

# Pemodelan dan Simulasi Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua Guna Memaksimalkan Performa di *World Solar Challenge 2015*.

Siti Choirun Nisa, Muhammad Nur Yuniarto dan Sutikno  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: mnur@me.its.ac.id

**Abstrak**—Pemodelan dan simulasi Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua menggunakan *software MATLAB/Simulink* berdasarkan dari properties dan parameter yang sudah disesuaikan dengan mobil yang akan dibuat. Pemodelan yang dilakukan sudah hampir mendekati kondisi nyatanya. Seperti contohnya pemodelan *driving cycle* disesuaikan dengan rute beserta dengan limit kecepatan yang berlaku di Australia sepanjang 3021 kilometer, kemudian juga untuk daya yang dibangkitkan oleh sel surya sudah disesuaikan dengan letak geografis benua Australia dan kota-kota yang dilalui pada saat perlombaan. Selain itu dinamika kendaraan juga dimodelkan sehingga diketahui gaya traksi kendaraan, daya, torsi, rpm, serta energi yang dibutuhkan oleh Mobil Sapu Angin Surya generasi kedua. Dari hasil penelitian akan didapatkan konsumsi energi setiap harinya beserta spesifikasi motor listrik yang dibutuhkan. Oleh sebab itu dapat diketahui cukup atau tidak energi yang tersedia dari baterai dan sel surya, sehingga dapat ditentukan strategi apa yang akan digunakan.

**Kata Kunci**—pemodelan dan simulasi, *MATLAB/Simulink*, mobil surya, konsumsi energi

## I. PENDAHULUAN

*The World Energy Forum* memprediksi bahwa cadangan energi fosil berupa minyak bumi, batu bara dan gas alam akan habis terpakai kurang dari 10 dekade. Menurut data yang diperoleh bahwa lebih dari 79% energi utama yang dikonsumsi di seluruh dunia berasal dari bahan bakar fosil, dan 57,7% nya digunakan dalam sector transportasi. Pemakaian Sumber Daya Alam dan sumber tenaga konvensional menjadi solusi mendesak dan pembuatan kebijakan terus mencari solusi dalam pemanfaatan sumber daya energi alternative. Sumber Daya Alam yang dapat diperbarui merupakan satu-satunya pilihan yang dipilih untuk dikembangkan dengan serius karena sumber daya ini dapat diperbarui dan tidak akan habis terhadap fungsi waktu. Salah satu sumber daya alam yang menjanjikan untuk dimanfaatkan adalah energi surya. Oleh sebab itu, di era sekarang banyak industry otomotif yang mengembangkan dan membuat alat transportasi dengan bahan bakar energi surya.

Di tahun 2013 Institut Teknologi Sepuluh Nopember mencoba membuktikan eksistensinya dalam pengembangan sumber daya alam yang dapat diperbarui di sector transportasi dengan membuat mobil bertenaga surya yang dinamakan Sapu Angin Surya. Mobil tersebut juga diikuti dalam perlombaan bertaraf internasional yaitu *World Solar Challenge 2013* di Australia. Pada perlombaan tersebut mengharuskan mobil bertenaga surya untuk menempuh jarak sejauh 3000 km dari Darwin ke Adelaide tanpa bantuan pengisian daya ataupun dengan cara-cara lain. Di perlombaan

tersebut tim ITS hanya berhasil menempuh jarak 784 km dari 3000 km dan sisanya mobil Sapu Angin Surya mencapai garis finish dengan bantuan trailer.



Gambar I. Rute *World Solar Challenge 2013* sejauh 3000 km (Sharp-World, 2011)



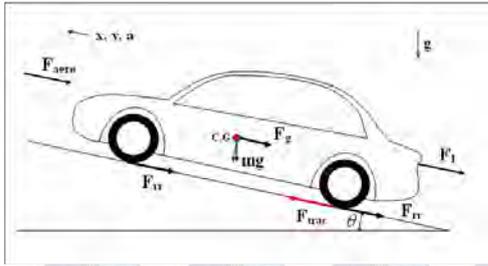
Gambar 2. Sapu Angin Surya Generasi Pertama (<http://www.worldsolarchallenge.org>)

Berbagai kendala dan kesulitan dialami Sapu Angin Surya saat perlombaan menyebabkan hasil yang kurang maksimal. Melalui laporan Tugas Akhir ini, dibuat sebuah pemodelan dan simulasi jalannya kendaraan dengan cara mengemudi yang telah ditentukan (*racing strategy*), berdasarkan properti Sapu Angin Surya generasi kedua dan data medan yang dilalui. Simulasi dan pemodelan ini akan mengevaluasi tingkat konsumsi energi menggunakan *MATLAB/Simulink*. Dengan simulasi ini, didapat prediksi jumlah konsumsi energi yang mampu dicapai Sapu Angin Surya generasi kedua dan juga diharapkan akan memperoleh hasil yang maksimal dalam *World Solar Challenge 2015*.

## II. DASAR TEORI

### A. Dinamika Kendaraan

Sebuah kendaraan akan mengalami gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kendaraan yang sejajar dengan arah akselerasi dapat dijabarkan dalam gambar berikut.



Gambar 3. Dinamika Kendaraan.

