

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA
PADA SKUTER BERODA DUA SEIMBANG OTOMATIS UNIVERSITAS TELKOM
(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SOLAR ENERGY AS POWER SUPPLY ON
SELF BALANCED TWO-WHEELED SCOOTER)**

TELKOM UNIVERSITY

Muhammad Herdito Wahyu Pamungkas¹, Ekki Kurniawan, S.T., M.T.², Cahyantari Ekaputri, S.T., M.T.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹mherditowp@students.telkomuniversity.ac.id

²ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id,

³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini akan dikonversikan ke bentuk energi listrik dengan menggunakan *photovoltaic* (PV). Energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan pada *Self-balance Scooter*. Masalah dari alat ini adalah divais harus di-charge terlebih dahulu dan baru dapat digunakan. Dari masalah ini, penulis akan mengimplementasikan pemanfaatan tenaga surya ke bentuk energi listrik tersebut di *Self-balance Scooter* sebagai sistem catu daya (langsung) dan pengisian baterai (cadangan). Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis menggunakan *solar panel/photovoltaic* (PV) sebagai pembangkit listrik, *solar charge controller* mengatur lalu lintas dari solar cell ke baterai dan beban, serta baterai berfungsi menyimpan arus listrik (catu daya cadangan) yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Dengan hasil dari pengukuran panel surya 100 Wp yang menghasilkan 324,55 Watthour dalam satu hari dapat menyuplai baterai dan ke beban dengan optimal selama 1 jam atau 60 menit.

Kata Kunci : Energi Listrik, Tenaga Surya, *Self-balance Scooter*.

Abstract

Solar energy is the energy form of light and heat from the sun. This energy will be converted to a form of electrical energy using photovoltaic (PV). The electrical energy generated can be utilized on Self-balance Scooter. Problems of this tool is the device should be in-charge first and can be used. Of these problems, the authors will implement the use of solar power to the electrical energy in the form of Self-balance Scooter as the power supply system (direct) and charging (reserve). In this final project, the author uses solar panels / photovoltaic (PV) electricity generation, solar charge controller regulates the traffic of the solar cell to the battery and the load, and battery function to save electric current (backup power) generated by solar panels before used to drive the load. With the results of measurements of solar panels that produce 100 Wp watthour 324.55 per day to supply the battery and the load to optimally for 1 hour or 60 minutes.

Keywords: Electrical Energy, Solar Power, *Self-balance Scooter*.

1. Pendahuluan

Dewasa ini, banyak sekali alat transportasi yang masih menggunakan bahan bakar fosil. Karena ketergantungan bahan bakar fosil ini maka banyak peneliti mencari solusi akan ketergantungan bahan bakar fosil tersebut. Kemudian muncul alat transportasi yang telah ramah lingkungan dan tidak menggunakan bahan bakar fosil (nir-fosil), salahsatunya adalah skuter beroda dua seimbang otomatis.

Tetapi alat transportasi ini hanya digunakan untuk jarak dekat, dan harus di-charge terlebih dahulu jika ingin digunakan. Dalam hal ini alat transportasi pun menjadi kurang praktis, maka digagaskan implementasi sumber daya listrik bertenaga surya dalam skala kecil. Dengan trend baru pada pembangkit listrik tenaga alternatif menggunakan renewable energy yang ramah lingkungan, diharapkan dapat mengurangi penggunaan kendaraan yang berbahan bakar fosil (non-renewable energy)

2. Dasar Teori

2.1 Modul Surya / Solar Panel (Photovoltaic)

Solar cell dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya maka akan bekerja seperti diode, dan saat kondisi terang atau disinari cahaya maka akan menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus dalam skala miliampere per cm². Besar tegangan dan arus ini sangat kecil sehingga sejumlah sel surya disusun seri membentuk modul atau panel surya. Satu panel surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12v dalam kondisi penyiaran standar. Dalam tugas akhir ini *solar cell* yang digunakan dengan bahan *Polycrystalline Silicone*. Dapat dilihat pada gambar 2.1 daya panel surya yang digunakan adalah 100 Wp, dengan tegangan maksimum yang dihasilkan 17,8 Volt DC, dan arus maksimum yang dihasilkan adalah 5,62 Ampere. Dimensi dari panel surya yang digunakan adalah 101 cm x 67 cm x 3,5 cm.



