

## ANALISA MANAJEMEN ENERGI MOBIL LISTRIK GARNESA BERBASIS PEMODELAN SIMULASI NUMERIK

**Bidya Nur Habib**

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

**Agung Prijo Budijono**

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

### Abstrak

Merancang mobil listrik untuk berkompetisi pada KMHE harus berpedoman pada regulasi teknis KMHE dan konstruksi stabilitas kendaraan. Salah satu bagian yang perlu diperhatikan ketika merancang kendaraan adalah Sistem Mekanis Roda (*Rotational Mechanical System*). Sistem ini meliputi, roda, transmisi (*gear connection* / roda gigi), rotor motor listrik dan poros. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh manajemen energi kendaraan terhadap strategi berkendara pengemudi selama kompetisi KMHE berlangsung. Hal ini berbasis pemodelan Sistem Mekanis Roda, Analisa Sistem Dinamik dan *Free Body Diagram*nya. Metode yang digunakan adalah berbasis Pemodelan Simulasi Numerik menggunakan software MATLAB. Parameter data yang digunakan adalah berdasarkan variabel bebas dan variabel kontrol penelitian. Variabel bebas penelitian ini adalah kecepatan sudut ( $V\omega$ ), kecepatan linear ( $v$ ) kendaraan, nilai koefisien gesek ( $B$ ), kekakuan poros ( $K$ ), diameter roda, diameter roda gigi, massa roda dan momen inersia roda. Variabel kontrol adalah Regulasi Teknis Mobil *Urban Concept* KMHE. Uji Simulasi Numerik ini untuk mengetahui daya listrik yang dibutuhkan, waktu tempuh dan jarak tempuh kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan energi listrik mobil GARNESA dengan pemilihan kecepatan rata – rata 9,42 m/s berbasis kecepatan maksimal 10,15 m/s dan kecepatan minimal 8,70 m/s memerlukan daya listrik sebesar 248,15 Watt. Waktu tempuh sebesar 180 detik dalam satu putaran lintasan. Jarak tempuh yang dihasilkan sebesar 1357 m. Strategi berkendara pengemudi berbasis kecepatan rata – rata 9,42 m/s mengkonsumsi daya lebih hemat dan jarak tempuh yang didapatkan lebih jauh.

**Kata Kunci:** Manajemen Energi, KMHE, Simulasi Numerik, *Free Body Diagram* (FBD).

### Abstract

Designing an electric car to compete with KMHE should be guided by Vehicle Construction and Stability. One of the areas to consider when designing at the research and development stage is the Mechanical Mechanical System (*Rotational Mechanical System*). These systems include, wheels, transmissions (*gear connections*), electric motor rotors and shafts. The purpose of this study was to determine the effect of vehicle energy management on driver driving strategies during the KMHE competition. This is based on Wheel Mechanical System modeling, Dynamic System Analysis and Free Body Diagram. The method used is based on Numerical Simulation Modeling using MATLAB software. The data parameters used are based on independent variables and control variables. The independent variable of this study is the angular velocity ( $V\omega$ ), linear velocity ( $v$ ) of the vehicle, friction coefficient value ( $B$ ), shaft stiffness ( $K$ ), wheel diameter, gear diameter, wheel mass and moment inertia of the wheel. Control variables is technical regulation of KMHE *Urban Concept*. This Numerical Simulation Test is to determine the required electrical power, travel time and distance of the vehicle. The results showed that the energy needed by GARNESA electric car with an average speed selection of 9.42 m/s based on a maximum speed of 10.15 m/s and a minimum speed of 8.70 m/s requires the amount of power 248.15 Watt. Travel time is 180 seconds in one lap. The distance obtained is 1357 m. Driving strategy based on average speed of 9.42 m/s consumes less power and the distance obtained will be more far.

