

PENENTUAN PARAMETER KRITIS KADAR AIR MINYAK REM HIDROLIK TERHADAP PERFORMA REM DALAM UJI KEMAMPUAN REM MOBIL BARANG

Ni Wayan Widi Ayu Ariani

D-III Teknologi Otomotif

Politeknik Transportasi Darat Bali

Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111

widiayu628@gmail.com

Ngakan Putu Girindra Natha

D-III Teknologi Otomotif

Politeknik Transportasi Darat Bali

Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111

girindranatha6@gmail.com

I Gusti Bagus Eka Nitiyasa

D-III Teknologi Otomotif

Politeknik Transportasi Darat Bali

Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111

nitiyasa@poltradabali.ic.id

Adrian Pradana

D-III Teknologi Otomotif

Politeknik Transportasi Darat Bali

Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111

adrian@poltradabali.ic.id

Abstract

Based on the investigation by Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), freight transport accidents in Indonesia often result from brake failure due to overheating. This is attributed to the Full Hydraulic brake system using brake fluid to transmit pressure from the pedal to the wheel cylinder. Vehicle users must ensure brake fluid condition by checking its water content. This research aims to determine critical parameters or water content thresholds as a benchmark for brake approval. The experimental study controls the independent variable, water content in brake fluid, affecting the dependent variable, brake performance measured by Brake Tester. In a case study of a 1.2-ton goods vehicle, findings show that water content influences brake test results. Below 2% water content for axles I and II, vehicles fail brake tests. The threshold for water content in brake fluid is <1%, indicating the need for replacement according to DOT standards.

Keywords: Threshold, Vehicle Braking Capacity, Brake Fluid, Hydraulic Brake, Cargo Vehicle

Abstrak

Berdasarkan investigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), kecelakaan angkutan barang di Indonesia sering diakibatkan oleh kegagalan pengereman karena overheating. Ini disebabkan karena sistem rem Full Hidraulic yang menggunakan minyak rem untuk menghantarkan tekanan dari pedal rem hingga cylinder wheel. Pengguna kendaraan perlu memastikan kondisi minyak rem layak dengan mengecek kandungan airnya. Penelitian ini bertujuan menentukan parameter kritis atau ambang batas kadar air sebagai tolak ukur kelulusan pengereman. Penelitian Eksperimen ini mengontrol variabel independen yaitu kadar kandungan air pada minyak rem terhadap kontrol perubahan variabel dependen yaitu hasil pengukuran kemampuan rem utama kendaraan menggunakan Brake Tester dengan studi kasus yaitu kendaraan mobil barang bersumbu 1.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dalam minyak rem mempengaruhi uji kemampuan rem. Pada kadar air <2% untuk sumbu I dan II, kendaraan tidak lolos uji rem. Ambang batas kadar air minyak rem adalah <1%, mengindikasikan perlunya penggantian minyak rem sesuai standar DOT.

Kata Kunci: Ambang Batas, Kemampuan Rem Kendaraan, Minyak Rem, Rem Hidrolik, Mobil Barang

PENDAHULUAN

Sistem transportasi untuk kendaraan angkutan barang yang berkembang dengan baik merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu negara (Simdyankin et al., 2020). Data dari Pusat Informasi Kriminal Nasional (Pusiknas) Polri menunjukkan bahwa pada semester I tahun 2022, KORLANTAS Polri mencatat sebanyak 62.975 kasus kecelakaan lalu lintas di Indonesia, dengan kendaraan angkutan barang menyumbang sebanyak 11.430 kasus kecelakaan. Provinsi Jawa Tengah mencatat jumlah kecelakaan tertinggi dengan 14.002 kasus. Badan Kebijakan Transportasi Kementerian Perhubungan mencatat 14 kasus besar kecelakaan pada kendaraan angkutan barang tahun 2021 yang disebabkan oleh masalah sistem rem. Rem adalah komponen penting dalam sistem otomotif yang berkaitan dengan keselamatan dan kinerja. Fungsi utama rem adalah untuk menghentikan atau memperlambat kendaraan dalam waktu yang diperlukan. Proses memulai atau menghentikan kendaraan terjadi karena adanya permukaan gesekan (Gawande et al., 2023). Investigasi dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menyatakan kecelakaan disebabkan oleh kegagalan pengereman akibat *overheat*. Penyebab utama kegagalan pengereman adalah volume cairan di master silinder yang berada di bawah standar, mengakibatkan penurunan drastis tekanan rem, serta *overheating* pada rem yang juga merupakan faktor signifikan (Siregar et al., 2020). Terdata tahun 2017-2021 menunjukkan bahwa sistem Rem Hidraulik adalah penyebab utama kecelakaan pada kendaraan angkutan barang (Murtofik et al., 2021).