$F_{traksi}$  adalah gaya dorong kendaraan oleh mesin pada roda penggerak. Dalam tujuannya memenuhi *driving demand*, gaya ini dihambat oleh gaya hambat kendaraan. Gaya hambat pada kendaraan dapat dijabarkan dalam tiga macam gaya. Pertama adalah gaya hambat karena udara. Gaya ini disebut *drag force*. Besarnya gaya ini dipengaruhi oleh *massa jenis udara* ( $\rho$ ), *luas frontal area* ( $A$ ), koefisien *drag* ( $C$ ), dan kecepatan kendaraan ( $V$ ).

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V^2 \quad \dots(1)$$

Gaya yang kedua adalah *rolling resistant*. Yaitu gaya hambat karena gesekan ban dengan jalan. Besarnya gaya ini dipengaruhi oleh koefisien *rolling* ( $C_r$ ), *massa kendaraan* ( $m$ ), *percepatan gravitasi* ( $g$ ), dan sudut tanjakan kendaraan ( $\theta$ ).

$$F_{rolling} = C_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad \dots(2)$$

Gaya yang ketiga adalah gaya hambat karena sudut kemiringan jalan. Besar gaya ini dipengaruhi oleh berat kendaraan dan sudut kemiringan jalan

$$F_{grade} = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad \dots(3)$$

**B. Sel Surya**

Perhitungan dari radiasi sel surya di setiap tempat dan setiap waktu dapat diketahui untuk mengestimasi energi surya yang dapat diserap selama perlombaan. Parameter utama dalam perhitungan energi surya, antara lain :

- Tanggal (month M, day D)
- Waktu setempat (Hour Hr, Menit Mn)
- Zona waktu (Tz in hours, East/West or Greenwich)
- Latitude ( $\phi$ ) : lokasi angular di sebelah utara atau selatan garis khatulistiwa;  $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$
- Longitude (Lng degrees, East or West)

Perhitungan energi surya diasumsikan pada kondisi yang cerah dan terang, dan tidak dipengaruhi oleh cuaca sebenarnya. Algoritma perhitungan prosesnya sebagai berikut :

1) Pertama adalah menghitung the day of the year N  
 Define  $B = (N-1)360/365 \quad \dots(4)$   
 dimana N adalah hari ke dalam satu tahun

2) Menemukan standard meridian  
 $L_{st} = (\text{Perbedaan waktu dalam jam } T_z) * 15 \quad \dots(5)$   
 jika timur  $L_{st} = 360 - L_{st} \quad \dots(6)$

3) Menghitung waktu lokal  
 $T_s = \text{Waktu standard} + 4(L_{st} - \text{Longitude}) + E \quad \dots(7)$

$$E = 229.2 (0.000075 + 0.001868 \cos(B) - 0.032077 \sin(B) + 0.01461 \cos(2B) - 0.04089 \sin(2B)) \quad \dots(8)$$

4) Menghitung  $\omega$  : Sudut jam (waktu matahari dalam sudut terhitung 15 derajat setiap jam terhitung dari jam 12 siang, pagi negatif)  
 $\omega = \text{jika } a.m \{(12:00 - T_s) * 15 \text{ per jam}\} \text{ kemudian } \{T_s * 15 \text{ per jam}\} \quad \dots(9)$

5) Menghitung sudut deklinasi matahari  
 $\delta = 23.45 \sin(360((284+N)/365)) \quad \dots(10)$

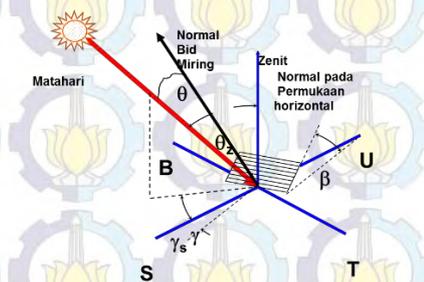
6) Energi bangkitan matahari  $G_{so} = 1367 \text{ watt/m}^2$   
 Jadi energi yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dapat dihitung  
 $G_{s1} = G_{so}(1 + 0.33 * \cos(360N/365)) \quad \dots(11)$

Rata-rata energi surya setiap hari  
 $Hd = (24 * 3600 / \pi) * G_{s1}(\cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + (\pi * \omega_s / 180) \sin(\phi) \sin(\delta)) \quad \dots(12)$

Dimana  $\omega_s$  adalah sudut jam matahari terbenam alam derajat  
 $\cos(\omega_s) = -\tan(\phi) \tan(\delta) \quad \dots(13)$

Energi bangkitan sel surya  
 $I_A = (24 * 3600 / \pi) G_{s1}(\cos(\phi) \cos(\delta) (\sin(\omega_2) - \sin(\omega_1)) + (\pi(\omega_2 - \omega_1) / 180) \sin(\phi) \sin(\delta)) \quad \dots(14)$

$$E(t_2, I_1) = \eta_s A_z I_k \quad \dots(15)$$



Gambar 4. Sudut yang ditimbulkan oleh sinar matahari

Keterangan :