**Keywords:** Energy Management, KMHE, Numerical Simulation, Free Body Diagram (FBD).

### PENDAHULUAN

Hal yang menyebabkan mobil listrik menjadi segmen utama pasar pada saat ini dan mendatang karena memiliki kelebihan yang signifikan. Berbagai kelebihan yang dimiliki oleh kendaraan ini antara lain, *Mobil listrik*

*mempunyai efisiensi yang lebih besar dibandingkan mobil konvensional*. Efisiensi keseluruhan mobil listrik adalah 48 persen, secara signifikan lebih baik dibandingkan dengan mobil berbahan bakar konvensional yang mencapai efisiensi sekitar 25%. *Mesin mobil listrik sangat halus* sehingga mereka tidak menyebabkan masalah polusi

suara. *Biaya isi ulang mobil listrik juga sangat terjangkau.* Rata-rata mobil listrik memerlukan biaya isi ulang 2 sen per mil dibandingkan dengan 12 sen per mil pada kendaraan berbahan bakar konvensional. *Masa pakai motor mobil listrik diperkirakan sekitar 90 tahun,* jika dikendarai sejauh lima puluh mil (sekitar 80 km) per hari. *Mobil listrik juga memiliki biaya pemeliharaan yang lebih rendah* dibandingkan dengan mobil berbahan bakar konvensional karena mobil listrik hanya memiliki sekitar 5 bagian di motornya, dibandingkan dengan mobil tradisional yang memiliki ratusan komponen dalam mesin pembakaran internal.

Namun, jenis kendaraan ini juga tetap memiliki kelemahan. Beberapa kelemahan mobil listrik adalah, Harga baterai mobil listrik masih tinggi, lebih dari \$10.000 (sekitar Rp.130.000.000). Baterai yang mahal ini masih menjadi alasan utama di balik tingginya harga mobil listrik secara keseluruhan. Tipe mobil listrik masih terbatas dan juga mengisi ulang daya secara signifikan lebih lama (8 – 9 jam) dibandingkan dengan proses yang relatif cepat pada pengisian bahan bakar ke tangki pada mobil tradisional. Mobil listrik yang digunakan dalam iklim yang lebih dingin memerlukan banyak energi untuk memanaskan interior dan *defrost* jendela. Pada kendaraan yang menggunakan BBM, proses pembakaran sudah mentransfer panas dari mesin, sedangkan pada mobil listrik pemanas membutuhkan energi ekstra dari baterai mobil. Di Negara kita, jenis kendaraan ini juga telah dikembangkan. Salah satu upaya yang dilakukan oleh Kemenristek DIKTI adalah dengan mengadakan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) tiap tahunnya yang melibatkan seluruh Perguruan Tinggi di Indonesia. Garuda Unesa (GARNESA) adalah mobil listrik jenis *Urban Concept* yang dikembangkan oleh UNESA untuk berpartisipasi dalam kegiatan KMHE tersebut. Kemampuan dalam merancang dan membangun kendaraan yang irit, aman dan ramah lingkungan merupakan syarat wajib yang harus dimiliki oleh Tim yang bersangkutan. Merancang mobil listrik harus berpedoman pada *Konstruksi dan Stabilitas Kendaraan*.

Beberapa penelitian dilakukan terkait pengembangan mobil listrik diantaranya, Herry (2014) mengkaji KERS kendaraan hybrid. Penelitian ini berisi tentang studi numerik manajemen energi KERS dengan software numerik. Hasil penelitian ini adalah Dari hasil simulasi diperoleh bahwa besarnya arus yang keluar dari generator sebesar 93 A pada saat *engine* dalam keadaan optimum. Sedangkan arus maksimum yang dihasilkan dari empat kali pengereman sebesar 17,25 A, 100 A, 118,8 A, dan 122,5 A. Dari simulasi ini didapatkan juga bahwa sistem kendali yang dirancang untuk motor dan roda sesuai dengan kriteria yang diinginkan yaitu dengan *rise time* dapat dicapai dalam waktu 1,39 detik, *overshoot* sebesar

8% dan *settling time* yang dicapai sistem adalah 13,9 detik.

Penelitian tentang mobil listrik juga pernah dilakukan oleh Muhammad Tadjuddin et al (2017). Penelitiannya berisi tentang Strategi Mengemudi Mobil Listrik. Pada strategi I menghabiskan daya sebesar 105,08 km/kwh dengan waktu tempuh 24,83 menit, pada strategi II menghabiskan daya sebesar 144,17 km/kwh dengan waktu tempuh 28,83 menit, dan pada strategi III menghabiskan daya sebesar 119,448 km/kwh dengan waktu tempuh 23,2 menit.

