

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Keselamatan transportasi jalan raya merupakan salah satu isu penting dalam pembangunan sektor transportasi modern, terutama di negara berkembang seperti Indonesia yang memiliki tingkat mobilitas masyarakat dan distribusi logistik yang tinggi (Oktavia dkk., 2025). Jumlah kendaraan yang terus meningkat berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan apabila tidak didukung oleh sistem keselamatan yang memadai, baik dari faktor pengemudi, infrastruktur jalan, maupun kondisi teknis kendaraan. Menurut *World Health Organization (2023)* kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di dunia dengan lebih dari 1,19 juta korban jiwa per tahun, dan sebagian besar terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Hal ini menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas tidak hanya dipengaruhi oleh faktor manusia dan lingkungan, tetapi juga berkaitan erat dengan kesiapan teknis serta performa sistem keselamatan kendaraan.

Salah satu faktor teknis yang dapat menyebabkan kecelakaan fatal adalah kegagalan sistem pengereman, terutama pada kendaraan angkutan barang dan bus. Kasus rem blong umumnya dipicu oleh kerusakan komponen, kesalahan perawatan, kontaminasi fluida, serta kegagalan mekanis yang tidak terdeteksi selama kendaraan beroperasi. Pada kendaraan komersial dengan beban kerja berat dan waktu operasi panjang, sistem pengereman bekerja pada tekanan tinggi dan kondisi operasional yang dinamis. Oleh karena itu, potensi kegagalan sistem rem akan semakin besar apabila tidak dilakukan perawatan dan inspeksi secara berkala sesuai prosedur (Abdurrois, 2025).

Salah satu sistem pengereman yang banyak digunakan pada kendaraan niaga menengah, seperti *dump truck*, truk distribusi, dan kendaraan konstruksi, adalah sistem rem *Air Over Hydraulic (AOH)* (Rybicka dkk., 2023). Sistem ini menggabungkan mekanisme pneumatik dan hidrolik, yaitu udara bertekanan digunakan untuk membantu menghasilkan tekanan hidrolik yang kemudian diteruskan ke silinder rem pada roda. Secara desain, sistem *AOH* memiliki keunggulan karena mengombinasikan respons hidrolik yang cepat dengan gaya dorong pneumatik yang besar. Namun, karena melibatkan dua

media fluida, yaitu udara dan minyak rem, sistem ini memiliki komponen yang harus bekerja secara sinkron, seperti *air compressor*, *air tank*, *governor*, *double brake valve*, *air master*, dan *booster*. Kompleksitas tersebut membuat sistem AOH sangat bergantung pada kondisi komponen, tekanan udara, serta kebersihan fluida di dalam sistem.

Beberapa kasus kecelakaan menunjukkan bahwa kegagalan sistem rem AOH dapat menimbulkan dampak yang fatal. Laporan Investigasi Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan oleh KNKT (2023) pada kecelakaan truk tronton dengan sistem rem AOH merek Nissan CKA 12 HHT di turunan Bawen menunjukkan bahwa kecelakaan disebabkan oleh kegagalan sistem rem utama. Investigasi menemukan adanya kebocoran pada *seal brake master* dan keausan *seal wheel cylinder* di beberapa sumbu roda, sehingga tekanan hidrolik tidak dapat terbentuk secara optimal, terutama saat pengereman berulang. Selain itu, *seal compressor* yang aus menyebabkan oli mesin masuk dan mengontaminasi sistem udara lebih dari 600 ml, sehingga tekanan udara yang dihasilkan *compressor* menurun signifikan. Kombinasi rendahnya volume minyak rem dan turunnya tekanan udara menyebabkan fenomena “udara palsu” pada sistem rem AOH, sehingga tekanan hidrolik menjadi tidak stabil dan gaya pengereman menurun drastis.

Kasus serupa juga terdapat dalam Laporan Investigasi Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan oleh KNKT (2022) mengenai tabrakan beruntun truk trailer tangki Pertamina dengan sistem rem AOH di Jl. Transyogi Cibubur, Kota Bekasi. Berdasarkan hasil investigasi, kecelakaan terjadi karena truk mengalami kegagalan pengereman akibat persediaan udara tekan di tabung berada di bawah ambang batas. Penurunan udara tekan tersebut dipicu oleh kebocoran pada solenoid valve klakson tambahan dan travel stroke kampas rem yang tidak optimal. Akibatnya, pengemudi harus melakukan pengereman berulang saat menghadapi kondisi lalu lintas, tetapi sistem rem tidak mampu menghasilkan gaya pengereman yang memadai.