- $\phi$  : sudut lintang, sudut lokasi suatu tempat di muka bumi terhadap ekuator (arah utara positif)
- $\delta$  : sudut deklinasi matahari terhadap garis zenith di ekuator pada saat pukul 12:00 waktu matahari.
- $\beta$  : sudut kemiringan antara bidang yang dimaksud dengan bidang horisontal.
- $\gamma$  : sudut azimuth permukaan, yaitu sudut antara proyeksi permukaan pada bidang horisontal dengan meridian (titik nol di selatan, negatif ke arah timur dan positif ke arah barat)
- $\theta$  : sudut datang berkas sinar, yaitu sudut yang dibentuk oleh radiasi langsung dan garis normal bidang/permukaan.
- $\theta_z$  : sudut zenith, yaitu sudut antara radiasi langsung matahari dengan garis normal bidang horisontal.
- $\alpha$  : sudut ketinggian matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung matahari dengan sudut horisontal.
- $\omega$  : sudut jam, berharga nol tepat pada pukul 12:00. K arah pagi bertanda positif (AM) dan ke arah petang bertanda negatif (PM). Setiap jam setara dengan 15°.

**C. Daya, Torsi dan Kecepatan Motor**

Perhitungan daya, torsi dan kecepatan digunakan untuk menentukan penggunaan motor listrik yang sesuai. Berikut perhitungan dari daya, torsi dan kecepatan :

$$P_{traksi} = (F_{drag} + F_{rr} + F_{grade} + F_{inertia}) v \quad \dots(16)$$

$$T = P \times 60 / 2\mu G \quad \dots(17)$$

$$Kecepatan = v / 2\mu r \quad \dots(18)$$

**D. Energi**

Energi adalah hasil integrasi dari daya. Pada penelitian ini ada tiga energi yang akan dicari perhitungannya. Perhitungan energi tersebut antara lain energi yang tersedia, energi yang dibutuhkan dan energi yang tersisa. Energi yang tersedia berasal dari penjumlahan energi yang berasal dari baterai dan energi yang dihasilkan pada sistem pengisian daya oleh sel surya. Kemudian untuk energi yang dibutuhkan berasal dari hasil integrasi daya yang dihasilkan dari gaya traksi dikalikan oleh kecepatan pada *driving cycle*. Dan untuk mencari energi yang tersisa merupakan selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Berikut persamaan dari ketiga energi tersebut :

$$E_{yang\ tersedia} = \int P_{sel\ surya} dt + E_{baterai} = E_{sel\ surya} + E_{baterai} \quad \dots(19)$$

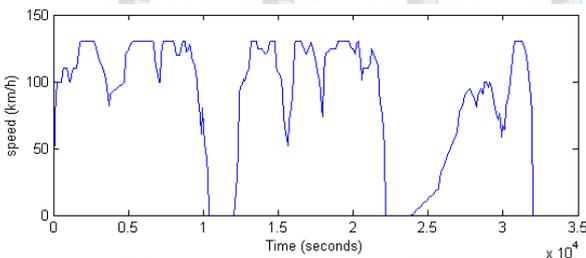
$$E_{yang\ dibutuhkan} = \int P_{traksi} dt \quad \dots(20)$$

$$E_{yang\ tersisa} = E_{yang\ tersedia} - E_{yang\ dibutuhkan} \quad \dots(21)$$

**III. METEDOLOGI**

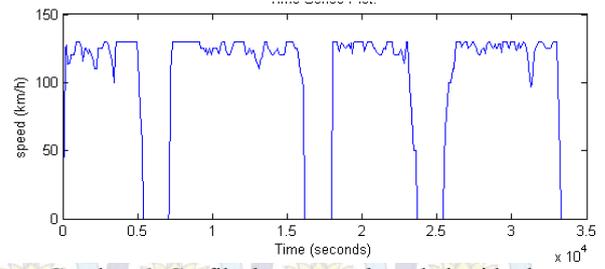
**A. Pemodelan Driving Cycle**

*Driving cycle* pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 5, rute yang ditempuh sejauh 796 km dari Darwin menuju ke Tennant Creek selama kurang lebih 32000 detik. Gambar tersebut menunjukkan kecepatan dari Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua selama perlombaan pada hari pertama. Pada hari pertama waktu yang dibutuhkan selama 32400 detik dan kecepatan didapatkan berdasarkan tabel rute dari *World Solar Challenge*. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di control stop harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit. Kecepatan maksimum nya berdasarkan dari rute adalah 130 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 100 km/jam.



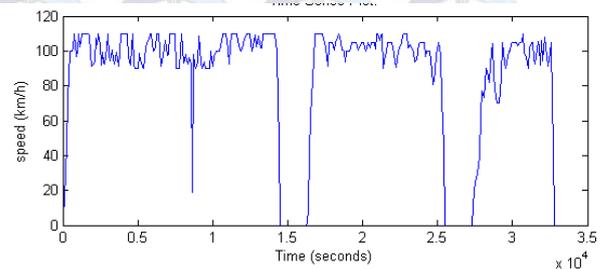
Gambar 5. Grafik *driving cycle* pada hari pertama

*Driving cycle* pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 6, rute yang ditempuh sejauh 970 km dari Tennant Creek menuju ke Kulgera selama kurang lebih 33000 detik. Kecepatan maksimum nya berdasarkan dari rute adalah 130 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 116 km/jam.



