

Analisis Kondisi dan Performa Sistem Rem Hidrolik pada Sepeda Motor Yamaha Freego: Studi Kasus Perawatan dan Diagnosa Komponen

Yoel Andrew Manathan*, Farzana Syazwanasyah Ilyasa Shafa, Aldhio Yuvida Prataman, Sudirman Rizki Ariyanto

Teknologi Rekayasa Otomotif, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, 60231 Surabaya, Indonesia

ABSTRACT – Sistem rem hidrolik merupakan komponen kritis yang menentukan keselamatan berkendara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi aktual sistem rem hidrolik pada Sepeda Motor Yamaha Freego 2022 melalui evaluasi komprehensif terhadap tingkat keausan kampas rem, kondisi visual cakram, dan kualitas cairan rem. Metode penelitian menggunakan pendekatan *case study* dengan prosedur pembongkaran, inspeksi, pengukuran ketebalan kampas rem menggunakan jangka sorong digital, serta analisis visual komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan kampas rem telah mencapai 0,33–0,34 mm, jauh di bawah batas minimum 2 mm yang disyaratkan pabrikan. Kondisi ini disertai dengan adanya alur halus dan permukaan mengkilap pada cakram, serta perubahan warna cairan rem menjadi coklat keruh akibat kontaminasi moisture. Temuan mengindikasikan degradasi performa sistem yang signifikan, termasuk risiko *brake fade*, kerusakan sekunder pada cakram, dan gejala *spongy brake* akibat *vapor lock*. Penelitian ini menyimpulkan urgensi perawatan segera berupa penggantian kampas rem, evaluasi cakram, dan penggantian cairan rem. Studi ini juga menekankan pentingnya pendekatan *preventive maintenance* berbasis data untuk memastikan keandalan dan keselamatan sistem rem hidrolik pada kendaraan roda dua.

HISTORI ARTIKEL

Received: 13 September 2025

Revised: 16 September 2025

Accepted: 18 September 2025

Published: 21 September 2025

KATA KUNCI

Sistem Rem Hidrolik,
Keausan Kampas Rem,
Yamaha Freego,
Preventive Maintenance,
Keselamatan Kendaraan.

1.0 PENDAHULUAN

Sistem rem merupakan salah satu sistem keselamatan paling kritis dalam sebuah kendaraan bermotor, yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan secara terkendali [1]. Efektivitasnya tidak hanya menentukan performa berkendara tetapi lebih penting lagi, menjadi penjamin keselamatan bagi pengendara, penumpang, serta lingkungan sekitarnya [2]. Pada kendaraan modern, sistem rem hidrolik telah menjadi standar utama karena keandalannya dalam mentransmisikan gaya dengan efisiensi tinggi [3]. Sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip Hukum Pascal, yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan secara merata ke segala arah [4]. Prinsip fundamental inilah yang memungkinkan gaya kecil dari injakan pedal rem diubah menjadi gaya tekan yang sangat besar pada kampas rem untuk menjepit cakram (piringan) di setiap roda, sehingga menghasilkan gesekan yang diperlukan untuk pengereman [5].

Secara teknis, sistem rem hidrolik pada sepeda motor seperti Yamaha Freego terdiri dari komponen-komponen kompleks yang harus bekerja secara harmonis, antara lain *master cylinder*, kaliper rem (*caliper*), cakram (*disc rotor*), kampas rem (*brake pads*), dan cairan rem (*brake fluid*) sebagai media transmisi tekanan [6]. Kinerja sistem ini sangat bergantung pada kondisi setiap komponen dan integritas dari seluruh sistem hidroliknya. Dalam praktiknya, sistem ini rentan terhadap berbagai degradasi performa. *Brake fade* (penurunan daya pengereman akibat panas berlebih), fenomena pedal rem *spongy* (lunak) akibat adanya gelembung udara (*vapor lock*) atau kandungan air dalam cairan rem, serta keausan pada kampas rem dan cakram merupakan masalah umum yang sering dijumpai [7]. Keausan kampas rem, khususnya, adalah suatu keniscayaan yang bersifat progresif. Ketebalan kampas rem di bawah batas minimum yang disyaratkan pabrikan tidak hanya mengurangi efektivitas pengereman tetapi juga berpotensi merusak komponen lain seperti cakram, yang berimplikasi pada biaya perbaikan yang lebih tinggi dan risiko keselamatan yang membesar [8].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah banyak mengkaji aspek-aspek sistem rem. Studi oleh [9] menemukan bahwa kenaikan beban dan kecepatan secara langsung mempengaruhi suhu antarmuka (97,8 °C–306,7 °C) dan koefisien gesek (0,24–0,64), serta laju keausan material kampas rem komposit. Penelitian lain oleh [10] menunjukkan bahwa jumlah dan sudut vane pada cakram berpengaruh besar terhadap laju pendinginan dan distribusi suhu, sehingga desain ventilasi

optimal mencegah penurunan performa rem akibat panas berlebih. Sementara itu, Praktikum dan pelatihan perawatan sistem rem telah lama menjadi komponen kurikulum inti di pendidikan vokasi teknik otomotif. Penelitian oleh [11] menemukan bahwa pendekatan berbasis masalah industri (*hands-on*) secara signifikan meningkatkan keterampilan teknis dan kesiapan kerja dibandingkan metode pembelajaran konvensional

