



## Pengukuran Gaya pada Pembebanan Statik *Chassis* Mobil Listrik *Prototype* Menggunakan Sensor *Strain Gauge*

### *Measurement of Force on Static Loading Chassis Electric Car Prototype Using Strain Gauge Sensor*

Santoso Mulyadi<sup>1</sup>, Muh. Nurkoyim Kustanto<sup>1,a)</sup>, Cahya Alief Prasetyo<sup>1</sup>, Gaguk Jatisukanto<sup>1</sup>, Rika Dwi Hidayatul Qoryah<sup>1</sup>, Yuni Hermawan<sup>1</sup>, Mahros Darsin<sup>1</sup>, Agus Triono<sup>1</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>a)</sup>Corresponding author: kustanto1969@gmail.com,

#### Abstrak

Kendaraan merupakan alat transportasi yang berfungsi sebagai sarana yang digunakan untuk berpindah lokasi. Bagian penting dari suatu konstruksi kendaraan adalah *chassis*. *Chassis* memiliki fungsi sebagai penopang komponen pada suatu kendaraan. Salah satu hal yang dapat diteliti dari *chassis* yaitu gaya yang terjadi pada *chassis*. Guna mengetahui gaya yang terjadi pada *chassis*, dilakukan penelitian mengenai gaya yang terjadi pada *chassis* akibat pembebanan statik yang terjadi. Penelitian yang dilakukan menggunakan enam *strain gauge* yang dipasang pada tiga titik, pada masing-masing titik dipasang pada sumbu x dan sumbu y guna mencari gaya yang terjadi pada *chassis*. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diperoleh nilai gaya terbesar terjadi pada titik dua yaitu masing-masing 289,54 N pada sumbu x dan 178,09 N pada sumbu y dengan beban *driver* 45 kg dan 323,17 N pada sumbu x dan 246,64 N pada sumbu y dengan beban *driver* 56 kg.

**Kata Kunci:** gaya; *chassis*; *strain gauge*

#### Abstract

Vehicle is a means of transportation that functions as a means used to move locations. An important part of a vehicle's construction is the chassis. Chassis functions as a support for all components in a vehicle. One of the things that can be studied from chassis is the force that occurs in the chassis. In order to determine the force that occurs on the chassis, a study was conducted on the force that occurs on the chassis due to the static loading that occurs. The study was conducted using six strains gauge installed at three different points, at each point attached to the x-axis and y-axis in order to find the force acting on the chassis. Based on the results of the study, it can be obtained that the largest force value occurs at the second point, namely 289.54 N on the x-axis and 178.09 N on the y-axis with a driver 45 kg and 323.17 N on the x-axis and 246.64 N. on the y-axis with a driver 56 kg.

**Keywords:** force; chassis; strain gauge

#### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang terjadi di Indonesia memiliki pengaruh terhadap naiknya jumlah kendaraan bermotor pada tiap tahun. Menurut BPS (Badan Pusat Statistik), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 146.858.759 unit pada tahun 2018 [1]. Rencana Aksi Nasional yang digagas Pemerintah Indonesia bertujuan untuk menurunkan angka emisi gas rumah kaca sebesar 26% [2].

Mobil listrik merupakan alat transportasi yang menggunakan listrik sebagai tenaga yang digunakan

sebagai penggerak mobil [3]. Komponen penting pada alat transportasi adalah rangka. Rangka (*chassis*) merupakan konstruksi yang berguna sebagai penopang sistem penggerak, *body*, sistem suspensi, sistem kemudi, dan sistem kelistrikan sehingga kendaraan dapat bekerja dengan baik. Rangka (*chassis*) juga berguna untuk menjaga mobil agar tidak mengalami deformasi pada saat dikendarai [4-6].

*Load cell* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur beban. *Load cell* tersusun dari *strain gauge*, dan jembatan *wheatstone*. Sistem operasi penguat sinyal

yang digunakan untuk menghubungkan *loadcell* dengan *display* adalah *amplifier*. *Amplifier* merupakan aplikasi komputasi pada alat-alat modern yang digunakan untuk memproses elemen analog data [7-10]. Pembebanan statik yang terdapat pada *chassis* dapat diukur menggunakan sensor *strain gauge*. Sensor *strain gauge* merupakan bagian daripada *load cell*. Sensor *strain gauge* digunakan untuk mengukur besarnya perubahan dimensi yang terjadi pada suatu bidang. Perubahan dimensi ini diakibatkan oleh suatu gaya yang bekerja pada bidang [11-13].