Penelitian tentang handling mobil listrik dilakukan oleh Pamungkas et al (2015). Hasil penelitian diperoleh model yang dirancang mampu menggambarkan perilaku dinamik *handling* mobil listrik Smart – EV.2 dengan kesalahan respon antara 5 – 15 %. Besarnya nilai maksimum percepatan longitudinal dan *pitch rate* pada manuver *sudden braking* adalah  $4.3 \text{ m/s}^2$  dan 9 derajat/s sedangkan pada *sudden acceleration* adalah  $3 \text{ m/s}^2$  dan 4.8 derajat/s. Waktu yang dibutuhkan untuk berhenti dari kecepatan 60 km/jam adalah 4 detik dengan jarak pengereman 32.4 m.

Mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah disebutkan diatas, salah satu bagian yang perlu diperhatikan pada tahap riset dan pengembangan adalah Sistem Rotasi Mekanis (*Rotational Mechanical System*). Sistem ini meliputi, roda, transmisi (*gear connection / roda gigi*), rotor motor listrik dan poros. Sistem Rotasi didesain agar pengemudi (*driver*) dapat melakukan akselerasi dan deselerasi sesuai keinginan ketika perlombaan KMHE berlangsung sebagai bentuk dari strategi berkendara *driver*. Dalam merancang Sistem Rotasi Kendaraan harus mengacu pada Pedoman Ketentuan Lomba KMHE dan konstruksi kendaraan. Bentuk analisa sistem dapat dilakukan dengan metode simulasi. Analisa secara perhitungan dan simulasi membantu peneliti dalam menggambarkan spesifikasi kendaraan terhadap kebutuhan energy listrik saat berkendara.

## METODE

Metode yang digunakan adalah berbasis Pemodelan Simulasi Numerik menggunakan software MATLAB. Simulasi yang dilakukan melalui pemodelan Sistem Mekanis Roda, Analisa Sistem Dinamik dan *Free Body Diagram* (FBD). Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

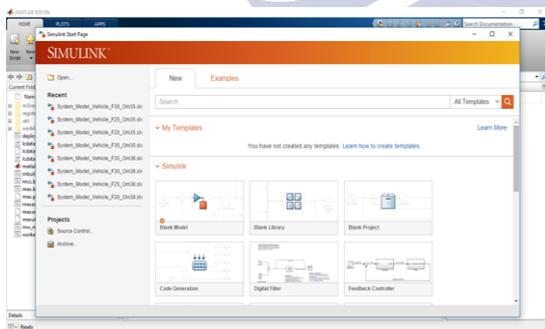
- Variabel Bebas  
Variabel bebas (variabel prediktor) dapat disebut penyebab. Variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor-faktor yang diobservasi. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi kecepatan sudut kendaraan ( $V\omega$ ), variasi kecepatan linear kendaraan ( $v$ ), momen

inersia motor, roda gigi dan roda kendaraan, kekakuan poros (K) dan koefisien gesek (B).

- Variabel Terikat  
Variabel Terikat (Variabel Respon) disebut juga obyek penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kebutuhan konsumsi Energi Listrik (**Kebutuhan Daya**), waktu tempuh berkendara dan jarak tempuh berkendara.
- 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 :
  - Kecepatan rata – rata kendaraan adalah  $8,41 \text{ m/s} < n > 9,57 \text{ m/s}$ .
  - Waktu tempuh berkendara dalam satu kali putaran (1x lap) maksimal 3 menit atau 180 detik.
  - Daya Motor Listrik BLDC adalah 500Watt.
  - Tegangan Baterai 48V
  - Diameter roda adalah 0,58m dan jari-jari roda adalah 0,29m.
  - Berat total kendaraan (W) adalah 150,7 kg (termasuk berat bodi, sasis dan driver).
  - Massa roda adalah 37,68 kg.
  - Input sinyal data pada Blok Diagram Simulink adalah “Step”.

