KAJIAN EFISIENSI ENERGI PADA SISTEM REM SEPEDA MOTOR DENGAN KONSEP HUKUM KEKEKALAN ENERGI

Nurhamidah[1*], Nur Antika[2], Destina[3], Nuraini[4]
[1,2,3,4] Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Indonesia.
**Corresponding Author:* nurhamidah_uin@radenfatah.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki efisiensi energi pada sistem pengereman sepeda motor berdasarkan Hukum Kekekalan Energi. Fokus penelitian terletak pada perubahan energi kinetik menjadi energi panas selama proses pengereman serta tingkat efisiensi yang dicapai. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan mengukur peningkatan suhu cakram rem setelah pengereman pada tiga variasi kecepatan, yaitu 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan suhu cakram rem berbanding lurus dengan kecepatan awal, masing-masing sebesar 8,2°C, 13,3°C, dan 23,1°C. Berdasarkan analisis, sekitar 80% energi kinetik kendaraan dikonversi menjadi energi panas, dengan nilai energi panas masing-masing sebesar 1.728 J, 6.913 J, dan 15.554 J. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi pengereman dipengaruhi oleh kecepatan awal kendaraan, tekanan pengereman, dan karakteristik material kampas rem. Penelitian ini menegaskan penerapan prinsip kekekalan energi dalam sistem pengereman serta memberikan wawasan untuk pengembangan desain pengereman yang lebih efektif dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan hukum kekekalan energi dalam proses pengereman sepeda motor, menghitung besar konversi energi kinetik menjadi energi panas pada berbagai tingkat kecepatan, serta menilai efisiensi kerja sistem rem.

Kata Kunci: Sistem pengereman sepeda motor, Efisiensi energi, Hukum Kekekalan Energi, Energi kinetic, Energi panas, Suhu cakram rem.

ABSTRACT

This study investigates the energy efficiency of a motorcycle braking system based on the Law of Conservation of Energy. The research focuses on the conversion of kinetic energy into heat energy during braking and the efficiency achieved in this process. An experimental method was employed by measuring the increase in brake disc temperature after braking at three different speeds: 20 km/h, 40 km/h, and 60 km/h. The results show that the temperature rise of the brake disc is directly proportional to the initial speed, with increases of 8.2°C, 13.3°C, and 23.1°C, respectively. Analysis indicates that approximately 80% of the motorcycle's kinetic energy is converted into heat energy, producing heat energy values of 1,728 J, 6,913 J, and 15,554 J. These findings demonstrate that braking efficiency is influenced by the initial vehicle speed, braking pressure, and the material properties of the brake pads. This research confirms the relevance of energy conservation principles in braking systems and provides

insight for the development of more effective and safer braking designs. This research aims to analyze the application of the law of conservation of energy in the braking process of a motorcycle, calculate the conversion of kinetic energy into heat energy at various speed levels, and assess the working efficiency of the brake system.
Keywords: Motorcycle braking system, Energy efficiency, Law of Conservation of Energy, Kinetic energy, Heat energy, Brake disc temperature.

PENDAHULUAN

Jumlah sepeda motor di Indonesia terus meningkat setiap tahun dan mencapai lebih dari 120 juta unit, sehingga menjadikannya moda transportasi yang paling banyak digunakan masyarakat (Pangestu & Sutantra, 2021). Peningkatan jumlah kendaraan ini berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan sistem keselamatan berkendara, terutama sistem pengereman sebagai komponen vital yang memastikan kendaraan dapat berhenti secara aman dan terkontrol. Menurut (Dzikrullah et al., 2017), salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas adalah kerusakan pada kendaraan, khususnya sistem rem yang tidak berfungsi dengan baik. Gangguan pada rem biasanya terjadi akibat keausan pada cakram dan kampas rem karena gesekan. Faktor-faktor yang dapat mengurangi kinerja rem antara lain penggunaan rem dengan beban berlebih, kondisi jalan yang buruk, rendahnya kesadaran pengendara dalam berkendara dengan aman, serta kurangnya perawatan kendaraan.

