

## ANALISIS GAYA Pengereman YANG DIBUTUHKAN PADA MOBIL LISTRIK FAKULTAS TEKNIK UNRAM DENGAN VARIASI KECEPATAN DAN BEBAN KENDARAAN

### ANALYSIS OF THE REQUIRED BRAKING FORCE IN ELECTRIC CARS FACULTY OF ENGINEERING UNRAM WITH VARIATION OF VEHICLE SPEED AND LOAD

I Made Mara\*, I Dewa Ketut Okariawan, Saprul Azis

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

\*Corresponding author

E-mail addresses: Made.mara@unram.ac.id

#### ABSTRACT

According to the Director of Road Traffic at the Ministry of Land Transportation, nearly three cases of accidents occur every hour in Indonesia. The percentage of accident volume is quite large, above 50-70 percent and 30 percent of accidents occur due to the lack of performance of the brake system. Accidents also often occur due to the speed of the vehicle so that the braking distance is not enough and a lack of understanding of the braking characteristics of the vehicle being driven. The purpose of this research is to analyze the distance, time, and braking force needed for an electric car that moves to a stop with variations in vehicle speed and load and to find out whether the brake system used is still relevant or not. This research was conducted using an experimental method in which the electric car of the Unram Faculty of Engineering was run by varying the speed and load of the vehicle to obtain braking time and distance and to analyze the data obtained. The value of the shortest braking distance is braking at a speed of 20 km/h with a vehicle load of 950 kg, which is 4.39 meters. The longest braking distance is 14.78 meters when braking at a speed of 40 km/h with a vehicle load of 1050 kg. The fastest braking time is when braking at a speed of 20 km/h with a vehicle load of 950 kg, which is 1.97 seconds. The longest braking time is braking at a speed of 40 km/h with a vehicle load of 1050 kg, which is 2.76 seconds. The smallest braking force value is braking at a speed of 20 km/hour with a vehicle load of 1050 kg which is 2098.36 N. The largest braking force value is braking at a speed of 40 km/hour with a vehicle load of 950 kg which is 4132.65 N.

**Keywords:** Braking, braking distance, braking force.

#### 1. Pendahuluan

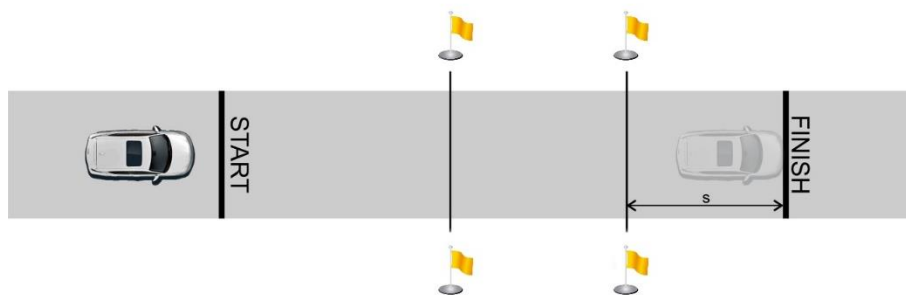
Berdasarkan Direktur Lalu Lintas Jalan Kementerian Perhubungan Darat, hampir tiga kasus kecelakaan terjadi setiap jam di Indonesia. Persentase volume kecelakaan cukup besar di atas 50-70 persen. Dimana angka kematian 25 ribu selama setahun [1]. Kecelakaan di jalan raya terjadi karena kesalahan manusia atau human error. Selain itu factor lain yang menyebabkan kecelakaan adalah kurangnya kesadaran masyarakat Indonesia dalam melakukan perawatan padam sistem keamanan kendaraan, 30 persen dari kecelakaan terjadi diakibatkan oleh kurangnya performa sistem rem. Kecelakaan juga sering terjadi di karenakan terlalu cepatnya laju kendaraan sehingga jarak pengeraman tidak cukup dan kurang memahami karakteristik pengereman pada kendaraan yang dikendarai [2].