Berdasarkan fakta-fakta tersebut, penting untuk memastikan kondisi minyak rem dengan memeriksa kandungan airnya. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 19 tahun 2021 mewajibkan penggunaan alat pengukur kadar air dalam minyak rem pada pengujian pemeriksaan teknis, namun belum ada penentuan nilai parameter titik kritis atau yang disebut dengan ambang batas kadar air pada minyak rem di lapangan. Pengujian Kendaraan Bermotor berperan memastikan keselamatan kendaraan melalui pemenuhan persyaratan teknis dan laik jalan (Rosita et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan ambang batas kadar atau nilai kritis kandungan air sebagai standar kelulusan pengujian kemampuan pengereman kendaraan. Hal ini diharapkan dapat mengurangi risiko terjadinya rem blong pada kendaraan angkutan barang saat beroperasi di jalan raya dan meningkatkan kewaspadaan dalam pengujian persyaratan teknis kendaraan.

Penelitian sebelumnya, seperti oleh (Yen et al., 2020) yang mengembangkan modul pemantauan minyak rem, (Caban et al., 2021) yang menilai pengaruh kandungan air pada titik didih minyak rem mobil penumpang, serta (Fatmawati, 2019) dan (Arif, 2021) yang membahas penurunan kualitas minyak rem dan perbandingan jenis kampas rem, memberikan kontribusi penting di bidang ini. Namun, penelitian ini berbeda karena fokus utamanya adalah pada ambang batas kandungan air dalam minyak rem hidrolik dan dampaknya terhadap kinerja sistem pengereman dalam uji pengereman pada kendaraan barang, serta memberikan rekomendasi spesifik untuk pemeliharaan minyak rem guna memastikan kinerja pengereman yang optimal.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi dilaksanakannya penelitian berada di Unit Pelayanan Teknis Daerah Pengujian Kendaraan Bermotor (UPTD PKB) Kabupaten Sragen yang berlokasi di Jalan Kyai H. Agus Salim No.13, Sukorejo, Kroyo, Kec. Karangmalang, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah.



Gambar 1. UPTD PKB Kabupaten Sragen

Pada objek penelitian ini adalah jenis kendaraan Mobil Barang dengan jumlah Sumbu 1.2 dikarenakan di UPTD PKB Kabupaten Sragen terdiri dari berbagai variasi berat kendaraan dan jumlah sumbu kendaraan. Dan kendaraan Mobil Barang yang memiliki jumlah paling banyak pada data KBWU.



Gambar 2. Kendaraan Mobil Barang Sumbu 1.2

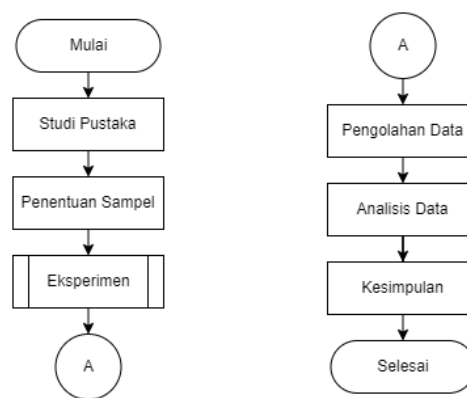
Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian Kuantitatif dengan metode Eksperimen, yang mengontrol kadar kandungan air pada minyak rem (variabel independen) dan mengamati