Menurut (Banuaji, 2021), sistem rem merupakan mekanisme pengendali utama yang menentukan kemampuan kendaraan dalam mengurangi kecepatan melalui proses gesekan antara kampas dan permukaan cakram atau tromol. Karena sifatnya yang sangat menentukan keselamatan, efisiensi dan kinerja sistem rem menjadi aspek yang sangat penting untuk dikaji secara ilmiah. Proses pengereman berkaitan erat dengan perubahan energi kinetik kendaraan menjadi energi panas akibat gesekan. Energi panas ini menyebabkan suhu cakram rem meningkat, dan kenaikan suhu tersebut dapat digunakan sebagai indikator besarnya energi yang terserap selama pengereman. (Setiazi et al., 2021) menjelaskan bahwa distribusi panas yang tidak merata dapat menurunkan efektivitas rem dan dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan kerusakan struktural. Hal tersebut menunjukkan adanya urgensi untuk memahami hubungan antara energi kinetik kendaraan, proses konversi energi dalam sistem rem, dan peningkatan suhu yang terjadi.

Beberapa penelitian sebelumnya lebih banyak menitikberatkan pada analisis mekanis, desain komponen rem, atau karakteristik material kampas, namun kajian yang secara langsung menghubungkan besarnya energi kinetik kendaraan dengan energi panas yang dihasilkan selama pengereman masih terbatas. Menurut (Pranoto et al., 2020), Efisiensi pengereman ditinjau secara kuantitatif melalui besarnya energi kinetik yang terkonversi menjadi energi panas selama proses pengereman, di mana kinerja sistem pengereman secara fundamental ditentukan oleh interaksi gaya gesek antara ban dan permukaan penggerak, dengan asumsi bahwa koefisien gesek maksimum tidak melampaui nilai satu. Dengan kata lain, terdapat *research gap* berupa belum adanya pengukuran empiris yang secara terukur membandingkan energi kinetik sebelum pengereman dengan energi panas yang dihasilkan setelah pengereman pada sepeda motor.

Permasalahan utama dalam penelitian ini muncul dari kondisi bahwa energi kinetik kendaraan tidak seluruhnya berubah menjadi energi panas yang tersimpan pada sistem rem, melainkan sebagian hilang akibat gesekan udara, deformasi material, dan energi lain yang bersifat non-konservatif. Kondisi ini memunculkan pertanyaan mengenai seberapa besar efisiensi energi sistem rem pada sepeda motor ketika terjadi pengereman pada berbagai tingkat kecepatan. Sebagai alternatif solusi, berbagai penelitian merekomendasikan perbaikan material kampas, peningkatan desain ventilasi cakram, atau penggunaan sistem pengereman regeneratif. Namun dalam konteks penelitian ini, solusi yang dipilih adalah melakukan analisis eksperimental sederhana melalui pengukuran suhu cakram rem setelah pengereman untuk mengetahui besarnya energi panas yang dihasilkan dibandingkan energi kinetik awal kendaraan.

Menurut (Satria et al., 2025), Kenaikan suhu yang berlebihan pada piringan cakram dapat menurunkan performa sistem pengereman. Ketika piringan cakram menjadi terlalu panas, daya cengkeram antara cakram dan kampas rem berkurang, sehingga proses pengereman tidak bekerja secara optimal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan pengereman yang kurang efektif dan berbahaya, terutama pada keadaan darurat atau saat melakukan pengereman mendadak. Karena itu, pemilihan piringan cakram yang sesuai sangat penting untuk menjaga stabilitas performa rem dan meminimalkan risiko terjadinya kegagalan sistem pengereman.

Berdasarkan landasan pemikiran tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan hukum kekekalan energi dalam proses pengereman sepeda motor, menghitung besar konversi energi kinetik menjadi energi panas pada berbagai tingkat kecepatan, serta menilai efisiensi kerja sistem rem. Secara deskriptif, penelitian ini juga berupaya mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi pengereman dan memberikan pemahaman kuantitatif mengenai keterkaitan antara kecepatan, kenaikan suhu, dan proses perubahan energi.

Menurut (Mahardika & Hartono, 2022)**,** Tujuan penelitian ini adalah memantau suhu saat proses pengereman serta menyediakan sistem keamanan berupa peringatan dini (*early warning sign*) bagi pengendara sepeda motor. Sistem ini dapat diterapkan pada mekanisme pengereman untuk memonitor suhu kampas rem (*brake pad*), sehingga pengendara dapat mengetahui kondisi panas tanpa perlu menyentuhnya secara langsung dan dapat menentukan waktu yang tepat untuk berhenti dan mendinginkan kampas rem.