Gambar 2.1 Solar Panel 100 Wp

2.2 Kontrol Pengisian Baterai (Solar Charge Controller)

Charge controller berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai. Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi baterai. Charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan (overvoltage) dari panel surya. Gambar 2.2 merupakan *solar charge controller* yang menggunakan metoda MPPT (Maximum Power Point Tracker), yang lebih efisien konversi DC to DC (Direct Current). MPPT dapat mengambil daya maksimum dari panel surya. Spesifikasi pada kontroler yaitu maksimum arus yang dapat melewati kontroler ini 20 Ampere, dimensi kontroler 14,3 cm x 8,9 cm x 46 cm, pengontrolan kapasitas baterai/aki maksimum 13,8 Volt jika telah mencapai tegangan tersebut, maka suplai arus akan diturunkan menjadi 0 sampai kurang dari 1 Ampere untuk menghindari *overcharging*.



Gambar 2.2 Charge Controller tipe MPPT

2.3 Baterai (Battery/Accumulator)

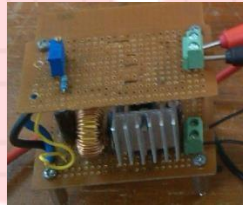
Baterai pada sistem pembangkit tenaga surya berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. Gambar 2.3 merupakan penyimpanan daya dan penyuplai energi listrik ke beban yaitu dua buah baterai/aki, yang pertama baterai/aki 12 volt 45 Ah dengan berat 14 kg dan baterai/aki yang digunakan adalah 12 volt 12 Ah dengan berat 7 kg. Baterai/aki pertama menyuplai mikrokontroler dan motor dc, dan baterai/aki kedua hanya menyuplai motor dc saja.



Gambar 2.3 Baterai 12 Volt 45 Ah & 12 Ah

2.4 DC to DC Converter

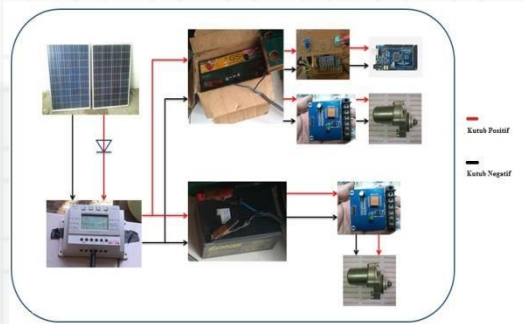
Dalam perangkat yang akan diimplementasikan, maka dibutuhkan *converter dc to dc*. Secara umum, konverter DC-DC berfungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah (DC) ke bentuk daya listrik DC lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau dua-duanya. Konverter DC-DC seperti halnya trafo/transformer yang mengubah tegangan DC tertentu ke tegangan DC yang lebih tinggi atau lebih rendah. Gambar 2.4 merupakan rangkaian tipe *Buck Converter* dengan menggunakan IC LM2576. Konverter jenis *buck* ini merupakan konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah, dengan spesifikasi input tegangan DC dari 4 Volt hingga 38 Volt, *Output* tegangan yang bisa diatur dari 1,23 Volt hingga 37 Volt, *Output current*/Arus maksimum 3 Ampere, dan efisiensi menggunakan modul ini > 77%.



Gambar 2.4 Modul konverter DC-DC tipe buck

3. Perancangan Sistem

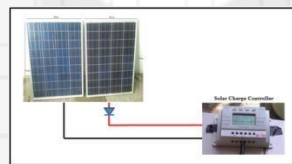
3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Dalam sistem ini dapat kita lihat ada empat bagian pada sistem catu daya ini. Bagian dari sistem pertama adalah input dari panel surya, kemudian terdapat *solar charge controller* untuk pengisian ke baterai/aki. Selanjutnya dari baterai/aki menyuplai tegangan dan arus pada mikrokontroler melalui *buck converter* untuk diturunkan tegangannya menjadi 7 Volt, dan yang sistem yang terakhir menyuplai motor dc 12 Volt.

3.1.2 Sistem Pertama (Sumber Daya)

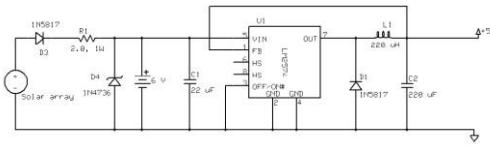


Gambar 3.2 Input dari Sistem

Pada sistem ini, terjadi konversi energi dari radiasi/panas/cahaya matahari pada panel surya yang digunakan menjadi energi listrik sebagai sumber daya dari sistem. Tegangan yang keluar dari panel surya sekitar 13-19 Volt sebagai pengisian dari dua buah baterai/aki 12 Volt yang diparalelkan. Panel surya diletakkan pada atap dari *self-balanced scooter* ini, sehingga radiasi/panas/cahaya matahari yang didapat lebih optimal untuk pengisian(*charge*) baterai/ aki.