Hal lain yang menjadi latar belakang yaitu bahwa Mobil Listrik Fakultas Teknik Unram memiliki masa mobil, pusat gravitasi, dan distribusi beban yang berbeda dari mobil konvensional atau dari mobil listrik lainnya. Mobil Listrik Fakultas Teknik Unram merupakan hasil modifikasi dari mobil dengan bahan bakar bensin menjadi mobil dengan tenaga listrik. Pada mobil dengan bahan bakar bensin terdapat *booster* rem yang memanfaatkan kevakuman mesin, sehingga ketika mesin diganti untuk mendapatkan ini dibutuhkan *vacum booster* untuk membantu meningkatkan gaya pengereman. Sehingga perlu dianalisis apakah konfigurasi sistem pengereman yang digunakan saat ini efektif dengan perubahan-perubahan yang sudah dilakukan pada mobil ini.

Penelitian ini melakukan analisis sistem pengereman pada mobil listrik Fakultas Teknik Unram, dimana sistem pengereman ini salah satu komponen penting dalam pembuatan mobil listrik Fakultas Teknik Unram dan sistem ini sangat menunjang dari segi keamanan dan sisi keselamatan pengendara dan menjadi salah satu syarat mutlak untuk pembuatan sebuah kendaraan.

## 2. Bahan dan Metode

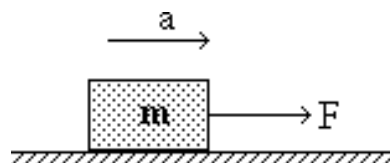
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yakni metode yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel yang lain. Dalam penelitian ini akan menganalisis gaya pengereman yang dibutuhkan pada Mobil Listrik Fakultas Teknik Unram dengan variasi kecepatan dan beban kendaraan. Adapun skema pengambilan data dapat diperhatikan pada gambar berikut.



Gambar 1 Skema pengambilan data.

Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini yakni mempersiapkan *trek* lintasan untuk melakukan pengujian. Pada pengujian pengereman, dibutuhkan lintasan lurus agar lebih mudah dalam melakukan pengereman. Berdasarkan gambar 3.2, mobil berada di posisi start akan melaju dan melalui kone pembatas pertama untuk memastikan kecepatan kendaraan sudah mencapai kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam dan 40 km/jam kemudian dipertahankan sampai pembatas kedua lalu melakukan pengereman. Setelah itu melakukan pencatatan berapa jarak dan waktu pengereman yang di dapatkan

Ada beberapa persamaan yang digunakan untuk mengolah data hasil percobaan yakni sebagai berikut. Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dan searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa benda. [3]



Gambar 2 Cara kerja hukum newton II

$$F = m \cdot a \tag{1}$$

Gaya hambat (*drag force*) didefinisikan sebagai gaya aerodinamis pada aliran udara saat melaju atau bergerak berlawanan arah dengan gerak kendaraan. Nilai hambatan aerodinamika dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, model bodi kendaraan, luas daerah penampang depan (*frontal area*), kecepatan gerak dan kerapatan medium yang dilewatinya. *Frontal pressure* terjadi akibat tekanan udara di bagian luas penampang bodi kendaraan yang melalui kerapatan udara Berikut adalah perhitungan besarnya gaya *drag* [4]

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_d \cdot A_f \quad (2)$$

dimana:

$F_D$  = Gaya *drag* (N)

$v$  = Kecepatan kendaraan (m/s)

$C_d$  = Koefisien *drag*

$A_f$  = Luas *frontal area* (m<sup>2</sup>)

*Rolling Resistance* (RR) atau kalau bahasa Indonesia disebut tahanan guling adalah gaya yang menahan laju berputar sebuah benda akibat dari gaya yang terserap pada permukaan jalannya. Berikut adalah perhitungan besarnya *rolling resistance* [3]

$$F_g = \mu \cdot W \quad (3)$$

dimana:

$F_g$  = *Rolling resistance* (N)

$\mu$  = *coefficient of rolling resistance* roda

$W$  = Berat kendaraan (N)

*Braking Force* pada roda dihitung berdasarkan gaya terbesar yang diterima roda, yaitu pada roda depan. Untuk tiap roda depan, maka gaya pengereman ( $F_{front}$ ) tersebut dibagi 2 sama kiri dan kanan [3]

$$F_{roda} = \frac{F_{front}}{2} \quad (4)$$

Roda dan *disk brake* terpasang pada satu poros, sehingga torsi pada roda sebanding dengan torsi pada *disk brake* atau piringan cakram, maka gaya yang bekerja pada *disk brake* untuk menghentikan mobil adalah [3]

$$\begin{aligned} \tau_{roda} &= \tau_{disk} \\ F_{roda} \times r_{roda} &= F_{disk} \times r_{disk} \end{aligned} \quad (5)$$

Gaya tekan pada kampas rem ( $F_k$ ) adalah [3]

$$F_{disk} = F_k \times \mu_k \quad (6)$$

Tekanan hidrolik pada *brake line* ( $P_{brake line}$ ) adalah [3]

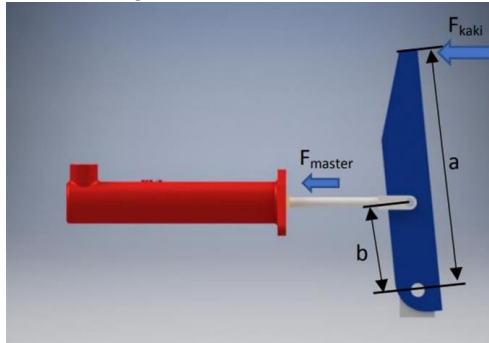
$$\begin{aligned} P_{Brake Line} &= \frac{F_K}{A_{piston kaliper}} \\ P_{Brake Line} &= \frac{F_K}{\frac{1}{4}\pi \times D_{kaliper}^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Tekanan cairan rem pada kaliper, *brake hose*, dan master silinder sama, tekanan tersebut berasal dari gaya yang diaplikasikan pada master silinder, maka gaya pada master silinder adalah [3]

$$F_{master} = P_{Brake line} \times A_{piston master silinder}$$

$$F_{master} = P_{Brake\ line} \times \frac{1}{4} \pi \times D_{master\ silinder}^2 \quad (8)$$

Gaya dorong yang bekerja pada master silinder berasal dari gaya dorong kaki *driver*, besar gaya tersebut bergantung pada besarnya gaya tekan kaki dan perbandingan panjang pedal sebagai pengungkit. Maka gaya kaki yang diaplikasikan adalah sebagai berikut [3]



Gambar 3 Perbandingan panjang pedal

$$F_{master} = F_{kaki} \times \frac{a}{b} \quad (9)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