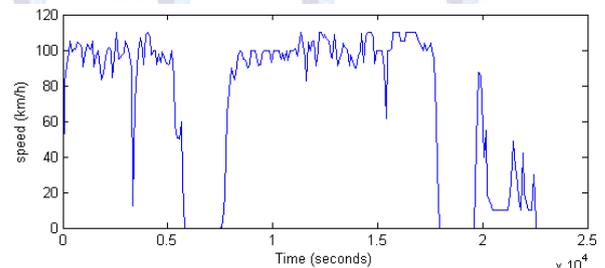
Gambar 6. Grafik *driving cycle* pada hari kedua

*Driving cycle* pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 7, rute yang ditempuh sejauh 800 km dari Kulgera menuju ke Glendambo selama kurang lebih 32800 detik. Kecepatan maksimum nya berdasarkan dari rute adalah 110 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 97 km/jam.



Gambar 7. Grafik *driving cycle* pada hari ketiga

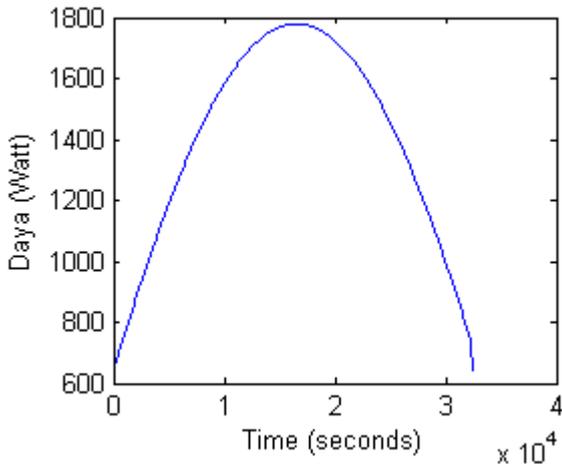
*Driving cycle* pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 8, rute yang ditempuh sejauh 456 km dari Glendambo menuju ke Adelaide selama kurang lebih 22540 detik. Kecepatan maksimum nya berdasarkan dari rute adalah 110 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 86 km/jam.



Gambar 8. Grafik *driving cycle* pada hari keempat

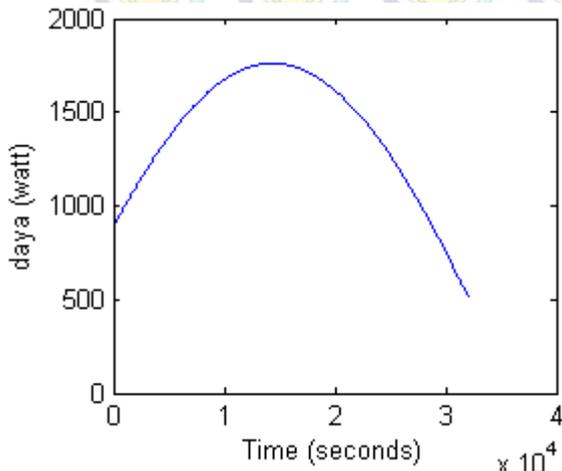
**B. Pemodelan Daya yang Dibangkitkan oleh Sel Surya**

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 9. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya rata-rata yang dibangkitkan sebesar 1392 Watt. Selama hari pertama total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 189271 Watt.



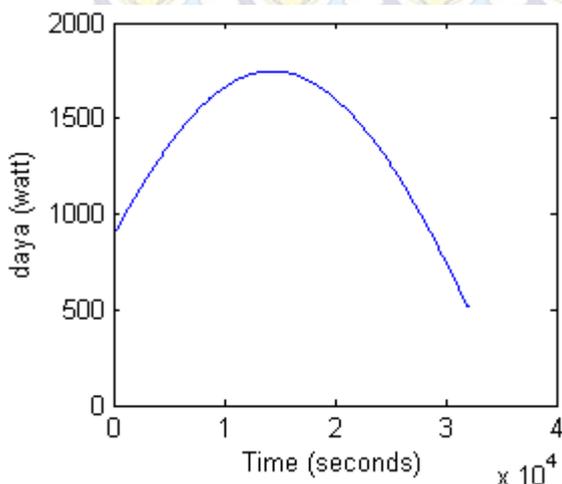
Gambar 9. Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari pertama

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 10. Daya rata-rata yang dibangkitkan sebesar 1368 Watt. Selama hari kedua total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 186122 Watt.



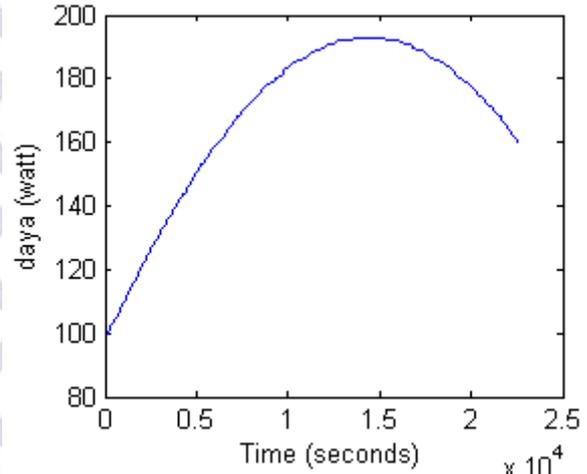
Grafik 10. Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kedua

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 11. Daya rata-rata yang dibangkitkan sebesar 1359 Watt. Selama hari ketiga total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 184870 Watt.



