

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Berdasarkan data dari PUSIKNAS POLRI menyatakan selama 2024 saja jumlah kecelakaan lalu lintas tercatat mencapai 149.207 kasus yang melibatkan 1.725.587 orang, 5775 kasus di antaranya terjadi di jalan yang menanjak atau menurun. PUSIKNAS POLRI juga menyatakan 76,3% orang yang terlibat kecelakaan merupakan pengendara sepeda motor (Pusiknas Bareskrim Polri, 2025). Banyaknya tanjakan dan turunan ekstrem di Indonesia menjadi salah satu faktor utama yang memicu perilaku berkendara tidak aman pada pengemudi.

Salah satu praktik yang sering dilakukan adalah menetralkan gigi atau membiarkan kendaraan *Free Rolling* saat melintasi jalan menurun dengan tujuan menghemat bahan bakar. Pengemudi beranggapan bahwa cara ini efisien karena memanfaatkan momentum gravitasi tanpa melibatkan mesin, sehingga putaran mesin menjadi stasioner dan konsumsi bahan bakar dapat diminimalkan. Namun, praktik tersebut menyimpan risiko besar yang berpotensi membahayakan keselamatan pengendara.

Risiko utama yang muncul adalah fenomena *brake fading*, yaitu penurunan efektivitas pengereman akibat panas berlebih yang terjadi pada sistem rem. *Brake fading* terjadi ketika sistem rem kendaraan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan akibat peningkatan suhu selama proses pengereman berkepanjangan. Fenomena ini diakibatkan oleh suhu yang berlebihan, yang melebihi batas toleransi material kampas rem, sehingga mengurangi koefisien gesekan antara kampas rem dan cakram atau drum rem.

Akibatnya, daya pengereman menurun, yang dapat mengakibatkan jarak berhenti yang lebih panjang atau bahkan kehilangan total kontrol kendaraan (Devika et al., 2022; Subel & Kienhöfer, 2019). Kondisi ini semakin diperparah oleh intensitas pengereman yang tinggi dan berulang, seperti yang sering ditemui pada jalan menurun dengan tanjakan curam di Indonesia (Fauzan & Haryadi, 2016). Akibatnya, kemampuan pengemudi

dalam mengendalikan kendaraan menurun, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan.

Untuk mencegah terjadinya *brake fading*, penggunaan *engine brake* atau pengereman mesin sangat dianjurkan. *Engine brake* membantu mengurangi beban kerja sistem rem utama dengan memanfaatkan tahanan mesin untuk memperlambat kendaraan, sehingga panas yang dihasilkan pada rem dapat diminimalkan (Isuzu Astra, 2025). Selain itu, penerapan fasilitas keselamatan seperti jalur penyelamat (*arrester bed*), pemasangan rambu peringatan, dan perbaikan geometrik jalan juga menjadi langkah penting dalam mengurangi risiko kecelakaan di jalan dengan karakteristik ekstrem (Muatmuuat.com, 2025).

Jika memang suatu kondisi memaksa pengendara memanfaatkan momentum pada jalan menurun dengan kondisi *Free Rolling*, maka penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kecepatan yang aman dikendarai serta estimasi jarak tempuh sepeda motor saat hanya menggunakan momentum jalan menurun tersebut, sehingga keselamatan berkendara tetap dapat terjaga meskipun dalam kondisi yang menantang. Penelitian ini berfokus pada analisis matematis terhadap dinamika sepeda motor yang melakukan pengereman di jalan menurun, dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kecepatan awal sepeda motor, berat sepeda motor, sudut kemiringan jalan, serta kapasitas energi serap kampas.

Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan model prediktif yang akurat untuk menghitung kebutuhan gaya pengereman, perubahan kecepatan sepeda motor, jarak tempuh, dan waktu hingga mengalami *fading*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan keselamatan transportasi, baik melalui edukasi teknik pengereman yang tepat bagi pengemudi sepeda motor, pengembangan sistem pengereman yang lebih andal, maupun desain jalan yang lebih aman.

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan pemanfaatan data dalam bidang transportasi, pendekatan matematis menawarkan solusi yang relevan dan efisien untuk mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan berkendara di jalan menurun. Penelitian ini juga bertujuan

menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik di lapangan menggunakan basis aplikasi MATLAB *Simulink*, sekaligus memberikan rekomendasi teknis yang dapat diimplementasikan untuk mengurangi kecelakaan lalu lintas akibat kesalahan teknik pengereman.