### Instrumen Penelitian

- Software MATLAB



**Gambar 1.** Simulink – MATLAB

Digunakan untuk membuat diagram blok Simulink yang dapat menghasilkan data – data numerik berbasis dinamik (perubahan waktu). Selain itu, untuk menampilkan hasil plot Simulasi yang sudah dilakukan.

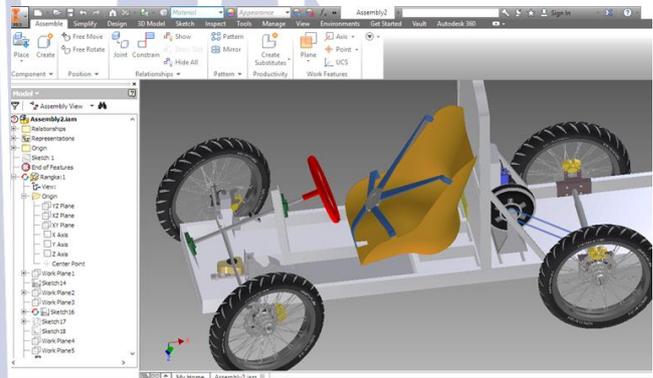
- Regulasi Teknis Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2016.



**Gambar 2.** Regulasi Teknis KMHE 2016

Regulasi teknis digunakan sebagai pedoman dan validator dalam merancang serta menentukan spesifikasi mobil listrik GARNESA.

- Autodesk Inventor



**Gambar 3.** Autodesk Inventor

Autodesk Inventor digunakan untuk mendesain kendaraan dan komponennya untuk mendapatkan objek (model) yang diinginkan sesuai ketentuan teknis regulasi KMHE 2016.

### Teknik Pengumpulan Data

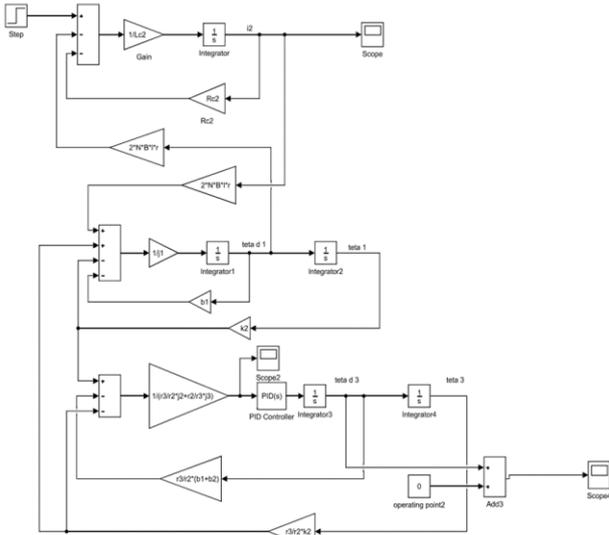
Pengambilan data merupakan suatu proses yang penting dalam mencapai tujuan penelitian. Data dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan *input* data pada Software MATLAB. Data-data yang di perlukan adalah yang sesuai dengan parameter variabel bebas dan variabel kontrol yang telah dirancang.

### Analisis Data

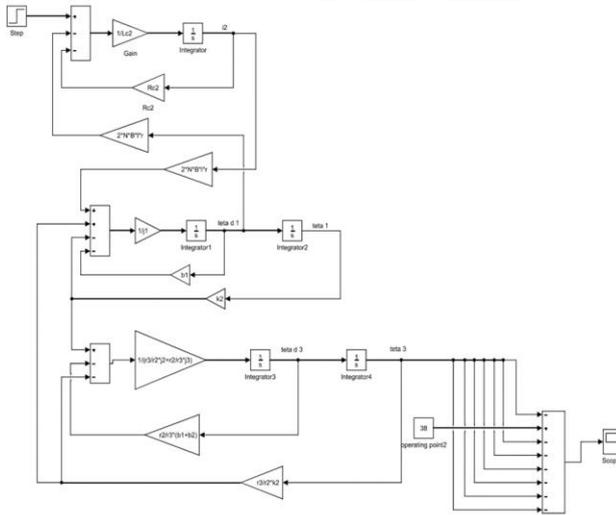
Teknik yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari setiap perubahan yang terjadi melalui percobaan Simulasi secara langsung, dimana hasilnya berupa data kuantitatif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

