

ANALISA SITEM Pengereman Mobil Listrik Garnesa Berbasis Simulasi Numerik

Faqihuddin Rahmatulloh

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: faqihuddinrahmatulloh@mhs.unesa.ac.id

Agung Prijo Budijono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: agungbudijono@unesa.ac.id

Abstrak

Kontes Mobil Hemat Energi merupakan sebuah perlombaan tentang perancangan dan pembuatan mobil hemat energi yang ramah lingkungan. Perlombaan ini bertujuan untuk menjawab tantangan zaman yang merujuk pada solusi permasalahan keterbatasan dan menipisnya bahan bakar fosil. Mobil Garnesa merupakan mobil rancangan mahasiswa teknik mesin unesa yang diikutkan dalam perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi yang diselenggarakan oleh Kementerian Ristek Dikti yang bekerja sama dengan Universitas Gajah Mada. Pada Kontes Mobil Hemat Energi ini Mobil Garnesa masuk pada kategori urban dimana kendaraan harus menyerupai kendaraan roda 4 pada umumnya. Pada kategori ini sistem pengereman merupakan salah satu komponen yang diuji untuk syarat diijinkannya kendaraan memasuki lintasan. Sistem pengereman harus menggunakan rem hidrolis 4 disc yang bekerja dengan pola X. sistem pengereman ini harus mampu menahan kendaraan agar tidak bergerak pada kemiringan 12o dan harus bisa menghentikan kendaraan pada jarak kurang dari 5 meter pada kecepatan 40km/jam sesuai peraturan yang ditetapkan panitia. Fokus dari penelitian ini adalah mengetahui bentuk pemodelan dinamik dan analisa sistem pengereman mobil GARNESA menggunakan pemodelan simulink MATLAB. Mengetahui hasil pengereman kendaraan berbasis kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap "Piston Rod Displacement" master silinder. Dan mengetahui hasil pengereman kendaraan dengan kecepatan maksimal kendaraan dan kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap "Stopping Distance" kendaraan. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan pemodelan MATLAB besar gaya injakan pedal rem mempengaruhi jarak tempuh Piston Master Silinder. Semakin besar gaya injakan semakin jauh pergerakan piston master silinder dan pergerakannya cenderung konstan. Stopping Distance mobil GARNESA dengan basis kekuatan injakan 20 kgf dengan waktu 2,5 s pada kecepatan 40km/jam adalah 18,85m. sedangkan pada kecepatan 38km/jam dengan basis kekuatan injakan pedal rem yang sama adalah 16,68m. Pada kekuatan injakan 25 kgf dengan waktu 2,5s kecepatan 40km/jam adalah 16,68 m, dan pada kecepatan 38km/jam dengan kekuatan injakan dan waktu yang sama diperoleh jarak pengereman 14,50 m. Stopping Distance untuk kekuatan injakan pedal rem 30 kgf dengan waktu 2,5s dan kecepatan 40km/jam adalah 14,50 m dan pada kecepatan 38km/jam adalah 12,33 m. Stopping distance sangat dipengaruhi oleh kekuatan injakan pedal rem. Semakin besar kekuatan injakan yang diberikan, maka semakin pendek Stopping Distance yang didapatkan.

Kata kunci: KMHE, pengereman, Simulink MATLAB, Stopping Distance.

Abstract

The Energy Saving Car Contest is a race about designing and manufacturing energy -saving cars that are environmentally friendly. The race aims to answer the challenges of the times that refer to the solution of the problem of limitation and the depletion of fossil fuels. Garnesa car is a car design engine engineering Unesa m ahasiswa opted into the race car Energy Saving Contest organized by the Ministry of Research and Technology of Higher Education in collaboration with the University of Gajah Mada. In this Energy Efficient Car Contest Garnesa cars enter in the urban category where the vehicle must resemble a 4-wheel vehicle in general. In this category the braking system is one of the components tested for the permissible condition of the vehicle entering the track. The braking system had to use hydraulic brakes 4 disc that works with the X pattern braking system must be capable of holding the vehicle from moving on a slope of 12 ° and should be able to stop the vehicle at a distance of less than 5 meters at a speed of 40 km/h according to the rules set by the committee. Fokus of this study was to determine the form of dynamic modeling and analysis of GARNESA's car braking system using MATLAB Simulink modeling. Knowing the results of braking power-based vehicles injection treadle different brakes against the " Piston Rod Displacement " master cylinder. And know the results of braking the vehicle with the maximum speed of the vehicle and the strength of different stamping treadle brakes against " Stopping Distance " vehicles. By using MATLAB modeling this study shows that the magnitude of the brake pedal force influences the Piston Master Cylinder's mileage. The larger the stepping force the further movement of the master cylinder pistons and their movements tend to be constant. Stopping Distance GARNESA car with a base force of 20 kgf with a time of

