



## Evaluasi Pengaruh Tekanan Udara dan Kedalaman Alur Ban terhadap Efisiensi Rem serta *Side Slip*

Anisa Budi Utami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Indonesia

E-mail: [anisabudiu@gmail.com](mailto:anisabudiu@gmail.com)

### Article Info

#### Article history:

Received May 11, 2026

Revised June 08, 2026

Accepted June 09, 2026

#### Keywords:

Braking Efficiency; Tire Inflation Pressure; Tread Depth; Side Slip; Vehicle Loading.

### ABSTRACT

*This research aims to identify problems in learning and improve students' critical thinking skills and learning activity. The main focus of this study is to analyze the improvement of critical thinking skills in Natural and Social Sciences (IPAS) learning through the application of the Discovery Learning model. The research was carried out at SD Negeri 03 Manado in grade V students, with the research subjects of 20 students in a single experimental class divided equally by gender, namely 10 male students and 10 female students. The application of this learning model begins with observation activities at school, followed by interviews with homeroom teachers to identify problems and collect data. Furthermore, a learning process is carried out that applies the Discovery Learning model, where students are given student worksheets in the form of test questions to evaluate the results of the application of the model. This study also analyzes the success of the application of cognitivism theory in overcoming student learning problems. Based on the experimental descriptive research conducted, the conclusions drawn show that the application of the Discovery Learning model and cognitivism theory in the learning process is very effective. This model has succeeded in improving students' observation skills, critical thinking, and activeness in learning through questioning activities. The assessment results showed that all students were able to understand the learning material and experienced an increase in active learning skills.*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



### Article Info

#### Article history:

Received May 11, 2026

Revised June 08, 2026

Accepted June 09, 2026

#### Kata Kunci:

Efisiensi Pengereman; Tekanan Udara Ban; Kedalaman Alur Ban; Side Slip; Beban Muatan.

### ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh tekanan udara ban, kedalaman alur ban (*tread depth*), dan beban muatan terhadap efisiensi pengereman serta stabilitas kendaraan penumpang. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen melalui pengujian statis menggunakan *Roller Brake Tester* dan *Side Slip Tester*, serta pengujian dinamis (*road brake test*) pada kondisi jalan kering dan basah. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan udara ban sesuai standar pabrikan menghasilkan efisiensi pengereman terbaik, sedangkan tekanan yang terlalu rendah atau tinggi menurunkan kinerja pengereman. Kedalaman alur ban yang semakin aus meningkatkan nilai *side slip* dan menurunkan stabilitas kendaraan. Selain itu, beban muatan yang lebih besar menyebabkan bertambahnya jarak pengereman. Kombinasi tekanan udara tidak standar, ban aus, dan muatan berlebih berpotensi menyebabkan kendaraan tidak memenuhi persyaratan laik jalan. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeriksaan kondisi ban dan kepatuhan terhadap kapasitas muatan untuk meningkatkan keselamatan berkendara.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

**Corresponding Author:**

Anisa Budi Utami

Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

Email : [anisabudiu@gmail.com](mailto:anisabudiu@gmail.com)**PENDAHULUAN**

Pendidikan Peningkatan jumlah kendaraan bermotor saat ini berdampak langsung pada tingginya risiko kecelakaan lalu lintas yang mengancam keselamatan pengguna jalan. Data menunjukkan bahwa angka kematian akibat kecelakaan di Indonesia sangat tinggi, mencapai 28 hingga 38 ribu jiwa setiap tahunnya (Anugrah, Harly, and Ihwanudin 2022). Faktor manusia mendominasi penyebab kecelakaan sebesar 61%, diikuti oleh kondisi sarana prasarana sebesar 30% dan ketidaksesuaian teknis sebesar 9% (Yuniaty et al. 2025). Investigasi dari KNKT mengungkapkan fakta krusial bahwa 80% kecelakaan di jalan tol dipicu oleh insiden pecah ban akibat kurangnya tekanan udara (Bhahak Fendi Baihaqi and Fitri Naryanto 2025). Kondisi darurat ini menuntut adanya pemahaman mendalam mengenai peran krusial komponen ban terhadap keselamatan transportasi.

