



Rancang Bangun dan Analisis Sistem Pengereman pada Mobil Listrik Prototipe UNPAM

Tatang Suryana ¹, Achmad Maulana Soehada Sebayang ²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : ¹ dosen00912@unpam.ac.id, ² dosen01547@unpam.ac.id

Masuk: 12 Maret 2025

Direvisi: 29 Maret 2025

Disetujui: 15 April 2025

Abstract: The braking system in a vehicle functions to decelerate and stop the vehicle safely. Therefore, the effectiveness of the braking system is a critical factor for the driver in ensuring safety while driving. Based on the analysis results, a braking force of 2.24 kN was obtained, with an average braking time of 3.78 seconds at a distance of 50 meters. At a travel distance of 100 meters, the average braking distance was 8.33 meters with an average time of 5.88 seconds. From the calculations, the ideal braking distance was found to be 8.02 meters with a braking time of 11.1 seconds and an average deceleration of 0.87 m/s². The pressing force on the brake pad was recorded at 70 kg or 689 Newton, and the friction force was 23.14 kg or 227 Newton under static loading. For the rear wheel rotation, results showed 159 RPM at a speed of 15 km/h, 265 RPM at 25 km/h, and 371 RPM at 35 km/h. These results indicate that the greater the pedal force applied, the shorter the braking time achieved. Furthermore, the higher the wheel speed, the longer the braking time required to achieve optimal effectiveness. Vehicle speed and load significantly influence the braking system, where higher speeds and heavier loads demand greater braking effort to safely and effectively stop the vehicle.

Keywords: Electric Vehicle, Braking System, Speed, Effectiveness.

Abstrak: Fungsi dari sistem rem pada kendaraan adalah untuk memperlambat serta menghentikan kendaraan secara aman. Oleh karena itu, kemampuan sistem pengereman menjadi aspek yang sangat penting bagi pengemudi dalam menjamin keselamatan saat berkendara. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh gaya pengereman sebesar 2,24 kN dengan waktu pengereman rata-rata 3,78 detik pada jarak 50 meter. Sedangkan pada jarak tempuh 100 meter, rata-rata jarak pengereman adalah 8,33 meter dengan waktu rata-rata 5,88 detik. Dari hasil perhitungan, diperoleh jarak pengereman ideal sebesar 8,02 meter dengan waktu pengereman 11,1 detik dan perlambatan putaran rata-rata sebesar 0,87 m/s². Gaya tekan pada kampas rem tercatat sebesar 70 kg atau 689 Newton, dan gaya gesek sebesar 23,14 kg atau 227 Newton pada pembebatan statis. Untuk putaran roda belakang, diperoleh hasil sebesar 159 RPM pada kecepatan 15 km/jam, 265 RPM pada kecepatan 25 km/jam, dan 371 RPM pada kecepatan 35 km/jam. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar gaya injakan pedal, maka waktu pengereman menjadi semakin singkat. Selain itu, semakin tinggi kecepatan roda, maka dibutuhkan waktu pengereman yang lebih lama untuk mencapai efektivitas optimal. Kecepatan dan beban kendaraan sangat berpengaruh terhadap sistem pengereman, di mana semakin tinggi kecepatan dan berat kendaraan, maka semakin besar upaya yang dibutuhkan untuk menghentikan laju kendaraan secara efektif dan aman.

Kata kunci: Mobil Listrik, Sistem Pengereman, Kecepatan, Efektivitas.

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memberikan dampak besar terhadap pengembangan berbagai produk, termasuk kendaraan bermotor. Industri kendaraan turut mengalami perkembangan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi, yang menjadi salah satu faktor pendukung penting dalam pertumbuhan ekonomi setiap negara [1]. Namun demikian, aspek keselamatan dalam berkendara sering kali diabaikan, mulai dari pelanggaran terhadap peraturan lalu lintas hingga kurangnya perhatian terhadap pemeliharaan dan perawatan kendaraan itu sendiri [2].