Meskipun banyak literatur yang membahas teori sistem rem, karakteristik material, dan metode pembelajaran, terdapat celah (*gap*) antara data hasil penelitian material yang spesifik dengan aplikasi praktis langsung dalam konteks perawatan dan diagnosa rutin pada kendaraan tertentu. Sebagian besar studi cenderung fokus pada simulasi laboratorium atau analisis material tingkat lanjut, sementara panduan komprehensif yang mengintegrasikan teori dasar, prosedur perawatan standar (seperti *bleeding* dan pengukuran keausan), diagnosis masalah, dan implementasinya pada model kendaraan populer yang banyak digunakan masyarakat seperti Yamaha Freego masih terbatas pemberitaannya dalam literatur ilmiah. Selain itu, sangat sedikit artikel yang mendokumentasikan dan menganalisis data aktual keausan komponen dari kegiatan praktikum sebagai bagian dari studi kasus untuk memperkuat urgensi perawatan preventif.

Berdasarkan celah pengetahuan antara kajian teoritis sistem rem dan aplikasi praktis perawatan pada kendaraan spesifik, penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi aktual dan performa sistem rem hidrolik pada Sepeda Motor Yamaha Freego melalui evaluasi komprehensif terhadap tingkat keausan kampas rem, kondisi visual cakram, dan kualitas cairan rem. Temuan ini tidak hanya mengungkap urgensi perawatan preventif tetapi juga menyediakan data empiris yang menjembatani teori sistem hidrolik dengan praktik diagnosa di bengkel, sekaligus menekankan perlunya standar pemeriksaan berkala untuk menjaga integritas sistem keselamatan kendaraan.

2.0 METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan case study dengan metode eksperimental deskriptif. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kondisi aktual komponen sistem rem hidrolik dan menerapkan prosedur perawatan standar pada sepeda motor Yamaha Freego. Prosedur meliputi pembongkaran, inspeksi, pengukuran, perakitan, dan bleeding sistem.

2.2 Material dan Alat

2.2.1 Material

1. **Cairan Rem:** DOT 4 (standar JIS K2233).
2. **Objek Penelitian:** Sepeda motor Yamaha Freego 2022.

2.2.2 Peralatan

1. Alat ukur: Jangka sorong digital (ketelitian 0,01 mm).
2. Perkakas tangan: Kunci pas, kunci ring, obeng, tang, dan palu karet.
3. Kit *bleeding*: Selang transparan dan wadah penampung.
4. Peralatan pendukung: Kompresor angin, bak minyak, dan lap.

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dirancang untuk mereplikasi langkah-langkah perawatan dan diagnosa yang dilakukan di bengkel profesional. Adapun setiap tahapan alur prosedur penelitian dijelaskan sebagai berikut.

1. **Tahap Persiapan (*Preparation Stage*):** Sepeda motor diposisikan di tempat yang datar dan aman. Dilakukan inspeksi visual awal terhadap sistem rem untuk mendeteksi kebocoran cairan rem atau kerusakan fisik yang jelas pada selang dan kaliper.
2. **Tahap Pembongkaran dan Inspeksi (*Dismantling & Inspection Stage*):**
 - Kaliper rem depan dibongkar dengan menggunakan perkakas tangan yang sesuai.
 - Kampas rem dilepaskan dari rumah kaliper.
 - Seluruh komponen yang telah dibongkar dibersihkan dari debu dan kotoran menggunakan kompresor angin dan lap.
3. **Tahap Pengukuran dan Pengumpulan Data (*Measurement & Data Collection Stage*):**
 - **Variabel Utama:** Ketebalan kampas rem. Pengukuran dilakukan pada dua titik yang berbeda pada setiap lempengan kampas rem menggunakan jangka sorong. Hasil dicatat dan dirata-ratakan.

- **Variabel Pendukung:** Dilakukan inspeksi visual terhadap kondisi permukaan cakram (disc rotor) untuk mendeteksi adanya alur dalam, karat, atau ketidakrataan (*warpage*). Kondisi visual cairan rem juga diamati.