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran terkait gaya pembebanan statik pada *chassis* mobil listrik *prototype* menggunakan variabel titik pemasangan sensor dan beban *driver* dengan masing-masing *driver* yaitu 45 kg dan 56 kg.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Magga, (2011) menguji tegangan yang terjadi pada batang aluminium menggunakan *strain gauge* pada dua titik dan masing-masing titiknya dipasang pada dua sumbu, yaitu sumbu x arah vertikal dan sumbu y arah horizontal.

Hukum newton diperkenalkan oleh seorang ilmuwan yang berasal dari Inggris yaitu Sir Isaac Newton (1643-1727 M). Hukum newton yang dikemukakannya berbunyi “*The acceleration of an object as produced by a net force is directly proportional to the magnitude of the net force, in the same direction as the net force, and inversely proportional to the mass of the object*” [14].

Percepatan suatu benda akan berbanding lurus dengan besarnya gaya total yang bekerja pada penampang suatu benda dan akan berbanding terbalik dengan massanya [15]. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitungnya adalah:

$$F = m \times a \quad (1)$$

Keterangan.

F = gaya (N)

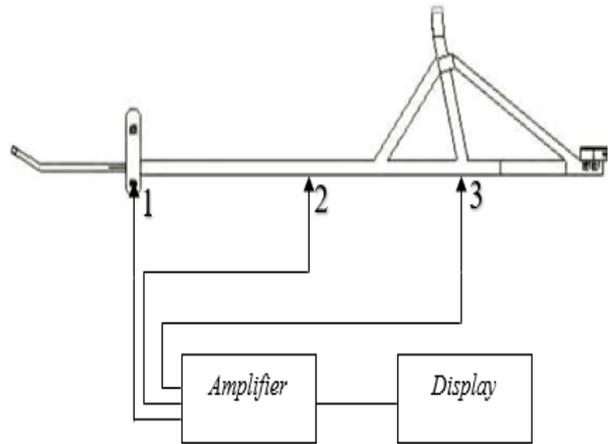
m = massa benda (kg)

a = percepatan gravitasi (10 m/s<sup>2</sup>)

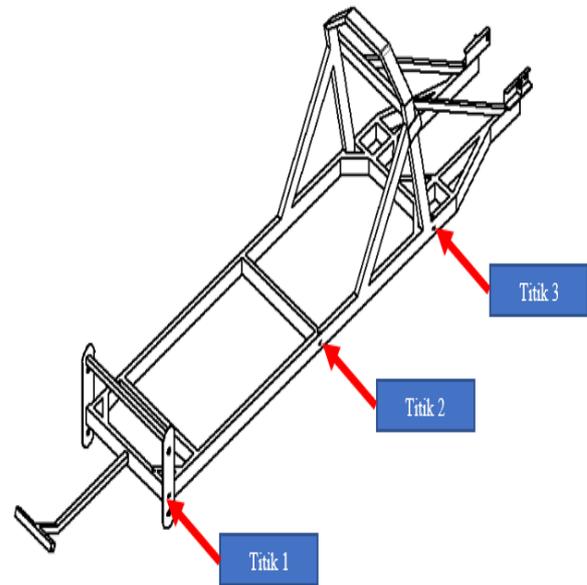
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Objek penelitian yang diteliti adalah *chassis* mobil listrik *prototype*, menggunakan tiga sensor *strain gauge* untuk sumbu x dan tiga sensor *strain gauge* untuk sumbu y. Beban pada penelitian ini adalah dua *driver* yang berbeda dengan beban masing-masing 45 kg dan 56 kg pada tiap-tiap *driver*. Skema uji dapat dilihat pada [Gambar 1](#), dan proses-proses pemasangan sensor dapat dilihat pada [Gambar 2](#), untuk posisi pemasangan sensor pada titik satu dapat dilihat pada [Gambar 3](#), pemasangan sensor pada titik dua pada [Gambar 4](#), dan pemasangan sensor ketiga