perubahan kemampuan rem utama kendaraan menggunakan *Brake Tester* (variabel dependen). Studi kasus berfokus pada KBWU mobil barang bersumbu 1.2 dengan sistem Rem Hidrolik. Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik non-probabilitas, yaitu teknik sampling insidental (Haryono & Albetris, 2022), dengan jumlah sampel adalah 30 kendaraan. Adapun dalam 1 (satu) sampel kendaraan akan diambil data sebanyak 1 (satu) kali uji kadar kandungan air, dan 5 (lima) kali uji kemampuan rem utama.

Metode Analisis Data

Data penelitian ini dianalisis dengan fokus pada analisis statistik deskriptif. Setelah mengumpulkan hasil dari berbagai indikator uji, data diolah dan disajikan menggunakan tabel, grafik, dan perhitungan rata-rata. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai distribusi dan karakteristik data, memudahkan interpretasi tanpa melakukan uji hipotesis. Kesimpulan yang diambil berdasarkan analisis ini akan mencerminkan kondisi aktual dari sampel penelitian. Diagram alir prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL

Pemilihan Sampel

Sebanyak 30 kendaraan sampel Mobil Barang dengan sumbu 1.2 dipilih secara acak untuk penelitian ini. Data dari 30 sampel kendaraan telah diurutkan berdasarkan hasil pengujian kadar kandungan air di dalam minyak rem, serta mencatat merek dan tipe kendaraan yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Sampel Kendaraan

NO	Nomor TNKB	Merek	Tipe
1	AD 8286 OY	MITSUBISHI	FE73
2	AD 8750 DE	ISUZU	NKR71
3	AA 8027 KB	ISUZU	NKR71
4	AD 9246 E	ISUZU	NMR 71T HD 5.8

NO	Nomor TNKB	Merek	Tipe
5	AD 1490 GN	HINO	WU342R HKMTJD3
6	AD 9402 EE	ISUZU	NKR71
7	AD 8332 OY	MITSUBISHI	COLT DIESEL FE74
8	AD 8202 OY	HINO	WU352R-HAMTJD8
9	AD 8191 FE	ISUZU	NKR71
10	AD 8178 EE	ISUZU	NMR 71T HD 5.8
11	AD 9017 EE	ISUZU	NKR71E2
12	AD 1344 JN	ISUZU	NKR71HD
13	AD 8198 AE	TOYOTA	DYNA RINO
14	AD 8189 OE	MITSUBISHI	FE74HD
15	AD 1621 JN	ISUZU	NMR 71T HD 5.8
16	AD 8178 E	ISUZU	NMR 71T HD 5.8
17	AD 8194 FE	ISUZU	NKR71 E2-2
18	AD 1419 JN	MITSUBISHI	FE349
19	AD 8664 DE	ISUZU	NMR 71T SD
20	AD 8082 VE	MITSUBISHI	FE74HDV
21	AD 1473 HN	ISUZU	NMR 71T HD 5.8
22	AD 8075 OY	HINO	WU342R
23	AD 8075 DE	MITSUBISHI	FE74 S
24	AD 9538 BE	ISUZU	NMR81-HAY1NA58
25	AD 8196 E	MITSUBISHI	FE 74 S K
26	AD 1401 JN	MITSUBISHI	FE114
27	AD 8082 VE	MITSUBISHI	FE74HDV
28	AD 8410 FE	ISUZU	NKR71
29	AD 8075 OY	HINO	WU342R
30	AD 1475 HN	ISUZU	NKR71