3.1.3 Sistem Kedua (Kontroler)

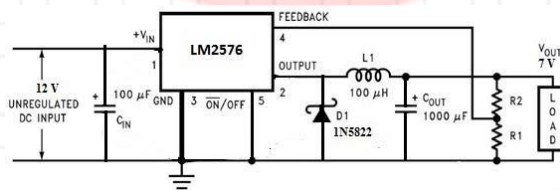
Sistem ini sangat lah penting untuk pengontrolan tegangan dan arus untuk pengisian (*charge*) ke baterai/aki yaitu *Solar Charge Controller*.



Gambar 3.3 Rangkaian pada solar charge controller

Pada sistem *Solar Charge Controller* ini berfungsi sebagai penyetabil tegangan yang tadinya tidak stabil menjadi aman untuk pengisi baterai/aki. Dengan mencari daya paling maksimum dari tegangan dan arus keluaran panel surya. Komponen yang digunakan dalam *Solar Charge Controller* ini antara lain kapasitor, resistor, dioda sebagai penyearah arus dalam sistem pengisian baterai/aki, MOSFET sebagai pengontrol tegangan serta arus yang lewat pada rangkaian *Solar Charge Controller* dan juga fuse sebagai pengaman dari hubungan arus singkat.

3.1.4 Sistem Ketiga



Gambar 3.4 Rangkaian pada modul buck converter

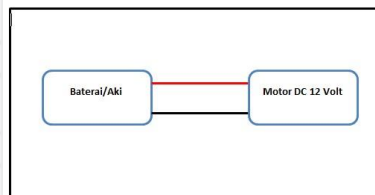
Pada sistem ini menggunakan rangkaian konverter DC-DC yaitu *Buck Converter*, dimana fungsi dari rangkaian ini untuk membuat tegangan input lebih stabil dan diturunkan yang tadinya 12 Volt menjadi 7 Volt. Rangkaian ini digunakan untuk menyuplai kontroler arduino mega 2560. Dalam rangkaian *buck converter*, menggunakan komponen IC LM2576, kapasitor, dioda penyearah *fast recovery* (1N5822), induktor sebesar 100 mikro-Henry, resistor sebagai pengontrol keluaran yang diinginkan, pada rangkaian ini penulis menggunakan variabel resistor pada R₂. Dengan menggunakan rumus :

$$V_o = V_R \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Diturunkan menjadi

$$V_o = V_R \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} - 1 \right)$$

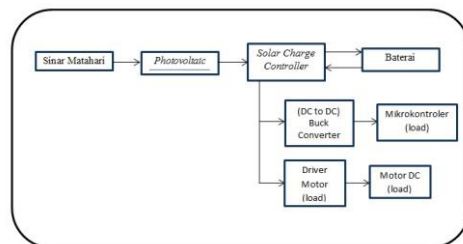
3.1.5 Sistem Keempat



Gambar 3.5 Rangkaian baterai/aki ke beban

Pada sistem keempat ini yaitu penyuplaian dari baterai/aki ke motor dc 12 Volt. Pada sistem ini terdapat satu aki untuk menyuplai satu motornya.

3.2 Blok Diagram Sistem

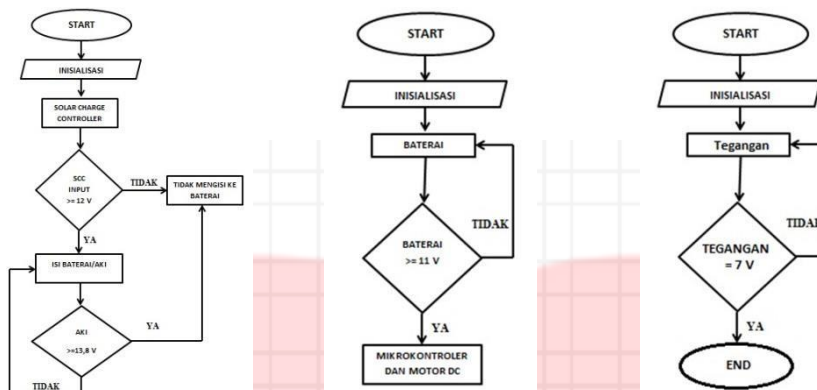


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

Pada blok digram diatas dapat kita lihat input dari sistem adalah *Photovoltaic*/panel surya yang mendapatkan radiasi/panas/cahaya matahari yang cukup untuk menyuplai tegangan dan arus yang terlebih dahulu