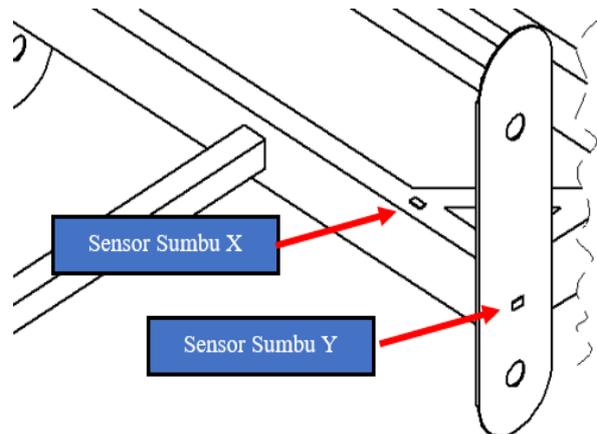
pada [Gambar 5](#), untuk lebih jelasnya percobaan dapat dilihat pada gambar berikut:



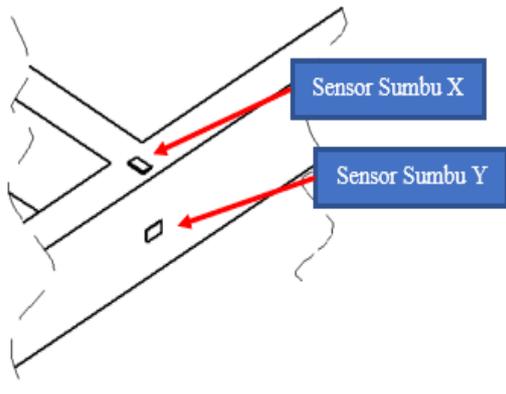
**Gambar 1.** Skema alat uji



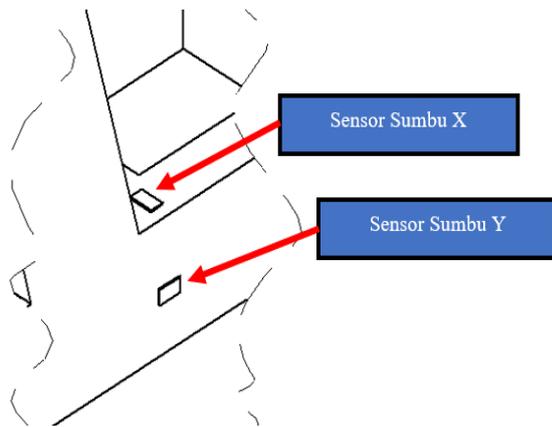
**Gambar 2.** Titik pemasangan sensor



**Gambar 3.** Pemasangan sensor pada titik satu



**Gambar 4.** Pemasangan sensor pada titik dua



**Gambar 5.** Pemasangan sensor pada titik tiga

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Proses verifikasi *strain gauge* dilakukan untuk mengonversi data *output* dari pengukuran. Data *output* dari pengukuran yang dilakukan adalah satuan tegangan (V) yang kemudian akan dikonversi menjadi satuan beban (kg) dan kemudian dikalikan dengan persamaan gaya ( $10 \text{ m/s}^2$ ) untuk menghasilkan satuan gaya (N). Proses verifikasi dilakukan menggunakan sepuluh bata ringan yang masing-masing bebannya 1 kg dengan posisi yang sesuai dengan *driver*, untuk lebih jelasnya pada **Gambar 6.** berikut.



