

Rancang Bangun Catu Daya Tenaga Surya Untuk Perangkat Audio Mobil

Sutedjo, Rusiana, Guruh Wibisono, Zuan Mariana Wulan Sari
Jurusan Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
guruh_wibie@yahoo.com, zoe1_kinishabama@yahoo.com

Abstrak

Perangkat audio mobil membutuhkan catu daya, dan selama ini catu daya audio mobil diperoleh dari accu pada mobil. Akibat kelebihan beban, accu mobil menjadi drop dan sulit untuk menghidupkan mesin mobil. Hal ini merupakan salah satu kerugian apabila memasang audio mobil dan catu dayanya langsung dari accu mobil. Salah satu solusi masalah tersebut adalah dengan membuat catu daya yang dayanya berasal dari energy alternative, salah satunya dengan mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik, maka energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengisi baterai. Pada Penelitian ini akan memanfaatkan solar cell sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan kapasitas sel surya yang digunakan sebesar 10 watt-peak sebanyak dua yang dipasang paralel untuk memperbesar arus keluarannya. Tegangan keluaran dari solar cell perlu diturunkan atau dinaikkan mencapai 14,5 Volt dengan menggunakan rangkaian Buck-boost Converter. Kontrol duty cycle PWM pada buck-boost converter adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengaturan tegangan. Output converter terlebih dahulu dibaca oleh ADC pada mikrokontroler, kemudian mikrokontroler menentukan hasil berupa duty cycle yang harus dibangkitkan sampai mencapai set point tegangan dengan program kontrol oleh mikrokontroler untuk membangkitkan sinyal PWM.

Kata kunci: catu daya, audio, accu, converter, ADC, PWM.

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi di dunia semakin tahun semakin cepat dan berkembang, dengan adanya kemajuan teknologi yang semakin berkembang maka banyak tercipta peralatan elektronik yang bekerja secara otomatis sehingga mempengaruhi gaya hidup setiap orang. Kemajuan teknologi ini berpengaruh pada peralatan elektronik misalnya audio mobil. Barang

tersebut pada beberapa tahun yang lalu merupakan suatu kebutuhan tersier yang hanya sedikit orang yang memiliki, namun sekarang sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat. Penggunaan audio pada mobil sering dijadikan masyarakat sebagai hiburan ketika berkendara di jalan untuk menghilangkan kejenuhan akibat macet dan jarak tempuh yang jauh.

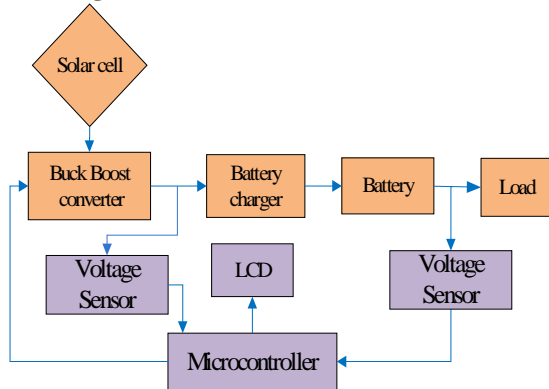
Perangkat audio-video mobil yang biasanya terdiri dari LCD TV dan *tape recorder* jelas membutuhkan catu daya, dan selama ini catu daya audio mobil diperoleh dari accu pada mobil. Akibat kelebihan beban, accu mobil menjadi drop dan sulit untuk menghidupkan mesin mobil. Hal ini merupakan salah satu kerugian apabila memasang audio mobil dan catu dayanya langsung dari accu mobil. Salah satu solusi masalah tersebut adalah dengan tidak mengambil catu daya untuk perangkat audio mobil langsung dari accu mobil. Dengan mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik, maka energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengisi baterai.

Solar cell yang akan digunakan adalah solar cell dengan kapasitas 20 WP dengan tegangan output 8V - 20V tergantung dari intensitas cahaya matahari. Penggunaan rangkaian battery charger pada alat ini adalah untuk membatasi arus pengisian baterai sehingga nilai arus tetap terjaga pada nilai nominal arus pengisian untuk menghindari kerusakan pada baterai. Untuk menjaga agar tegangan masuk ke audio-video tetap maka digunakan rangkaian regulator DC. Sistem ini diharapkan tidak akan mengganggu kinerja accu mobil karena catu daya dari audio-video menggunakan rangkaian yang terpisah. Pada kondisi siang hari sistem ini akan dapat terus beroperasi karena solar cell akan mendapatkan intensitas cahaya dari matahari yang cukup, tetapi bila malam hari sistem ini hanya dapat beroperasi dalam jangka waktu tertentu.