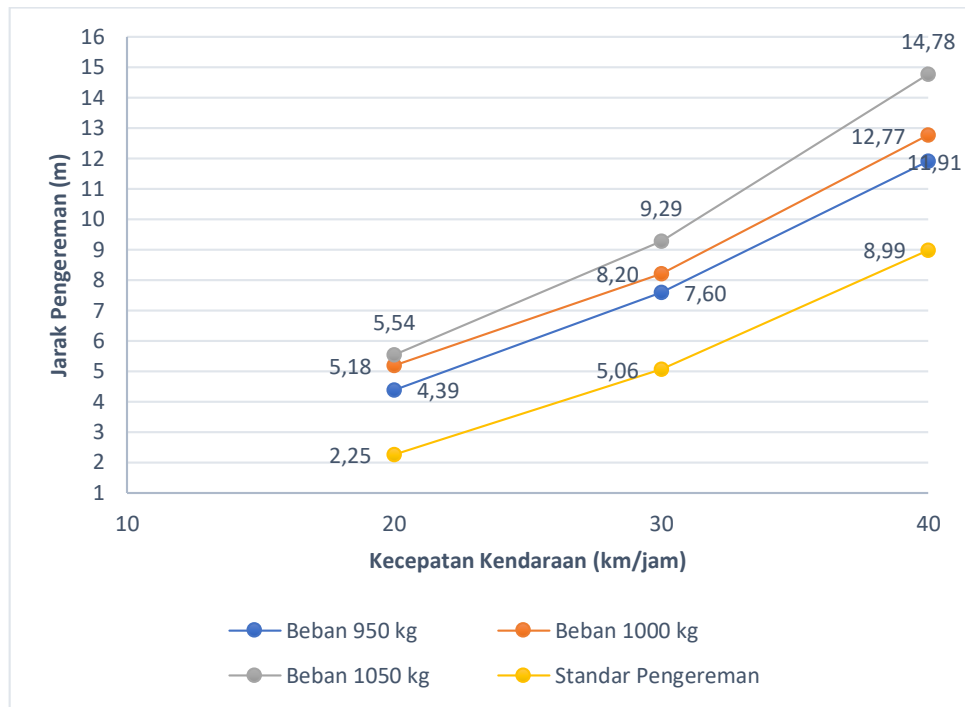
Adapun hasil pengambilan data jarak dan waktu pengereman yang didapatkan dari hasil pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil pengambilan data jarak pengereman dengan nilai rata rata percobaan

$m/v$	20 km/jam	30 km/jam	40 km/jam
950 kg	4,39 meter	7,60 meter	11,91 meter
1000 kg	5,18 meter	8,20 meter	12,77 meter
1050 kg	5,54 meter	9,29 meter	14,78 meter

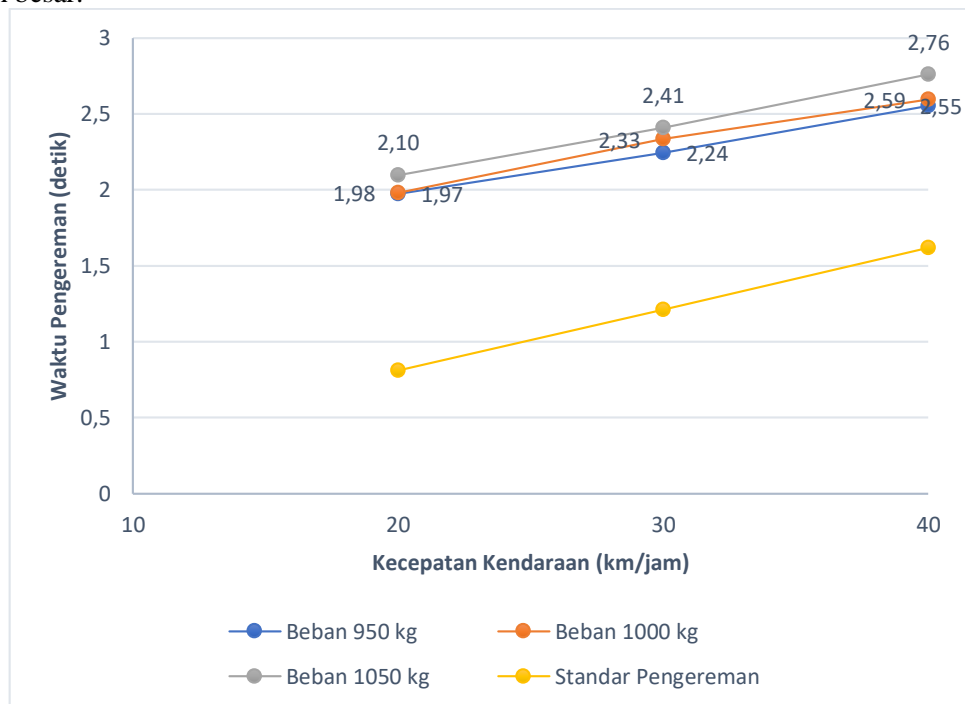
Tabel 2 Hasil pengambilan data waktu pengereman dengan nilai rata rata percobaan