Gambar 11. Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketiga

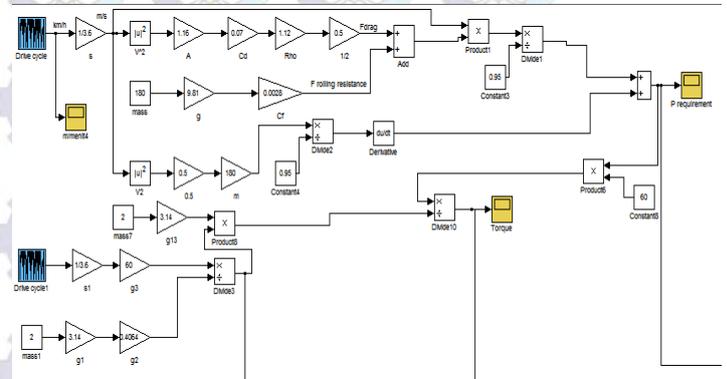
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 12. Daya rata-rata yang dibangkitkan sebesar 168 Watt. Selama hari keempat total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 15923 Watt.



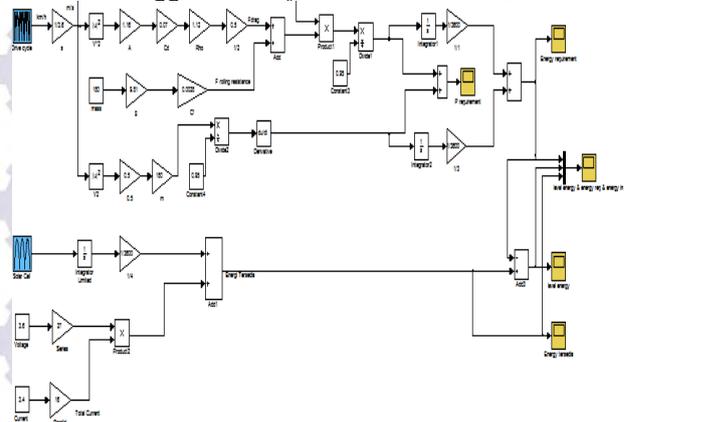
Gambar 12. Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keempat

C. *Pemodelan Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua Menggunakan Software MATLAB/Simulink*

Pemodelan Mobil Sapu Angin Surya generasi kedua dapat dimodelkan menggunakan software *MATLAB/Simulink* sesuai dengan Gambar 13. Dari hasil pemodelan dapat diketahui gaya traksi kendaraan, daya, torsi dan kecepatan yang dibutuhkan, energi yang dibutuhkan, energi yang tersisa, dan energi yang tersedia.



Gambar 13. Pemodelan daya, torsi dan kecepatan menggunakan *Software MATLAB/Simulink*

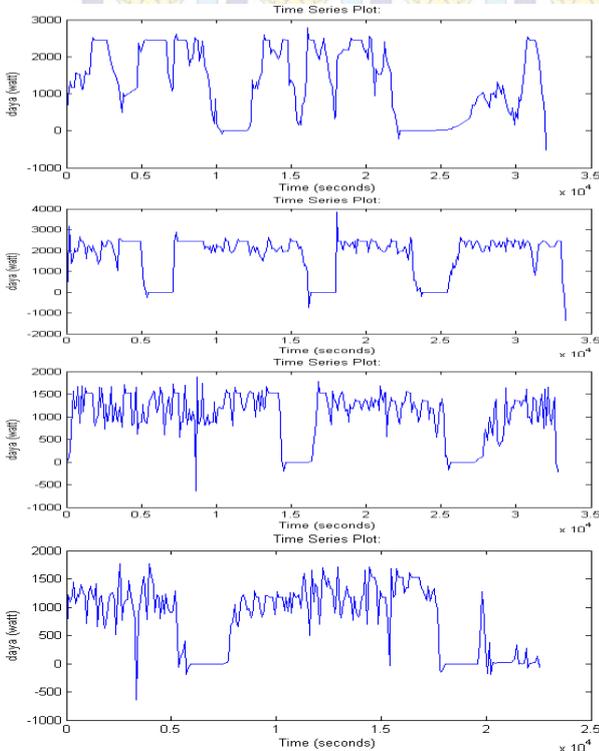


Gambar 14. Pemodelan daya, torsi dan kecepatan menggunakan *Software MATLAB/Simulink*

**IV. HASIL DAN ANALISA**

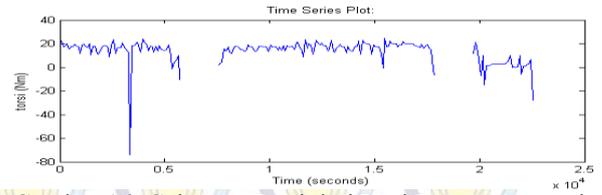
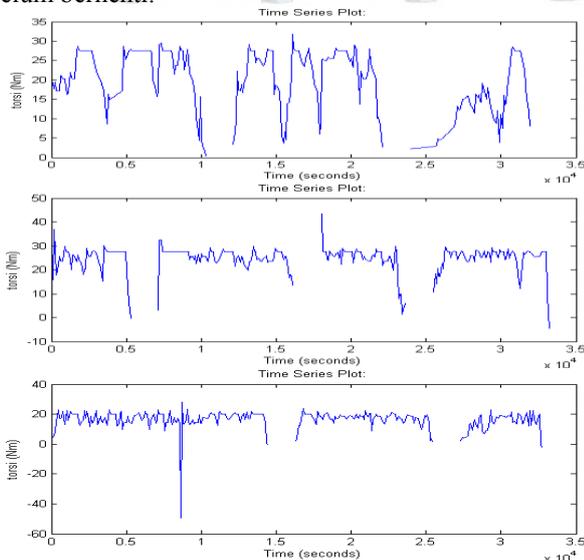
**Hasil dan Analisa Daya, Torsi dan Kecepatan Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua**