Dalam praktiknya, kegagalan pada salah satu komponen sistem AOH, seperti kebocoran udara, penurunan performa *air compressor*, atau kerusakan pada *air master*, dapat menyebabkan tekanan sistem turun sehingga kemampuan pengereman berkurang drastis atau bahkan hilang (Rosyidah dkk., 2024). Kondisi ini sangat berbahaya, terutama ketika kendaraan melaju

di jalan menurun, membawa muatan berat, atau harus berhenti secara mendadak. Kendaraan besar seperti truk dan bus membutuhkan energi pengereman yang besar untuk memperlambat putaran roda. Apabila sistem rem tidak bekerja dengan baik, kendaraan sulit dikendalikan dan berpotensi menyebabkan kecelakaan serius (CNN Indonesia, 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis potensi kerusakan pada komponen sistem rem *AOH* serta pengaruhnya terhadap performa pengereman. Pendekatan pemodelan dan simulasi menggunakan MATLAB/Simulink dengan library Simscape dipilih karena mampu merepresentasikan hubungan antar komponen dalam sistem rem secara terstruktur. Melalui simulasi ini, kerusakan seperti penurunan kemampuan *compressor*, penyumbatan katup, dan kebocoran *air tank* dapat dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tekanan udara, tekanan hidrolik, dan torsi pengereman. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman teknis mengenai kegagalan sistem rem *AOH* serta mendukung upaya peningkatan keselamatan transportasi dan pengurangan risiko kecelakaan akibat rem blong pada kendaraan niaga.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode pemodelan dan simulasi kerusakan sistem rem *AOH* dapat dilakukan menggunakan MATLAB/*Simulink*?
2. Bagaimana pengaruh kerusakan pada masing-masing komponen terhadap kinerja sistem pengereman secara keseluruhan?

I.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga penelitian tetap fokus dan terarah, batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya berfokus pada sistem rem *AOH* pada kendaraan niaga tipe dump truck Mitsubishi FN517 ML2 (6x2) MT.
2. Analisis hanya difokuskan pada identifikasi potensi kerusakan komponen *AOH* khususnya pada *air compressor*, *air tank* dan *valve*.

3. Variabel yang dianalisis meliputi besaran tekanan udara (Pa) pada komponen pneumatik dan besaran tekanan hidrolik (Pa) pada komponen hidrolik.
4. Pengujian lapangan fisik dilakukan untuk mengidentifikasi komponen-komponen sistem rem *AOH* pada kendaraan niaga tipe dump truck Mitsubishi FN517 ML2 (6x2) MT.
5. Jenis-jenis kerusakan pada komponen sistem rem *AOH* didapat berdasar studi literatur.
6. Validasi mengenai hasil pengaruh kerusakan masing-masing komponen terhadap performa sistem pengereman kendaraan dilakukan melalui simulasi MATLAB.
7. Simulasi pengereman dilakukan pada jalan lurus tanpa pengaruh elevasi jalan dan dengan 2 kali input pedal rem.
8. Simulasi dilakukan dengan waktu 25 detik karena sudah cukup untuk melihat kenaikan, penurunan dan stabilitas grafik.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membangun model simulasi sistem rem *Air Over Hydraulic* menggunakan MATLAB/Simulink untuk mensimulasikan kondisi normal dan kondisi kerusakan komponen.
2. Mengidentifikasi pengaruh kerusakan masing-masing komponen terhadap performa sistem pengereman kendaraan.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Penulis:
 - a. Dapat mengetahui komponen berikut cara kerja dan kerusakannya pada sistem rem *AOH*.
 - b. Mengimplementasikan ilmu yang sudah didapatkan ke penelitian ini.
2. Manfaat Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan:
 - a. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan khususnya pada sistem rem *AOH*.

- b. Diharapkan dapat memberikan tambahan referensi dan bahan kepustakaan bagi Mahasiswa/i serta pihak lain yang ingin melakukan penelitian di bidang teknologi otomotif.
3. Manfaat Bagi Masyarakat:
- a. Memberikan pengetahuan terkait upaya meminimalisasi kecelakaan lalu lintas terutama yang disebabkan oleh kegagalan sistem pengereman.
 - b. Memberikan pemahaman kepada masyarakat mengenai pentingnya kondisi sistem rem kendaraan, khususnya pada kendaraan niaga menengah hingga berat.

I.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas pembahasan materi pada setiap bab, maka penulis menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian relevan dan landasan teori yang digunakan dalam melaksanakan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menggambarkan langkah – langkah penulisan tugas akhir yang terdiri dari tempat penelitian, jenis penelitian, diagram alir penelitian dan teknik pengumpulan.

BAB IV HASIL ANALISA

Berisi hasil analisis yang meliputi rancangan simulasi, uji validasi rangkaian simulasi kondisi normal, serta pengaruh kerusakan komponen sistem rem *AOH* terhadap performa pengereman berdasarkan hasil simulasi.

BAB V PENUTUP

Memaparkan penutup yang terdiri atas kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian lanjutan.