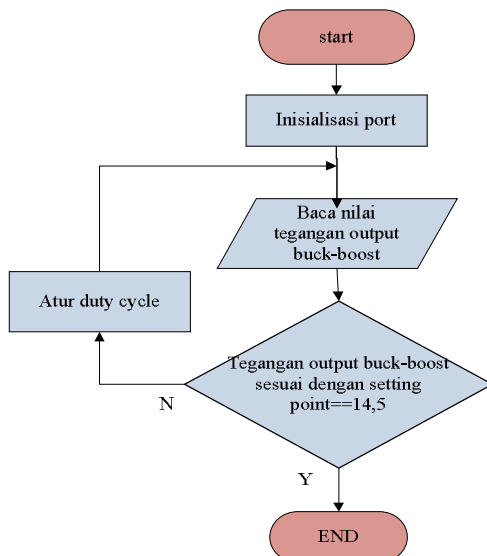
Dengan permasalahan diatas, dibutuhkan suatu rangkaian dan kontrol yang mampu menghasilkan tegangan output yang stabil dengan input dari sel surya yang berubah-ubah. Kontrol duty cycle PWM pada *buck-boost converter* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengaturan tegangan. Output

converter terlebih dahulu dibaca oleh ADC pada Mikrokontroler ATmega 16 dipakai untuk melakukan setting point tegangan serta untuk mengatur *duty cycle* dari *buck-boost converter*. Dengan inovasi pada kontrol mikrokontrolernya, yaitu dengan pembacaan ADC dan PWM.

2, Perancangan Sistem



Gambar.1 Blok Diagram Sistem



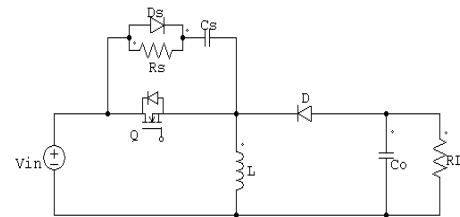
Gambar.2 Flowchart Rancangan Sistem

2.1. Konverter Buck-Boost

Pada beberapa aplikasi industri, diperlukan peralatan yang dapat mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi tegangan DC yang variabel yaitu menggunakan DC *chopper* dan biasa disebut DC – DC konverter. DC *chopper* dapat digunakan sebagai regulator mode pensaklaran untuk mengubah tegangan DC, yang tidak teregulasi menjadi tegangan DC yang teregulasi. Untuk mengatur frekwensi pada PWM (*Pulse*

Widht Modulation) menggunakan BJT, MOSFET, atau IGBT.

Susunan kerja untuk rangkaian *buck-boost converter* ditunjukkan pada Gambar 5 ketika transistor on maka arus masuk ke induktor. Arus pada induktor akan naik secara linear, apabila saklar MOSFET ditutup selama waktu t_1 , arus induktor akan naik dan energi disimpan pada induktor L dan kapasitor C. Apabila saklar dibuka selama waktu t_2 , energi yang tersimpan pada induktor akan dipindahkan ke beban melalui dioda D_1 dan arus induktor menjadi jatuh.



Gambar.3 Rangkaian buck-boost converter

Pada perancangan Buck Boost Converter ini, komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Komponen semi konduktor menggunakan MOSFET IRFP460.
- Fast recovery diode MUR1560.
- Snuber Diode FR370.
- $L = 0.5 \text{ mH}$.
- $C_o = 517 \mu\text{F } 200\text{V}$.
- $C_s = 1 \text{ nF}$.
- $R_s = 5 \text{ K}\Omega \text{ } 20\text{W}$.

Keterangan :

- L : Induktor
- C_o : capasitor output
- C_s : snuber capasitor
- R_s : snuber resistor

Dengan perencanaan seperti pada uraian di atas, maka desain Buck Boost Converter ini memiliki tegangan input yang variable antara 8-20V dan mampu menghasilkan tegangan output sesuai dengan set point tegangan yang diinginkan yaitu sebesar 14,5V. Dan nilai *duty cycle* nya diatur secara otomatis oleh mikrokontroler.