**Gambar 6.** Proses verifikasi sensor *strain gauge*

**Tabel 1.** Hasil verifikasi sensor *strain gauge*

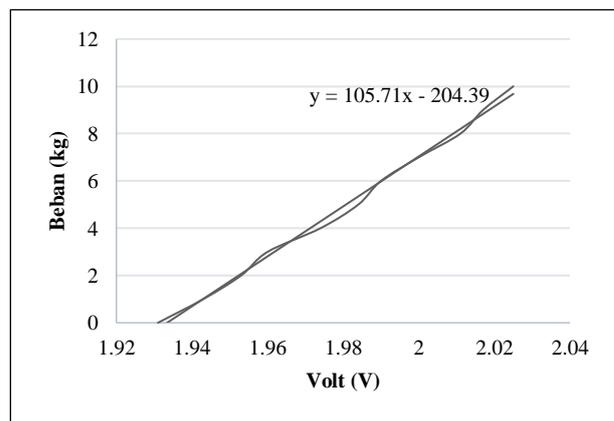
No.	Beban (kg)	V1 (Volt)	V2 (Volt)	V3 (Volt)	V4 (Volt)	Rata-rata (Volt)
1	0	1,931	1,931	1,932	1,932	1,931
2	1	1,943	1,943	1,944	1,944	1,943
3	2	1,953	1,954	1,953	1,954	1,953
4	3	1,96	1,96	1,961	1,961	1,960
5	4	1,974	1,975	1,974	1,975	1,974
6	5	1,984	1,985	1,984	1,985	1,984
7	6	1,99	1,991	1,99	1,991	1,990
8	7	2	2,001	2	2,001	2,000
9	8	2,011	2,011	2,012	2,012	2,011
10	9	2,017	2,018	2,017	2,018	2,017
11	10	2,025	2,026	2,025	2,026	2,025

Pengukuran data verifikasi dilakukan sebanyak sebelas kali variasi beban dengan pengulangan sebanyak empat kali. Hasil data verifikasi *strain gauge* terdapat pada **Tabel 1.**

Berdasarkan hasil data verifikasi maka dapat digunakan untuk mendapatkan persamaan linieritas. Persamaan linieritas digunakan mengetahui hubungan dari beban dan tegangan yang terjadi sensor *strain gauge*. Berikut adalah persamaan dan **Gambar 7.** grafik linieritas berikut:

$$y = 105,71x - 204,39 \text{ (kg)}$$

$$R^2 = 0,995$$



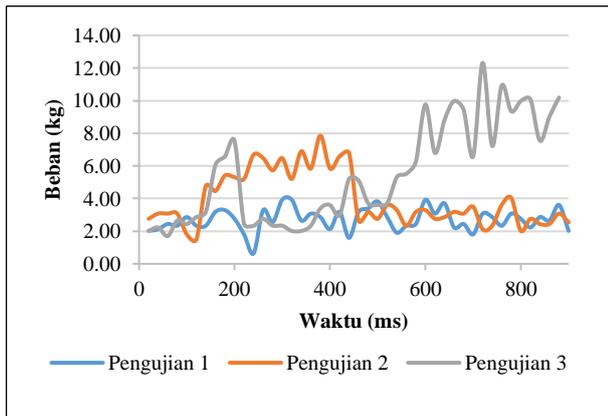
**Gambar 7.** Linieritas data sensor *strain gauge*

Berdasarkan persamaan linieritas maka didapatkan besaran gaya. Data yang dihasilkan dari pengukuran berupa satuan volt (V) dapat dikonversi menjadi satuan beban (kg) dan dikali dengan percepatan gravitasi yaitu  $10 \text{ m/s}^2$  untuk menjadi satuan gaya (N).

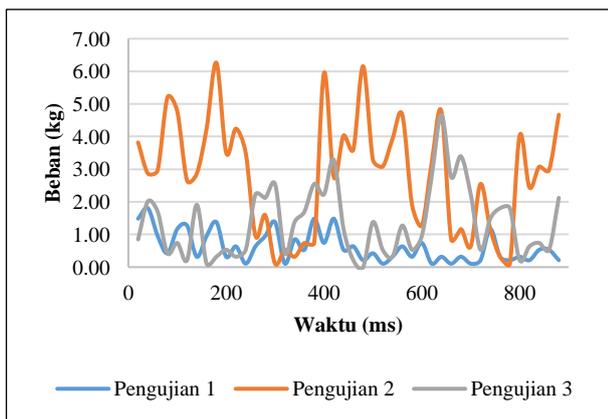
Hasil pengujian pada titik satu dengan beban *driver* 45 kg dapat dilihat pada **Gambar 8.** dan **Gambar 9.** Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

$$\begin{aligned}\bar{X}m_x &= 4,0422 \text{ kg} \\ F_x &= 4,0422 \text{ kg} \times 10^m/s^2 \\ F_x &= 40,42 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 1,414 \text{ kg} \\ F_y &= 1,414 \times 10^m/s^2 \\ F_y &= 14,14 \text{ N}\end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik satu dengan beban *driver* 45 kg memiliki nilai yang kecil, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang di atas tumpuan roda.