Rem merupakan salah satu komponen paling vital pada kendaraan. Jika sistem rem mengalami gangguan, hal ini dapat meningkatkan risiko kecelakaan secara signifikan. Salah satu penyebab utamanya adalah kinerja rem yang tidak optimal atau kurang efektif, terutama saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi. Saat ini, sistem pengereman pada kendaraan umumnya menggunakan rem cakram dan rem tromol, baik sebagai sistem utama maupun sebagai sistem pendukung [3]. Kehadiran kedua jenis rem ini berperan penting dalam meningkatkan keselamatan berkendara serta membantu mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kegagalan sistem rem (rem blong) [4]. Fungsi utama dari sistem rem adalah untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan secara aman. Oleh karena itu, kualitas dan kinerja sistem rem menjadi aspek yang sangat krusial bagi pengemudi, karena secara langsung memengaruhi keselamatan selama berkendara [5]. Dengan demikian, sistem rem yang baik harus mampu bekerja secara aman dan efisien, sehingga memberikan perlindungan optimal bagi pengemudi maupun penumpang [6].

Akurasi pengereman sangat dipengaruhi oleh besarnya gaya injakan pada pedal rem. Selain itu, jarak pengereman juga harus diperhitungkan dengan tepat dan tidak dilakukan secara mendadak untuk menghindari kerusakan pada komponen rem [7]. Pengereman yang dilakukan secara tiba-tiba, terutama pada kecepatan tinggi, dapat menyebabkan rem gagal berfungsi atau blong. Oleh karena itu, sistem pengereman yang masih menggunakan rem tromol dinilai kurang mampu menahan laju kendaraan secara efektif. Demi meningkatkan keamanan dan kenyamanan, sangat disarankan agar kendaraan menggunakan rem cakram (*disc brake*) [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodifikasi dan merancang bangun kendaraan roda dua (sepeda motor) menjadi kendaraan mobil listrik beroda empat. Dari berbagai komponen yang akan dipasang pada mobil listrik tersebut, sistem rem merupakan salah satu komponen utama yang wajib dikaji dan dianalisis [7]. Kesalahan dalam pemilihan maupun pemasangan sistem rem dapat menimbulkan risiko kecelakaan yang fatal, bahkan berujung pada hilangnya nyawa. Oleh karena itu, perancangan sistem pengereman menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

METODOLOGI

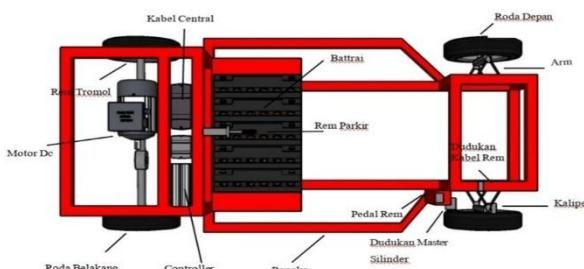
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder melalui kegiatan inspeksi lapangan, perakitan dan pengujian alat uji, serta pengumpulan data dari desain *engineering* dan analisis visual terhadap komponen rem hingga diperoleh data konkret dari hasil pengujian. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan, baik dalam desain maupun pada prototipe produk. Proses ini diawali dengan tahap persiapan dan observasi di lapangan, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi terhadap permasalahan yang ada. Setelah itu, dilakukan pencarian data melalui studi literatur yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mempersiapkan komponen-komponen untuk proses perancangan sistem pengereman.

Tahapan berikutnya adalah melakukan analisis terhadap hasil pengujian yang menghasilkan berbagai data pendukung. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan setelah proses perancangan sistem pengereman selesai. Sistem pengereman pada mobil listrik diuji dalam berbagai variasi jarak dan kecepatan untuk mengetahui performa dan efektivitasnya. Komponen rem yang telah dirancang kemudian diuji keandalannya, baik dari segi keamanan maupun kenyamanan saat digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan Analisis Gaya Pengereman