2.2. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah otak dari kerja keseluruhan sistem. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler jenis ATMEGA16 yang memiliki 4 port yang masing-

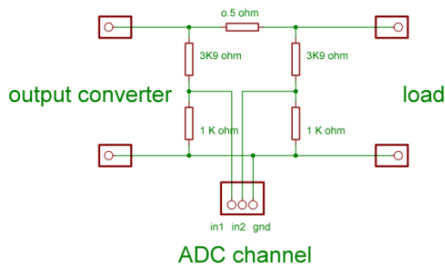
masing 8 bit. Pada sistem ini mikrokontroler memproduksi sinyal PWM untuk *switching* konverter *buck-boost* dan membaca tegangan yang dihasilkan untuk dijaga nilainya.

2.3. Rangkaian Totempole

Rangkaian *totempole* digunakan sebagai kopling antara mikrokontroler dengan konverter DC-DC karena mikrokontroler tidak mampu mengendalikan konverter secara langsung. Sekaligus sebagai rangkaian pengaman untuk mikrokontroler jika terjadi masalah pada sisi konverter. Pada Penelitian ini akan dibuat 1 (satu) buah rangkaian *Totempole*, untuk konverter *buck-boost*.

2.4. Sensor Tegangan

Sensor tegangan dibangun dengan menggunakan resistor pembagi tegangan karena tegangan yang diukur besarnya lebih dari 5 Volt. Sensor tegangan dirancang untuk umpan balik dari tegangan keluaran dari konverter *buckboost* dan dari baterai sebagai masukan ADC *channel* pada mikrokontroler.



Gambar.4 Rangkaian Sensor Tegangan

3. Pengujian Alat

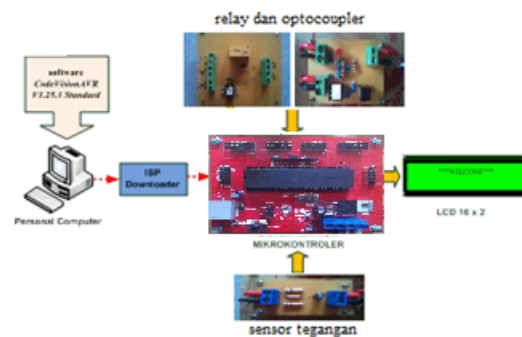
3.1. Pengujian Sistem Minimum Mikrokontroler

Tujuan dari pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui apakah rangkaian sistem minimum ATmega 16 sudah dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan penyetelan pada jalur port-port yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega 16. Port-Port tersebut dihubungkan dengan perangkat input dan perangkat output yang digunakan dalam penelitian ini. Perangkat-perangkat tersebut diantaranya adalah: *LCD character 16x2*, sensor tegangan, rangkaian *optocoupler*, dan *relay*. Cara pengujianya yaitu terlebih dahulu IC mikrokontroler di isi program menggunakan software *CodeVisionAVR V1.25.3 Standard*. Setelah itu program di-*compile* dengan tujuan untuk mengetahui apakah program masih

terdapat *error* atau tidak. Untuk men-*download* program, dilakukan dengan cara menghubungkan langsung mikrokontroler dengan PC menggunakan komunikasi paralel dan menggunakan rangkaian *ISP downloader* sebagai rangkaian *buffer*.

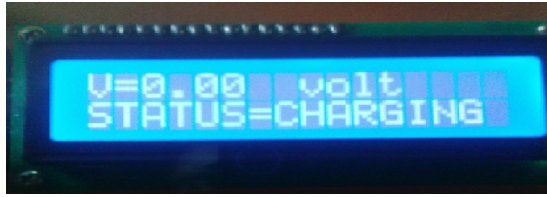
Peralatan yang digunakan dalam proses pengujian rangkaian sistem minimum ini adalah: modul rangkaian mikrokontroler ATmega 16 beserta perangkat input dan perangkat output yang digunakan dalam penelitian ini sebagai indikator keluaran port, rangkaian *power supply* sebagai catu daya, kabel konektor, rangkaian *ISP downloader* dan seperangkat PC beserta software *CodeWizardAVR V1.25.3 Standard*.