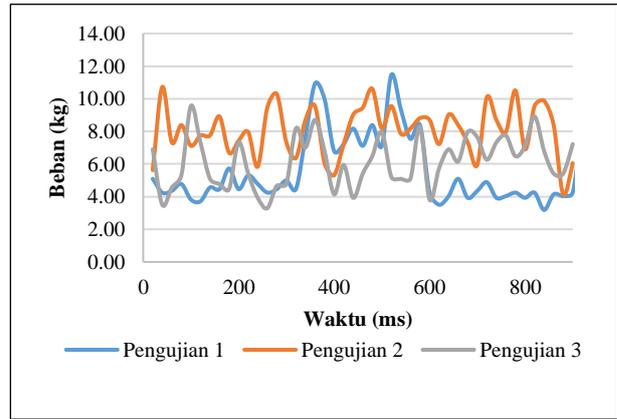


**Gambar 8.** Pengujian titik satu dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu x

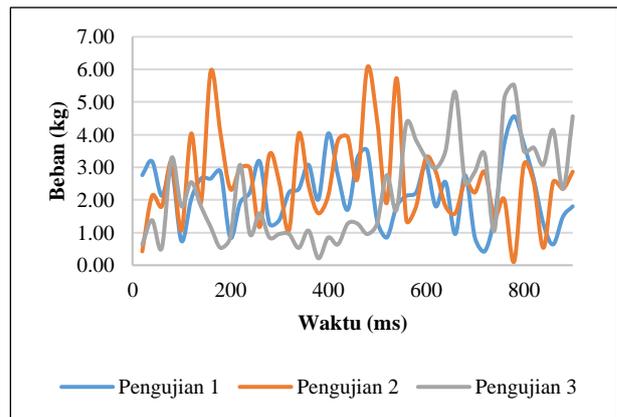


**Gambar 9.** Pengujian titik satu dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu y

Hasil pengujian pada titik satu dengan beban *driver* 56 kg dapat dilihat pada [Gambar 10.](#) dan [Gambar 11.](#)



**Gambar 10.** Pengujian titik satu dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu x



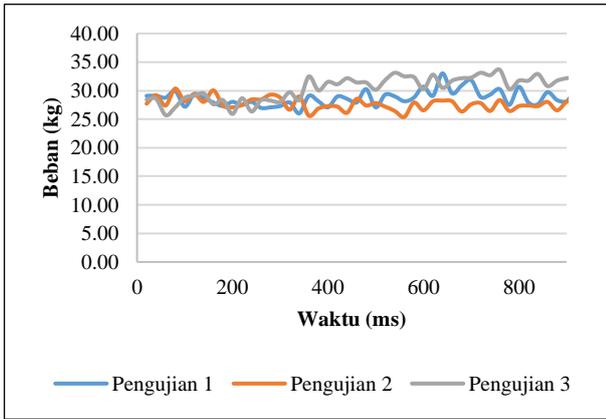
**Gambar 11.** Pengujian titik satu dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu y

Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

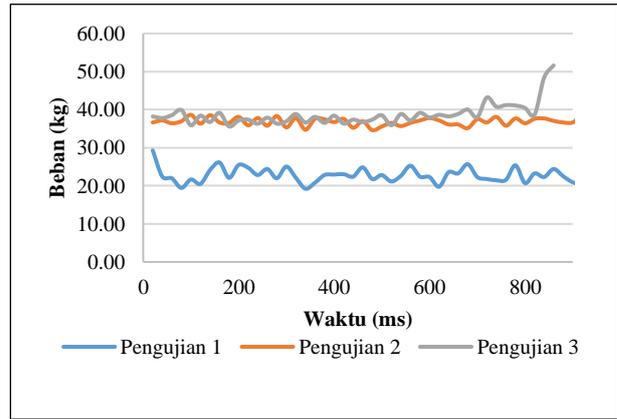
$$\begin{aligned}\bar{X}m_x &= 6,735 \text{ kg} \\ F_x &= 6,735 \text{ kg} \times 10^m/s^2 \\ F_x &= 67,35 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 2,29 \text{ kg} \\ F_y &= 2,29 \times 10^m/s^2 \\ F_y &= 22,9 \text{ N}\end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik satu dengan beban *driver* 56 kg memiliki nilai yang kecil, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang di atas tumpuan roda.