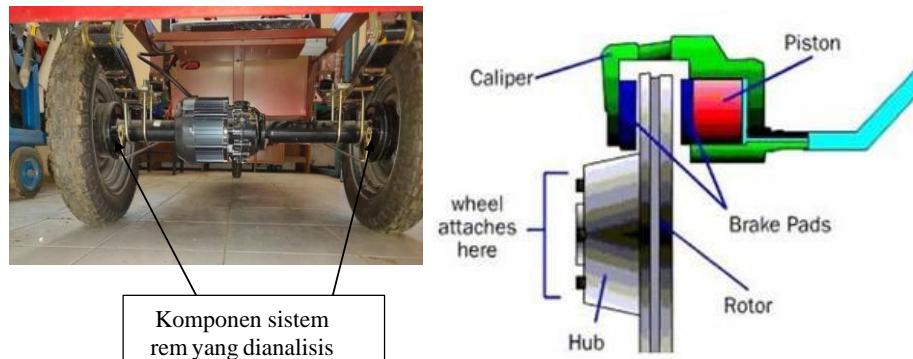
Gambar dan sketsa/desain mobil listrik prototipe UNPAM beserta komponen rem hasil rancang bangun dapat dilihat pada Gambar 1 hingga Gambar 4.



Gambar 1. Sketsa Mobil Listrik Prototipe UNPAM



Gambar 2. Mobil Listrik Hasil Modifikasi Beserta Komponennya



Gambar 3. Komponen Rem Hasil Modifikasi



Gambar 4. Pengujian Kecepatan Putaran Roda Menggunakan Alat Ukur Tachometer

1. Gaya Pengereman

Data:

- Berat kendaraan, $m = 261 \text{ kg}$
- Berat maksimal muatan, $m_{maks} = 400 \text{ kg}$
- Kecepatan maksimal kendaraan, $v = 35 \text{ km/jam}$
- Jarak pengereman yang ditetapkan, $s = 5,5 \text{ m}$

Konversi kecepatan ke m/s:

$$V = \frac{35 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{35000}{3600} = 9,72 \text{ m/s}$$

Menghitung gaya pengereman menggunakan rumus:

$$F = \frac{m \times V^2}{2s}$$

$$F = \frac{261 \times (9,72)^2}{2 \times 5,5} = \frac{261 \times 94,48}{11} = \frac{24659,28}{11}$$

$$F = 2241,75 \text{ N} \approx 2,24 \text{ kN}$$

Dengan demikian, diperoleh gaya pengereman sebesar **2,24 kN** pada kondisi maksimum kecepatan kendaraan.

2. Perhitungan Putaran Roda (RPM)

Perhitungan nilai putaran per menit (*RPM*) pada roda belakang kendaraan listrik "Bilis KTM-G1.0" yang menggunakan sistem penggerak roda belakang dilakukan sebagai bagian dari analisis kinerja kendaraan saat beroperasi. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui seberapa cepat roda belakang berputar pada kondisi kecepatan tertentu. Data yang dikumpulkan difokuskan pada tiga kecepatan kendaraan, yaitu 15 km/jam, 25 km/jam, dan 35 km/jam. Informasi ini penting untuk memahami hubungan antara kecepatan kendaraan dan putaran roda belakang, serta dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem penggerak yang lebih efisien.

Diketahui:

- Diameter roda: 50 cm = 0,5 m
- Konstanta π (phi): 3,14

Rumus perhitungan putaran roda:

$$n = \frac{V \times 1000 \times 60}{\pi \times d \times 3600}$$

- a. Putaran roda pada kecepatan 15 km/jam:

$$n = \frac{15 \times 1000 \times 60}{3,14 \times 0,5 \times 3600} = 159,23 \text{ RPM}$$

- b. Putaran roda pada kecepatan 25 km/jam:

$$n = \frac{25 \times 1000 \times 60}{3,14 \times 0,5 \times 3600} = 265,39 \text{ RPM}$$

- c. Putaran roda pada kecepatan 35 km/jam:

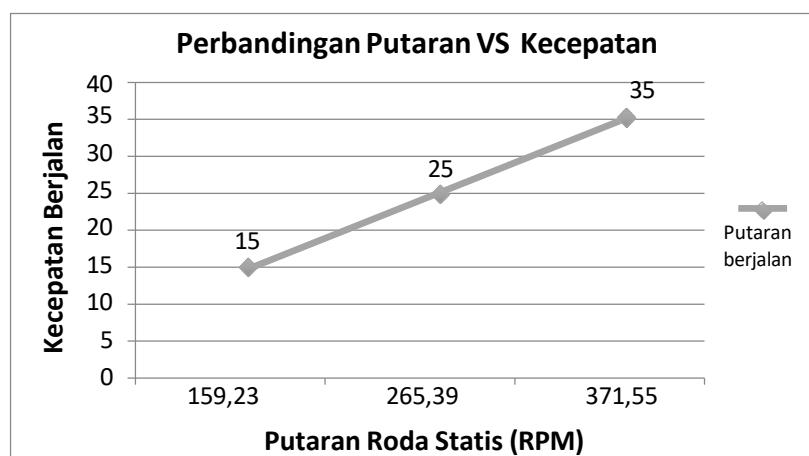
$$n = \frac{35 \times 1000 \times 60}{3,14 \times 0,5 \times 3600} = 371,55 \text{ RPM}$$

