

Uji Kemampuan Rancangan Sistem Kemudi, Transmisi, dan Pengereman pada Mobil Listrik *Prototype* “Ababil”

Pramuko Ilmu Purboputro , Muh Alfatih H, Meda Aji Saputro, Wayan Setiyadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Email : pramuko_ip@ums.ac.id

Abstrak

Keywords:

performasi,
transmisi,
kemudi,
pengereman

Penelitian ini bertujuan melakukan rancangan beserta uji performasi sistem transmisi, sistem kemudi dan sistem pengereman mobil listrik “Ababil”. Asumsi dasar mobil listrik dirancang adalah tipe prototype (Mobil beroda tiga, depan dua roda dan belakang satu roda) yang disesuaikan pada regulasi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang diselenggarakan oleh pemerintah Indonesia melalui Kemenristekdikti. Panjang wheel base 1,8 m, jarak antar roda depan 0,80 m tinggi ground clearance 10 cm dan berat total mobil maksimum 108 kg. Motor listrik yang digunakan adalah tipe BLDC dengan spesifikasi daya 350 watt, 48 volt dan putaran 470 rpm dengan battery Li-Ion berkapasitas 48 V/DC 20 AH. Rancangan sistem transmisi menggunakan sprocket chain, sistem kemudi menggunakan dua tie rod, lengan tie rod, dan ball joint, sedangkan pengereman menggunakan sistem cakram hidrolis. Dari hasil pengujian diperoleh hasil mobil yang mampu bergerak stabil saat melaju di trek lurus maupun belok. Kecepatan maksimum 50 km/jam. Untuk sistem kemudi, radius belok minimal 3 meter dengan sudut belokan roda depan 34°, radius belok maksimal sebesar 6 m dengan belok roda depan 17°. Besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan pada pada jalan datar adalah sebesar 594,57 Newton.

1. PENDAHULUAN

Mobil listrik pertama kali dikenalkan oleh Robert Aderson dari Skotlandia pada tahun 1832-1839, namun pada saat itu bahan bakar minyak (BBM) relatif mudah didapat dengan harga murah dan kesediaannya masih melimpah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan motor bakar yang menggunakan BBM (Kurniawan, 2013). Saat ini harga BBM semakin mahal dan cadangannya menjadi sangat terbatas serta sulit dikendalikan untuk masa yang akan datang (Noviyanti, 2016). Disamping itu, terdapat isu lingkungan yang menjadi perhatian dunia yang tertuang dalam *Education for Sustainable Development* (Segara, 2015). Berdasarkan hal tersebut kami merancang dan membuat mobil *prototype* bertenaga listrik dengan nama “Ababil”, dimana mobil ini dirancang sebagai bahan penelitian mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta dalam upaya penghematan konsumsi energi atau bahan bakar serta dikompetisikan pada Kontes Mobil Hemat Energi 2017 (KMHE 2017) yang diselenggarakan oleh pemerintah Indonesia melalui Kemenristekdikti di kota Surabaya. Dalam kompetisi ini dimana dalam kompetisi ini mahasiswa di tantang menciptakan kendaraan yang hemat bahan bakar dan juga memiliki tingkat keselamatan yang tinggi. Adapun beberapa Tujuan dari penelitian ini yaitu: (i) mengetahui hasil radius belok mobil pada rancangan sistem kemudi saat mobil melakukan manuver; (ii) mengetahui hasil pengujian percepatan dan kecepatan mobil dengan menggunakan perancangan transmisi yang dipilih; (iii) mengetahui gaya yang dibutuhkan mobil saat melakukan pengereman dengan berbagai sudut tanjakan jalan dan gaya rem ketika mobil dalam keadaan berjalan serta waktu pengereman pada jalan mendatar.



Gambar 1 Mobil Listrik *Prototype* “Ababil”

Sistem kemudi adalah sistem yang berfungsi mengatur arah dan membelokkan kendaraan dengan cara membelokkan roda depan. Cara kerjanya bila *steering wheel* (roda kemudi) diputar, *steering coulumn* (batang kemudi) akan meneruskan tenaga putarnya ke *steering gear* (roda gigi kemudi). *steering gear* memperbesar putar ini sehingga dihasilkan momen yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui *steering linkage* (Mamahit, 2016). Pada dasarnya sistem kemudi dibedakan menjadi dua yaitu :