dikontrol oleh *Solar Charge Controller* untuk ke baterai/aki dan selanjutnya menyuplai ke beban yaitu mikrokontroler dan motor dc 12 Volt. Jika cahaya matahari kurang cukup untuk menyuplai, maka baterai/aki tidak melakukan pengisian, dan baterai/aki menjadi sumber daya utama dari sistem ini

3.3 Diagram Alir Sistem (Flowchart)



Gambar 3.2 Flowchart Pengisian (Kiri), Flowchart Pengosongan (Tengah), Flowchart Buck Converter (Kanan)

Pada *flowchart* pengisian ini dapat dilihat prinsip kerja tenaga surya sebagai catu daya. Jika terdapat insolasi/radiasi cahaya matahari dengan input ≥ 12 Volt, maka fotovoltaik bekerja sebagai pengonversi dari insolasi/radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik. Kemudian listrik menyuplai baterai dan load melalui *solar charge controller*. Dan jika kapasitas tegangan pada aki $\geq 13,8$ Volt, maka panel surya tidak menyuplai arus ke baterai lagi untuk sistem pengamanan baterai agar tidak over charging. Kemudian *flowchart* pengosongan baca baterai, jika baterai ≥ 11 volt maka menyuplai beban, jika tidak baca kembali baterai. Dan *flowchart buck converter*, baca tegangan jika tegangan tidak sama dengan 7 volt, maka baca tegangan kembali, jika tegangan sama dengan 7 volt, maka *buck converter* menyuplai mikrokontroler.

4. Pengujian Dan Analisa

4.1 Pengujian Perangkat Keras/Alat

Pada pengujian ini berisi tentang berapa tegangan dan arus yang dikeluarkan pada panel surya yang akan digunakan pada sistem sebagai catu daya, serta pengujian pada modul *buck converter*.

4.1.1 Pengujian Panel Surya dan Solar Charge Controller

Tujuan Pengujian :

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa panel surya yang digunakan dapat mengisi baterai/aki yang digunakan. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada watt meter yang berisi data tentang tegangan dan arus yang mengalir pada panel surya ke baterai/aki yang diparalelkan, sebagai indikator dan data tertulis untuk kapasitas tegangan pada baterai/aki.

Alat Uji :

- Panel Surya
- *Solar Charge Controller*
- Watt Meter
- Baterai/aki

Cara Pengujian :

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara kabel dari panel surya masuk ke *solar charge controller* kemudian ke baterai/aki yang diparalel sebagai beban agar dapat diketahui tegangan dan arus yang mengalir.

Hasil Pengujian :

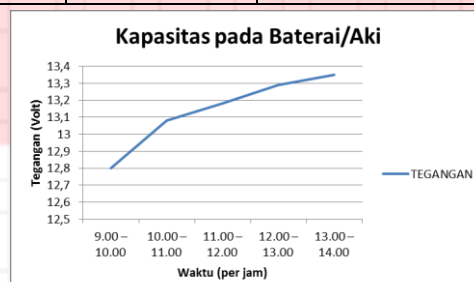
Tabel 4.2 Tabel masukan dari panel surya dan keluaran dari *solar charge controller* pengujian panel surya (rata-rata dari semua data)

WAKTU	V	I
07.00 - 08.00	13,38428571	0,933571429
08.00 - 09.00	14,46285714	1,509285714
09.00 - 10.00	14,62642857	2,271428571
10.00 - 11.00	15,63785714	3,076428571
11.00 - 12.00	15,28285714	3,272857143
12.00 - 13.00	15,33857143	3,522142857
13.00 - 14.00	14,44714286	2,856428571
14.00 - 15.00	14,48428571	2,301428571
15.00 - 16.00	13,33142857	1,682142857
16.00 - 17.00	12,84714286	0,615
mean	14,38428571	2,204071429
standar deviasi	0,88541556	0,947346943
standar error	0,334655626	0,358063488

Dapat kita lihat pada tabel 4.2, grafik 4.3 dan grafik 4.4, pada bagian tegangan masukan dari pengambilan data pertama jam 9.00 sampai 12.00 terjadi kenaikan pada tegangan begitu juga pada arus. Terjadi kenaikan tegangan dan arus dikarenakan intensitas cahaya matahari yang sedang terik-teriknya. Kemudian setelah jam 12.00 terjadi penurunan pada tegangan dan arus dikarenakan intensitas cahaya matahari dan posisi matahari yang kurang pas pada penampang panel surya.