Manfaat penelitian ini terlihat dalam dua ranah. Dari segi teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian mengenai penerapan hukum kekekalan energi dalam sistem mekanis kendaraan bermotor dan dapat dijadikan referensi dalam pembelajaran fisika terapan, khususnya materi energi dan mekanika. Sedangkan dari segi praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem rem yang lebih aman dan efisien, serta menjadi pedoman dalam melakukan perawatan berkala agar kinerja pengereman tidak menurun akibat penumpukan panas yang berlebihan.

Proses pengereman menghasilkan panas yang cukup besar akibat perubahan energi kinetik menjadi energi termal. Ketidakseimbangan distribusi panas tersebut dapat menimbulkan berbagai masalah serius, seperti *brake fading*, deformasi akibat suhu tinggi, dan retakan karena tegangan termal berlebih. Pengereman dalam durasi panjang juga dapat memicu ketidakstabilan termoelastis, mempercepat keausan komponen rem, serta

menyebabkan kegagalan pada bearing. Apabila panas pada *disc brake* tidak terdistribusi dan terlepas dengan baik, performa pengereman akan menurun secara signifikan, yang pada akhirnya dapat membahayakan keselamatan pengendara (Prasetiyo et al., 2025).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tujuan menganalisis efisiensi energi pada sistem pengereman sepeda motor melalui perbandingan antara energi kinetik kendaraan sebelum pengereman dan energi panas yang dihasilkan setelah pengereman. Penelitian dilaksanakan pada hari Senin, 7 Oktober 2025 di Laboratorium Fisika Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada ketersediaan peralatan yang memungkinkan pengukuran suhu secara akurat dan lingkungan yang terkendali sehingga meminimalkan gangguan eksternal.

Subjek penelitian dalam studi ini adalah proses pengereman sepeda motor dengan variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam. Objek penelitian berupa perubahan energi pada sistem rem, yang meliputi energi kinetik awal, energi panas yang ditimbulkan oleh gesekan kampas dan cakram rem, serta nilai efisiensi energi. Massa total kendaraan dan pengendara yang digunakan dalam penelitian adalah 140 kg. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung, meliputi kecepatan awal kendaraan menggunakan speedometer, suhu cakram rem sebelum dan setelah pengereman dengan *infrared thermometer*, serta jarak pengereman menggunakan meteran. Selain itu, timbangan juga digunakan untuk memperoleh data berat pengendara.

Pengumpulan data dilakukan secara berulang untuk setiap variasi kecepatan guna meningkatkan keakuratan dan reliabilitas hasil pengukuran. Prosedur penelitian dimulai dengan melakukan persiapan alat yaitu sepeda motor, thermometer inframerah, meteran, timbangan yang digunakan untuk memperoleh massa pengendara. Kemudian pengecekan kondisi rem, serta kalibrasi alat ukur. Sepeda motor dipacu hingga mencapai kecepatan tertentu dan kemudian dilakukan pengereman pada titik yang telah ditentukan. Suhu awal cakram (T_1) diukur sebelum pengereman, sedangkan suhu setelah pengereman (T_2) diukur 3 hingga 5 detik setelah kendaraan berhenti. Selisih suhu (ΔT) digunakan sebagai dasar untuk menghitung energi panas yang dihasilkan. Seluruh prosedur diulang pada masing-masing kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam.

Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan menghitung seluruh parameter energi menggunakan rumus berikut.

1. Kecepatan awal diubah dari km/jam ke m/s menggunakan Persamaan (1):

$$v = \frac{v\ {}^{km}/_{jam}}{3.6} \qquad (1)$$

2. Energi kinetik kendaraan sebelum pengereman dihitung dengan Persamaan (2):

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (2)$$

3. Perubahan suhu cakram dihitung menggunakan Persamaan (3):

$$\Delta T = T_2 - T_1 \qquad (3)$$

4. Massa Efektif Rem (massa bagian rem yang menyerap panas) Menggunakan Persamaan (4):

$$m_r = \frac{E_k}{C_p \Delta T} \qquad (4)$$

Dimana C_p adalah kalor jenis material rem.

5. Energi panas dihitung berdasarkan kapasitas panas jenis material rem menggunakan Persamaan (5):

$$\mathbf{Q} = m_r \, \mathbf{c} \Delta T \qquad (5)$$

6. Nilai efisiensi energi sistem rem dihitung berdasarkan perbandingan antara energi panas yang dihasilkan dan energi kinetik awal kendaraan menggunakan Persamaan (6):

$$\eta = \frac{Q}{E_k} \, x \, 100\% \qquad (6)$$

(Karena pengukuran suhu dan kehilangan energi pada sistem rem dilakukan secara sederhana di lapangan, maka nilai efisiensi (η) didapatkan sebesar 80%, sesuai dengan kisaran efisiensi termal sistem rem cakram pada kendaraan roda dua menurut literatur).