Hasil Kandungan Air setiap Sampel

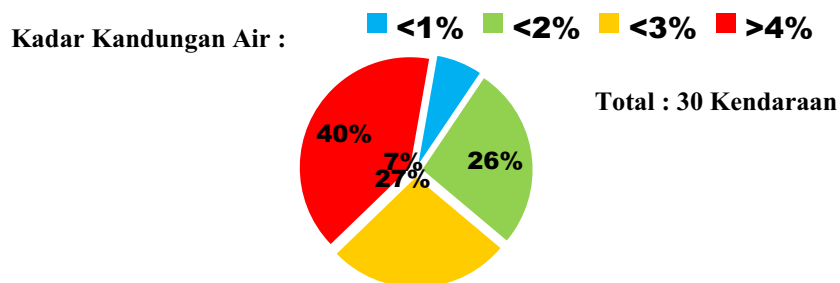
Hasil eksperimen menunjukkan kadar kandungan air minyak rem pada sampel kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data kandungan air setiap sampel kendaraan.

Sampel	Jarak Tempuh Kendaraan (Km)	Waktu Penggunaan (Bulan)	Kadar Air Minyak Rem (%)
1	68.040	1	<1
2	680.333	2	<1
3	23.195	2	<2
4	54.884	2	<2
5	34.231	3	<2
6	657.880	2	<2
7	413.490	2	<2
8	23.543	3	<2
9	157.379	4	<2
10	362.167	4	<2
11	414.568	5	<3
12	436.171	6	<3
13	157.846	5	<3
14	78.260	8	<3
15	384.187	4	<3
16	328.490	4	<3

Sampel	Jarak Tempuh Kendaraan (Km)	Waktu Penggunaan (Bulan)	Kadar Air Minyak Rem (%)
17	322.196	5	<3
18	266.880	7	<3
19	470.237	7	>4
20	834.600	6	>4
21	441.455	8	>4
22	287.111	8	>4
23	112.804	6	>4
24	782.222	8	>4
25	687.158	10	>4
26	417.380	11	>4
27	369.363	10	>4
28	287.945	12	>4
29	125.223	13	>4
30	954.711	14	>4
Rata - rata	354.456	6	< 2

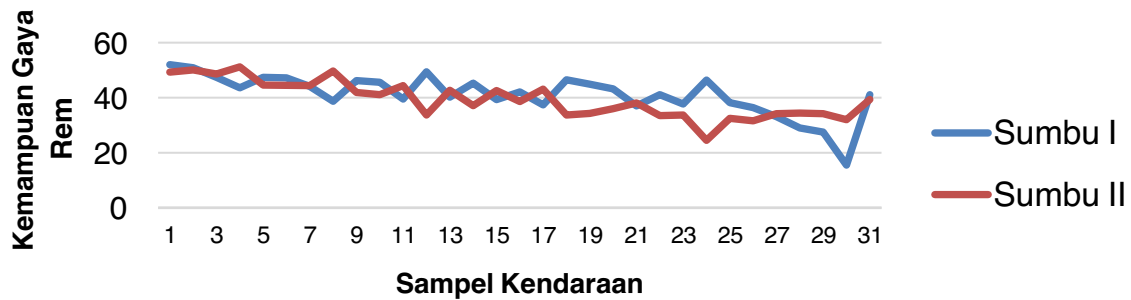
Dari setiap kategori persentase, terdapat 2 kendaraan dengan kadar air <1%, 8 kendaraan dengan kadar air antara 1% hingga kurang dari 2%, 8 kendaraan dengan kadar air antara 2% hingga kurang dari 3%, dan 12 kendaraan dengan kadar air lebih dari 4%. Berdasarkan Tabel 2, rata-rata persentase kadar air minyak rem pada 30 sampel kendaraan adalah kurang dari 2%. Hasil pengukuran kadar air digambarkan secara umum dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel

Hasil Uji Kemampuan Rem

Data pengujian kemampuan rem kendaraan pada 30 sampel kendaraan Mobil Barang sumbu 1.2 dilakukan dengan 5 kali percobaan uji menggunakan alat uji *Brake Tester*. Hasil dari pengujian kemampuan rem pada sumbu I dan Sumbu II dijelaskan dalam Gambar 5.