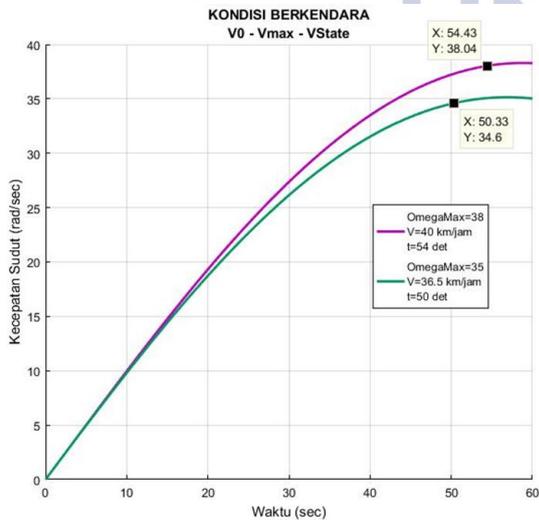
**Blok Diagram Simulink**



**Gambar 4.** Blok Diagram Akselerasi

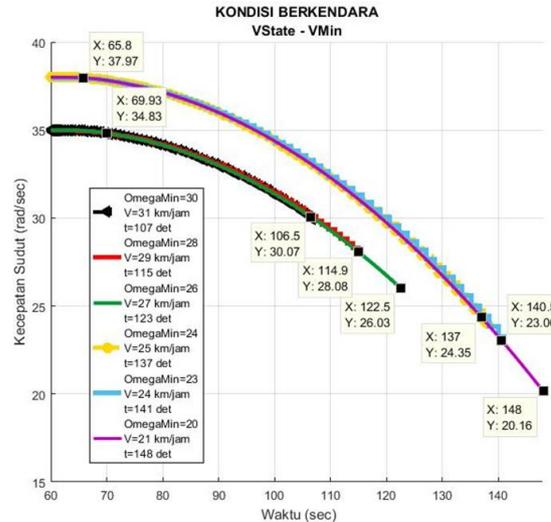


**Gambar 5.** Blok Diagram Deselerasi



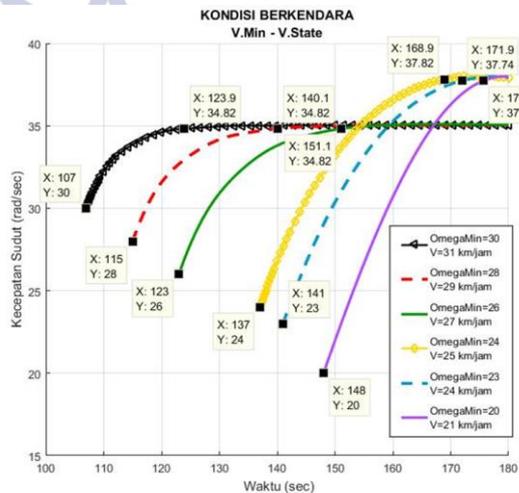
**Gambar 6.** Hasil Simulasi Kondisi Berkendara dengan V.ω 38 dan V.ω 35

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa bila pengemudi mobil listrik GARNESA memberikan input injakan hingga mencapai V.Maks 38 rad/sec (11,02 m/s) memerlukan waktu 54.43 sec. Sebaliknya V.Maks 35 rad/sec (10,15 m/s) ditempuh dalam waktu 50.33 sec. Perbedaan waktu tempuh bila pengemudi menginjak pedal gas hingga kecepatan maksimal 11,02 m/s dan 10,15 m/s sebesar 4.13 sec.