Tabel 4.3 Tabel kapasitas tegangan pada baterai/aki

No.	Waktu	Kapasitas/Tegangan pada Baterai/aki (Volt)
1	9.00 – 10.00	12,8
2	10.00 – 11.00	13,08
3	11.00 – 12.00	13,18
4	12.00 – 13.00	13,29
5	13.00 – 14.00	13,35



Gambar 4.4 Grafik kapasitas tegangan pada baterai/aki per waktu

Pada tabel dan grafik diatas, dapat dilihat pada saat jam 09.00-10.00 tegangan pada baterai 12,8 Volt, kemudian pada jam berikutnya naik menjadi 13,08 Volt dan seterusnya sampai pada jam 14.00 tegangannya 13,35 Volt. Terjadi kenaikan 0,1 Volt pada kapasitas baterai pada setiap jamnya. Selama 5 jam pengisian kapasitas tegangan mengalami kenaikan kurang lebih 0,55 Volt dengan baterai/aki yang diparalel.

Tabel 4.5 Tabel pengosongan baterai/aki

Pengosongan Baterai/aki	
Waktu	Tegangan (Volt)
17.22	12,3
17.30	12,2
17.34	12
17.39	11,9
17.58	11,8
18.31	11,7
18.42	11,6
18.58	11,5
19.06	11,4
19.21	11,3
19.32	11,2
19.45	11,1
20.01	11

4.1.2 Pengujian Buck Converter

Tujuan Pengujian :

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui cara kerja pada modul *buck converter* yang digunakan dengan melihat dari tegangan masukan dan keluaran. Hasil dari pengujian ini akan ditampilkan pada multimeter atau AVometer yang berisi data tentang tegangan keluaran dari modul *buck converter* tersebut.

Alat Uji :

- Modul *Buck Converter*
- *Power Supply*
- Multimeter atau AVometer

Cara Pengujian :

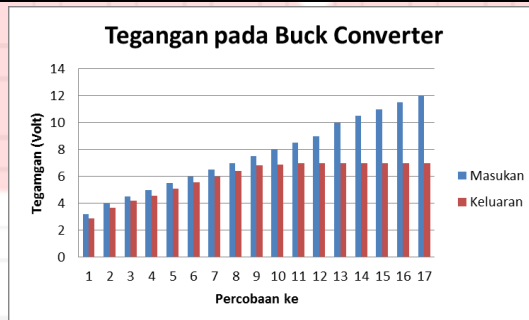
Pada pengujian alat ini dilakukan dengan cara memasang kabel keluaran *Power Supply* ke rangkaian *Buck Converter*. Kemudian keluaran dari modul *Buck Converter* tersebut langsung dipasang masukan dari multimeter agar terlihat hasil pengukurannya.

Hasil Pengujian :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Buck Converter*

No.	Tegangan Masukan (Volt DC)	Keluaran	
		Tegangan (Volt DC)	Arus (Ampere)

1	8,5	6,97	1
2	9,0	6,99	1
3	10,0	7,0	1
4	10,5	7,0	1
5	11,0	7,0	1
6	11,5	7,0	1
7	12,0	7,0	1



Gambar 4.7 Grafik tegangan masukan dan keluaran dari buck converter

Dapat dilihat pada tabel 4.6 dan grafik 4.7 data merupakan data dimana buck converter pada saat tegangan masukan dari 0 – 3,1 Volt, tegangan keluaran dari buck converter adalah 0 Volt. Pada saat tegangan masukan berada di 3,2 Volt keluaran dari buck converter yaitu 2,9 Volt. Dari data diatas, tegangan masukan yang bisa diproses oleh buck converter sebesar 3,2 Volt.

Pada tegangan masukan selanjutnya masih naik hingga pada tegangan masukan 10 Volt mulai meng-cutoff tegangan menjadi 7,0 Volt sampai percobaan ke 17 dengan nilai tegangan masukan 12 Volt.