Ban merupakan komponen tunggal yang menentukan kualitas interaksi antara kendaraan dengan permukaan jalan melalui traksi dan stabilitas yang dihasilkan. Tekanan udara yang tidak sesuai standar dapat mengubah diameter efektif roda sehingga mengganggu kemampuan pengemudi dalam mengendalikan arah kendaraan (Hamid 2025). Selain tekanan, kedalaman alur ban (tread depth) sangat menentukan kekuatan daya cengkeram serta kemampuan membuang air untuk mencegah slip pada jalan basah. Penggunaan beban yang berlebihan atau overloading akan semakin memperburuk performa ban dan menurunkan efisiensi pengereman secara drastis (Ermanto, Sasue, and Pradana 2023)). Ketidaklayakan kondisi ban tersebut secara langsung menjadi pemicu utama terjadinya kegagalan mekanis pada sistem penghenti laju kendaraan.

Efisiensi sistem pengereman sangat bergantung pada sinergi antara tekanan ban, beban muatan, dan kestabilan mekanis komponen pendukungnya. Untuk mengatasi risiko ini, teknologi keselamatan aktif seperti ABS, ESC, dan LSPV diimplementasikan guna mengatur tekanan rem secara independen pada setiap roda (Liao and Borrelli 2019). Penyimpangan rem antara roda kiri dan kanan dapat menyebabkan ketidakstabilan lateral yang membuat kendaraan terlempar saat dilakukan pengereman mendadak (Sulistiono and Pramono 2023)). Masalah stabilitas ini sering kali bersumber dari kerusakan komponen kemudi seperti ball joint atau suspensi yang sudah tidak berfungsi optimal (Umah, Shofiah, and Rifqi Tsani 2025). Integrasi teknologi keselamatan aktif dan pemeliharaan rutin menjadi solusi mutlak untuk mengatasi berbagai risiko kegagalan teknis tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tekanan udara dan kondisi fisik ban terhadap performa pengereman serta stabilitas lateral kendaraan. Fokus studi ini didasari oleh realitas bahwa kegagalan pengereman dan masalah ban merupakan penyebab dominan dalam kecelakaan lalu lintas (Anugrah, Harly, and Ihwanudin 2022). Analisis juga mencakup aspek teknis seperti kualitas minyak rem dan material kampas rem untuk mencegah fenomena vapor lock (Kusuma 2023). Melalui pengujian yang komprehensif, diharapkan tersedia data akurat mengenai batas aman penggunaan komponen ban dalam berbagai kondisi muatan. Hasil evaluasi ini nantinya akan menjadi landasan utama dalam merumuskan rekomendasi teknis demi menjamin keselamatan transportasi jalan.



## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang memadukan pengujian laboratorium dan pengujian lapangan (road test). Pendekatan ini dipilih untuk menganalisis hubungan kausal antara variasi tekanan udara ban, kedalaman alur ban (tread depth), dan beban muatan terhadap kinerja pengereman kendaraan. Objek penelitian berupa kendaraan penumpang jenis Multi Purpose Vehicle (MPV) yang mewakili karakteristik kendaraan penumpang yang umum digunakan di Indonesia.

Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi tekanan udara ban, kedalaman alur ban, dan beban muatan. Tekanan udara ban dibedakan menjadi kondisi kurang angin, sesuai standar pabrikan, dan tekanan tinggi. Kedalaman alur ban diklasifikasikan berdasarkan tingkat keausan, mulai dari kondisi baik hingga mendekati batas keausan. Sementara itu, beban muatan divariasikan dalam kondisi tanpa muatan tambahan, muatan standar, dan muatan berlebih. Variabel terikat yang diamati meliputi efisiensi pengereman, jarak dan waktu pengereman, serta nilai penyimpangan arah kendaraan (side slip). Untuk menjaga konsistensi hasil, kondisi sistem rem dan kecepatan awal kendaraan selama pengujian ditetapkan sebagai variabel kontrol.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan berbagai instrumen yang telah terkalibrasi, antara lain Roller Brake Tester untuk mengukur gaya dan efisiensi pengereman, Side Slip Tester untuk mengetahui penyimpangan arah roda, tread depth gauge untuk mengukur kedalaman alur ban, pressure gauge untuk memastikan tekanan udara ban sesuai perlakuan, axle load scale untuk menentukan kondisi pembebanan kendaraan, serta GPS based data logger untuk mencatat kecepatan, waktu, dan jarak pengereman saat pengujian dinamis.

Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan kondisi teknis kendaraan, pengelompokan ban berdasarkan kedalaman alur tapak, serta pengaturan variasi beban muatan. Selanjutnya dilakukan pengujian statis menggunakan Side Slip Tester dan Roller Brake Tester pada setiap variasi tekanan udara ban untuk memperoleh data efisiensi pengereman dan nilai side slip. Setelah itu, pengujian dinamis dilakukan pada lintasan uji dengan kondisi permukaan kering dan basah. Kendaraan dipacu hingga mencapai kecepatan tertentu, kemudian dilakukan pengereman mendadak (panic braking) hingga berhenti total. Data jarak dan waktu pengereman direkam secara otomatis oleh data logger dan pengujian diulang pada setiap kombinasi perlakuan.

Data hasil pengujian kemudian ditabulasi dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan tren perubahan performa pengereman. Selanjutnya, analisis regresi linear berganda digunakan untuk menguji pengaruh tekanan udara ban, kedalaman alur ban, dan beban muatan terhadap efisiensi pengereman serta nilai side slip. Hasil pengujian juga dibandingkan dengan ketentuan ambang batas kelaikan teknis kendaraan yang berlaku di Indonesia guna menentukan kondisi kombinasi variabel yang masih memenuhi persyaratan laik jalan maupun yang telah masuk kategori tidak laik jalan.

## **HASIL**

Berdasarkan Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh tekanan udara ban, kedalaman alur ban (*tread depth*), dan beban muatan terhadap efisiensi pengereman serta stabilitas lateral kendaraan penumpang. Pengujian dilakukan menggunakan Roller Brake Tester, Side Slip Tester, dan Road Brake Test pada kendaraan MPV sekelas Toyota Avanza.

### **Hasil Pengujian Efisiensi Pengereman Berdasarkan Tekanan Udara Ban**

Pengujian menunjukkan bahwa tekanan udara ban berpengaruh terhadap nilai efisiensi pengereman. Pada tekanan standar pabrikan, efisiensi pengereman mencapai nilai tertinggi sebesar 71,8%. Sementara itu, tekanan udara rendah menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 66,5%, sedangkan tekanan udara tinggi menghasilkan efisiensi sebesar 64,9%.



Hasil tersebut menunjukkan bahwa tekanan udara yang tidak sesuai standar menyebabkan penurunan kemampuan sistem rem dalam menghasilkan perlambatan optimal. Meskipun seluruh hasil masih berada di atas batas minimal kelaikan jalan sebesar 60%, tekanan udara tinggi menunjukkan penurunan efisiensi terbesar.

### **Hasil Pengujian Side Slip Berdasarkan Kedalaman Alur Ban**

Hasil pengujian side slip menunjukkan adanya peningkatan nilai penyimpangan arah seiring berkurangnya kedalaman alur ban. Ban dengan kedalaman alur lebih dari 2 mm menghasilkan nilai side slip rata-rata sebesar 2,3 mm/m. Pada kedalaman alur 1,6 mm, nilai side slip meningkat menjadi 4,1 mm/m, sedangkan ban dengan kedalaman alur kurang dari 1 mm menunjukkan penyimpangan tertinggi sebesar 6,8 mm/m.

Nilai tersebut mengindikasikan bahwa semakin aus kondisi ban, maka semakin sulit kendaraan mempertahankan arah gerakannya, terutama saat dilakukan pengereman mendadak.