Hasil putaran roda pada berbagai tingkat kecepatan adalah sebagai berikut:

- Pada kecepatan **15 km/jam**, roda berputar sebesar **159,23 RPM**
- Pada kecepatan **25 km/jam**, roda berputar sebesar **265,39 RPM**
- Pada kecepatan **35 km/jam**, roda berputar sebesar **371,55 RPM**

Tabel 1. Hasil Perhitungan Putaran Roda Belakang (*RPM*)

Pengujian	Putaran Roda (<i>RPM</i>)	Kecepatan (Km/h)
1	159,23	15 = 4,16 m/s
2	265,39	25 = 6,94 m/s
3	371,55	35 = 9,72 m/s



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hasil Pengujian Putaran Roda Belakang

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil uji perbandingan kecepatan putaran roda terhadap jarak tempuh kendaraan dalam keadaan statis. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran roda (371,55 RPM), maka semakin jauh jarak yang dapat ditempuh oleh kendaraan uji prototipe, yaitu pada kecepatan 35 km/jam.

3. Jarak Pengereman

Pengujian sistem pengereman dilakukan pada dua skenario jarak, yaitu 50 meter dan 100 meter, dengan masing-masing pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Dari hasil analisis terhadap sistem pengereman kendaraan listrik Bilis KTM-G1.0, diperoleh data jarak pengereman pada setiap percobaan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak dan Waktu Pengereman 50 dan 100 Meter

Jarak (m)	Pengujian	Jarak Pengereman Melewati Garis (m)	Waktu (s)
50	1	5,6	3,82
	2	5,4	3,79
	3	5,5	3,78
	4	5,5	3,74
Rata-rata		5,5	3,78
100	1	8,6	5,92
	2	8,3	5,89
	3	8,1	5,84
	4	8,3	5,88
Rata-rata		8,33	5,88

Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 50 meter dan 100 meter, masing-masing dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Pada pengujian dengan jarak 50 meter, diperoleh jarak pengereman sebesar 5,6 meter, 5,5 meter, dan 5,5 meter. Sementara itu, untuk pengujian pada jarak 100 meter, jarak pengereman yang dihasilkan adalah 8,6 meter, 8,3 meter, dan 8,1 meter. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa performa pengereman lebih baik pada jarak 50 meter dibandingkan dengan jarak 100 meter. Hal ini disebabkan oleh semakin panjang jarak tempuh dan semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka beban yang harus ditahan oleh sistem pengereman juga akan semakin besar. Dengan mempertimbangkan beban kendaraan serta jenis sistem pengereman yang digunakan, maka dilakukan perhitungan teoritis jarak pengereman sebagai berikut:

Keterangan:

- S = Jarak pengereman (m)
- V = Kecepatan kendaraan = 9,72 m/s
- e = Koefisien gesekan = 0,6 (dalam rentang 0,5 – 0,8)
- g = Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

Rumus:

$$S = \frac{V^2}{2 \times e \times g}$$

$$S = \frac{(9,72)^2}{2 \times 0,6 \times 9,81}$$

$$S = \frac{94,47}{11,77} = 8,02 \text{ m}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jarak pengereman teoritis dengan tekanan pedal konstan dan menggunakan sistem rem cakram adalah sebesar **8,02 meter**.