2.5 s at 40km / jam is 18.85m. while at a speed of 38 km/h with the base of the footsteps of the same brake pedal is 16.68m. At the strength of 25 kgf with a time of 2.5s 40km / h speed is 16.68 m, and at 38km / hr speed with the same stepping force and the same time obtained 14.50 m braking distance. Stopping Distance for raking force of 30kg brakes with 2.5s and 40km / h speed is 14.50m and at 38km / h speed is 12.33m. Stopping distance is strongly influenced by the braking force of the pedal. The greater the stepping force given, the shorter Stopping Distance is obtained.

Keywords: KMHE , Breaking, Simulink MATLAB , Stopping Distance .

PENDAHULUAN

Tim Garnesa merupakan kumpulan dari beberapa mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya yang hendak mengikuti perlombaan KMHE yang diselenggarakan Kementerian Ristekdikti. KMHE ini diselenggarakan untuk menjawab tantangan akan semakin menipisnya cadangan energi dunia akibat penggunaan bahan bakar fosil yang kian meningkat utamanya pada industri otomotif. Dalam perlombaan ini peserta dituntut untuk mampu menciptakan sebuah mobil yang hemat energi dan ramah lingkungan untuk menjadi solusi dalam menjawab permasalahan tersebut.

Perlombaan ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu kategori mobil Urban dan kategori mobil Prototype. Kategori mobil urban adalah kendaraan roda empat yang tampilannya mirip mobil pada umumnya dan sesuai untuk berkendara di jalanan. Kategori mobil Prototype adalah kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan aspek aerodinamika untuk keperluan lomba. Dari setiap kategori ini dibagi menjadi 4 kelas bahan bakar, yaitu gasoline, diesel, etanol, dan listrik.

Untuk bisa mengikuti KMHE calon peserta wajib menyerahkan Laporan Desain Kendaraan kepada panitia. Laporan desain kendaraan berisi rancangan detail kendaraan mulai dari gambar desain hingga perhitungan-perhitungan dan hasil analisa teoritis dari rancangan mobil tersebut. Laporan desain Kendaraan ini digunakan panitia untuk menyeleksi layak atau tidaknya tim tersebut untuk bisa mengikuti KMHE.

Tim Garnesa yang merupakan salah satu calon peserta KMHE juga harus menyerahkan laporan desain kendaraan mereka kepada panitia untuk keperluan seleksi. Tim Garnesa yang notabene beranggotakan mahasiswa dari tingkat semester dan prodi yang berbeda-beda sering kali menemui kendala dalam hal penyusunan Laporan Desain Kendaraan tersebut. Hal ini dikarenakan keseluruhan materi yang terdapat pada laporan desain kendaraan tersebut hanya diajarkan pada mata kuliah Konstruksi dan Stabilitas Kendaraan yang tidak didapatkan oleh hampir seluruh anggota tim Garnesa. Ini terjadi karena tidak semua prodi yang ada di jurusan teknik mesin mendapatkan mata kuliah Konstruksi dan stabilitas kendaraan, hanya prodi D3 otomotif dan S1 Pendidikan teknik mesin otomotif saja

yang mendapatkan matakuliah tersebut, itupun hanya sebagai matakuliah pilihan bagi prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif.

Salah satu bagian yang harus dianalisa adalah bagian sistem pengereman, system pengereman yang didesain harus bisa memenuhi syarat yang di tentukan oleh panitia. Syarat-syarat dari sistem pengereman yang didesain diantaranya harus menggunakan pengereman hidrolik dengan pola diagonal dan harus bisa menghentikan kendaraan yang nantinya kendaraan yang dibangun berdasarkan perancangan ini akan diuji agar bisa dinyatakan layak atau tidak untuk masuk kedalam sirkuit. Bentuk analisa sistem pengereman terbagi menjadi dua yaitu analisa secara simulasi dan analisa secara eksperimen. Analisa secara simulasi membantu peneliti dalam menggambarkan proyeksi fenomena pengereman yang terjadi sedangkan analisa eksperimen merupakan bentuk validasi dari analisa simulasi sebelumnya.