**Gambar 7.** Kondisi Berkendara dengan V.maks ω38 – V.min.ω 24, 23, 20 dan V.maks ω 35 – V.min.ω 30,28,26.

Kondisi V.state dengan V.maks ω38 rad/sec (11,02 m/s) adalah selama 11,37 sec. Sedangkan kondisi V.state dengan V.maks ω35 rad/sec (10,15 m/s) adalah selama 19.67 sec. Waktu yang diperlukan dari V.state ω38 rad/sec hingga ke V.min ω24 rad/sec (6,96 m/s) sebesar 71.2 sec. Waktu yang diperlukan dari V.State ω38 rad/sec hingga V.min ω23 rad/sec (6,67 m/s) sebesar 75.2 sec. Waktu yang diperlukan dari V.state ω38 rad/sec hingga V.min ω20 rad/sec (5,8 m/s) sebesar 82.2 sec.



**Gambar 8.** Kondisi Berkendara dari V.Min ω hingga V.State ω.

V.min  $\omega_{20}$  menuju V.maks  $\omega_{38}$  selama berkendara sebesar 28 sec. Sedangkan V.maks menjadi V.state memerlukan waktu 4 sec. Waktu yang dibutuhkan dari V.min  $\omega_{23}$  menuju V.maks  $\omega_{38}$  sebesar 31 sec. Sedangkan V.Maks menjadi V.state memerlukan waktu 8 sec. Waktu yang dibutuhkan dari V.min  $\omega_{24}$  menuju V.maks  $\omega_{38}$  sebesar 32 sec dan dari V.maks menjadi V.state memerlukan waktu 11 sec. V.min  $\omega_{26}$  menuju V.maks  $\omega_{35}$  selama berkendara sebesar 28 sec. Sedangkan V.maks menjadi V.state memerlukan waktu 29 sec. V.min  $\omega_{28}$  menuju V.maks  $\omega_{35}$  selama berkendara sebesar 25 sec. Sedangkan V.maks menjadi V.state memerlukan waktu 40 sec. V.min  $\omega_{30}$  menuju V.maks  $\omega_{35}$  selama berkendara sebesar 17 sec. Sedangkan V.maks menjadi V.state memerlukan waktu 56 sec.

**Tabel 1.**Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{38}$  dan Vmin  $\omega_{24}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 38	0	- 11.02	0	- 54,4	599,82	18,84	1143,82	96,19	2,00
Δ	38		11,02		54,4						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	54,4	- 65,8					
Δ	0		0,00		11,4		125,30	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>11,37</b>						
Vstate - Vmin	38	- 24	11,02	- 6,96	65,8	- 137	289,07	18,84	155,25	13,06	0,27
Δ	14		4,06		71,2						
Vmin - Vmaks	24	- 38	6,96	- 11,02	137	- 169	129,92	18,84	155,25	13,06	0,27
Δ	14		4,06		32						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	169	- 180					
Δ	0		0,00		11		121,22	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>11</b>						

**Tabel 2.**Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{38}$  dan Vmin  $\omega_{23}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 38	0	- 11,02	0	- 54,4	599,82	18,84	1143,82	96,19	2,00
Δ	38		11,02		54,4						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	54,4	- 65,8					
Δ	0		0,00		11,4		125,30	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>11,37</b>						
Vstate - Vmin	38	- 23	11,02	- 6,67	65,8	- 141	327,12	18,84	178,23	14,99	0,31
Δ	15		4,35		75,2						
Vmin - Vmaks	23	- 38	6,67	- 11,02	141	- 172	134,85	18,84	178,23	14,99	0,31
Δ	15		4,35		31						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	172	- 180					
Δ	0		0,00		8		88,16	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>8</b>						

**Tabel 3.**Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{38}$  dan Vmin  $\omega_{20}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 38	0	- 11,02	0	- 54,4	599,82	18,84	1143,82	96,19	2,00
Δ	38		11,02		54,4						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	54,4	- 65,8					
Δ	0		0,00		11,4		125,30	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>11,37</b>						
Vstate - Vmin	38	- 20	11,02	- 5,80	65,8	- 148	429,08	18,84	256,65	21,58	0,45
Δ	18		5,22		82,2						
Vmin - Vmaks	20	- 38	5,80	- 11,02	148	- 176	146,16	18,84	256,65	21,58	0,45
Δ	18		5,22		28						
Vmaks - Vstate	38	- 38	11,02	- 11,02	176	- 180					
Δ	0		0,00		4		44,08	18,84	1143,82	96,19	2,00
<b>Total Vstate</b>	<b>38</b>		<b>11,02</b>		<b>4</b>						