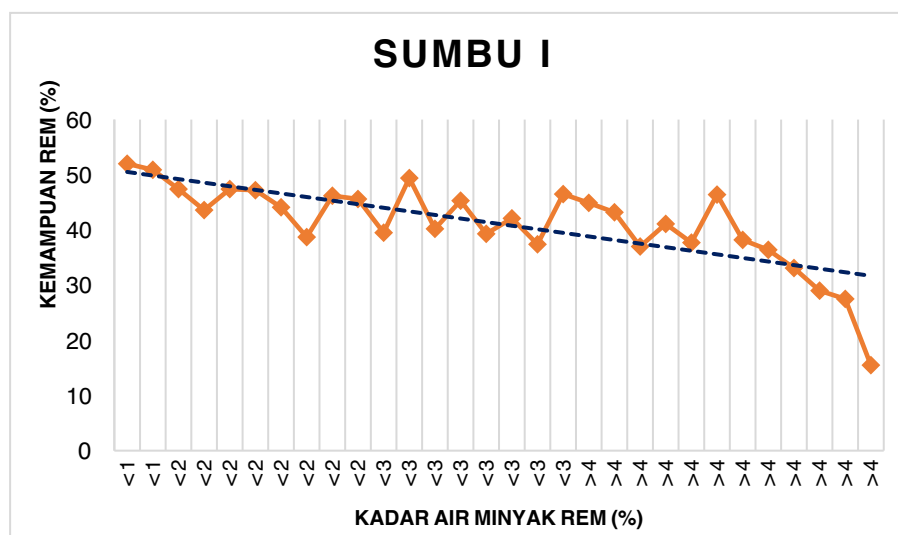
Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Rem pada Sumbu I dan II

Data dari pengujian kemampuan rem pada sumbu I dan sumbu II diperoleh dari lima kali pengujian, yang menghasilkan rata-rata kemampuan rem sebesar 41% untuk sumbu I dan 39,3% untuk sumbu II (data ke-31), sesuai dengan kadar kandungan air kendaraan.

PEMBAHASAN

Data mengenai hubungan antara persentase kadar air dalam minyak rem dan kemampuan rem dipresentasikan dalam bentuk grafik untuk memfasilitasi pemahaman dampak kadar air terhadap hasil pengujian kemampuan rem utama. Grafik menggambarkan hubungan antara kadar air dan kemampuan rem untuk sumbu I dan sumbu II, yang dijelaskan dalam Gambar 6 dan Gambar 7.

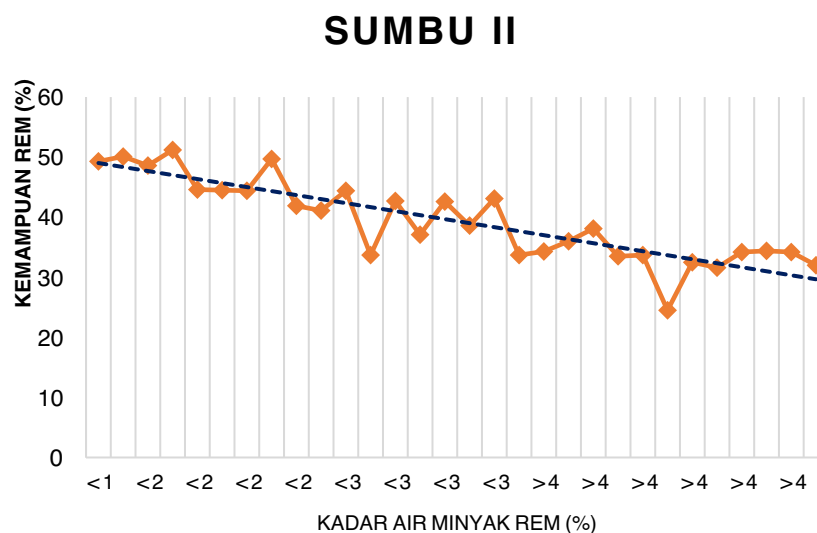
Hasil Kemampuan Rem Sumbu I



Gambar 6. Grafik Hasil Hubungan Kandungan Air Minyak Rem dan Kemampuan Rem Sumbu I