1. *manual steering* merupakan sistem kemudi dimana membutuhkan tenaga yang cukup besar untuk membelokkan sepasang roda dari pengemudi yang ditransmisikan melalui sistem kemudi.
2. *power steering* merupakan sistem kemudi yang menambahkan peralatan hidrolis atau elektrik untuk meringankan sistem kemudi pada saat membelokkan sepasang roda dari pengemudi yang ditransmisikan melalui sistem kemudi (Suyono, 2013)

Agar mobil dapat bermanuver dengan baik dan stabil dapat dianalisis sebagai berikut:

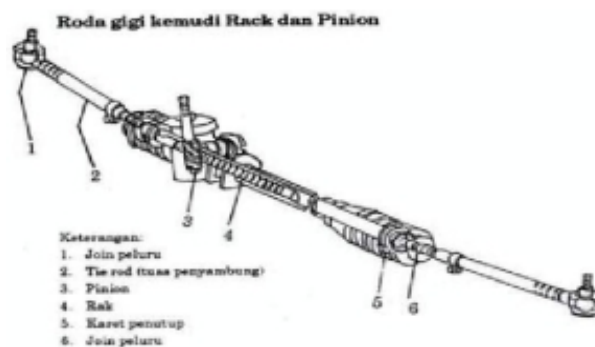
$$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29 \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

R = Radius belok (m)

L = Panjang *Wheel base* (m)

δ = Sudut belok roda (°)

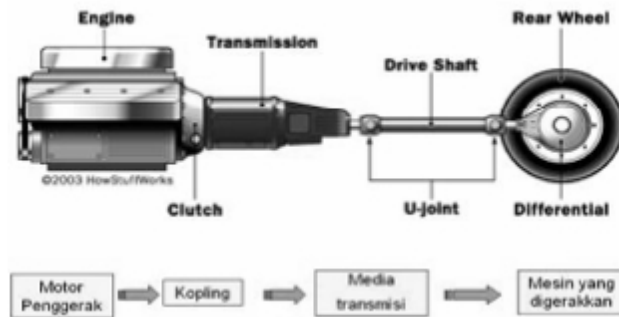


Gambar 2. Sistem Kemudi Mobil Sederhana

Sistem transmisi adalah sebuah komponen mobil yang berfungsi untuk menghubungkan daya dari putaran mesin dengan roda belakang. Selain itu transmisi sangat berpengaruh

terhadap laju kendaraan, dikarenakan pada penghubung daya inilah dapat dirancang rasio gigi yang sesuai antara daya mesin dan beban berat kendaraan (Prasetyo, 2013). Pada dasarnya sistem transmisi dapat diklarifikasikan menjadi tiga yaitu :

1. Transmisi sabuk-puli (*belt and pulley*), digunakan apabila jarak antar dua poros jauh sehingga tidak memungkinkan transmisi langsung.
2. Transmisi poros langsung (*direct coupled*) Transmisi langsung menggunakan poros atau as merupakan transmisi yang paling sederhana and digunakan untuk menyalurkan tenaga pada jarak yang dekat and posisi yang segaris antara poros motor penggerak dengan poros mesin yang digerakkan.
3. Transmisi rantai-sproket (*chain and sprocket*) transmisi rantai-sproket digunakan untuk transmisi tenaga pada jarak sedang (Khan, 2012).



Gambar 3. Sistem Transmisi mobil

Sistem Pengereman (*brake*) adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Karena gerak roda diperlambat, secara otomatis kendaraan menjadi lambat. Fungsi rem adalah rem pada kendaraan adalah untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan dalam jarak dan waktu yang memadai dengan cara terkendali dan terarah (Cahyo, 2013).. Oleh karena itu rem merupakan komponen yang wajib ada di kendaraan sebagai salah satu parameter keselamatan pada kendaraan. Energi yang kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan (Reddy, 2013).

Gaya rem yang dibutuhkan ketika mobil bergerak sebagai berikut :

$$F_{rem} = F_x \times m + a \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

F_x = Gaya traksi kendaraan (N)

m = Massa total kendaraan (Kg)

a = perlambatan ram (m/s)

waktu pengereman yang dibutuhkan mobil untuk dapat berhenti

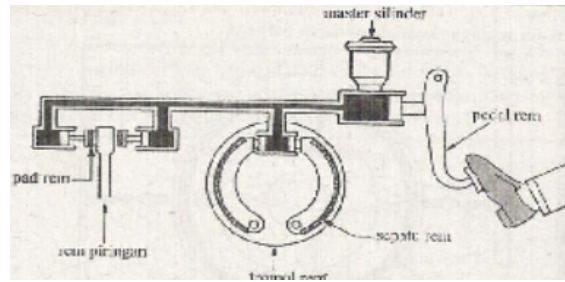
$$t = \frac{V_k}{a} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

t = Waktu pengereman (s)