Dari permasalahan diatas, peneliti tergerak untuk membantu Tim Garnesa dalam proses analisa desain sistem kendaraan yang sudah di buat oleh tim Garnesa melalui penelitian dengan judul “Analisa Sistem pengereman Mobil Listrik GARNESA berbasis Simulasi Numerik”. Dalam hal ini peneliti berkonsentrasi pada analisa sistem pengereman yang sudah di desain oleh tim Garnesa mengikuti regulasi yang sudah ditetapkan oleh panitia. Diharapkan dari adanya penelitian ini tim Garnesa dapat terbantu dalam penyusunan Laporan Desain Kendaraan serta dapat sebagai acuan dalam pengaplikasian ketika proses membangun kendaraan yang telah dirancang.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana hasil pengereman kendaraan berbasis kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap “Piston Rod Displacement” master silinder ?
- Bagaimana hasil pengereman kendaraan dengan kecepatan 36
- n maksimal kendaraan dan kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap “Stopping Distance” kendaraan ?
- Bagaimana analisa sistem pengereman mobil listrik GARNESA?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- Mengetahui bentuk pemodelan dinamik dan analisa sistem pengereman mobil listrik GARNESA.
- Mengetahui analisa sistem pengereman kendaraan dengan Pemodelan Blok Simulink MATLAB.
- Mengetahui hasil pengereman kendaraan berbasis kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap “Piston Rod Displacement” master silinder.
- Mengetahui hasil pengereman kendaraan dengan kecepatan maksimal kendaraan dan kekuatan injakan pedal rem yang berbeda terhadap “Stopping Distance” kendaraan.

METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode simulasi. Penelitian simulasi merupakan bentuk penelitian yang bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berskala kecil atau sederhana (model) dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya. Penelitian ini mirip dengan penelitian eksperimental, perbedaannya adalah di dalam penelitian ini membutuhkan lingkungan yang benar-benar serupa dengan keadaan atau sistem yang asli. (Sumber: repository.upi.edu)

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Variabel Bebas
Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor-faktor yang diobservasi. Variabel bebas pada penelitian ini adalah Variasi gaya (input) injakan pada pedal rem (kgf) yaitu : 20kgf, 25kgf, 30kgf, dan 35kgf; Variasi kecepatan maksimal kendaraan dari start awal (V_0) hingga kondisi state ($V.State$), yaitu 11,02 m/s dan 10,15 m/s
- Variabel Terikat
Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah torsi pengereman, daya pengereman, jarak pengereman, waktu pengereman, bentuk pemodelan
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol merupakan variabel yang dapat dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak di pengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah diambil dari regulasi teknis kendaraan Kompetisi Mobil Hemat Energi.

Objek dan Instrument Penelitian.

Objek penelitian ini adalah sistem mekanis pengereman mobil listrik GARNESA.

Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data merupakan suatu proses yang penting dalam mencapai tujuan penelitian dimana parameter-parameter yang diukur adalah daya yang dihasilkan dan bagaimana efisiensinya. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik eksperimen, yaitu mengukur dan menguji obyek yang diteliti dan mencatat data-data yang di perlukan peneliti. Data-data yang diperlukan tersebut dicatat pada tiap tingkat bukaan sudut *fix drag reducing*, kecepatan angin (m/s), beban poros dan pegas ($gram$) sehingga akan diperoleh putaran poros turbin (RPM) yang selanjutnya akan diolah dengan dasar perhitungan rumus yang ada dan akhirnya akan diperoleh data besarnya daya dan efisiensi.

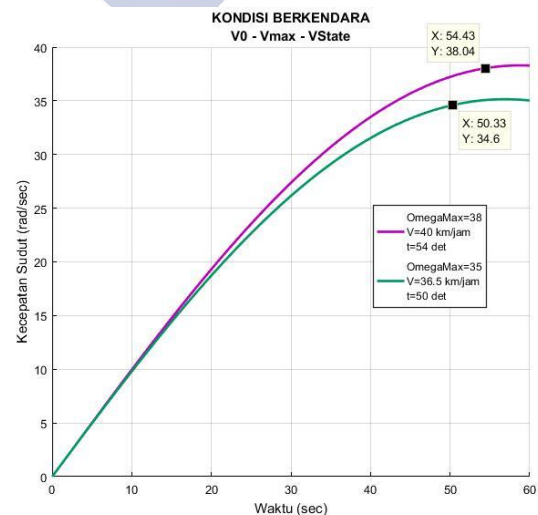
Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif, sehingga analisis data dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik. Dan selanjutnya hasil penelitian dari data-data tersebut dituangkan menjadi kalimat yang mudah untuk dipahami.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi dengan Matlab – Simulink