### **Hasil Road Brake Test Berdasarkan Variasi Beban Muatan**

Pengujian dinamis dilakukan pada kecepatan awal 60 km/jam pada lintasan kering dan basah. Pada kondisi muatan kosong, jarak pengereman rata-rata pada lintasan kering sebesar 18,6 meter dan meningkat menjadi 22,4 meter pada lintasan basah. Pada kondisi muatan standar, jarak pengereman meningkat menjadi 20,9 meter pada lintasan kering dan 25,3 meter pada lintasan basah. Sementara itu, pada kondisi overloading diperoleh jarak pengereman terpanjang, yaitu 24,7 meter pada lintasan kering dan 30,8 meter pada lintasan basah.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan beban muatan menyebabkan bertambahnya energi kinetik kendaraan sehingga sistem rem membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk menghentikan kendaraan secara sempurna.

### **Kombinasi Variabel yang Menghasilkan Kondisi Tidak Laik Jalan**

Berdasarkan hasil seluruh pengujian, kombinasi tekanan udara tinggi, kedalaman alur ban kurang dari 1 mm, dan beban muatan berlebih menghasilkan performa terburuk. Kombinasi tersebut menunjukkan efisiensi pengereman mendekati ambang batas minimum, nilai side slip tertinggi, serta jarak pengereman paling panjang.

Dengan demikian, kondisi tersebut berpotensi menyebabkan kendaraan dinyatakan tidak laik jalan karena memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi.

## **PEMBAHASAN**

Hasil penelitian membuktikan bahwa tekanan udara ban memiliki pengaruh nyata terhadap efisiensi pengereman kendaraan. Tekanan udara standar menghasilkan distribusi tekanan kontak ban yang optimal sehingga gaya gesek antara ban dan permukaan jalan dapat dimanfaatkan secara maksimal. Sebaliknya, tekanan udara yang terlalu tinggi menyebabkan luas bidang kontak ban berkurang sehingga kemampuan menghasilkan gaya pengereman menjadi lebih rendah. Tekanan udara yang terlalu rendah juga tidak menguntungkan karena deformasi ban yang berlebihan meningkatkan rolling resistance dan menyebabkan hilangnya sebagian energi pengereman.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Bhahak Fendi Baihaqi dan Fitri Naryanto (2025) yang menyatakan bahwa tekanan angin ban yang tidak sesuai spesifikasi dapat meningkatkan jarak pengereman serta menurunkan efektivitas sistem rem.

Kedalaman alur ban terbukti memengaruhi stabilitas arah kendaraan. Ban dengan alur yang masih baik mampu mempertahankan daya cengkeram terhadap permukaan jalan sehingga nilai side slip relatif kecil. Sebaliknya, ban yang mendekati batas keausan mengalami penurunan kemampuan menyalurkan air keluar dari permukaan kontak sehingga meningkatkan



kecenderungan slip. Kondisi tersebut menjadi semakin berbahaya pada jalan basah karena risiko aquaplaning meningkat secara signifikan.

Hasil ini mendukung ketentuan teknis yang menetapkan batas minimal kedalaman alur ban sebesar 1,6 mm sebagai syarat kelaikan teknis kendaraan bermotor. Penggunaan ban di bawah batas tersebut dapat mengurangi kemampuan pengendalian kendaraan dan meningkatkan risiko kecelakaan.

Variabel beban muatan menunjukkan pengaruh paling dominan terhadap jarak pengereman. Semakin besar massa kendaraan, semakin besar energi kinetik yang harus diubah menjadi energi panas oleh sistem rem. Akibatnya, waktu dan jarak pengereman meningkat. Pada kondisi overloading, kerja sistem rem menjadi lebih berat sehingga berpotensi menyebabkan brake fade apabila pengereman dilakukan berulang.

