain Energy* yang dihasilkan selama pembebanan (Naveed et al., 2024).

Metode elemen hingga atau *Finite Element Method* (FEM) banyak digunakan dalam pengembangan NPT karena mampu menganalisis perilaku struktur dan geometri yang kompleks (Naveed et al., 2024). Analisis menggunakan FEM dapat digunakan untuk mengevaluasi tegangan, regangan, deformasi, dan *Strain Energy* pada struktur NPT akibat kondisi pembebanan yang diberikan (Naveed et al., 2024). Penelitian terhadap *airless tire* juga menggunakan nilai deformasi, *von Mises stress*, dan *Strain Energy* sebagai parameter dalam mengevaluasi respons mekanik struktur ban (Periasamy et al., 2014).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa parameter geometri memiliki pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik mekanik NPT. Ukuran sel memberikan kontribusi sebesar 48,74% terhadap deformasi, sedangkan *cell round*

radius memberikan kontribusi sebesar 44,02% terhadap *von Mises stress* dan 45,30% terhadap *Strain Energy* (Naveed et al., 2024). Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan geometri *spoke* dapat menghasilkan respons mekanik yang berbeda meskipun struktur menerima kondisi pembebanan yang serupa.

Meskipun penelitian mengenai NPT telah banyak dilakukan, pengaruh variasi geometri *Honeycomb spoke* terhadap respons mekanik pada variasi kecepatan operasi untuk aplikasi sepeda motor masih perlu dikaji lebih lanjut. Perbedaan geometri *spoke* dapat menghasilkan karakteristik deformasi, distribusi tegangan, dan penyimpanan energi elastis yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu membandingkan respons mekanik beberapa variasi geometri *Honeycomb spoke* pada kondisi kecepatan yang berbeda.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi geometri *spoke* menggunakan variasi kecepatan pada struktur *spoke Honeycomb* ban *non-pneumatic* sepeda motor. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga melalui simulasi *Transient Structural* pada ANSYS Workbench. Parameter yang dianalisis meliputi *Equivalent (von Mises) Stress*, *Maximum shear stress*, *Strain Energy* dan *Safety Factor*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik mekanik dari setiap variasi geometri *Honeycomb spoke* serta menjadi referensi dalam pengembangan struktur ban *non-pneumatic* untuk aplikasi sepeda motor.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Ban konvensional masih rentan mengalami kebocoran dan pecah ban yang dapat mengurangi keselamatan serta kenyamanan berkendara, sehingga diperlukan alternatif desain ban yang mampu mengatasi permasalahan tersebut.

2. Variasi geometri *spoke Honeycomb* dan perubahan kecepatan operasional pada ban *Non-pneumatic* diduga memengaruhi respons mekanik struktur selama menerima pembebanan dinamis.
3. Pengaruh variasi geometri *spoke Honeycomb* terhadap parameter *Equivalent (von Mises) Stress*, *Maximum Shear Stress*, *Strain Energy*, dan *Safety Factor* pada berbagai variasi kecepatan masih perlu dikaji untuk menentukan geometri yang memberikan performa mekanik terbaik.

1.3 Batasan Penelitian

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

1. Analisis difokuskan pada respons mekanik struktur *spoke Honeycomb* berdasarkan parameter *Equivalent (von Mises) Stress*, *Maximum Shear Stress*, *Strain Energy*, dan *Safety Factor* tanpa membahas aspek termal, ekonomi, proses manufaktur, maupun pengujian lapangan jangka panjang.
2. Struktur ban yang dianalisis menggunakan konfigurasi *spoke Honeycomb* tanpa melakukan perbandingan dengan bentuk *spoke* lainnya.
3. Kecepatan operasional dibatasi pada 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, dan 80 km/jam dengan pembebanan vertikal sebesar 1425 N yang merepresentasikan beban yang bekerja pada roda belakang. Beban dianggap konstan pada setiap variasi geometri dan kecepatan.
4. Material *spoke* menggunakan *polyurethane* dengan sifat mekanik material yang mengacu pada data literatur dan diterapkan dalam simulasi.
5. Permukaan jalan dimodelkan dalam kondisi ideal tanpa mempertimbangkan ketidakrataan, lubang, maupun variasi kondisi permukaan jalan.
6. Penelitian ini tidak mencakup validasi eksperimental, sehingga validasi model dilakukan melalui pendekatan kualitas mesh, kesesuaian metode FEM, dan pendekatan geometri berdasarkan penelitian terdahulu.

7. Model ban dirancang untuk aplikasi sepeda motor matic kelas 125–150 cc dengan diameter velg 14 inci dan tidak mencakup aplikasi sepeda motor sport, trail, maupun kendaraan berat.

1.4 Rumusan Penelitian

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

1. Bagaimana pengaruh variasi geometri *spoke Honeycomb* terhadap respons mekanik ban *non-pneumatic* sepeda motor pada variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, dan 80 km/jam?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan terhadap nilai *Equivalent (von Mises) Stress*, *Maximum shear stress* dan *Strain Energy* pada setiap variasi geometri *spoke Honeycomb*?
3. Variasi geometri *spoke Honeycomb* manakah yang menunjukkan karakteristik mekanik lebih baik berdasarkan hasil *Equivalent (von Mises) Stress*, *Maximum Shear Stress*, *Strain Energy* dan *Safety Factor* pada setiap variasi kecepatan?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi geometri dan variasi kecepatan *spoke Honeycomb* terhadap respons mekanik ban *non-pneumatic* sepeda motor pada variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, dan 80 km/jam.
2. Membandingkan respons mekanik struktur *spoke Honeycomb* geometri Model A dengan Model B berdasarkan parameter *Equivalent Stress*, *Maximum Shear Stress*, *Strain Energy*, dan *Safety Factor* pada variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, dan 80 km/jam
3. Menentukan geometri *spoke Honeycomb* yang memiliki karakteristik mekanik terbaik berdasarkan *Equivalent (von Mises) Stress*, *Shear stress*, *Strain Energy*, dan *Safety Factor*

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1.6.1 Secara Umum

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi ban *non-pneumatic* untuk aplikasi kendaraan roda dua.
2. Memberikan pemahaman mengenai respons mekanik struktur *spoke Honeycomb* dalam menerima pembebanan pada variasi kecepatan operasional.
3. Menjadi referensi dalam pengembangan desain ban *non-pneumatic* yang memiliki karakteristik mekanik sesuai dengan kebutuhan operasional sepeda motor.

1.6.2 Secara Khusus

1. Menghasilkan data *Equivalent (von Mises) Stress*, *Shear Stress*, *Strain Energy*, dan *Safety Factor* pada struktur *spoke Honeycomb* pada kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, dan 80 km/jam.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi geometri *spoke Honeycomb* terhadap respons mekanik ban *non-pneumatic*.
3. Memberikan hasil numerik melalui perbandingan hasil simulasi dengan penelitian terdahulu sebagai dasar dalam mengevaluasi kesesuaian hasil analisis struktur ban *non-pneumatic*.

Intelligentia - Dignitas