**Tabel 4.** Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{35}$  dan Vmin  $\omega_{30}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 35	0	- 10,15	0	- 50,3	510,85	18,84	970,34	81,61	1,70
Δ	35		10,15		50,3						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	50,3	- 70					
Δ	0		0,00		19,7		199,65	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>19,67</b>						
Vstate - Vmin	35	- 30	10,15	- 8,70	70	- 107	53,65	18,84	19,80	1,67	0,03
Δ	5		1,45		37						
Vmin - Vmaks	30	- 35	8,70	- 10,15	107	- 124	24,65	18,84	19,80	1,67	0,03
Δ	5		1,45		17						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	124	- 180					
Δ	0		0,00		56		568,40	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>56</b>						

**Tabel 5.**Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{35}$  dan Vmin  $\omega_{28}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 35	0	- 10,15	0	- 50,3	510,85	18,84	970,34	81,61	1,70
Δ	35		10,15		50,3						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	50,3	- 70					
Δ	0		0,00		19,7		199,65	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>19,67</b>						
Vstate - Vmin	35	- 28	10,15	- 8,12	70	- 115	91,35	18,84	38,81	3,26	0,07
Δ	7		2,03		45						
Vmin - Vmaks	28	- 35	8,12	- 10,15	115	- 140	50,75	18,84	38,81	3,26	0,07
Δ	7		2,03		25						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	140	- 180					
Δ	0		0,00		40		406,00	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>40</b>						

**Tabel 6.**Data kebutuhan energi Vmax  $\omega_{35}$  dan Vmin  $\omega_{26}$

Kondisi Berkendara	V <sub>0</sub>		V <sub>linear</sub>		Waktu (t)		S	Inersia (I)	Kinetik (E)	Daya (P)	Arus (I)
	(rad/sec)	(m/s)	(s)	1x (m)	Kgm <sup>2</sup>	Joule					
0 - Vmaks	0	- 35	0	- 10,15	0	- 50,3	510,85	18,84	970,34	81,61	1,70
Δ	35		10,15		50,3						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	50,3	- 70					
Δ	0		0,00		19,7		199,65	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>19,67</b>						
Vstate - Vmin	35	- 26	10,15	- 7,54	70	- 123	138,33	18,84	64,16	5,40	0,11
Δ	9		2,61		53						
Vmin - Vmaks	26	- 35	7,54	- 10,15	123	- 151	73,08	18,84	64,16	5,40	0,11
Δ	9		2,61		28						
Vmaks - Vstate	35	- 35	10,15	- 10,15	151	- 180					
Δ	0		0,00		29		294,35	18,84	970,34	81,61	1,70
<b>Total Vstate</b>	<b>35</b>		<b>10,15</b>		<b>29</b>						

**Tabel 7.** Rekapitulasi Hasil Simulasi Simulink MATLAB

V.Maks (m/s)	V.Min (m/s)	V.Average (m/s)	Total Daya (Watt)	Arus (A)	Total Jarak (m)	Total Waktu (s)
11,02 m/s	6,96 m/s	8,99 m/s	314,70 W	6,56 A	1265 m	180 s
	6,67 m/s	8,85 m/s	318,56 W	6,64 A	1275 m	180 s
	5,8 m/s	8,41 m/s	331,75 W	6,91 A	1344 m	180 s

V.Maks (m/s)	V.Min (m/s)	V.Average (m/s)	Total Daya (Watt)	Arus (A)	Total Jarak (m)	Total Waktu (s)
10,15 m/s	8,7 m/s	9,42 m/s	248,15 W	5,17	1357 m	180 s
	8,12 m/s	9,13 m/s	251,35 W	5,24	1259 m	180 s
	7,54 m/s	8,84 m/s	255,61 W	5,33	1216 m	180 s

**PENUTUP**

**Simpulan**

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

- Manajemen energi mobil listrik dapat dianalisa menggunakan Pemodelan Sistem Mekanika Rotasi (*Rotational Mechanical System*) melalui

persamaan matematis sistem rotasi dan *Free Body Diagram* (FBD) sistem rotasi.