V_k = Kecepatan kendaraan (m/s)

a = Perlambatan pengereman (m/s)



Gambar 4. Sistem Pengereman pada Mobil

2. METODE

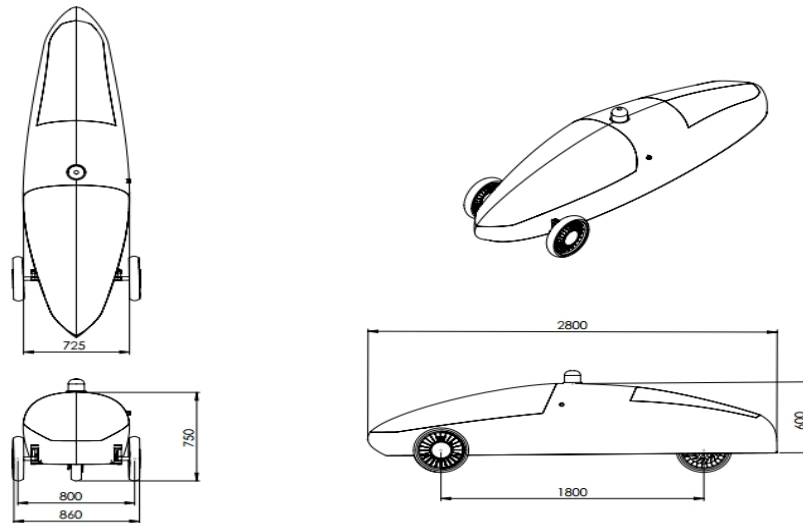
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium CAD,CAM dan CAE Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Untuk pemecahan masalah, berikut langkah-langkah yang dilakukan :

- 1) Identifikasi Masalah
Identifikasi masalah ini bertujuan untuk mengetahui tentang permasalahan yang terjadi pada dunia otomotif di lapangan. permasalahan tersebut diformulasikan menjadi masalah yang hendak diselesaikan dengan cara menetapkan tujuan penelitian.
- 2) Studi Kepustakaan
Kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari referensi teks, jurnal, paper, serta literatur lain yang terkait dengan penelitian.
- 3) Pengumpulan Data
Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah mengadopsi regulasi pada standarisasi mobil listrik tipe *prototype* yang telah ditetapkan oleh KMHE (Kontes Mobil Hemat Energi) dan SEM (*Shell Eco-Marathon*). Dengan mengacu pada standar yang ada maka dapat dilakukan penelitian terhadap object tersebut yaitu mengenai study kelayakan dari object tersebut, sehingga dapat diketahui perkembangan dari penelitian dari mobil listrik tipe *prototype* tersebut.
- 4) Input Data Perancangan
Memberikan input data perancangan berupa beban maksimum pengemudi, berat mobil, tingkat elevasi jalan, kecepatan maksimum mobil dan ukuran-ukuran mobil yang disesuaikan dengan standar regulasi KMHE.
- 5) Perancangan Sistem Kemudi, Transmisi dan Pengereman
Perancangan menggunakan *Software SolidWorks Premium 2016*. Pada tahap ini juga dilakukan evaluasi kekuatan hasil perancangan.
- 6) Fabrikasi atau Pembuatan
Fabrikasi dikerjakan mengacu pada gambar kerja dari hasil proses perancangan.
- 7) Uji Coba Sistem Kemudi, Transmisi dan Pengereman
Metode ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan hasil perancangan. Apabila ada hal-hal yang tidak sesuai, maka akan dilakukan perbaikan.
- 8) Analisis Hasil Uji Coba
Hasil uji coba ditabulasikan, diolah dan dianalisis.
- 9) Kesimpulan
Menyimpulkan atas hasil rancangan, uji coba, dan analisis uji coba.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Mobil Listrik *Prototype* “Ababil”

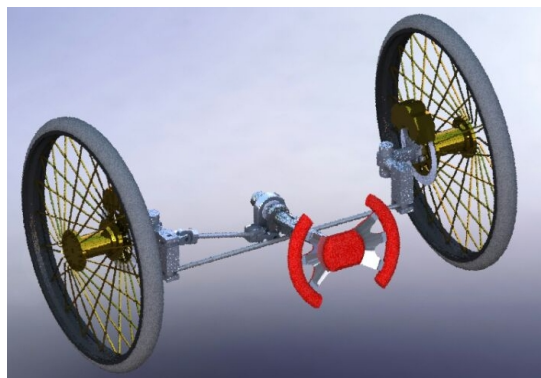
Seluruh rancangan mobil listrik *prototype* “Ababil” mengacu pada regulasi yang ditetapkan dan dikeluarkan oleh KMHE, berikut spesifikasi mobil listrik *prototype* “Ababil”:



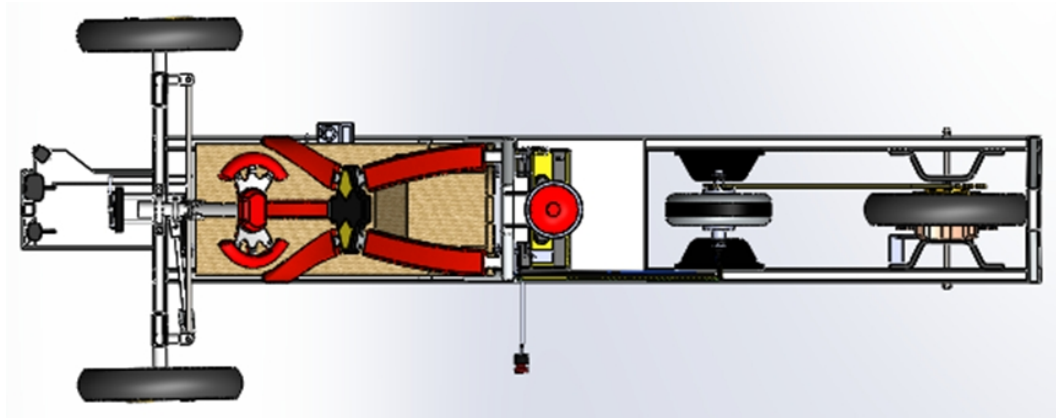
Gambar 6. Desain Mobil Listrik “Ababil”

- Berat total mobil (dengan penumpang) = 108 Kg
- Tinggi mobil = 750 mm
- Lebar (tanpa kaca spion) = 860 mm
- Panjang = 2800 mm
- *Track width* roda depan = 800 mm
- Jarak *wheelbase* (sumbu roda) = 1800 mm
- gaya reaksi roda belakang = 520,96 N

Rancangan pada sistem kemudi yang dipilih adalah sistem kemudi manual, alasan memilih sistem kemudi manual yaitu perancangan dan pembuatan lebih mudah untuk penggunaan mobil hemat energi serta lebih ekonomis saat proses pembuatan sistem kemudi tersebut. Sistem pengereman menggunakan sistem *disc brake*. Hal ini diputuskan karena pertimbangan torsi yang tidak besar.



Gambar 7. Desain Sistem kemudi dan Pengereman



Gambar 8. Desain Sistem Kemudi dan Transmisi Mobil Listrik “Ababil”
(Tampak Atas)

Analisa Pengereman

Dalam analisa sistem pengereman ini ada beberapa item yang dianalisis yaitu gaya ketika keadaan berjalan dan waktu pengereman mobil dapat berhenti pada jalan mendatar sebagai berikut :

Sebelum mengetahui nilai F_{rem} tahap pertama yang harus mengetahui nilai perlambatan pengereman

$$a = \frac{V_k^2}{2 \times St}$$

$$= \frac{13,889^2}{2 \times 20}$$

$$= 4,8 \text{ m/s}$$

dimana :

a = perlambatan pengereman (m/s)

Vk = Kecepatan = 50 Km/jam = 13,889 m/s

St = 20 m

$$F_{rem} = F_x \times m + a$$

$$= 76,17 \times 108 + 4,8 = 594,57 \text{ N}$$

dimana

m = Massa total kendaraan = 108 Kg

Fx = Gaya traksi kendaraan = 76,17 N

a = Perlambatan rem (m/s)

waktu pengereman yang dibutuhkan

$$t = \frac{V_k}{a}$$

$$= \frac{50}{4,8} = 2,8 \text{ s}$$

dimana:

t = Waktu pengereman (s)

a = perlambatan pengereman (m/s)

V_k = Kecepatan = 50 Km/jam = 13,889 m/s

Sehingga mobil *prototype* ini membutuhkan gaya sebesar 594,57 N untuk membuat mobil ini berhenti dari 50 Km/jam dengan jarak 20 m dan waktu pengereman 2,8 detik.