4.2 Pengujian dan Analisa Sistem

Tujuan Pengujian :

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja sistem pada saat di luar ruangan dan beban dijalankan. Kemudian akan diuji seberapa lama sistem catu daya akan bekerja.

Alat Uji :

- Panel surya
- Solar charge controller
- Buck converter
- Baterai/aki
- Motor DC
- Watt meter
- Arduino Mega

Cara Pengujian :

Pengujian sistem akan dilakukan dengan cara menyambungkan sumber tegangan ke baterai/aki (sama seperti saat pengisian baterai/aki) kemudian beban dihidupkan secara bersamaan.

Gambar 4.8 Tabel total beban

No.	Beban	Tegangan (Volt)	Arus rata-rata (Ampere)	Daya (Watt)
1	Mikrokontroler	7	1	7
2	Motor DC	12	13,088	157,056
3	Motor DC	12	13,088	157,056
Jumlah				321,112

Gambar 4.9 Tabel total Sumber Daya

No.	Sumber Catu Daya	Tegangan (Volt)	Arus rata – rata (Ampere)	Daya (Watt)
1	Panel Surya (10 jam)	12	2,2	324,55
2	Baterai 12 V 45Ah & 12 V 12 Ah	12	57	684
Jumlah				1008,55

$$W_{\text{Sumber}} \cdot \text{hour} / W_{\text{Beban}} = \text{Lamanya beban dapat menyala}$$

$$1008,55 \text{ Wh} / 321,112 \text{ W} = 3,14 \text{ jam} = 188 \text{ menit}$$

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perancangan, implementasi dan pengujian secara keseluruhan komponen maupun sistem pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh satu buah panel surya masih kurang untuk menjadikan catu daya untuk alat ini.
2. Pada hasil dari panel surya dapat berfungsi dengan normal dan tidak terlalu mengganggu kinerja alat yang lain.
3. Dengan efisiensi yang cukup tinggi pada rangkaian *buck converter* yang digunakan sangat membantu dalam menstabilkan dan menurunkan tegangan untuk yang membutuhkan suplai tegangan yang lebih rendah daripada di baterai/aki.
4. Rangkaian *solar charge controller* sangat membantu sekali dalam menstabilkan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan juga dapat menjaga komponen lain yang disuplai tetap aman.
5. Sumber tegangan dan arus yang portabel sangat berguna dalam pengembangan kendaraan yang tidak menggunakan bahan bakar fosil agar dapat digunakan secara kontinu.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat memperbaiki kekurangan yang ada pada sistem ini dan meningkatkan kinerja perancangan yang telah buat. Saran sebagai berikut :

1. Menggunakan bahan panel surya yang lebih ringan, agar dapat mempermudah dalam peletakan dan penggunaan.
2. Penggunaan kabel yang sesuai spesifikasi agar tidak terjadi panas yang berlebihan pada kabel saat proses distribusi tegangan dan arus.
3. Lebih dirapikan dan dilabel dalam pengkabelan untuk memudahkan dalam peletakan pada alat lainnya serta mempermudah dalam *troubleshooting* alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sejarah panel surya. <https://sejarahteknologi.wordpress.com/2013/09/17/sejarah-teknologi-panel-surya/> (diakses 25 Oktober 2015)
- [2] Konverter DC to DC. <https://indone5ia.wordpress.com/2011/09/02/sekilas-mengenai-konverter-dc-dc/> (diakses 25 Oktober 2015)
- [3] Photovoltaic Tutorial. web.mit.edu/taalebi/www/scitech/pvtutorial.pdf (diakses 30 Oktober 2015)
- [4] Daniel, Donal dan Indra Pratama. 2010. "*Kajian Aplikasi Sel Surya Sebagai Sumber Tenaga Penggerak Kapal Tanpa BBM*". Jakarta. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kelautan Dan Perikanan.
- [5] Hart, Daniel W. 2011. "*Power Electronics*". Indiana. Valparaiso University.
- [6] Sudiyono dan Bambang Antoko. 2008. "*Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeler*". Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [7] Handini, Wulandari. 2008. "*Performa Sel Surya*". Jakarta. Universitas Indonesia.
- [8] Timotius, Chris, I Wayan Ratnata, Yadi Mulyadi dan Elih Mulyana. 2009. "*Perancangan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*". Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [9] Cara kerja pembangkit listrik tenaga surya. <https://helmiguntoro.blogspot.com> (diakses 3 November 2015)