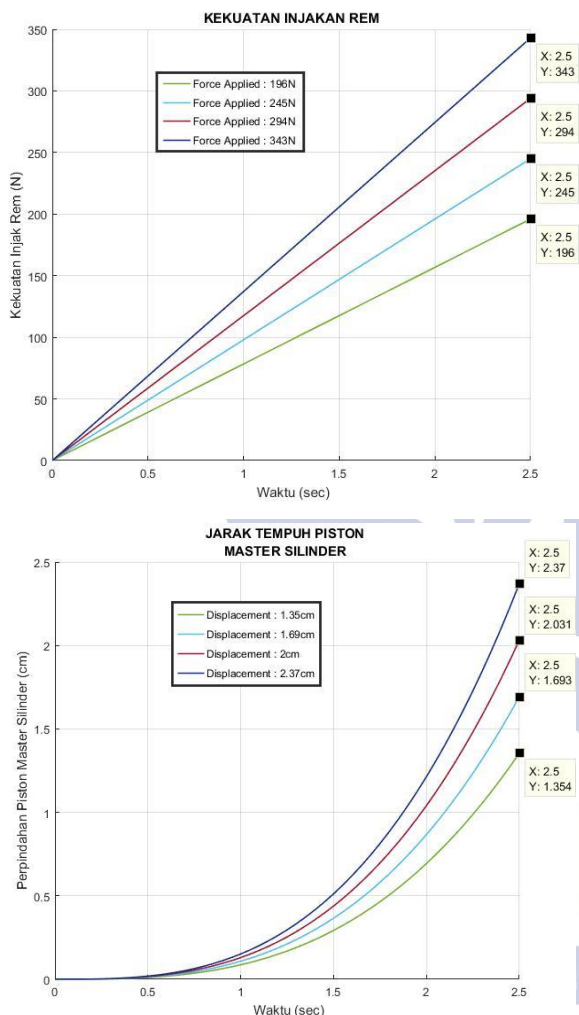
- Kondisi Berkendara $V_0 - V_{max} - V_{State}$



Gambar 4.10. Kondisi Berkendara dengan $V.40km/jam$ dan $V.36,5km/jam$
(Sumber : MATLAB)

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa bila pengemudi mobil listrik GARNESA memberikan input injakan hingga mencapai V.Maks 38 rad/sec (40 km/jam) memerlukan waktu 54.43 sec. Sebaliknya V.Maks 35 rad/sec (36.5 km/jam) ditempuh dalam waktu 50.33 sec. Perbedaan waktu tempuh bila pengemudi menginjak pedal gas hingga kecepatan maksimal 40 km/jam dan 36.5 km/jam sebesar 4.13 sec.

- Kekuatan injakan rem terhadap jarak piston master silinder

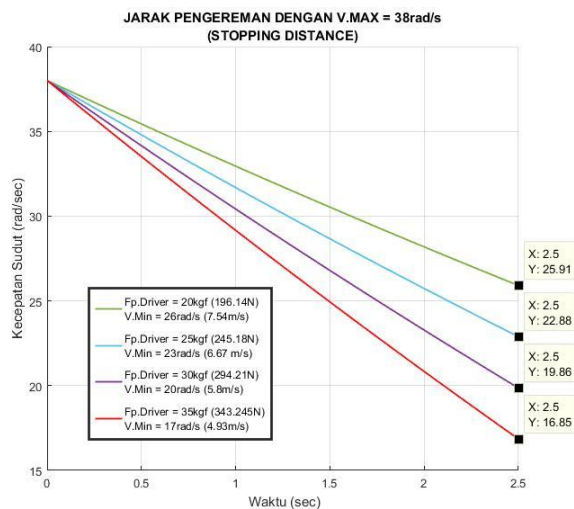


Gambar 4.11. kekuatan injakan rem terhadap jarak piston master silinder (Sumber : MATLAB)

Berdasarkan diagram diatas dapat diketahui bahwa jarak tempuh piston master silinder berdasarkan kekuatan injakan pengereman mobil GARNESA dengan limit waktu yang sama (2,5 s), pada input kekuatan 20 kg (196 N) jarak tempuh piston master silinder 1,35 cm. pada input kekuatan 25 kg (245 N) jarak tempuh piston master silinder 1,69 cm. pada input kekuatan 30 kg (294 N) jarak tempuh piston

master silinder 2 cm. pada input kekuatan 35 kg (343 N) jarak tempuh piston master silinder 2,37 cm.