4. Menentukan Waktu Pengereman

Untuk menentukan waktu pengereman, digunakan pendekatan berdasarkan gaya rem (*braking force*) dan perubahan kecepatan terhadap waktu. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

Rumus:

1. Gaya normal (gaya total kendaraan)

$$F_n = m \times a$$

2. Gaya rem berdasarkan perubahan momentum

$$F_b = \frac{F_n \cdot (V_1 - V_2)}{t_2 - t_1}$$

Keterangan:

- F_n = Gaya normal kendaraan (N)
- F_b = Gaya pengereman (N)
- m = Massa kendaraan = 261 kg
- a = Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²
- V_1 = Kecepatan awal = 9,72 m/s
- V_2 = Kecepatan akhir = 0 m/s (berhenti)
- t_1 = Waktu sebelum pengereman
- t_2 = Waktu setelah pengereman

Langkah Perhitungan:

1. Hitung gaya normal:

$$F_n = 261 \times 9,81 = 2560,41 N$$

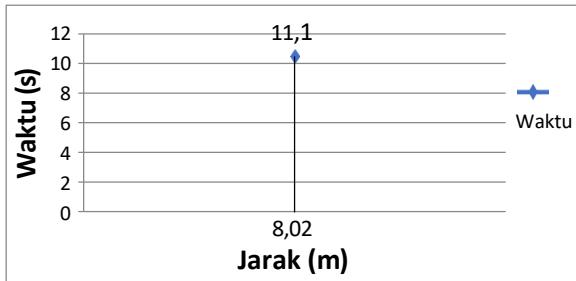
2. Substitusikan ke dalam rumus gaya rem:

$$2241 = \frac{2560,41 \times (9,72 - 0)}{t_2 - t_1}$$

$$2241 = \frac{24883,18}{t}$$

$$t = \frac{24883,18}{2241} = 11,1 \text{ detik}$$

Dengan demikian, waktu pengereman yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan dari kecepatan 9,72 m/s (setara dengan 35 km/jam) dengan gaya rem 2241 N adalah **11,1 detik**.



Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Jarak terhadap Waktu Pengereman

Gambar 6 di atas menunjukkan grafik hasil pengujian dan perhitungan hubungan antara jarak dan waktu pengereman. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa kendaraan membutuhkan waktu **11,1 detik** untuk berhenti sepenuhnya dengan jarak tempuh **8,02 meter**, sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan.

5. Menghitung Perlambatan Pengereman (a)

Diketahui:

- Kecepatan awal kendaraan, $V_0 = 9,72 \text{ m/s}$
- Kecepatan akhir kendaraan, $V_t = 0 \text{ m/s}$
- Waktu pengereman, $t = 11,1 \text{ detik}$

Menggunakan rumus:

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$0 = 9,72 - a \cdot 11,1 \Rightarrow a = \frac{9,72}{11,1} = 0,87 \text{ m/s}^2$$

Jadi, nilai perlambatan pengereman adalah **0,87 m/s²**.

6. Perbandingan Pedal Rem

Dari hasil pengukuran:

- Jarak tumpuan ke ujung pedal (a): 10,5 cm
- Jarak dari titik tekan ke tumpuan (b): 1,5 cm

Maka, perbandingan pedal rem:

$$K = \frac{a}{b} = \frac{10,5}{1,5} = 7$$

Dengan gaya tekan yang diberikan sebesar 10 kg, maka gaya yang keluar dari pedal rem:

$$F_k = 10 \times 7 = 70 \text{ kgf}$$

7. Tekanan Hidraulik pada Master Silinder (P_e)

Diketahui diameter silinder: 1,27 cm

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot (1,27)^2 = 1,26 \text{ cm}^2$$

$$P_e = \frac{F_k}{A} = \frac{70}{1,26} = 55,55 \text{ kgf/cm}^2$$

8. Gaya Menekan Kampas Rem (F_p)

$$F_p = P_e \cdot A = 55,55 \cdot 1,26 = 70,3 \text{ kgf} = 689 \text{ N}$$

9. Gaya Gesek Pengereman (F_μ)

Diketahui: $m = 261 \text{ kg}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $a = 0,81 \text{ m/s}^2$

$$F_\mu = \frac{m \cdot a}{g} = \frac{261 \cdot 0,87}{9,81} = 23,14 \text{ kgf} = 227 \text{ N}$$