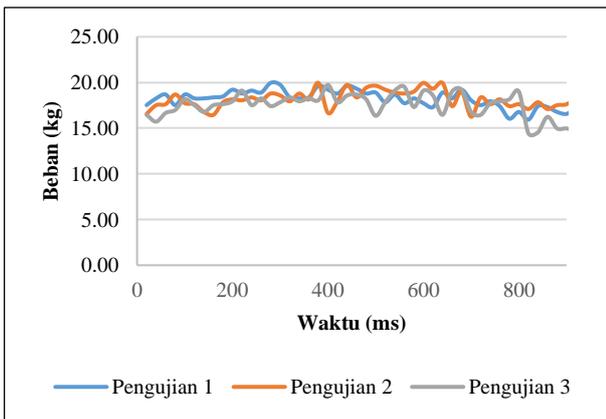
Hasil pengujian pada titik dua dengan beban *driver* 45 kg dapat dilihat pada [Gambar 12.](#) dan [Gambar 13.](#)



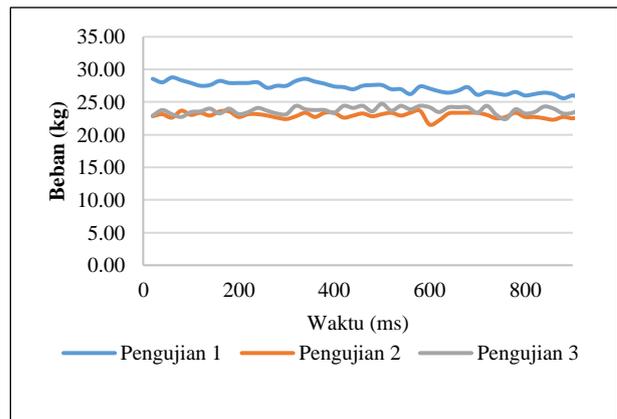
**Gambar 12.** Penguujian titik dua dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu x



**Gambar 14.** Penguujian titik dua dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu x



**Gambar 13.** Penguujian titik dua dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu y



**Gambar 15.** Penguujian titik dua dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu y

Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

$$\begin{aligned} \bar{X}m_x &= 28,954 \text{ kg} \\ F_x &= 28,954 \text{ kg} \times 10^m/s^2 \\ F_x &= 289,54 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 17,8092 \text{ kg} \\ F_y &= 17,809 \times 10^m/s^2 \\ F_y &= 178,09 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik dua dengan beban *driver* 45 kg memiliki nilai yang besar, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang pada tempat duduk *driver*.

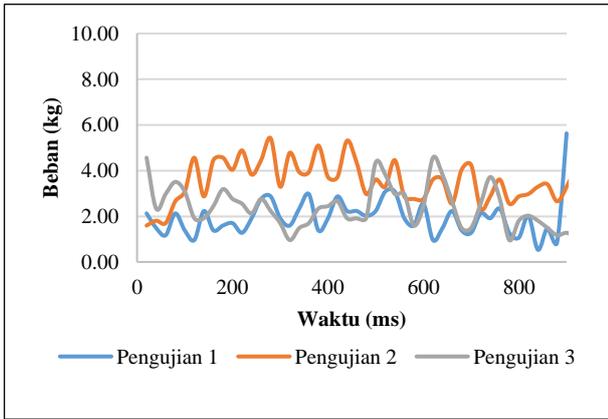
Hasil pengujian pada titik dua dengan beban *driver* 56 kg dapat dilihat pada [Gambar 14.](#) dan [Gambar 15.](#)

Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

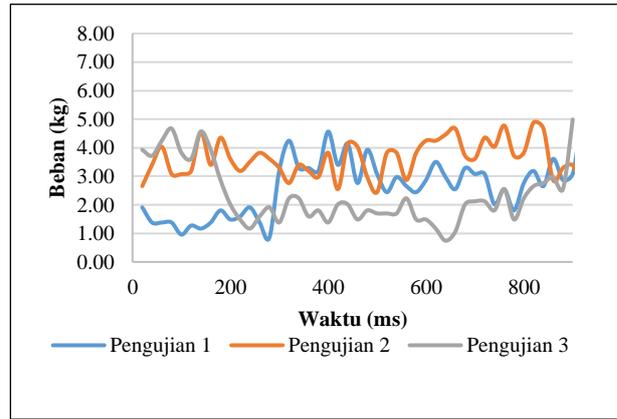
$$\begin{aligned} \bar{X}m_x &= 32,317 \text{ kg} \\ F_x &= 32,317 \text{ kg} \times 10^m/s \\ F_x &= 323,17 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 24,664 \text{ kg} \\ F_y &= 24,664 \times 10^m/s \\ F_y &= 246,64 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik dua dengan beban *driver* 56 kg memiliki nilai yang besar, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang pada tempat duduk *driver*.

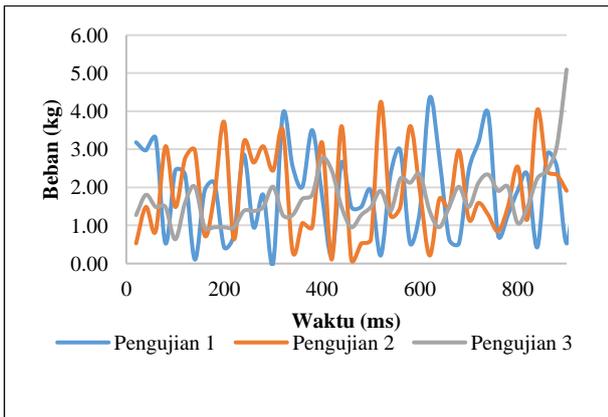
Hasil pengujian pada titik tiga dengan beban *driver* 45 kg dapat dilihat pada [Gambar 16.](#) dan [Gambar 17.](#)



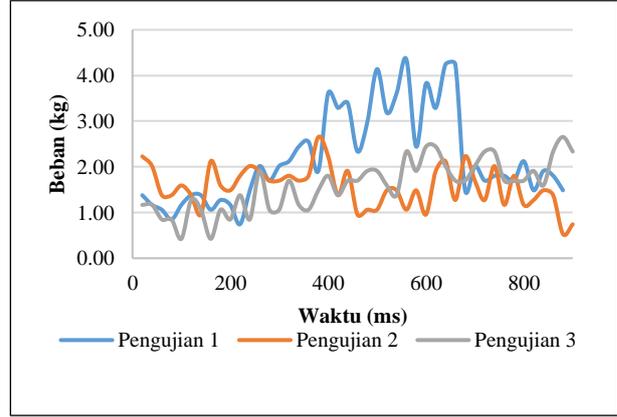
**Gambar 16.** Pengujian titik tiga dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu x



**Gambar 18.** Pengujian titik tiga dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu x



**Gambar 17.** Pengujian titik tiga dengan beban *driver* 45 kg pada sumbu y



**Gambar 19.** Pengujian titik tiga dengan beban *driver* 56 kg pada sumbu y

Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

$$\begin{aligned} \bar{X}m_x &= 2,596 \text{ kg} \\ F_x &= 2,596 \text{ kg} \times 10^m/s^2 \\ F_x &= 25,96 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 1,619 \text{ kg} \\ F_y &= 1,619 \times 10^m/s^2 \\ F_y &= 16,19 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik tiga dengan beban *driver* 45 kg memiliki nilai yang kecil, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang pada belakang *chassis* dan tidak terkena oleh *driver* secara langsung.

Hasil pengujian pada titik tiga dengan beban *driver* 56 kg dapat dilihat pada [Gambar 18.](#) dan [Gambar 19.](#)

Setelah didapatkan beban rata-rata pada tiap-tiap sumbu maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya rata-rata pada tiap-tiap sumbu.

$$\begin{aligned} \bar{X}m_x &= 2,895 \text{ kg} \\ F_x &= 2,895 \text{ kg} \times 10^m/s^2 \\ F_x &= 28,95 \text{ N} \\ \bar{X}m_y &= 1,881 \text{ kg} \\ F_y &= 1,881 \times 10^m/s^2 \\ F_y &= 18,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai gaya yang terjadi pada titik tiga dengan beban *driver* 56 kg memiliki nilai yang kecil, hal ini disebabkan oleh tempat pemasangan *strain gauge* yang dipasang pada bagian belakang *chassis* dan tidak terkena oleh *driver* secara langsung.