Analisa Kemudi

Pada analisa ini perhitungan yang dicari adalah radius belok yang aman untuk mobil listrik *prototype* “Ababil” sebagai berikut :

$$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$$

$$R = \frac{1,8 \text{ m}}{17^\circ} \times 57,29$$

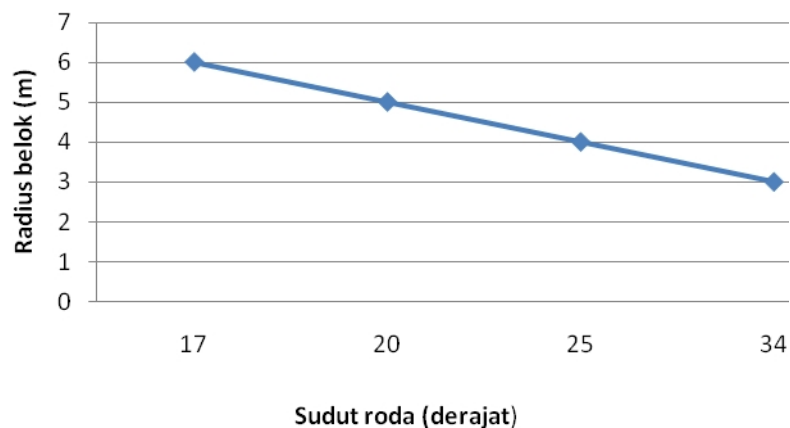
$$= 6,066 \text{ m}$$

$$R = 6 \text{ m (dibulatkan)}$$

Tabel 1. Variasi Sudut Belok

No	Belokan Roda (derajat)	Radius Belok (m)
1	17	6
2	20	5
3	25	4
4	34	3

Tabel di atas adalah tabel variasi belokan roda terhadap radius belok yang terjadi dimana belokan minimal yaitu 17° dan belokan maksimum yaitu 34°



Grafik 1. Sudut Belokan Roda Depan terhadap Radius Belok

Analisa Transmisi

Hasil analisa menggunakan *Timing Light* didapat hasil kecepatan putar pada motor listrik 350 watt sebesar 780,9 rpm. Dari hasil uji coba tersebut dapat menjadi



Gambar 8. Uji Kecepatan RPM Maksimal Tanpa Beban Pada Motor Penggerak

acuan untuk merancang kecepatan mobil listrik tersebut, kecepatan yang dikehendaki adalah 50 Km/jam. Diperlukan kecepatan putar, Roda yang digunakan ring 17 dengan dimensi luar roda 0,482 m. Maka dapat diestimasikan keliling roda atau langkah roda dengan rumus lingkaran sebagai berikut :

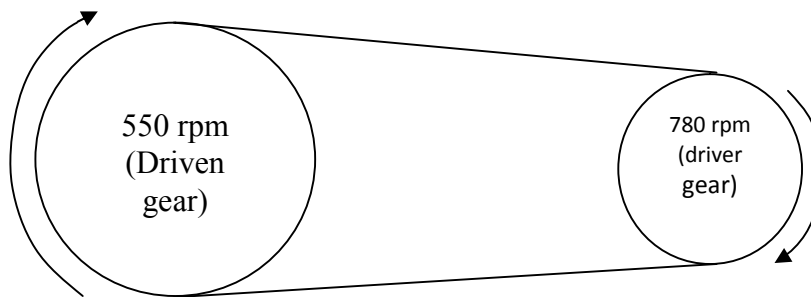
$$\text{Keliling lingkaran} = 3,14 \times D \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling roda penggerak} &= 3,14 \times 0,482 \text{ m} \\ &= 1,513 \text{ m} \end{aligned}$$

jadi dapat disimpulkan 1 langkah putaran mobil listrik adalah 1,513 m. Untuk menghitung kecepatan putar yang dibutuhkan pada motor listrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n &= \frac{50 \times 1000 \text{ m/jam}}{1,513 \text{ m}} \\ n &= \frac{50000 \text{ rotasi/jam}}{1,513 \text{ m}} \\ &= 33046,92 \text{ rotasi/jam} \\ &= \frac{33046,92 \text{ rotasi/jam}}{60 \text{ detik}} \\ &= 550,782 \text{ rpm} \\ &= 550 \text{ rpm (dibulatkan)} \end{aligned}$$

jadi dibutuhkan spesifikasi rpm motor 550 rpm untuk menentukan kecepatan 50 km/jam. Maka dapat dipilih *sprocket* dengan mengetahui rpm penggerak dan yang digerakan.