4. Tahap Analisis dan Tindakan (*Analysis & Action Stage*):

- Data ketebalan kampas rem dibandingkan dengan spesifikasi ketebalan minimum yang direkomendasikan oleh pabrikan (umumnya $\pm 2\text{-}3\text{ mm}$).
- Berdasarkan hasil analisis, diputuskan apakah kampas rem masih layak pakai atau harus diganti. Pada studi kasus ini, kampas rem dinyatakan hampir habis.

5. Tahap Perakitan dan Bleeding (*Reassembly & Bleeding Stage*):

- Kaliper rem dirakit kembali dengan komponen yang sesuai.
- Dilakukan prosedur *bleeding* menggunakan metode dua orang (*two-man method*) untuk memastikan tidak ada udara yang terperangkap dalam sistem hidrolik, yang menjadi penyebab utama *spongy brake*.

6. Tahap Pengujian Akhir dan Dokumentasi (*Final Testing & Documentation Stage*):

- Dilakukan pengujian fungsi rem dengan menekan tuas rem untuk memastikan kekokohan dan tidak adanya *feel spongy*.
- Seluruh proses dan hasil didokumentasikan secara fotografi.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Data hasil pengukuran dan inspeksi visual komponen sistem rem hidrolik Yamaha Freego disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran dan Inspeksi Komponen Sistem Rem

Komponen	Parameter	Hasil	Standar
Kampas Rem Dalam	Ketebalan (mm)	0,34	$\geq 2,0$
Kampas Rem Luar	Ketebalan (mm)	0,33	$\geq 2,0$
Cakram Rem	Kondisi Permukaan	Alur halus, mengilap	Rata, bebas alur
Cairan Rem	Warna	Coklat keruh	Bening/amber

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan kampas rem telah mengalami keausan ekstrem, jauh di bawah batas minimum yang disyaratkan pabrikan ($\geq 2\text{ mm}$). Keausan ini mengindikasikan bahwa komponen tersebut tidak lagi mampu memberikan performa pengereman yang optimal. Ketebalan yang sangat tipis mengurangi luas bidang kontak dengan cakram, yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengereman dan risiko *brake fade* akibat ketidakmampuan menyerap panas secara memadai [12]. Lebih lanjut, kondisi ini berpotensi menyebabkan kerusakan sekunder pada cakram akibat gesekan langsung antara *backing plate* dan permukaan cakram [13]. Secara visual, permukaan cakram menunjukkan adanya alur halus dan kondisi mengilap (*glazed*). Fenomena ini merupakan dampak langsung dari keausan kampas rem yang parah, dimana partikel material gesek yang terkikis bertindak sebagai abrasif terhadap permukaan cakram [14]. Permukaan yang mengilap dapat mengurangi koefisien gesek antara kampas rem dan cakram, sehingga pedal rem terasa lebih keras dan kurang responsif. Meskipun tidak terdeteksi deformasi makro (*warpage*), alur yang terbentuk dapat menjadi titik konsentrasi stres yang memperpendek umur pakai cakram.

Di sisi lain, degradasi kualitas cairan rem ditandai dengan perubahan warna menjadi coklat keruh. Cairan rem bersifat higroskopis, sehingga secara alami menyerap kelembaban dari lingkungan over time. Akumulasi kelembaban ini menurunkan titik didih cairan rem secara signifikan [15]. Pada kondisi operasi temperatur tinggi, cairan yang terkontaminasi dapat mengalami pendidihan dan membentuk gelembung uap (*vapor lock*). Gelembung uap tersebut bersifat kompresibel, sehingga menyebabkan pedal rem terasa lunak (*spongy*) dan mengurangi efektivitas pengereman secara keseluruhan. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem rem pada unit yang diteliti mengalami degradasi performa yang signifikan. Tindakan perawatan yang komprehensif sangat diperlukan, meliputi penggantian kampas rem, evaluasi lebih lanjut terhadap kondisi cakram (*resurfacing* atau penggantian jika diperlukan), serta *flush* dan penggantian cairan rem. Langkah-langkah ini tidak hanya memulihkan performa pengereman tetapi juga merupakan tindakan preventif untuk mencegah kerusakan yang lebih parah dan menjamin keselamatan berkendara [16].

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa evaluasi komprehensif terhadap sistem rem hidrolik Yamaha Freego 2022 berhasil mengungkap kondisi aktual yang mengkhawatirkan terkait performa dan keamanan sistem. Ketebalan kampas rem yang telah mencapai 0,33–0,34 mm—jauh di bawah batas minimum 2 mm—menunjukkan keausan ekstrem yang secara signifikan mengurangi efektivitas pengereman dan berpotensi memicu kerusakan sekunder pada cakram. Dampak dari keausan ini juga terlihat pada kondisi permukaan cakram yang mengalami alur dan mengilap, yang dapat menurunkan koefisien gesek serta responsivitas rem. Selain komponen padat, degradasi cairan rem yang ditandai dengan perubahan warna menjadi coklat keruh mengindikasikan kontaminasi moisture yang berisiko menyebabkan vapor lock dan gejala spongy brake. Temuan ini menegaskan perlunya tindakan segera, termasuk penggantian kampas rem, evaluasi cakram, serta penggantian cairan rem, guna memulihkan integritas sistem. Hasil penelitian ini sekaligus menekankan pentingnya pendekatan preventive maintenance yang holistik dan berbasis data, tidak hanya untuk menjaga kinerja sistem tetapi juga menjamin keselamatan pengendara dalam operasional sehari-hari.