## PENUTUP

### Simpulan

Pada penelitian pengukuran beban statik pada *chassis* mobil listrik *prototype* menggunakan sensor *strain gauge* dapat disimpulkan pemberian dan peletakan beban memiliki pengaruh terhadap gaya yang terjadi pada

*chassis* dan reaksi pembacaan sensor *strain gauge* pada masing-masing sumbu berbeda. Nilai gaya terbesar terjadi pada titik dua yaitu masing-masing 289,54 N pada sumbu x dan 178,09 N pada sumbu y dengan beban *driver* 45 kg dan 323,17 N pada sumbu x dan 246,64 N pada sumbu y dengan beban *driver* 56 kg. Nilai gaya yang terjadi pada titik dua memiliki nilai yang besar, hal ini dikarenakan pada titik dua merupakan tempat duduk *driver* sehingga *strain gauge* terkena beban *driver* secara langsung.

#### Saran

Dapat meneliti lebih lanjut mengenai gaya yang terjadi pada sambungan *chassis* pada saat diberi beban statik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit) 2017-2019," Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2019.
- [2] Fauzi, Helmi. Analisis Tegangan Pada *Frame* Mobil Listrik Sinosi Menggunakan Metode Elemen Hingga, Jember: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, 2013.
- [3] Momon dan Astuti, Dwi., Strategi penurunan emisi gas buang kendaraan di kota padang, Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*. 15(1): 1-10, 2020.
- [4] Saputra, I Nyoman Adi., dkk. Analisis tegangan statik pada rancang *frame* mobil listrik ganesha sakti (Gaski) menggunakan *software solidworks* 2014. *JJTM*. 6(2): 113-120, 2018.
- [5] Fadila, Ary dan Syam, Bustami. Analisis simulasi struktur *chassis* mobil mesin USU berbahan besi struktur terhadap beban statik dengan menggunakan perangkat lunak *ansys* 14.5. Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara. *Jurnal e-Dinamis*. 6(2): 70-79, 2013.
- [6] Ellianto, Mario Sariski Dwi dan Nurcahyo, Yusuf Eko. Rancang bangun dan simulasi pembebanan statik pada sasis mobil hemat energi kategori prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*. 4(2): 53-58, 2020.
- [7] Wahyudi, dkk. Perbandingan nilai ukur sensor *load cell* pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual. *Jurnal ELKOMIKA*. 5(2): 207-220, 2017.
- [8] Ismiarti, dkk. Rancang bangun media pembelajaran elektronika analog untuk memahami fungsi dan karakteristik op-amp LM741. *JURTI*. 4(2): 108-114, 2020.
- [9] Hidayat, Rahmat. Penerapan *audio amplifier stereo* untuk beban bersama dan bergantian dengan menggunakan saklar ganda sebagai pengatur beban. *Jurnal Teknik Elektro*. 5(2): 96-101, 2013.
- [10] Magga, Ramang. Penggunaan *strain gauge (loadcell)* untuk analisa tegangan pada pembebanan statik batang aluminium. *Jurnal Mekanikal*. 2(1): 138-146, 2011.
- [11] Hananto, Farid Samsu. Rancang bangun sensor viskositas menggunakan *strain gauge* dengan prinsip silinder konsentris. *Jurnal Neutrino*. 5(2): 87-94, 2013.
- [12] Riantiningsih, Melinda Dwi. Analisa akurasi penggunaan *strain gauge* dan *transducer* pada kunci momen. *Jurnal Teknik Mesin*. 8(2): 64-73, 2019.
- [13] Simanjuntak, Imelda U.V., dkk. Penggunaan *strain gauge* sebagai kendali kursi roda. *Jurnal Ilmiah dan Rekayasa*. 26(2): 154-169. 2021.
- [14] R. Habberman, "Mathematical Model Mechanical Vibration, Population Dynamic, and Traffic Flow" United State of America: Prentice-hall, 1998.
- [15] Sirait, Ratni. Pengaruh massa terhadap kecepatan dan percepatan berdasarkan hukum ii newton menggunakan *linear air track*. *FISITEK: Jurnal Fisika dan Teknologi*. 2(2): 11-17, 2018.