Grafik yang menunjukkan hubungan antara hasil uji kadar air dalam minyak rem dan kemampuan rem utama pada sumbu I untuk 30 sampel kendaraan mengindikasikan adanya kecenderungan penurunan. Meskipun hasil uji kemampuan rem berfluktuasi, ada tren penurunan yang jelas seiring dengan peningkatan kadar air dalam minyak rem. Ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa kandungan air dalam minyak rem berdampak signifikan pada kemampuan pengereman kendaraan (Fatmawati, 2019). Penurunan kemampuan rem paling menonjol pada kadar air antara 3% hingga 4%, meskipun ada anomali pada kadar air kurang dari 2%. Anomali ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kelelahan alat uji, kondisi sistem rem kendaraan, dan variasi dalam pengujian akibat perbedaan tekanan pedal rem yang tidak konsisten (Ermanto et al., 2023). Dari grafik sumbu I, dapat disimpulkan bahwa kandungan air dalam minyak rem memiliki pengaruh besar terhadap hasil uji kemampuan rem pada sumbu kendaraan tersebut.

Hasil Kemampuan Rem Sumbu II



Gambar 7. Grafik Hasil Hubungan Kandungan Air Minyak Rem dan Kemampuan Rem Sumbu

Grafik yang menggambarkan hubungan antara hasil uji kadar air dalam minyak rem dan kemampuan rem pada sumbu II menunjukkan adanya tren penurunan kemampuan rem seiring dengan meningkatnya persentase kadar air dalam minyak rem pada setiap kendaraan. Hal ini mendukung teori yang menyatakan bahwa kandungan air dalam minyak rem berdampak pada efektivitas pengereman (Fatmawati, 2019). Seperti halnya pada grafik sumbu I, grafik pada sumbu II juga menunjukkan penurunan dengan adanya anomali pada beberapa titik di mana persentase kadar air melebihi 2%. Anomali ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk keausan alat uji, kondisi sistem rem kendaraan, dan variasi dalam tekanan pedal rem yang tidak terukur secara konsisten (Ermanto et al., 2023). Berdasarkan grafik sumbu II, dapat disimpulkan bahwa kandungan air dalam minyak rem mempengaruhi hasil uji kemampuan rem pada sumbu II.

Ambang Batas Rekomendasi

Pada persentase kadar air lebih dari 2% untuk sumbu I dan sumbu II, kendaraan sampel gagal dalam uji kemampuan rem. Kadar air yang tinggi dalam minyak rem menjadi parameter kritis yang akan memengaruhi hasil uji karena penggunaan dan paparan suhu tinggi yang berulang meningkatkan kadar air. Hal ini dapat menyebabkan korosi, mengurangi efektivitas rem, dan memperlambat respons sistem rem (Yen et al., 2020). Pada kadar air 2%-4%, minyak rem dapat mencapai suhu operasi yang menyebabkan *vapor lock* atau *brake fading*, sehingga perlu segera diganti (Peinert & Stoopendahl, 2022)

Penelitian ini merekomendasikan bahwa kandungan air dalam minyak rem sebaiknya di bawah 1% agar kendaraan dapat lolos uji. Petugas uji disarankan untuk menginformasikan kepada pemilik kendaraan untuk mengganti minyak rem jika kadar air melebihi 1%, sesuai dengan standar DOT kendaraan. Rekomendasi ini berdasarkan data penelitian menggunakan alat uji *Brake Fluid Tester* dan *Brake Tester* merek *Ten* tipe B/99 K pada kendaraan sumbu 1.2.