7. Percepatan Negatif (Perlambatan) Selama Pengereman dihitung dengan menggunakan Persamaan (7):

$$a = \frac{v^2}{2s} \qquad (7)$$

dengan *s* adalah jarak pengereman.

8. Waktu Pengereman Teoretis Dengan menggunakan percepatan rata-rata dengan menggunakan Persamaan (8):

$$t = \frac{v}{a} \qquad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi energi pada sistem rem sepeda motor berdasarkan konsep hukum kekekalan energi. Data pengamatan awal diperoleh dari pengukuran suhu kampas rem sebelum dan sesudah pengereman pada kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam. Data juga mencakup jarak pengereman serta massa total sepeda motor dan pengendara.

Menurut (Kurniawan & Syahbani, 2025) Kampas rem adalah komponen penting pada kendaraan bermotor, terutama kendaraan darat, yang berperan untuk mengurangi kecepatan hingga menghentikan pergerakan kendaraan. Sementara itu (Yudhanto et al., 2019) menjelaskan bahwa Kampas rem merupakan salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan. Komponen ini menanggung beban kerja yang tinggi, mencapai sekitar 90% dari beban total sistem pengereman. Maka Secara garis besar, kampas rem adalah komponen yang sangat penting dalam sistem pengereman kendaraan. Selain berfungsi memperlambat dan menghentikan laju kendaraan, komponen ini juga memikul beban kerja paling besar dalam proses pengereman. Karena itu, kualitas dan kondisi kampas rem berpengaruh besar terhadap kinerja dan keselamatan sistem rem secara keseluruhan.

Jika satu atau dua roda memiliki rem yang tidak disetel dengan benar, roda lainnya harus mengambil porsi yang lebih dari bagian pengeremannya. Penggunaan rem yang berlebihan akan menghasilkan penumpukan panas yang lebih besar daripada yang bisa diserap dan dikeluarkan oleh rem tromol. Terlalu banyak panas mengakibatkan kerusakan rem dan kemungkinan kegagalan sistem pengereman (Sinaga et al., 2023)

Menurut (Baruddin & Pranoto, 2020), Kinerja rem dipengaruhi oleh jenis rem yang digunakan dan beban kendaraan, termasuk beban yang diterima roda depan dan belakang saat kendaraan melaju. Kondisi jalan juga ikut menentukan. Pengereman yang baik adalah ketika kendaraan bisa berhenti dalam jarak yang pendek dan posisi pengeremannya tetap lurus atau berada pada sudut 0 derajat.

Tabel 1. Data Awal Pengamatan

v (km/h)	**Massa Motor + Pengendara (kg)**	**T1 (°C)**	**T2 (°C)**	**ΔT (°C)**	**Jarak Pengereman (m)**
20	140	29	37,2	8,2	2,4
40	140	29	42,3	13,3	5,6
60	140	29	52,1	23,1	11,6

Pada tabel 1. Data Awal Pengamatan, terlihat bahwa kenaikan suhu pada cakram meningkat seiring bertambahnya kecepatan kendaraan. Pada kecepatan 20 km/jam, suhu cakram naik sebesar 8,2°C, sedangkan pada kecepatan 60 km/jam peningkatan suhunya

mencapai 23,1°C. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi energi kinetik kendaraan, semakin besar pula energi panas yang muncul akibat gesekan selama proses pengereman.

Tabel 2. Data Setelah Melakukan Perhitungan.

v (km/h)	**v (m/s)**	**E_k (J)**	**Mr**	**η (80%)**	**Q (J)**	**ΔT °C**	**Suhu Akhir (T2) °C**	**a (m/s^2)**	**t (s)**
20	5,555	2.160,06	0,572	0,8	1.728,048	6,56	35,56	6,428	0,864
40	11,111	8.641,78	1,412	0,8	6.913,424	10,64	39,64	11,022	1,008
60	16,666	19.442,85	1,829	0,8	15.554,28	18,48	47,48	11,972	1,392

Pada tabel 2. Data Setelah Melakukan Perhitungan terlihat bahwa energi kinetik meningkat secara signifikan dengan bertambahnya kecepatan. Peningkatan energi kinetik tersebut diikuti oleh peningkatan energi panas yang dihasilkan oleh sistem rem. Nilai efisiensi rata-rata yang diperoleh adalah 80%, menunjukkan bahwa sebagian besar energi kinetik berhasil dikonversi menjadi energi panas, sedangkan sisanya hilang karena gesekan udara, getaran, dan deformasi material.