Pembahasan

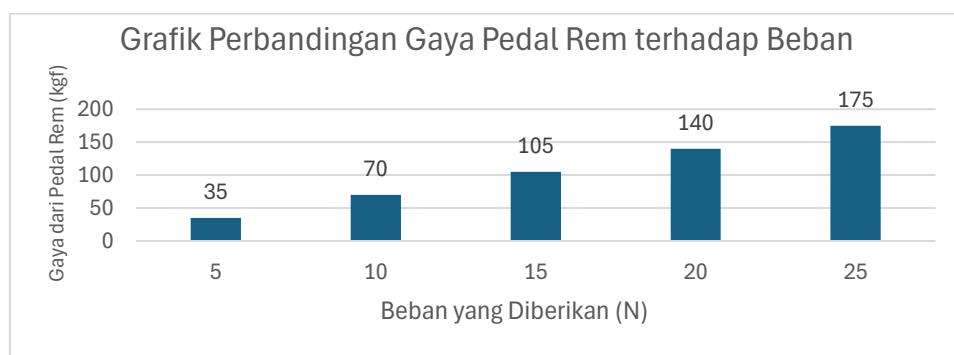
Berdasarkan hasil pengolahan data dari seluruh pengujian, diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Keseluruhan

No.	Beban (kgf)	Gaya dari Pedal Rem Fk (kgf)	Tekanan Hidraulik Pe (kgf/cm ²)	Gaya Tekan Kampas Rem Fp (kgf)	Gaya Gesek Kampas Rem (kgf)
1	5	35	27,55	34,88	17,44
2	10	70	55,55	70,3	23,14
3	15	105	82,65	104,64	52,32
4	20	140	110,2	139,52	69,76
5	25	175	137,75	174,4	87,2

Tabel 4. Beban Terhadap Gaya dari Pedal Rem

No.	Beban (kgf)	Gaya dari Pedal Rem (kgf)
1	5	35
2	10	70
3	15	105
4	20	140
5	25	175

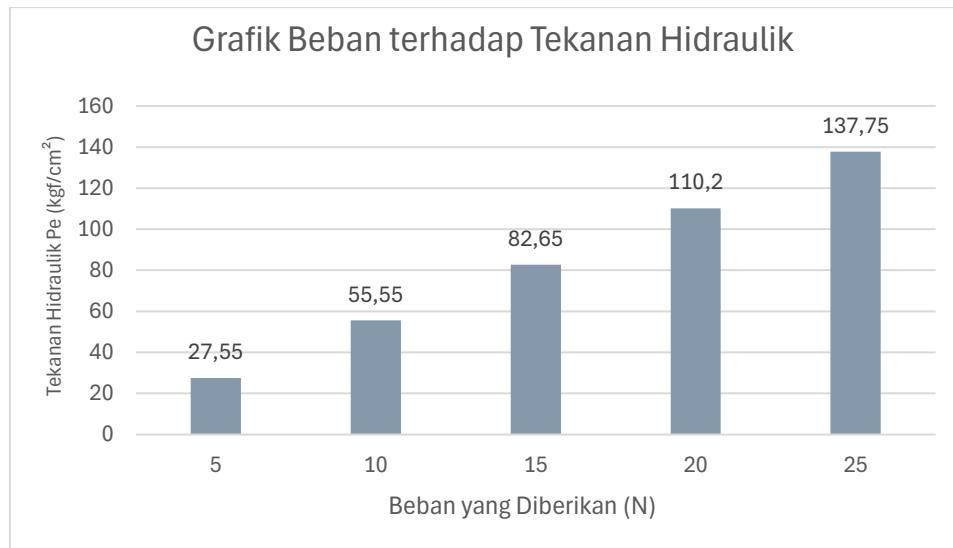


Gambar 7. Grafik Perbandingan Gaya Pedal Rem terhadap Beban

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan, maka gaya tekan pedal rem juga semakin besar. Sebagai contoh, pada beban 25 kgf dihasilkan gaya pengereman sebesar 175 kgf.