5.0 REFERENSI

- [1] H. Tan, F. Zhao, H. Hao, Z. Liu, A. A. Amer, and H. Babiker, “Automatic Emergency Braking (AEB) System Impact on Fatality and Injury Reduction in China,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 3, p. 917, Feb. 2020, doi: 10.3390/ijerph17030917.
- [2] M. N. Steve Clovis, N. A. Claude Valery, A. Jean Chills, and N. Y. Jean-Maurice, “A new model of friction brake efficiency of urban vehicles on unpaved roads using an analytical and numerical approach,” *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 4, pp. 907–924, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.ijst.2022.09.003.
- [3] Muchlis and Rustang, “Pengembangan sistem pengereman hidrolik pada mesin uji impak di laboratiroium mekanik 1,2,” in *Prosiding 6th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022*, 2022, pp. 13–16.
- [4] B. Paneru and B. Paneru, “Design and Development of a Prototype for a Pascal’s Law & IoT applied Automatic Hydraulic Braking System,” *J. Electron. Informatics*, vol. 5, no. 3, pp. 335–350, Sep. 2023, doi: 10.36548/jei.2023.3.007.
- [5] S. A. of B. S. in H.-S. V. : D. and E. B. S. Katare, R. Singh, and S. Prasad, “Comparative Analysis of Braking Systems in High- Speed Vehicles: Disc and Electromagnetic Braking Systems,” *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 655–664, 2025.
- [6] G. F. Mauer, “A fuzzy logic controller for an ABS braking system,” *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 3, no. 4, pp. 381–388, 1995, doi: 10.1109/91.481947.
- [7] G. Chandane, S. Kulkarni, and P. Scholar, “The Impact of Friction Material on Disc Brake Performance: A Review,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 12, no. 09, 2023, [Online]. Available: <http://www.ijert.org>
- [8] W. Li, X. Yang, S. Wang, J. Xiao, and Q. Hou, “Comprehensive analysis on the performance and material of automobile brake discs,” *Metals (Basel)*, vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.3390/met10030377.
- [9] V. A. Kalhapure and H. P. Khairnar, “Analytical and Experimental Investigation on Wear Performance of Disc Brake Pad,” *Tribol. Ind.*, vol. 42, no. 3, pp. 345–362, Sep. 2020, doi: 10.24874/ti.852.02.20.05.
- [10] X. Charles and P. S. Chakraborty, “CFD Analysis of Ventilated Brake Disc for its Effective Cooling,” *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, vol. 12, no. 6, pp. 287–297, 2025.
- [11] Bambang Sudarsono and W. Pratama, “Designing an Industry-Oriented Problem-Based Learning Model to Enhance Vocational High School Students’ Work Readiness,” *JTP - J. Teknol. Pendidik.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–16, 2025, doi: 10.21009/jtp.v27i1.54046.
- [12] K. M. Jensen, I. F. Santos, and H. J. P. Corstens, “Estimation of brake pad wear and remaining useful life from fused sensor system, statistical data processing, and passenger car longitudinal dynamics,” *Wear*, vol. 538–539, p. 205220, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.wear.2023.205220.
- [13] K. T. Sathish, J. Maniraj, and V. S. Thangarasu, “Study of friction, wear and plastic deformation of automotive brake disc subjected to thermo-mechanical fatigue,” *Matéria (Rio Janeiro)*, vol. 28, no. 1, 2023, doi:

10.1590/1517-7076-rmat-2022-0329.

- [14] W. Song *et al.*, “Effects of abrasive particles on the particulate matter emission of brake friction composites,” *Wear*, vol. 504–505, p. 204436, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.wear.2022.204436.
- [15] Y. A. Al Mulla, J. Alazemi, and Y. Alhouli, “The effect of Kuwait climate on the Automotive brake fluids,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 18, no. 2, pp. 124–129, 2023, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [16] S. Wijayanta, D. Diah, K. Pambudi, and H. A. Arifan, “The Influence of the Water Level in the Brake Fluid on the Rate of Increase in Temperature and Boiling Point of the Brake Fluid,” in *2nd International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2019) The*, 2020, pp. 42–45. doi: 10.2991/aer.k.200220.009.