Grafik daya yang dibutuhkan dari hari pertama sampai hari keempat ditunjukkan pada Gambar 15. Nilai maksimumnya berturut-turut adalah. Dari hasil analisa daya yang dibutuhkan terdapat grafik yang menunjukkan nilai daya negatif. Hal ini dikarenakan terjadi deselerasi atau perlambatan mobil sesaat sebelum berhenti.



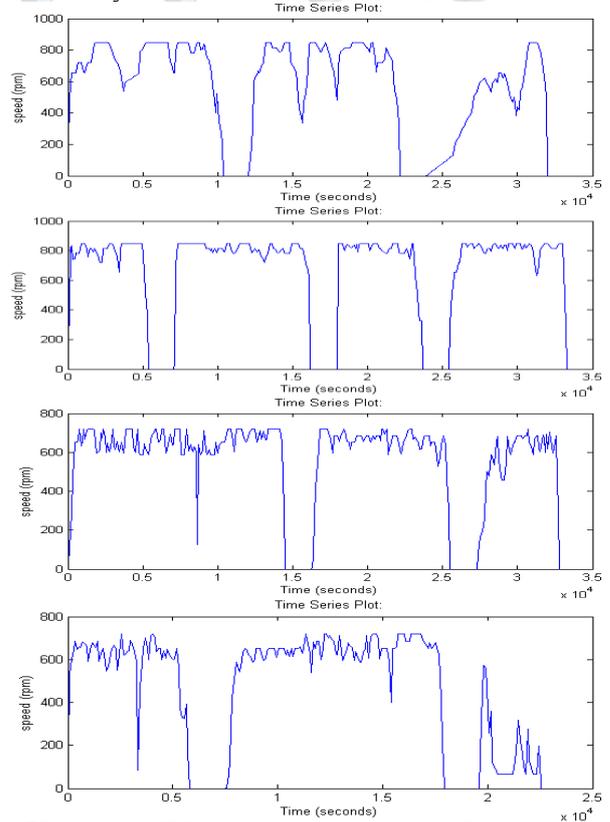
Gambar 15. Gabungan Daya dari Hari Pertama sampai Keempat

Grafik torsi yang dibutuhkan dari hari pertama sampai hari keempat ditunjukkan pada Gambar 16. Nilai maksimumnya berturut-turut adalah. Dari hasil analisa torsi yang dibutuhkan terdapat grafik yang menunjukkan nilai torsi negatif. Hal ini dikarenakan terjadi deselerasi atau perlambatan mobil sesaat sebelum berhenti.



Gambar 16. Gabungan Torsi dari Hari Pertama sampai Keempat

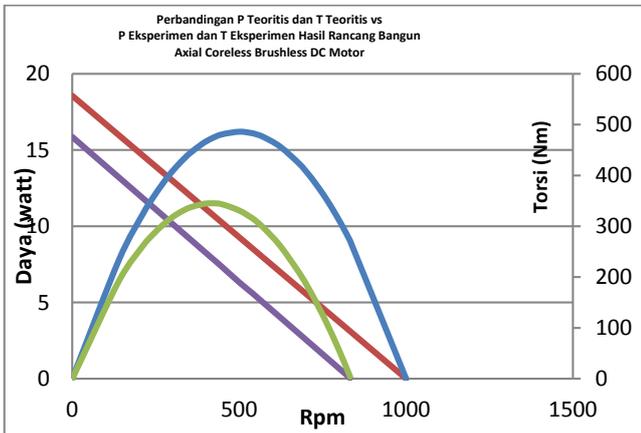
Grafik kecepatan yang dibutuhkan dari hari pertama sampai keempat ditunjukkan pada Gambar 17. Nilai maksimumnya berturut-turut adalah.



Gambar 17. Gabungan kecepatan dari Hari Pertama sampai Hari keempat

**Penentuan Motor Listrik Berdasarkan Analisa Daya, Torsi dan RPM**

Berdasarkan dari analisa torsi, daya dan rpm yang dibutuhkan di setiap harinya didapatkan angka-angka maksimum untuk torsi, daya dan rpm. Dimana nilai maksimum dari torsi, daya dan rpm dapat digunakan sebagai acuan penentuan motor listrik yang akan dipakai. Nilai torsi maksimum terdapat di hari kedua yakni sebesar 50 N.m. Nilai daya maksimum terdapat di hari kedua yakni sebesar 4000 Watt atau 4 KW. Nilai rpm maksimum terdapat di hari pertama dan kedua yakni sebesar 900 Rpm. Berarti dapat disimpulkan motor listrik yang dipakai harus memiliki peak power 4 KW, peak torsi 50 N.m, dan rpm 900 rpm. Berdasarkan penelitian (*Hudha Rencana P. S, 2013*) menyatakan bahwa nilai dari peak power dan peak torsi setengah dari nilai rate power dan rate torsi yang ditunjukkan pada grafik perbandingan pengujian secara teoritis dan eksperimen rancang bangun *Axial Coreless Brushless DC Motor*.