Tabel 5. Beban Terhadap Tekanan Hidraulik

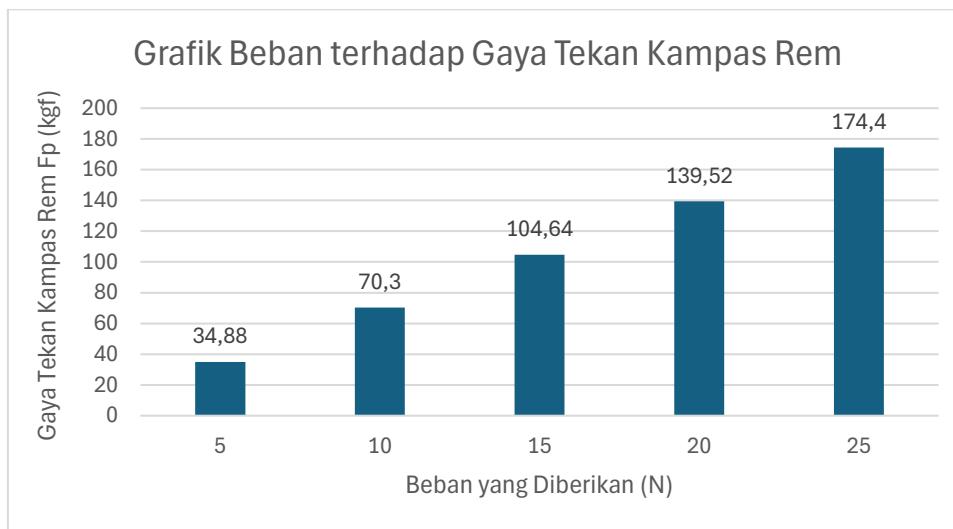
No.	Beban (kgf)	Tekanan Hidraulik Pe (kgf/cm ²)
1	5	27,55
2	10	55,55
3	15	82,65
4	20	110,2
5	25	137,75

**Gambar 8.** Grafik Beban terhadap Tekanan Hidraulik

Gambar 8 menggambarkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada pedal rem, maka tekanan hidraulik yang dihasilkan juga semakin besar. Pada beban 5 kgf, tekanan hidraulik mencapai $27,55 \text{ kgf/cm}^2$, sedangkan pada beban 25 kgf mencapai $137,75 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabel 6. Beban terhadap Gaya Tekan Kampas Rem

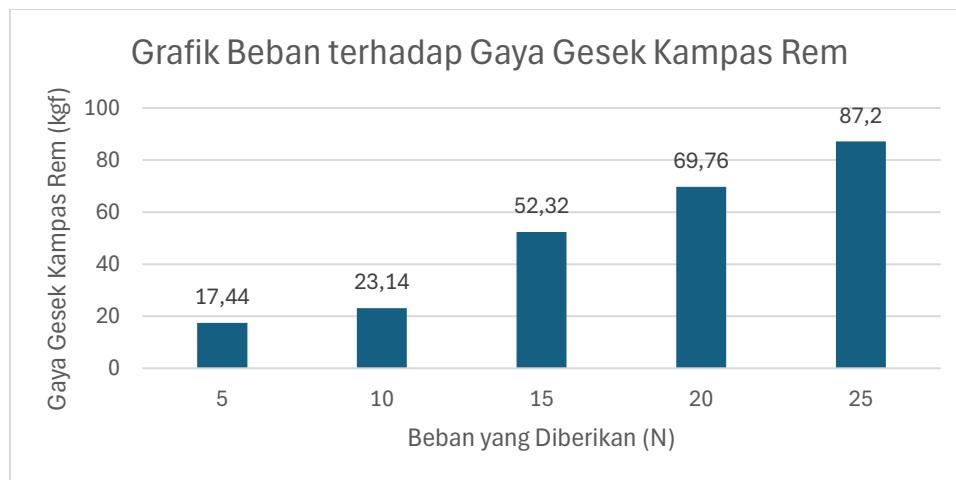
No.	Beban (kgf)	Gaya Tekan Kampas Rem F _p (kgf)
1	5	34,88
2	10	70,3
3	15	104,64
4	20	139,52
5	25	174,4

**Gambar 9.** Grafik Beban terhadap Gaya Tekan Kampas Rem

Gambar 9 menunjukkan bahwa gaya tekan kampas rem meningkat secara proporsional terhadap besarnya beban yang diberikan. Pada beban 5 kgf, gaya tekan sebesar 34,88 kgf, sedangkan pada beban 25 kgf meningkat menjadi 174,40 kgf.