Selain itu, nilai percepatan negatif (perlambatan) dan waktu pengereman juga menunjukkan hubungan yang logis. Pada kecepatan 20 km/jam waktu pengereman hanya 0,86 detik, sedangkan pada kecepatan 60 km/jam meningkat menjadi 1,39 detik. Artinya, semakin tinggi kecepatan awal kendaraan, semakin besar gaya pengereman yang dibutuhkan dan semakin lama waktu yang diperlukan untuk berhenti sepenuhnya. Pada kecepatan 60 km/jam energi kinetik mencapai 19.442,85 J, sedangkan pada kecepatan 20 km/jam hanya 2.160,06 J. Artinya, energi kinetik berbanding kuadrat terhadap kecepatan, sesuai dengan persamaan (2):

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (2)$$

2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa energi kinetik kendaraan yang bergerak berubah menjadi energi panas selama proses pengereman. Pernyataan ini sejalan dengan prinsip Hukum Kekekalan Energi, yang menyebutkan bahwa energi tidak bisa diciptakan atau dihilangkan, melainkan hanya dapat bertransformasi dari satu bentuk ke bentuk energi lainnya. (Nurlina dan Riskawati, 2019).

Menurut (Mabruroh et al., 2022) Energi kinetik suatu benda adalah jumlah usaha yang diperlukan untuk membuat benda bermassa tertentu bergerak dari keadaan diam sampai mencapai kecepatan tertentu. Dengan kata lain, ini merupakan energi yang dimiliki benda akibat pergerakannya.

Menurut (Abdullah, 2016) Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki suatu benda karena bergerak. Ketika gerakan benda tersebut ditahan, sebagian atau seluruh energi kinetiknya akan berubah menjadi bentuk energi lain. Hal ini menyebabkan energi kinetik berkurang sehingga kecepatannya menurun, atau bahkan hilang sepenuhnya ketika benda berhenti. Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa semakin besar kecepatan sepeda motor, semakin besar pula energi kinetiknya. Peningkatan dari 20 km/jam menjadi 60 km/jam menghasilkan peningkatan energi hampir sembilan kali lipat. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menghentikan kendaraan dengan kecepatan tinggi dibutuhkan gaya pengereman yang jauh lebih besar dan waktu pengereman yang lebih lama.

Energi kinetik kendaraan meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan. Pada tabel terlihat bahwa ketika kecepatan naik dari 20 km/jam menjadi 60 km/jam, energi kinetik meningkat dari 2.160 J menjadi 19.442 J. Kenaikan ini bersifat kuadrat terhadap kecepatan, artinya peningkatan kecepatan dua kali lipat akan menghasilkan energi kinetik empat kali lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan awal kendaraan, semakin besar energi yang harus diubah menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Sesuai dengan Hukum Kekekalan Energi, energi tidak bisa dibuat atau dihilangkan, namun hanya dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk lainnya. Dalam sistem pengereman, energi kinetik.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (2)$$

diubah menjadi energi panas

$$Q = m_r \, c\Delta T \qquad (5)$$

disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara kampas rem dengan piringan cakram (*disc brake*).

Selama pengereman, sebagian besar energi kinetik berubah menjadi energi panas yang dihasilkan oleh gesekan antara kampas rem dan cakram. Kenaikan suhu cakram yang signifikan memperlihatkan bahwa gesekan merupakan faktor utama dalam proses konversi energi. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Hafizh et al., 2022) bahwa prinsip kerja rem cakram didasarkan pada perubahan energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan antara piringan (*disc brake*) dan kampas rem. Semakin besar kecepatan, semakin besar energi yang harus diserap oleh rem dalam bentuk panas untuk menghentikan kendaraan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi panas (Q) meningkat dari 1.728 J pada kecepatan 20 km/jam menjadi 15.554 J pada 60 km/jam. Peningkatan energi panas ini menyebabkan suhu kampas rem naik dari 35,56°C hingga mencapai 47,48°C. Fenomena ini sesuai dengan Hukum Kekekalan Energi, di mana energi total tidak hilang, tetapi berubah bentuk dari energi gerak menjadi panas.