KESIMPULAN

1. Rata-rata kadar air dalam minyak rem kendaraan adalah kurang dari 2%, dipengaruhi oleh waktu penggunaan dan paparan suhu berulang. Hasil uji kemampuan rem menunjukkan rata-rata di bawah ambang batas, yakni 41% untuk sumbu I dan 39,3% untuk sumbu II.
2. Kadar air lebih dari 2% pada sumbu I dan II menyebabkan kendaraan sampel tidak lolos uji kemampuan rem.
3. Berdasarkan hasil penelitian ini, ambang batas atau parameter kritis kadar air dalam minyak rem maksimal adalah 1%. Jika lebih dari itu disarankan penggantian minyak rem sesuai standar DOT kendaraan.
4. Kontribusi dari penelitian ini terletak pada penetapan ambang batas kadar air dalam minyak rem sebagai tolak ukur kelulusan pengereman pada kendaraan barang bersumbu 1.2. Dengan menetapkan kadar air <1% sebagai ambang kritis, penelitian ini memberikan panduan yang lebih jelas bagi pemilik kendaraan dalam pemeliharaan sistem rem, sekaligus berkontribusi pada peningkatan keselamatan transportasi barang di Indonesia. Hasil ini juga dapat menjadi referensi bagi industri otomotif dan regulator untuk memperbarui standar perawatan rem, khususnya terkait penggantian minyak rem sesuai standar DOT.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, G. (2021). *Analisis Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Jenis Minyak Rem Terhadap Efisiensi Pengereman*. <http://eprints.pktj.ac.id/id/eprint/817>
- Caban, J., Vrabel, J., Šarkan, B., Kuranc, A., & Słowik, T. (2021). Operational tests of brake fluid in passenger cars. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 49(2), 126–131. <https://doi.org/10.3311/PPTR.14583>
- Ermanto, S. A., Sasue, R. R. O., & Pradana, A. (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. <https://doi.org/10.46447/ktj.v10i1.556>
- Fatmawati. (2019). Program Studi Diploma III. *Prosedur Pemeriksaan Esofagografi Akalasia*.
- Gawande, S. H., Banait, A. S., & Balashowry, K. (2023). Study on wear analysis of substitute automotive brake pad materials. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 21(1), 144–153. <https://doi.org/10.1080/14484846.2020.1831133>
- Haryono, G., & Albetris, A. (2022). Peranan Komunikasi Pemasaran Pariwisata Melalui Pemanfaatan E-Tourism Marketing untuk Meningkatkan Niat Berkunjung Wisatawan. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 6(1), 136. <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v6i1.509>
- Murtofik, K., Nanda, I. P. B. B., & Ayu, B. P. S. B. R. (2021). Sistem Rem Kendaraan Mobil Barang Sebagai Promotor Keselamatan Lalu Lintas Sesuai Dengan Jbb (Jumlah Berat Yang Diperbolehkan) Di Era Disrupsi Teknologi. *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, 144.
- Peinert, N., & Stoopendahl, M. (2022). Method and a system for estimating the water content of brake fluid in a brake system. *US11254296B2 United States*, 1(19), 1–29. <https://patentimages.storage.googleapis.com/30/f4/62/e9b75605352fb0/US10679987.pdf>
- Rosita, R. F., Pradana, A., Rifai, R., Sasue, O., Yoga, M., Pradipta, P., Transportasi, P., & Bali, D. (2023). *Perhubungan Kabupaten Boyolali*. 11–16.
- Simdyankin, A., Uspensky, I., & Belyu, L. (2020). Mechanism of improving safety of freight transportation by road with route optimization by organizing areas with increased freight tariffs. *Transportation Research Procedia*, 50(2019), 662–673. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.078>
- Siregar, R., Adhitya, M., Sumarsono, D. A., Nazaruddin, Heryana, G., & Zainuri, F. (2020). Study the brake performance of a passenger car based on the temperature that occurs in each brake unit. *AIP Conference Proceedings*, 2227. <https://doi.org/10.1063/5.0003747>
- Yen, C. H., Hanley, Xiaoyu, H., Richard A., K., Moote, J. M., M, P., & Weber, S. J. (2020). Brake fluid life monitoring. *US10576957B2 United States*, 2. <https://patents.google.com/patent/US10576957B2/en>