$m/v$	20 km/jam	30 km/jam	40 km/jam
950 kg	1,97 detik	2,24 detik	2,55 detik
1000 kg	1,98 detik	2,33 detik	2,59 detik
1050 kg	2,10 detik	2,41 detik	2,76 detik



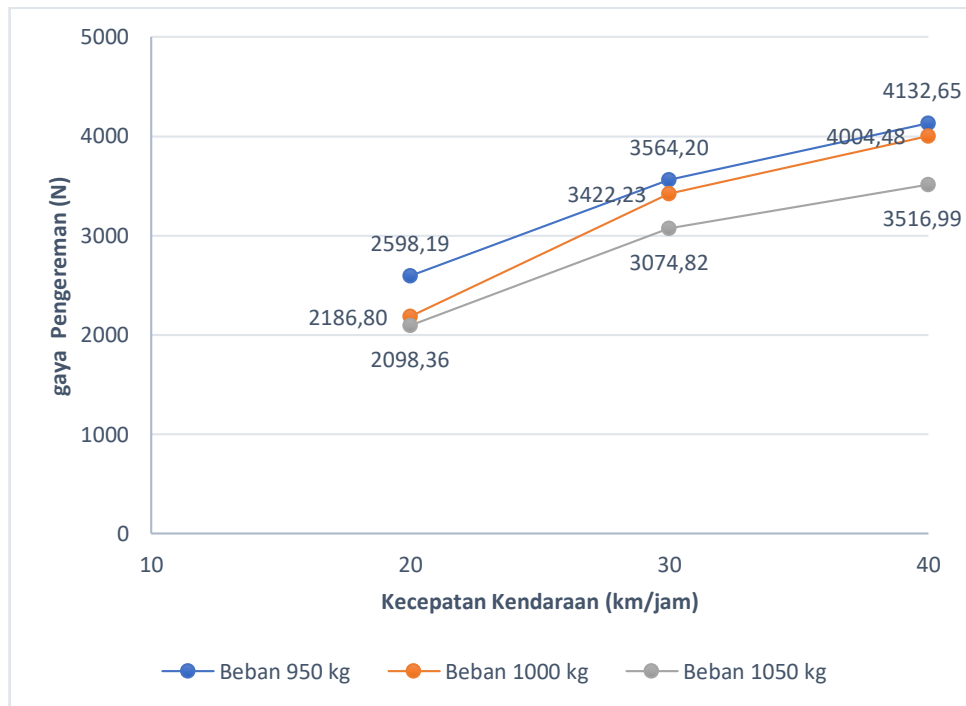
Gambar 4 Grafik hubungan antara kecepatan dan jarak pengereman

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kecepatan dan beban kendaraan mempengaruhi jarak pengereman yang dibutuhkan oleh mobil sampai berhenti. Semakin tinggi kecepatan maka jarak pengereman akan semakin panjang, hal ini dikarenakan dengan besar tekanan rem yang sama maka semakin tinggi kecepatan pasti jarak pengereman akan lebih jauh daripada kecepatan yang lebih lambat. Kemudian semakin tinggi beban kendaraan maka jarak pengereman akan semakin panjang, hal ini dikarenakan saat terjadi pengereman kendaraan yang lebih berat akan memberikan gaya tarik ke depan yang lebih besar.



Gambar 5 Grafik hubungan antara kecepatan dan waktu pengereman

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kecepatan dan beban kendaraan mempengaruhi waktu pengereman yang dibutuhkan oleh mobil sampai berhenti. Semakin tinggi kecepatan maka waktu pengereman akan semakin lama, hal ini dikarenakan dengan besar tekanan rem yang sama maka semakin tinggi kecepatan pasti waktu pengereman akan lebih lama daripada kecepatan yang lebih lambat. Kemudian semakin tinggi beban kendaraan maka waktu pengereman akan semakin panjang, hal ini dikarenakan saat terjadi pengereman kendaraan yang lebih berat akan memberikan gaya tarik ke depan yang lebih besar.