- Hasil pemodelan pengereman berdasarkan kekuatan injakan 20,25,30,35kg dengan waktu pengereman 2,5 detik pada kecepatan maks 38km/jam

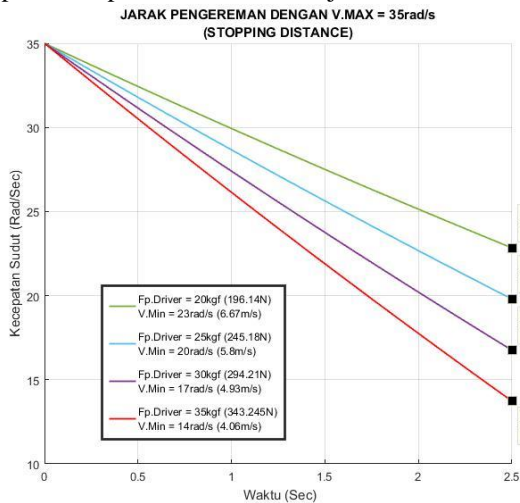


Gambar 4.12. Hasil pengereman berdasarkan kekuatan injakan 20,25,30,35kg pada kecepatan maks 40km/jam (Sumber : MATLAB)

Berdasarkan grafik diatas, hasil pemodelan pengereman dengan waktu pengereman 2,5 sekon pada V_{max} 38 km/jam, didapatkan :

- Stopping distance yang didapatkan dari F_p 20 kgf sejauh 18,85 m, mengalami perlambatan $1,39 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 7,54 m/s atau 27 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari F_p 25 kgf sejauh 16,68 m, mengalami perlambatan $1,74 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 6,67 m/s atau 24 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari F_p 30 kgf sejauh 14,50 m, mengalami perlambatan $2,09 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 5,8 m/s atau 21 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari F_p 35 kgf sejauh 12,33 m, mengalami perlambatan $2,44 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 4,93 m/s atau 18 km/jam.

- Hasil pengereman berdasarkan kekuatan injakan 20,25,30,35kg dengan waktu pengereman 2,5 detik pada kecepatan maks 36,5 km/jam



Gambar 4.13. Hasil pengereman berdasarkan kekuatan injakan 20,25,30,35kg pada kecepatan maks 36,5km/jam (Sumber : MATLAB)

Berdasarkan grafik diatas, hasil pemodelan pengereman dengan waktu pengereman 2,5 sekon pada V_{max} 35 km/jam, didapatkan :

- Stopping distance yang didapatkan dari Fp 20 kgf sejauh 16,68 m, mengalami perlambatan $1,39 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 6,67 m/s atau 24 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari Fp 25 kgf sejauh 14,50 m, mengalami perlambatan $1,74 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 5,8 m/s atau 21 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari Fp 30 kgf sejauh 12,33 m, mengalami perlambatan $2,09 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 4,93m/s atau 18 km/jam.
- Stopping distance yang didapatkan dari Fp 35 kgf sejauh 10,15 m, mengalami perlambatan $2,44 \text{ m/s}^2$, dan V_{min} 4,06 m/s atau 15 km/jam

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Kekuatan injakan pedal rem berpengaruh terhadap “piston rod displacement” dimana semakin besar gaya injakan pedal rem maka semakin jauh piston road bergerak atau mengalami perpindahan.
- Kecepatan kendaraan mempegaruhi Stopping distance pada kendaraan. Dengan kecepatan berbeda pada kekuatan injakan rem yang sama jarak pengereman (stopping distance) kendaraan berbeda. Semakin besar kecepatan kendaraan semakin jauh stopping distance yang dihasilkan.

- Kekuatan injakan pedal rem mempengaruhi perpindahan piston (piston rod displacement) sehingga gaya pengereman ikut berubah. Perubahan pada gaya pengereman mempengaruhi jarak pengereman (stopping distance) akibat adanya penurunan kecepatan kendaraan yang berbeda dari tiap kekuatan injakan pengereman.
- Kondisi pengereman yang optimal untuk melakukan pengereman pada saat memasuki pos stop and go adalah dengan kekuatan 80,2kgf pada kecepatan 40km/jam. Kendaraan dapat berhenti tepat pada posisi yang ditentukan dengan jarak pengereman 10m dan waktu 2,5 detik.

Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang ingin peneliti sampaikan :

- Strategi pengereman dengan pertimbangan pemilihan kekuatan injakan akan berdampak pada nilai perlambatan, dan jarak tempuh pengereman. Sebaiknya pemilihan kekuatan injakan disesuaikan dengan jarak pengereman yang akan ditempuh. Semakin rendah kekuatan injakan, semakin jauh jarak tempuh pengereman.
- Untuk kondisi stop and go dengan kecepatan 40km/jam optimalnya kendaraan melakukan pengereman pada jarak 10m dari titik berhenti dengan waktu 2,5s dengan kekuatan injakan sebesar 81,727 kgf.
- Data yang disajikan bersifat informatif bagi pengendara (driver) Mobil Listrik GARNESA, sehingga perlu diuji dengan metode eksperimen sebagai validasi atas data informatif ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. 2017. Fungsi Master Silinder Rem dan Cara Kerjanya. Artikel 2 of 2. Diakses dari : <https://www.teknik-otomotif.com/2017/11/fungsi-master-silinder-rem-dan-cara.html> pada : 20 januari 2017
- Anonym. 2017. Prinsip Kerja Rem Hidrolik Pada Mobil dan Motor. Artikel 4 of 4. Diakses dari : <https://www.autoexpose.org/2017/02/cara-kerja-rem-hidrolik.html> pada : 20 januari 2017
- Arudam riyanto. 2015. Pengertian rem dan fungsinya. Artikel 3 of 2. Diakses dari : <https://www.kanalinfo.web.id/2015/12/pengertian-rem-dan-fungsinya.html> pada : 20 januari 2017
- Darmawan dedy. 2014. Studi Komparasi Daya Pengereman Antara Piston Singel Dengan Double Pada Sepeda Motor. Jurnal IKIP Veteran Semarang : Volume 1 nomor 2. Semarang.
- Hartono Sugi. 1988. Sistem Kontrol Dan Pesawat Tenaga Hidrolik. Edisi Pertama. Penerbit Tarsito : Bandung,

- Hartanto Thomas W D dan Prasetyo Y W A. 2003. Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan MATLAB. Andi : Yogyakarta
- Herry sufyan hadi. 2014. Studi Numerik Manajemen Energi Pada Kendaraan Hybrid Dengan KERS. Teknik master. Teknik mesin. FTI-ITS. Surabaya
- Intang Ambo. 2016. Studi Pengaruh Tekanan Pengereman Dan Kecepatan Putar Roda Terhadap Parameter Pengereman Pada Rem Cakram Dengan Berbasis Variasi Kanvas. Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA : Volume II nomor 1.
- Pamungkas et al. 2015. Pemodelan Dan Simulasi Dinamika Handling Mobil Listrik UNS Generasi II. Proceeding seminar internasional Teknik mesin XIV
- Panitia KMHE, 2016. Regulasi Teknis KMHE. UGM. Yogyakarta
- Permana indra. 2015. Master silinder rem. Artikel 1 of 2. Diakses dari : <http://otomotif-edu.blogspot.co.id/2015/05/master-silinder-rem.html> pada : 20 Januari 2017
- Rabeta Trio Dinda. 2014. Rancang Bangun Sistem Pengereman Hidrolis Pada Mobil Listrik Garnesa. Jurnal Teknik Mesin UNESA : Volume 01 Nomer 02. Surabaya
- Setiyono, Rohmad. 2015. Analisis Gaya Pengereman Pada Mobil Nasional Mini Truck. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sugiono. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta : Bandung.
- Sutantra I Nyoman. 2010. Teknologi Otomotif edisi Ke-2. Guna Widya : Surabaya
- Sutantra I Nyoman dan Jundulloh Muhammad. 2017. Pemodelan dan Analisa Antilock Braking System (ABS) Pada Military Vehicle Studi Kasus Panser Anoa APC 6X6. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2. Surabaya
- Tadjudin Muhammad et al. 2017. Strategi Mengemudi Mobil Listrik Pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Proceeding seminar nasional tahunan Teknik mesin XVI (SNTTM XVI)
- Thomas D. Gilispie, 1994. Fundamentals Of Vehicle Dynamic, Society Of Automotif Engineers Inc. Warrendale.
- Tim. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Yanuar Dkk. 2007. Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Roda Empat. Universitas Gunadarma : Jakarta