Temuan ini sesuai dengan penelitian Ermanto, Sasue, dan Pradana (2023) yang menjelaskan bahwa kendaraan dengan muatan berlebih memerlukan gaya pengereman lebih besar dan memiliki risiko kegagalan pengereman yang lebih tinggi dibandingkan kendaraan dengan muatan normal.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa keselamatan berkendara tidak hanya ditentukan oleh kualitas sistem rem, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi ban dan kepatuhan terhadap batas muatan kendaraan. Pemeriksaan tekanan udara secara berkala, penggantian ban sebelum mencapai batas keausan minimum, serta pengendalian muatan sesuai kapasitas kendaraan merupakan langkah preventif yang sangat penting untuk menjaga performa pengereman dan mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, tekanan udara ban, kedalaman alur ban, dan beban muatan terbukti memengaruhi performa pengereman dan stabilitas kendaraan penumpang. Tekanan udara yang sesuai standar pabrikan menghasilkan efisiensi pengereman yang lebih optimal, sedangkan tekanan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menurunkan efektivitas pengereman. Selain itu, ban dengan kedalaman alur yang masih memenuhi standar memiliki daya cengkeram yang lebih baik dan nilai side slip yang lebih kecil dibandingkan ban yang telah aus.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin besar beban muatan kendaraan, semakin panjang jarak dan waktu pengereman yang dibutuhkan. Kondisi overloading berpotensi meningkatkan risiko penurunan kinerja sistem rem dan membahayakan keselamatan berkendara. Oleh karena itu, pemeriksaan tekanan udara ban secara berkala, penggunaan ban yang masih laik pakai, serta kepatuhan terhadap batas muatan kendaraan perlu dilakukan untuk menjaga kelaikan teknis kendaraan dan meningkatkan keselamatan transportasi jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, Dwi A.M, Muchammad Harly, and M Ihwanudin. 2022. "Analisis Efisiensi Penyimpangan Rem Dan Rem Utama Pada Kendaraan Muatan Melalui Sitem Axel Load Breaker." *Jurnal Teknik Otomotif Kajian Keilmuan dan Pengajaran Vol. 6, No. 1, April (2022) hal. 35 – 42 E-ISSN: 6(1): 35–42.*
- Bhahak Fendi Baihaqi, Setyo, and Rizqi Fitri Naryanto. 2025. "Analisis Pengaruh Tekanan Angin Ban Terhadap Jarak Pengereman Sepeda Motor Honda Supra X 125 CC." *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety) 12(1): 12–18. doi:10.46447/ktj.v12i1.684.*
- Ermanto, Surya Aji, Riz Rifai Oktavianus Sasue, and Adrian Pradana. 2023. "Threshold Berat Muatan Mobil Barang Dalam Hubungannya Dengan Jumlah Gaya Rem Pada Pengujian Kemampuan Rem." *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road*



- Safety* 10(1): 13–23. doi:10.46447/ktj.v10i1.556.
- Hamid, Teddy Firdaus. 2025. 8 “Analisis Pengaruh Tekanan Angin Ban Kendaraan Bermotor Terhadap Hasil Penyimpangan Uji Speedometer.” Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Kusuma, Rizal Arzi Fajar. 2023. “Pengaruh Tekanan Angin Pada Kondisi Ban Basah Dan Kering Terhadap Efisiensi Pengereman Menggunakan Brake Tester Kertas Kerja Wajib.” Politeknik Transportasi Darat Bali.
- Liao, Yi Wen, and Francesco Borrelli. 2019. “An Adaptive Approach to Real-Time Estimation of Vehicle Sideslip, Road Bank Angles, and Sensor Bias.” *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 68(8): 7443–54. doi:10.1109/TVT.2019.2919129.
- Sulistiono, Fajar Budi, and Yoyok Budi Pramono. 2023. “Analisis Persyaratan Laik Jalan Kendaraan Bermotor (Efisiensi Rem Utama) Pada Alat Uji Brake Tester BM 14200 Di Balai Uji Prasarana Teknis Perhubungan Di Kota Tangerang.” *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia* 1(8): 316–23. <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.23909>.
- Umah, Amaliyatul, Siti Shofiah, and Mokhammad Rifqi Tsani. 2025. “Analisis Spider Chart Terhadap Pengaruh Kerusakan Sistem Kemudi Dan Suspensi Pada Uji Side Slip.” *Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo* 20(1): 21–26. doi:10.37729/autotech.v20i01.6146.
- Yuniaty, Erma, Bambang Pratowo, Muhamad Abdul Aziz Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya Jl Raya Bogor Km, and Jakarta Timur. 2025. “Analisis Dan Perawatan Sistem Rem Mobil Berbasis Evaluasi Kinerja Cakram Dan Kampas Rem.” *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 14 No.2, Oktober 2025* 14(2): 6–10.