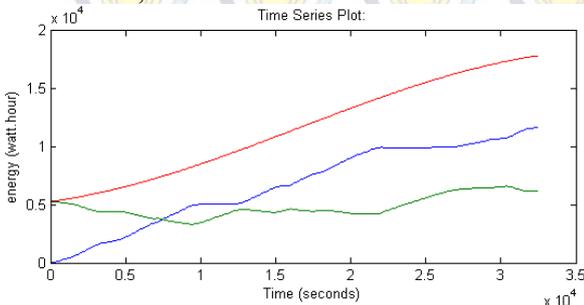


Gambar 18. Grafik perbandingan T teoritis dan T eksperimen vs P teoritis dan P eksperimen rancang bangun Axial Brushless DC Motor (Hudha Rencana P. S, 2014)

Sehingga motor listrik yang akan digunakan harus memiliki daya 2 KW, torsi 25 N.m dan rpm diatas 900 rpm. Jika dibandingkan dengan spesifikasi Mobil Sapu Angin Surya generasi pertama menggunakan motor dengan daya 2 KW sebanyak 2 buah maka di World Solar Challenge 2015 bisa menggunakan satu buah motor dengan daya sebesar 2 KW. Maka secara otomatis berat mobil sapu angin surya generasi kedua lebih ringan dibandingkan dengan mobil sapu angin surya generasi pertama.

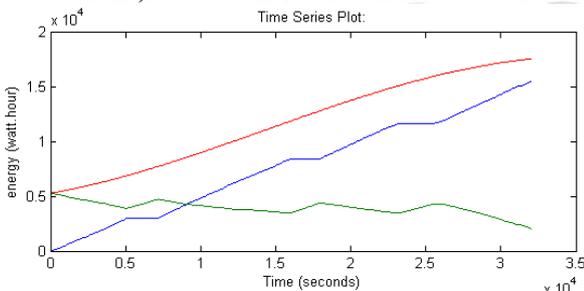
**Hasil dan Analisa Kebutuhan Energi Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua**

Kebutuhan energi pada hari pertama sebesar 11,45 KWH. Energi yang tersedia sebesar 17,8 KWh dan energi yang tersisa sebesar 6,35 KWH.



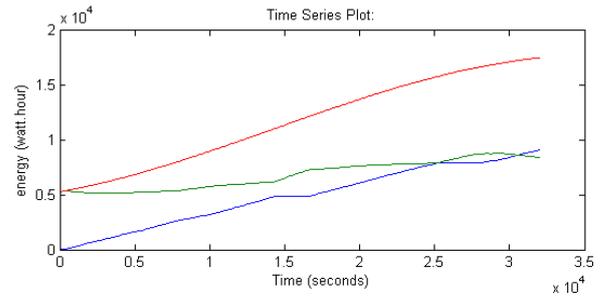
Gambar 19. Grafik kebutuhan energi pada hari pertama

Kebutuhan energi pada hari kedua sebesar 16,4 KWH. Energi yang tersedia sebesar 17,8 KWh dan energi yang tersisa sebesar 1,4 KWH.



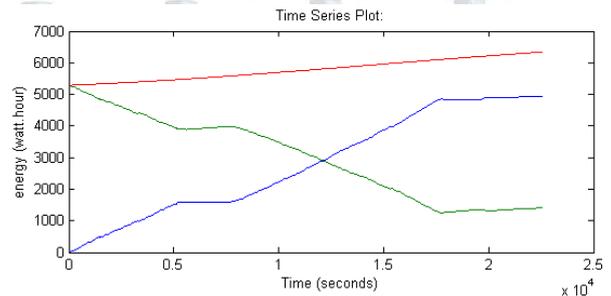
Gambar 20. Grafik kebutuhan energi pada hari kedua

Kebutuhan energi pada hari ketiga sebesar 9,38 KWH. Energi yang tersedia sebesar 17,6 KWh dan energi yang tersisa sebesar 8,2 KWH.



Gambar 21. Grafik kebutuhan energi pada hari ketiga

Kebutuhan energi pada hari keempat sebesar 4,92 KWH. Energi yang tersedia sebesar 6,31 KWh dan energi yang tersisa sebesar 1,39 KWH.



Gambar IV.1 Grafik kebutuhan energi pada hari keempat

**V. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi mobil sapu angin surya generasi kedua didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya :

1. Spesifikasi Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua adalah sebagai berikut :

Frontal Area Of Car	1,16 m <sup>2</sup>
Percent Grade	0 %
Total Mass	180 kg
Drivetrain efficiency	95 %
Tire rolling resistance coefficient	0,0027
Brake and Steering Resistance	0,0001
Drag Coefficient	0,07
Air Density	1,22 kg/m <sup>3</sup>
Wheel Radius	0,4064 m
Final Drive Ratio	1
Fixed gear ratio	1
Overall Gear Ratio	1
Solar Cell Efficiency	22,5 %
Kapasitas Baterai	5 KWH
Daya Nominal Motor	2 KW
Torsi Nominal Motor	25 N.m
Kecepatan Motor	900 rpm

2. Strategi manajemen energi yang akan diterapkan pada World Solar Challenge 2015 adalah sebagai berikut :

**Hari Pertama**

Pada hari pertama jarak yang harus ditempuh sejauh 796 kilometer dari Darwin sampai ke Tennant Creek. Kecepatan maksimum pada hari pertama sebesar 130 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 100

km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari pertama sebesar 11,45 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 17,8 KWH. Sehingga pada perlombaan hari pertama yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 6,35 KWH. Oleh sebab itu di hari pertama tidak diperlukan untuk mengisi daya pada baterai karena baterai dianggap masih penuh (kapasitas baterai penuh sebesar 5 KWH).