Tabel 7. Beban terhadap Gaya Tekan Kampas Rem

No.	Beban (kgf)	Gaya Gesek Kampas Rem (kgf)
1	5	17,44
2	10	23,14
3	15	52,32
4	20	69,76
5	25	87,2



Gambar 10. Grafik Beban terhadap Gaya Tekan Kampas Rem

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, dapat dilihat bahwa semakin besar beban atau gaya yang diberikan pada pedal rem, maka gaya gesek yang dihasilkan oleh kampas rem juga semakin besar. Hal ini tentu akan berdampak terhadap usia pakai kampas rem. Misalnya, pada beban 5 kgf, gaya gesek sebesar 17,44 kgf, sedangkan pada beban 25 kgf, gaya geseknya meningkat hingga 87,20 kgf.

KESIMPULAN

Hasil pengujian diperoleh dari perhitungan sistem rem cakram pada kendaraan listrik prototipe, yang mencakup pengujian dalam kondisi dinamis dengan variasi pembebanan. Data yang dianalisis meliputi berat kosong kendaraan sebesar 261 kg, beban maksimum muatan 400 kg, serta pengujian dilakukan pada kecepatan 15 km/jam, 25 km/jam, dan kecepatan maksimum 35 km/jam, dengan jarak pengereman ditetapkan sejauh 5,5 meter.

1. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh gaya pengereman sebesar 2,24 kN, dengan waktu pengereman rata-rata sebesar 3,78 detik pada jarak 50 meter. Sedangkan pada jarak tempuh 100 meter, rata-rata jarak pengereman adalah 8,33 meter, dengan waktu pengereman rata-rata sebesar 5,88 detik.
2. Berdasarkan hasil perhitungan teoritis, jarak pengereman ideal adalah 8,02 meter dengan waktu pengereman sebesar 11,1 detik. Perlambatan putaran roda tercatat sebesar $0,87 \text{ m/s}^2$, gaya tekan pada kampas rem sebesar 70 kg atau 689 Newton, dan gaya gesek sebesar 23,14 kg atau 227 Newton pada pembebanan statis. Adapun putaran roda belakang tercatat sebesar 159 RPM pada kecepatan 15 km/jam, 265 RPM pada 25 km/jam, dan 371 RPM pada 35 km/jam.

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar gaya injakan pedal rem, maka waktu pengereman akan semakin singkat. Namun, semakin tinggi kecepatan kendaraan, waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan juga akan semakin lama. Dengan demikian, kecepatan dan berat kendaraan sangat memengaruhi performa sistem pengereman, sehingga perlu perancangan sistem rem yang efisien, responsif, dan sesuai dengan spesifikasi kendaraan untuk menjamin keselamatan dalam berkendara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Sutantra and B. Sampurno, *Teknologi Otomotif*. Surabaya: Guna Widya, 2010.
- [2] F. Kurniawan, *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri: Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance & Reliability Centered Maintenance (RCM)*, Ed.1, Cet.1. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [3] N. Shiza and A. Kumar Singh, “A Study on control strategies utilized for performance enhancement of antilock braking system,” *Mater. Today Proc.*, vol. 80, pp. 128–133, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.287>.
- [4] S. W. S. Nugraha, “Pengaruh Sistem Rem Cakram Ganda Hasil Modifikasi dan Variasi Kecepatan terhadap Efisiensi Pengereman pada Sepeda Motor,” Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2011. [Online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/21018/Pengaruh-Sistem-Rem-Cakram-Ganda-Hasil-Modifikasi-dan-Variasi-Kecepatan-terhadap-Efisiensi-Pengereman-pada-Sepeda-Motor>
- [5] S. Amri and Y. Setiawan, *Dasar-Dasar Otomotif*. Jakarta: PT. Prestasi Pustakarya, 2011.
- [6] A. H. D. Prasetyo and A. Ansori, “Rancang Bangun Sistem Rem Tromol Hidrolis sebagai Media Pembelajaran Praktik Chassis,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 1, no. 01, pp. 85–88, May 2013, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/2424>
- [7] Daryanto, *Reparasi dan Over Haul Kelistrikan Mesin Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara, 2021.
- [8] K. M. Jossy, “Brake and Dynamometer,” *SSAS Inst. Technol.*, 2011.