Distribusi panas yang dihasilkan selama pengereman juga berpengaruh terhadap efektivitas rem. (Setiazi et al., 2021) menegaskan bahwa suhu yang tidak merata pada cakram dapat menyebabkan penurunan performa rem bahkan berpotensi menimbulkan keretakan akibat tegangan termal. Peningkatan suhu sebesar 8,2°C hingga 23,1°C dalam penelitian ini

masih berada pada batas normal kerja sistem rem cakram, yang menunjukkan sistem masih mampu melepaskan panas dengan baik.

Menurut (Ridwan et al., 2023)**,** Mekanisme kerja rem berlangsung melalui gesekan pada kampas rem yang menyebabkan energi kinetik berubah menjadi energi panas pada dua permukaan benda yang saling berputar. Gesekan ini membuat putaran roda melambat hingga akhirnya berhenti. Selain itu, rem juga mengonversi energi kinetik dan energi potensial menjadi energi panas melalui gesekan antara sepatu atau kampas rem dengan rotor, disertai proses perpindahan panas.

Efisiensi yang tinggi menandakan sistem rem bekerja optimal dalam mengubah energi gerak menjadi energi panas. Nilai efisiensi yang konstan juga menunjukkan bahwa sistem pengereman dalam kondisi stabil dan tidak mengalami penurunan performa signifikan pada kecepatan tinggi. Efisiensi energi sistem rem sebesar 80% menunjukkan bahwa sebagian besar energi kinetik kendaraan berhasil dikonversi menjadi energi panas. Menurut (Wijaya et al., 2022), efisiensi merupakan ukuran kemampuan sistem dalam mengubah energi masukan menjadi keluaran berguna dengan kehilangan energi minimal. Nilai efisiensi ini juga menunjukkan bahwa sistem rem yang digunakan berfungsi optimal dalam kondisi pengujian.

Selain itu, nilai percepatan negatif (perlambatan) yang meningkat pada kecepatan tinggi memperlihatkan bahwa gaya gesek antara kampas dan cakram juga meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat (Sopiyan et al., 2023), yang menyatakan bahwa gaya gesek kampas dan cakram, beserta luas kontaknya, memengaruhi kecepatan kendaraan berhenti. Pada penelitian ini, sistem rem berhasil menghentikan kendaraan dengan waktu pengereman yang masih wajar dan aman.

Dari data percepatan negatif (a) dan waktu pengereman (t), terlihat bahwa semakin besar kecepatan, waktu yang dibutuhkan untuk berhenti semakin lama. Contohnya, pada kecepatan 20 km/jam waktu pengereman hanya 0,864 s, sedangkan pada 60 km/jam mencapai 1,392 s. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun percepatan negatif meningkat, gaya gesek memiliki batas kemampuan untuk menghambat laju kendaraan.

Proses konversi energi ini secara fisika menggambarkan bahwa energi mekanik total kendaraan tetap kekal, tetapi berpindah bentuk menjadi energi panas yang dilepaskan ke lingkungan. Penerapan hukum kekekalan energi dapat dilihat dari kesetaraan antara energi kinetik kendaraan sebelum pengereman dengan energi panas yang dihasilkan. Rumus dasar yang berlaku:

$$\boldsymbol{E_k = Q + E_{hitung}} \qquad \textbf{(9)}$$

Dari hasil perhitungan, nilai Q (energi panas) sebanding dengan $E_k \times \eta$, yang menunjukkan bahwa sebagian besar energi kinetik memang berubah menjadi panas sesuai teori. Hal ini menegaskan bahwa sistem pengereman bekerja sesuai prinsip Hukum Kekekalan Energi Mekanik.

Sementara itu, konsep kalor juga relevan untuk menjelaskan kenaikan suhu pada cakram. Menurut (I. K. Mahardika et al., 2023), kalor merupakan energi yang berpindah akibat perbedaan suhu dan dapat menyebabkan peningkatan suhu benda. Dalam konteks ini, kalor yang dihasilkan dari gesekan kampas dan cakram menaikkan suhu cakram rem sesuai

nilai ΔT yang diukur pada eksperimen. hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis terhadap keamanan sistem rem dan kebutuhan perawatan. Berdasarkan data kenaikan suhu cakram dan nilai efisiensi yang stabil, rem yang aman dan efisien dapat diartikan sebagai sistem rem yang mampu menjaga performanya dalam kondisi panas yang meningkat. Rem dikatakan aman apabila mampu mempertahankan efisiensi konversi energi sehingga kendaraan dapat berhenti dalam jarak dan waktu yang terkendali tanpa terjadi penurunan fungsi akibat peningkatan suhu. Rem efisien juga berarti rem mampu melepas panas secara cepat sehingga tidak terjadi overheating yang dapat memicu kehilangan daya pengereman.