Gambar 6 Grafik hubungan antara kecepatan dan gaya pengereman

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kecepatan dan beban kendaraan mempengaruhi jarak pengereman yang dibutuhkan oleh mobil sampai berhenti. Semakin tinggi kecepatan maka gaya pengereman akan semakin besar, hal ini dikarenakan gaya pengereman dipengaruhi oleh percepatan pengereman, yang dimana semakin tinggi kecepatan maka percepatan pengeremannya semakin tinggi, sehingga gaya pengereman tinggi. Kemudian semakin tinggi beban kendaraan maka gaya pengereman, semakin kecil, hal ini dikarenakan, gaya pengereman dipengaruhi oleh *rolling resistance* (tahanan guling) yang terjadi pada mobil. *Rolling resistance* bertambah seiring bertambahnya beban, oleh sebab itu gaya pengeremannya kecil. Selain itu, ketika mobil melaju dengan beban yang berat, jarak pengeremannya semakin panjang yang menyebabkan percepatannya semakin kecil, sehingga gaya pengeremannya semakin kecil.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:  
Semakin tinggi kecepatan dan semakin besar beban kendaraan, maka jarak pengereman akan semakin panjang. Nilai jarak pengereman terpendek yaitu pada pengereman dengan kecepatan 20 km/jam dengan beban kendaraan 950 kg yaitu sebesar 4,39 meter. Nilai jarak pengereman terpanjang yaitu pada pengereman dengan kecepatan 40 km/jam dengan beban kendaraan 1050 kg yaitu sebesar 14,78 meter. Semakin tinggi kecepatan dan semakin besar beban kendaraan, maka waktu pengereman akan semakin lama. Nilai waktu pengereman tercepat yaitu pada pengereman dengan kecepatan 20 km/jam dengan beban kendaraan 950 kg yaitu sebesar 1,97 detik. Nilai waktu pengereman terlama yaitu pada pengereman dengan kecepatan 40 km/jam dengan beban kendaraan 1050 kg yaitu sebesar 2,76 detik.

Semakin tinggi kecepatan, maka gaya pengereman yang didapat akan semakin besar, dan semakin besar beban kendaraan, maka gaya pengereman yang didapat kecil. Nilai gaya pengereman terkecil yaitu pada pengereman dengan kecepatan 20 km/jam dengan beban kendaraan 1050 kg yaitu sebesar 2098,36 N. Nilai gaya pengereman terbesar yaitu pada pengereman dengan kecepatan 40 km/jam dengan beban kendaraan 950 kg yaitu sebesar 4132,65 N.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada bapak dosen pembimbing dan seluruh TIM mobil listrik Universitas Mataram yang telah membantu memberikan bimbingan dan dukungan selama proses pengujian dan pengambilan data.

### Daftar Pustaka

- [1] Andriansyah, D., dan Sutantra, I. N. (2016). Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan *Stabilizer* terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4), *JURNAL TEKNIK ITS 21(5)*, 103 – 108.
- [2] Asraf, A. dan Kurniawan, B. (2021). Fisika Dasar untuk Sains dan Teknik: Jilid 1 Mekanika. Jakarta: Bumi Aksara.
- [3] Arifin, H. A. (2017). Perhitungan Ulang Sistem Pengereman Mobil Nogogeni 3 Evo untuk Shell Eco Marathon Asia 2017. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh November.
- [4] Wirawan, M., Yudhyadi, I., dan Aswari, Y., (2016). Analisis Aerodinamika Mobil Listrik “Mandalika Ev” Menggunakan Software Autodesk Computational Fluid Dynamic (Cfd) 2016.