

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gesekan dan keausan merupakan dua fenomena fundamental dalam ilmu tribologi yang sangat memengaruhi performa, efisiensi, serta umur pakai komponen mekanis. Interaksi kontak antarpermukaan yang saling bergerak relatif menimbulkan perubahan topografi, peningkatan suhu, dan degradasi sifat mekanik material sebagaimana dijelaskan oleh Bowden dan Tabor (2001), Bhushan (2013), serta Hutchings dan Shipway (2017). Kondisi ini sering dijumpai pada berbagai elemen mesin seperti roda gigi, bantalan, poros, dan sistem rem yang secara kontinu mengalami beban berulang dan gesekan selama operasi. Ketidakmampuan untuk memprediksi dan mengendalikan laju keausan dapat menyebabkan penurunan kinerja, peningkatan biaya perawatan, hingga kegagalan komponen secara tiba-tiba (Holmberg dan Erdemir, 2017). Oleh karena itu, pengujian tribologi yang terkontrol dibutuhkan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai mekanisme gesekan dan keausan yang terjadi pada material tertentu (ASTM International, 2021).

Roda gigi merupakan salah satu komponen transmisi daya yang sangat rentan terhadap fenomena keausan akibat kontak berulang antara permukaan gigi. Pengujian langsung terhadap roda gigi dalam kondisi operasional nyata sering kali terkendala oleh kompleksitas geometri, biaya pembuatan yang tinggi, serta kesulitan dalam pengaturan variabel pengujian seperti beban kontak, kecepatan putar, dan pelumasan (International Organization for Standardization, 2019; Harris dan Kotzalas, 2006). Selain itu, variasi kondisi operasi membuat mekanisme keausan menjadi lebih sulit untuk dianalisis secara terisolasi. Oleh karena itu, dibutuhkan metode alternatif pengujian yang lebih sederhana, efisien, dan ekonomis untuk merepresentasikan kondisi kontak yang terjadi pada roda gigi maupun komponen gesek lainnya (Clarke dan Juste, 2004).

Salah satu metode yang banyak digunakan adalah alat uji torsi gesek jenis *twin disk* yang dirancang untuk mensimulasikan kontak dua permukaan yang bergerak relatif dengan pengaturan parameter yang presisi. Metode *twin disk* mampu meniru kondisi kontak *rolling-sliding* yang umum terjadi pada roda gigi, sistem rel-roda, dan pasangan bantalan (Olofsson dan Andersson, 1999; Kapoor dan Franklin, 2000). Keunggulan utama pengujian *twin disk* adalah kemampuannya mengatur variabel seperti beban normal, kecepatan putar, *slip ratio*, dan kondisi pelumasan, sehingga pengaruh masing-masing parameter terhadap gesekan dan keausan dapat diamati secara akurat (Lewis dan Dwyer-Joyce, 2004). Dengan demikian, alat uji ini memungkinkan karakterisasi torsi gesek, nilai koefisien gesekan, hingga laju keausan material secara kuantitatif (ASTM International, 2017).

Alat uji *twin disk* masih belum tersedia di lingkungan kampus Universitas Andalas, khususnya di Departemen Teknik Mesin pada Laboratorium Konstruksi Mesin. Untuk menghasilkan alat uji *twin disk* yang andal dan layak digunakan dalam lingkungan laboratorium, diperlukan tahapan perancangan yang sistematis dan analisis struktural yang komprehensif. Analisis struktur sangat penting untuk memastikan bahwa komponen utama seperti rangka, poros,udukan disk, dan sistem transmisi mampu menahan beban operasional yang muncul, termasuk beban kontak, torsi gesek, dan getaran dinamis (Shigley *et al.*, 2015; Norton, 2011). Penggunaan *Finite Element Method* (FEM) dalam perangkat lunak SolidWorks Simulation untuk analisis kekuatan struktur alat uji *twin disk* menjadi pendekatan yang efektif untuk mengevaluasi kekuatan struktural, distribusi tegangan, deformasi (lendutan), dan faktor keamanan setiap komponen sebelum dilakukan proses manufaktur (Cook *et al.*, 2002; Zienkiewicz dan Taylor, 2000; Dassault Systèmes, 2023). Dengan simulasi FEM, potensi kegagalan dapat diidentifikasi secara dini sehingga desain rancangan dapat dioptimalkan dengan baik dari aspek kekuatan maupun efisiensi material (Megson, 2019).