Penelitian ini juga menegaskan pentingnya melakukan perawatan berkala pada kendaraan. Panas yang terus-menerus dihasilkan selama pengereman dapat menyebabkan kampas rem lebih cepat aus, menghambat gerakan piston, menurunkan kualitas minyak rem, dan pada akhirnya melemahkan gaya gesek yang diperlukan untuk menghentikan kendaraan secara optimal. Oleh karena itu, tindakan sederhana seperti memeriksa ketebalan kampas, membersihkan cakram, memastikan piston berfungsi dengan baik, serta mengganti minyak rem secara rutin sangat diperlukan agar performa rem tetap stabil dan tidak menurun akibat akumulasi panas. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini memberikan gambaran jelas bahwa sistem rem yang aman dan efisien adalah sistem yang mampu mempertahankan kinerjanya meskipun terjadi peningkatan suhu, sekaligus ditunjang oleh perawatan rutin untuk mencegah kerusakan atau penurunan fungsi.

Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung teori bahwa pengereman merupakan penerapan langsung dari Hukum Kekekalan Energi pada sistem rem sepeda motor. Dalam proses ini, energi gerak kendaraan berubah menjadi energi panas, tanpa adanya kehilangan energi secara keseluruhan. Prinsip kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, melainkan hanya dapat berubah bentuk. Istilah "perubahan energi" merujuk pada konversi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya, sehingga total energi dalam suatu sistem tertutup tetap sama (Wibowo et al., 2024). Faktor-faktor seperti kecepatan awal, tekanan pengereman, dan sifat termal bahan kampas rem sangat menentukan efisiensi sistem rem dalam mengubah energi gerak menjadi energi panas.

SIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hukum Kekekalan Energi berlaku pada proses pengereman sepeda motor. Energi kinetik kendaraan tidak hilang, melainkan berubah bentuk menjadi energi panas akibat gesekan antara kampas rem dan cakram selama pengereman berlangsung.
2. Besarnya energi kinetik yang dikonversi menjadi energi panas meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan awal kendaraan. Pada kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam terjadi peningkatan suhu cakram masing-masing sebesar 8,2°C, 13,3°C, dan 23,1°C, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan, semakin besar energi panas yang dihasilkan dari proses pengereman.
3. Perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa sekitar 80% energi kinetik kendaraan berhasil dikonversi menjadi energi panas. Nilai ini menandakan bahwa sistem rem bekerja secara cukup efisien dan stabil pada variasi kecepatan yang diuji, dengan kinerja yang dipengaruhi oleh kecepatan awal, tekanan pengereman, serta karakteristik material kampas dan cakram rem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nurhamidah, S.Sd., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan pengampu mata kuliah Seminar Fisika yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Laboratorium Fisika Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang yang telah menyediakan fasilitas dan sarana penelitian, serta kepada rekan-rekan mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang turut membantu dalam pelaksanaan eksperimen dan pengumpulan data. Dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak tersebut sangat berperan penting dalam terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M . (2016). *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB.

Banuaji, M. R. (2021). Perencanaan Ulang Rem Cakram Roda Depan Pada Motor Honda Scoopy ESP FI 110cc Tahun 2017. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, *6*(1), 1. https://doi.org/10.33021/jmem.v6i1.1466

Baruddin, L. O. M. A., & Hadi, P. (2020). Analisis Pengaruh Kecepatan Terhadap Jarak Dan Waktu Pengereman Pada Mobil Hybrid Urban Kmhe 2018. *Jurnal Teknik Mesin*, *9*(3), 195. https://doi.org/10.22441/jtm.v9i3.4998

Dzikrullah, A. A., Qomaruddin., & Masruki, K. (2017). Analisa Gesekan Pengereman Hidrolis (Rem Cakram) dan Tromol pada Kendaraam Roda Empat dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Prosiding SNATIF Ke-4*, *4*(February), 667–678.

Hafizh, N. N., Yunus, M., & Wisnaningsih. (2022). Pengaruh Gaya Rem Cakram (Disc Brake), Ketebalan, Cakram, Minyak Rem pada Sepeda Motor Honda Beat Pop 2015, 110 CC. *Jurnal Tekayasa Teknologi Dan Sains*, *6*(2), 83–87.