#### Hari Kedua

Pada hari kedua jarak yang harus ditempuh sejauh 970 kilometer dari Tennant Creek sampai ke Kulgera. Kecepatan maksimum pada hari kedua sebesar 130 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 116 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari kedua sebesar 16,4 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 17,8 KWH. Sehingga pada perlombaan hari kedua yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 1,4 KWH. Oleh sebab itu di hari kedua diperlukan untuk mengisi daya pada baterai sampai penuh untuk menghadapi perlombaandi hari berikutnya (kapasitas baterai penuh sebesar 5 KWH). Pengisian daya pada baterai dilakukan pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 hari kedua dan kesokan hari ketiga pukul 06:00 sampai 08:00.

#### Hari Ketiga

Pada hari ketiga jarak yang harus ditempuh sejauh 800 kilometer dari Kulgera sampai ke Glendambo. Kecepatan maksimum pada hari ketiga sebesar 110 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 97 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari pertama sebesar 8,22 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 17,6 KWH. Sehingga pada perlombaan hari ketiga yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 8,22 KWH. Oleh sebab itu di hari ketiga tidak diperlukan untuk mengisi daya pada baterai karena baterai dianggap masih penuh (kapasitas baterai penuh sebesar 5 KWH).

#### Hari Keempat

Pada hari keempat jarak yang harus ditempuh sejauh 456 kilometer dari Glendambo sampai ke Adelaide (Finish). Kecepatan maksimum pada hari ketiga sebesar 110 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 86 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari pertama sebesar 4,92 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 6,31 KWH. Sehingga pada hari keempat energi yang tersisa sebesar 1,39 KWH. Jadi mobil sapu angin surya generasi kedua sampai ke Adelaide (Finish) dengan energi yang masih tersisa sebesar 1,3 KWH dan finish pada pukul 14:30.

- Motor listrik yang akan digunakan pada *World Solar Challenge 2015* harus memiliki daya 2 KW, torsi 25 N.m dan 900 rpm.
- Dengan menggunakan baterai sebagai penyimpan energi yang memiliki kapasitas penyimpanan energi sebesar 5,3 KWH, Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua mampu menempuh garis finish pada *World SolarChallenge 2015* dengan total

waktu selama empat hari. Dan menempuh garis finish pada hari keempat pukul 14:30 waktu setempat

### LAMPIRAN

#### Data Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua

<i>Frontal Area Of Car</i>	1,16 m <sup>2</sup>
<i>Percent Grade</i>	0 %
<i>Total Mass</i>	180 kg
<i>Drivetrain efficiency</i>	95 %
<i>Tire rolling resistance coefficient</i>	0,0027
<i>Brake and Steering Resistance</i>	0,0001
<i>Drag Coefficient</i>	0,07
<i>Air Density</i>	1,22 kg/m <sup>3</sup>
<i>Wheel Radius</i>	0,4064 m
<i>Final Drive Ratio</i>	1
<i>Fixed gear ratio</i>	1
<i>Overall Gear Ratio</i>	1
<i>Solar Cell Efficiency</i>	22,5 %
<i>Kapasitas Baterai</i>	5 KWH
<i>Daya Nominal Motor</i>	2 KW
<i>Torsi Nominal Motor</i>	25 N.m
<i>Kecepatan Motor</i>	900 rpm

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Boulgakov, A. 2012. "Sunswift IV Strategy for 2011 World Solar Challenge". THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES School of Electrical Engineering and Telecommunication.
- [2]. Erlich, A., dkk. 2010. "SHELL-ECO MARATHON CHALLENGE Electrical System of Solar Vehicle". Drexel University.
- [3]. Feria, M.B. 2012. "Decision and Control System of A Solar Powered Train". INSTITUTO SUPERIOR TECNICO Universidade Tecnica de Lisboa.
- [4]. Grunditz & Jansson. 2009. "Modelling and Simulation of a Hybrid Electric Vehicle for Shell Eco-marathon and an Electric Go-kart". Swedia: Department of Energy and Environment CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- [5]. Kaloko, B.S. 2011. "Design and Development of Small Electric Vehicle Using MATLAB/Simulink. Indonesia : Dept. of Electrical Engineering Institute of Technology Sepuluh Nopember.
- [6]. MIT Open Course Ware. 2008. "Fundamentals of Photovoltaics". <URL : <http://ocw.mit.edu/terms>>
- [7]. Saktiwengi, H.R.P. 2013. "Rancang Bangun Axial Coreless BLDC Motor". Indonesia : Teknik Mesin Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8]. Team Apollo. 2011. "Simulation Report with Smulink". Group T Leuven Engineering College.