- Analisa energi mobil listrik dapat disimulasikan dengan Blok Diagram Simulink MATLAB. Blok diagram Simulink dibentuk berdasarkan persamaan matematis sistem mekanika rotasi yang ada.
- Kebutuhan energi listrik mobil GARNESA dengan pemilihan kecepatan rata – rata 9,42 m/s berbasis kecepatan maksimal 10,15 m/s dan kecepatan minimal 8,70 m/s adalah 248,15 Watt (waktu tempuh 180 detik / lap). Jarak tempuh sebesar 1357 m.
- Strategi berkendara pengemudi berbasis kecepatan rata – rata 9,42 m/s mengkonsumsi daya lebih hemat dan jarak tempuh yang didapatkan lebih jauh.

### Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran sebagai berikut :

- Strategi berkendara dengan pertimbangan pemilihan kecepatan maksimal dan minimal akan berdampak pada kecepatan rata- rata, kebutuhan energi listrik dan jarak tempuh kendaraan. Sebaiknya pemilihan kecepatan maksimal dan minimal tidak memiliki delta ( $\Delta v$ ) yang tinggi. Semakin rendah delta ( $\Delta v$ ), semakin jauh jarak tempuh kendaraan.
- Data yang disajikan bersifat informatif bagi pengemudi Mobil Listrik GARNESA. Untuk eksperimen simulasi tentang variasi kecepatan rata – rata yang lain diperlukan pada penelitian selanjutnya. Hal ini untuk menambah data informatif yang ada.

Google. 2017. Energy Conversion Efficiency. Dikutip tanggal 30 Maret 2017 dari : [https://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_conversion\\_efficiency](https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_conversion_efficiency).

Google. 2017. Matlab Simulink. Dikutip tanggal 30 Maret 2017 dari : <http://www.pointopoin.com/2016/09/mengenal-simulink-sebagai-simulasi.html>.

Herry Sufyan Hadi ; “Studi Numerik Manajemen Energi Pada Kendaraan Hybrid dengan KERS”, Teknik Master, Teknik Mesin, FTI – ITS, Surabaya 2014.

Jundulloh Muhammad et al (2017). *Pemodelan dan Analisa Antilock Braking System (ABS) Pada Military Vehicle Studi Kasus Panser Anoa APC 6X6*. Jurnal Teknik ITS Vol. 6 No 2. 2337-3520 (2301-928X Print).

N.Sutantra ; “Teknologi Otomotif ”, edisi 2, Guna Widya, Surabaya, 2010.

Pamungkas et al (2015). *Pemodelan dan Simulasi Dinamika Handling Mobil Listrik UNS Generasi II*. Proceeding Seminar Internasional Teknik Mesin XIV.

Sten Karlsson, Jaga OP, Maury SK (2013). *Modeling and control strategies for energy management system in electric vehicles*. *Perspect Sci* 2006;8:358 – 360.

Tadjudin Muhammad et al (2017). *Strategi Mengemudi Mobil Listrik Pada Kontes Mobil Hemat Energi(KMHE)*. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XVI (SNTTM XVI) 5-6 Oktober 2017.

Xi Mi Zhang (2011) Wavelet based power management of hybrid electric vehicles with multiple onboard power sources. *J Power Sour* 185:1533–1543.

### DAFTAR PUSTAKA

Close, Frederick, Newell ; “*Modeling and Analysis of Dynamics Systems*”, third edition, John Willey and Sons.Inc, America, 2002.

Google. 2017. Keunggulan dan Kelemahan Mobil Listrik. Dikutip tanggal 30 Maret 2017 dari : <http://www.indoenergi.com/2012/04/keunggulan-dan-kelemahan-mobil-listrik.html>

Google. 2017. Produsen Mobil Listrik Dunia. Dikutip tanggal 30 Maret 2017 dari : <https://www.otomaniac.com/mobil-listrik-terbaik-di-dunia/>.

Google. 2017. Energy Requirement for Driving. Dikutip tanggal 30 Maret 2017 dari : <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv-ev.shtml>.