I.2 Rumusan Masalah

Setiap penelitian membutuhkan perumusan masalah yang jelas untuk memberikan fokus pada tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, perumusan masalah dirancang untuk menjawab tantangan dalam memahami dan memodelkan dinamika pengereman kendaraan pada kondisi jalan yang menurun. Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara membuat pemodelan matematis pengereman kendaraan dengan kontur jalan menurun?
- b. Bagaimana cara mendapatkan nilai energi yang diserap kampas rem kendaraan saat pengereman di jalan menurun?
- c. Bagaimana cara mendapatkan hasil simulasi yang dapat memonitor perubahan kecepatan, gaya pengereman, serta jarak tempuh hingga mengalami *fading* selama simulasi?

I.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memastikan pembahasan yang mendalam serta terarah, penelitian ini memiliki batasan masalah tertentu. Batasan-batasan tersebut ditetapkan agar penelitian dapat dilakukan secara efektif sesuai dengan ruang lingkup yang telah ditentukan. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menggunakan sistem rem dengan jenis *disc brake*
- b. Menggunakan sistem dan data komponen pengereman sepeda motor.
- c. Menggunakan pengereman konvensional tanpa teknologi baik ABS, CBS, ataupun teknologi lainnya.
- d. Tidak menambahkan dampak hambatan *engine* karena menggunakan skenario *Free Rolling*.
- e. Beberapa parameter dalam simulasi diasumsikan berdasarkan literatur umum dan data pembanding, mengingat keterbatasan

sumber informasi terkait spesifikasi teknis detail sepeda motor tertentu.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu mengembangkan pemodelan matematis yang berfokus pada proses pengereman kendaraan di jalan menurun dan teknik pengereman yang efektif. Tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

- a. Menghasilkan pemodelan matematis pengereman sepeda motor pada kontur jalan menurun
- b. Menghasilkan pemodelan matematis yang menampilkan energi yang diserap kampas rem hingga mencapai titik *fading* saat pengereman di jalan menurun
- c. Menghasilkan pemodelan matematis yang dapat memonitor perubahan kecepatan, gaya pengereman, serta jarak tempuh hingga mengalami *fading* selama simulasi.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai referensi empiris bagi pengembangan alat uji kampas rem, khususnya untuk mengevaluasi kemampuan serapan energi panas dan ketahanan material kampas rem ketika sepeda motor melakukan pengereman pada kondisi jalan menurun. Data hasil simulasi dinamika pengereman yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam merancang protokol pengujian yang mendekati kondisi riil di lapangan, sehingga validitas dan reliabilitas pengujian kampas rem dapat ditingkatkan.

Selain itu, penelitian ini juga memberikan manfaat praktis bagi pembaca, terutama pengendara dan praktisi keselamatan transportasi, dengan menyediakan rekomendasi teknis mengenai rentang kecepatan aman serta teknik pengereman yang tepat pada medan jalan menurun. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat meminimalkan risiko kehilangan kendali, mencegah terjadinya penguncian roda, serta meningkatkan keselamatan berkendara secara keseluruhan.

I.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir disusun dalam lima bab utama yang saling berkaitan secara sistematis.

BAB I PENDAHULUAN

Memuat uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan sebagai panduan pembaca dalam memahami alur penyajian materi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tinjauan pustaka yang meliputi teori dinamika kendaraan pada kondisi jalan menurun, prinsip kerja sistem pengereman sepeda motor, aspek energi kinetik dan penyerapan oleh sistem pengereman, pengaruh temperatur terhadap kinerja rem, risiko kecelakaan pada jalan menurun, pemodelan matematis dinamika pengereman kendaraan, pemanfaatan MATLAB Simulink sebagai alat pemodelan, serta kajian penelitian relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan metodologi penelitian yang mencakup lokasi dan alur penelitian, metode penelitian, langkah-langkah penelitian, teknik pengumpulan data, dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil analisis yang meliputi rancangan simulasi, uji validasi rangkaian simulasi, serta rekomendasi kecepatan awal dan kecepatan harapan berdasarkan hasil simulasi.

BAB V PENUTUP

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