Kurniawan & Arie, S. (2025). Studi Awal Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Berbasis Limbah Pertanian dan Serbuk Besi sebagai Material Kampas Rem Cakram. *MEKANISAI: Jurnal Teknik Mesin Pertanian. 03*(01), 13–21.

Mabruroh, F., Ade, D. P., Suhadi., & Herma, W. (2022). Penerapan Konsep Usaha dan Energi Dalam Persfektif Sains dan Al-Qur'an. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, *3*(2), 61. https://doi.org/10.31851/jupiter.v3i2.7570

Mahardika, D., & Hartono, M. (2022). Pengaruh Jarak Pengereman Dan Kondisi Jalan Terhadap Suhu Kampas Rem Pada Sepeda Motor 150 Cc. *Journal Of Mechanical Engineering*, *1*(1), 1–8. http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/j-meeg

Mahardika, I. K., Ernasari, E., Mardiawan, A. P., Fitriyah, F., & Rahayu, R. D. (2023). Anatomi Suhu Dan Kalor Dalam Teori Koefisien Muai Pada Logam : Fisika Dasar 1. *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, *1*(4), 796–801. https://jurnal.intekom.id/index.php/njms

Nurlina & Riskawati. (2017). *Fisika Dasar 1*. LPP Unismuh Makassar.

Pangestu, A. W., & Sutantra, I. N. (2021). Studi Analisis Kinerja Sistem Rem Regeneratif pada Sepeda Motor Hybrid dengan Konfigurasi Seri. *Jurnal Teknik ITS*, *9*(2), 193–198. https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.55457

Prasetiyo, A. B., Sekarjati, K. A., & Putra, I. R. (2025). Steady State Thermal dan Struktur Analysis Disc Brake Motor Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA). *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology (JEMMTEC), Volume 04*, 23–29https://journal.atim.ac.id/index.php/jemmtec/article/download/977/536/3633

Pranoto, E., Hidayat, A. M., Humami, F., & Hakim, M. I. N. (2020). Komparasi Effisiensi Pengereman Pengujian Rem Statis (Static Brake Test) Dan Pengujian Rem Jalan

(Road Brake Test). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan. 7*(1), 19–25.
Ridwan, R., Riyantono, A., & Irawan, R. (2023). Pengaruh Massa dan Kecepatan Kendaraan Terhadap Suhu Pada Rem Drum. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, *21*(2), 337–345. https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i2.4600
Satria, A., Wanda, A., Waskito., & Delima, Y. S. (2025). Studi Eksperimen Dampak Thermal Pengereman Pada Sistem. *Jurnal Pendidikan Tambusai 3193*, *9*(Studi Eksperimen Dampak Thermal Pengereman Pada Sistem Rem Cakram), 3193–3201. https://jptam.org/index.php/jptam/article/download/25422/17479/43555
Setiazi, T., & Tauviqirrahman, Mohammad, M. (2021). Numerical investigation of thermo-mechanical properties for disc brake using light commercial vehicle. *Materials Today: Proceedings*, *46*(4), 7548–7555. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.437
Sopiyan, Darwin Rio, M. R. I. (2023). Efek Penggunaan Double Dan Single Piston Caliper Terhadap Waktu Dan Jarak Tempuh Pada Pengereman Sepeda Motor 125 CC The Effect of Double and Single Piston Caliper on Time and Distance of 125 cc. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, *8*(1), 18–27.
Sinaga, E., Ahmad, W., Eko, R., Khusnul, K., & Yanuar, D. H. (2023). *Buku Referensi "Kegagalan Sistem Pengereman"*. PTDI PRESS. https://books.google.co.id/books?id=E6jEEAAAQBAJ
Wibowo, R., Zulatama, A., Assagaf, I. P. A., Choifin, M., Wiranto, I., Setiawan, D., Triyono, B., Syaiful, M., Kamal, M., Jaya, A. S., & Ambarwati, S. (2024). *Energi Terbarukan.*GET PRESS INDONESIA.
Wijaya, A. K., Nugroho, D., & Nugroho, A. A. (2022). Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. *TRANSISTOR: Jurnal Elektro Dan Informatika*, *4*(1), 43–48.
Yudhanto, F., Dhewanto, S. A., & Yakti, S. W. (2019). Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, *1*(1), 19–27. https://doi.org/10.18196/jqt.010104.