Gambar 9. Rencana Perbandingan *Sprocket*

Dari keterangan gambar diatas direncanakan rasio gigi yang sesuai yaitu rasio gigi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{N_1}{D_1} = \frac{N_2}{D_2} \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{550}{D_1} = \frac{780}{D_2}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{780}{550}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{78}{55}$$

$$= 1,4$$

Jadi perbandingan gigi yang dipilih adalah 78 *driver gear* dan 55 *driven gear*, karena ketersediaan bahan yang terdapat dipasaran maka untuk *driver gear* menggunakan 34 dan *driven gear* 25 dengan mengadopsi dari gear sepeda BMX khusus Premium. jadi dapat diestimasikan kecepatan mobil melaju adalah sebagai berikut :

$$V = n \times \frac{\text{Sprocket driven}}{\text{Sproket driver}} \times \text{kelilingroda} \dots\dots\dots(6)$$

$$= 780 \text{ rpm} \times \frac{25}{34} \times 1,513$$

$$= 867,75 \text{ rpm} \times \frac{\text{Km}}{\text{jam}}$$

$$= 867,75 \times \frac{60}{1000}$$

$$= \frac{52065}{1000}$$

$$= 52,065 \text{ Km/jam}$$

Jadi dapat diketahui bahwa hasil kecepatan maksimal mobil secara teoritis adalah 52,065 Km/jam. Hasil dari test drive maksimal secara nyata adalah 50 Km/jam. Ini dikarenakan momen inersia yang tersimpan pada beban kendaraan mobil listrik tersebut.

4. KESIMPULAN

Sistem kemudi pada mobil listrik *prototype* “Ababil” memiliki radius belok minimal 3 m pada sudut belok roda 34 °, semakin kecil sudut belok maka semakin panjang radius yang dapat ditempuh. Radius belok maksimal 6 m pada sudut belok 17°. Untuk sistem pengereman mobil *prototype* ini membutuhkan gaya sebesar 594,57 N untuk membuat mobil ini berhenti dari kecepatan 50 Km/jam dengan jarak 20 m dan waktu pengereman 2,8 detik. Sedangkan untuk sistem transmisi *sprocket chain* mobil *prototype* ini tersusun atas motor listrik BLDC, dudukan *gear* ke motor, roda gigi depan (*driver*), roda gigi belakang (*driven*), dudukan *gear* ke poros, lengan ayun, poros roda dan rantai penghubung *gear* (*chain*). Perbandingan *gear ratio* sangat mempengaruhi dalam top speed.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami haturkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta (LPPM UMS) yang telah mendanai penelitian kami melalui program Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS).

REFERENSI

- Cahyo, P.N dan Muliatna, I.M. 2013. Perancangan sistem pengereman hidrolis pada mobil listrik GARNESA. *JRM*, vol. 1, no. 1, pp. 54-56.
- Kontes Mobil Hemat Energi. 2017. Regulasi teknik dan non teknik. Surabaya: Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Khan, D.I., Virtanen, S and Verma, A.K. 2012. Automotive Transmission System Design Based on Reliability Parameters. *Journal of Reliability and Statistical Studies*, vol. 5, no 2, pp. 59-76.
- Kurniawan, B dan Wulandari, D. 2013. Rancang bangun sistem suspensi double wishbone pada mobil listrik Garnesa. *JRM*, vol. 1, no. 1, pp. 50-53.
- Mamahit, J.F., Tangkuman, S dan Rembet, M. 2016. Perancangan sistem kemudi gokar listrik. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 22-33.
- Noviyanti, A.R., Yuliyanti, Y.B dan Eddy, D.A. 2016. Struktur dan morfologi elektrolit apatit lantanum silikat berbahan dasar silika sekam padi, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 1-6.
- Prasetyo, D.M dan Budijono, A.P. 2013. Rancang bangun sistem transmisi sprocket chain pada mobil listrik GARNESA. *JRM*, vol. 1, no. 1, pp. 63-74.
- Reddy, V.C., Reddy, M.G., and Gowd, H. 2013. Modeling And Analysis of FSAE Car Disc Brake Using FEM. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 3, no. 9, pp. 383-389.
- Segara, N.B. 2015. Education for sustainable development (ESD) sebuah upaya mewujudkan kelestarian lingkungan. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, vol.2, no.1, pp. 22-30.
- Suyono, A dan Arsana, I.M. 2013. Rancang Bangun Sistem Kemudi Manual pada Mobil Listrik Garuda Unesa. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 01, no. 2, pp. 187-195