Melalui Laporan Teknik berjudul “*Rancang Bangun dan Analisis Kekuatan Struktur Alat Uji Twin Disk Skala Laboratorium*”, diharapkan dapat dihasilkan rancangan alat uji *twin disk* dengan tingkat reliabilitas yang tinggi, aman dan nyaman digunakan dalam skala laboratorium, serta mampu menghasilkan data

eksperimental yang presisi dan akurat. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung pengembangan kajian tribologi, khususnya dalam memahami mekanisme gesekan dan keausan pada material yang digunakan dalam aplikasi permesinan modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan kebutuhan penelitian, maka rumusan masalah dalam studi ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang, membuat, merakit dan menguji alat uji twin disk skala laboratorium yang aman dan presisi?
- 2) Bagaimana menganalisis kekuatan struktur komponen-komponen utama alat uji twin disk menggunakan metode *Finite Element Method (FEM)* pada aplikasi *SolidWorks*?
- 3) Bagaimana menentukan kelayakan desain alat uji twin disk dari aspek keamanan, kestabilan, dan ketahanan berdasarkan hasil analisis kekuatan struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Merancang, membuat, merakit dan menguji fungsi alat uji twin disk skala laboratorium untuk aplikasi pengujian torsi gesek dan pengamatan visual keausan permukaan yang berkontak.
- b. Mendapatkan nilai distribusi tegangan (*stress*), deformasi (lendutan), dan faktor keamanan (*safety factor*) pada komponen kritis untuk memastikan rancangan alat aman terhadap beban operasional berbasis simulasi *SolidWorks*.
- c. Untuk mengetahui nilai variasi beban terhadap torsi gesek alat uji twin disk pada slip ratio 0% dan 20%.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan sejumlah manfaat, baik secara teoretis maupun praktis, sebagai berikut:

- a. Dapat membuat dan menambah alat uji twin disk yang digunakan oleh laboran untuk pengujian pada skala laboratorium.
- b. Menambah kajian ilmiah dalam bidang tribologi, khususnya terkait mekanisme gesekan, torsi gesek, dan keausan melalui pendekatan pemodelan alat uji twin disk.
- c. Memberikan kontribusi terhadap literatur mengenai metode *Finite Element Method* (FEM) untuk analisis struktur komponen mekanis pada alat uji gesekan, sehingga dapat menjadi acuan bagi penelitian lanjutan.
- d. Menghasilkan rancangan alat uji twin disk yang aman, efisien, dan sesuai standar, sehingga dapat digunakan sebagai sarana pengujian gesekan dan keausan di laboratorium pendidikan maupun penelitian.
- e. Membantu penelitian mahasiswa dalam memahami pengaruh parameter beban, kecepatan, dan torsi melalui pengujian pada alat uji twin disk skala laboratorium.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini hanya mencakup proses perancangan CAD dan analisis struktural alat uji twin disk menggunakan *SolidWorks Simulation*, serta pembuatan, perakitan dan uji fungsi alat twin disk.
- b. Parameter tribologi seperti temperatur, kondisi pelumasan detail, dan karakteristik keausan tidak dianalisis secara struktur morfologi.
- c. Analisis FEM yang dilakukan berfokus pada beban statis, tidak mencakup analisis kelelahan (fatigue) dan getaran lanjutan.
- d. Penelitian tidak mencakup perhitungan daya motor secara mendalam, hanya sebatas memenuhi kebutuhan operasional alat.
- e. Skala alat yang dirancang adalah skala laboratorium, bukan skala industri. Tidak mempertimbangkan variabel lingkungan eksternal seperti suhu dan kelembapan.
- f. Alat uji yang dirancang memiliki kapasitas beban maksimum sebesar 60 N dan dapat digunakan untuk berbagai jenis material.

- g. Tidak menghitung besar gaya gesek dan torsi secara detail pada alat uji twin disk.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Teknik ini disusun dalam lima bab agar pembahasan tersusun secara sistematis dan jelas. Bab I Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab II Tinjauan Pustaka menguraikan teori yang terkait dalam penelitian dan mencantumkan penelitian terdahulu yang menjadi dasar serta acuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan diagram alir penelitian, studi perancangan alat uji twin disk, analisis perancangan kekuatan struktur rangka dudukan alat uji twin disk, prosedur simulasi rangka dudukan alat uji twin disk, pemilihan komponen, pembuatan, perakitan dan pengujian alat uji twin disk. Bab IV Hasil dan Pembahasan menyajikan data hasil perancangan dudukan rangka alat uji, analisis hasil simulasi kekuatan rangka dudukan alat uji, pembuatan dan perakitan serta uji fungsi alat twin disk, dan pengujian spesimen dan pengamatan permukaan disk uji. Bab V berisikan kesimpulan dan saran yang merangkum temuan-temuan utama yang menjawab tujuan penelitian, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik untuk alat uji maupun untuk penelitian di masa mendatang.