Blok diagram pengujian ini dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar.5 Blok diagram pengujian sistem minimum mikrokontroler

Listing program yang di-*download*-kan ke mikrokontroler dibuat untuk menyalakan PortA yang dihubungkan dengan sensor tegangan sebagai pembacaan ADC, PortC yang dihubungkan dengan *LCD character 16x2* dan PortB yang dihubungkan dengan rangkaian *optocoupler* sebagai penyulutan sinyal PWM dan PortD yang dihubungkan dengan *relay*. Setelah program selesai di-*download* ke mikrokontroler, perangkat-perangkat yang terhubung dengan sistem minimum mikrokontroler tersebut dapat berfungsi dengan baik. Mikrokontroler dapat membaca ADC dari sensor tegangan yang terhubung dengan port A. LCD yang terhubung dengan PortC dapat menampilkan pesan sesuai dengan yang dituliskan pada program. Rangkaian *optocoupler* yang terkoneksi dengan PortB juga bisa memberikan masukan dengan baik pada sistem minimum mikrokontroler. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar.6 Hasil pengujian LCD

Ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian penuh pada saat pengujian sistem minimum ini. Diantaranya adalah masalah kabel konektor, kabel konektor yang digunakan terutama pada LCD haruslah benar-benar terhubung dengan baik. Jika tidak maka data yang dikirim ke LCD akan mengalami *lossing* dan LCD tidak bisa bekerja secara maksimal.

3.2. Pengujian Solar Cell 20 WP

Tujuan dari pengujian solar cell ini adalah untuk mengetahui karakteristik tegangan output dari solar cell berdasarkan waktu. Karena solar cell adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Besarnya nilai tegangan output dari solar cell berdasarkan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel-sel pada luasan solar cell tersebut. Maka, hal ini dapat dikaitkan dengan waktu pengujian.

Solar cell yang digunakan pada sistem ini adalah 2 buah solar cell 10 WP yang dipasang secara paralel, sehingga karakteristiknya akan sama dengan solar cell 20 WP yaitu dapat menghasilkan tegangan output antara 8-20V dan arus maksimal 1A. Data hasil pengujian solar cell berdasarkan waktu pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Karakteristik dari solar cell tersebut adalah apabila waktu semakin siang dan dalam keadaan cuaca yang cerah, maka dapat dilihat pada gambar 7.

Dari data di atas dapat diketahui bahwa solar cell dapat mengeluarkan tegangan maksimal pada waktu pengujian jam 11.00 siang. Hal ini menunjukkan bahwa jam tersebut matahari mempunyai intensitas cahaya yang maksimal pula.

Ada juga hal yang perlu diperhatikan ketika menggunakan solar cell sebagai sumber tegangan, yaitu sudut datang cahaya matahari terhadap bidang solar cell. Apabila sudut datang tepat tegak lurus terhadap bidang solar cell, maka solar cell dapat mengeluarkan arus dan tegangan output dengan nilai yang maksimal.

3.3. Pengujian Rangkaian *Buck Boost Converter*

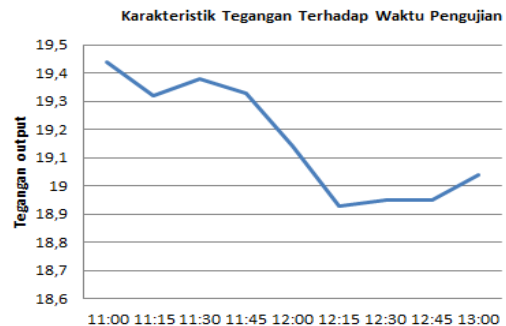
Buck Boost Converter merupakan salah satu jenis dari rangkaian *DC-DC Converter* yang fungsinya adalah

untuk menaikkan dan menurunkan tegangan DC. Teori dasar tentang kerja pada rangkaian ini adalah ketika nilai *duty cycle* di atas 50%, maka rangkaian ini akan menaikkan tegangan dan ketika nilai *duty cycle* di bawah 50% maka rangkaian ini akan menurunkan tegangan.

Pada sistem ini dibangun rangkaian *Buck Boost Converter* dengan nilai input antara 8-20V dan nilai output 14,5V yang digunakan sebagai tegangan *charging battery*.

Tabel.1 Data hasil pengukuran Tegangan output solar cell berdasarkan waktu pengujian

Waktu	V solar cell (V)	Waktu	V solar cell (V)
10:00	19,16	13:15	19,10
10:15	19,17	13:30	19,02
10:30	19,33	13:45	18,97
10:45	19,41	14:00	19,06
11:00	19,44	14:15	19,00
11:15	19,32	14:30	18,78
11:30	19,38	14:45	18,73
11:45	19,33	15:00	17,39
12:00	19,14	15:15	17,65
12:15	18,93	15:30	16,54
12:30	18,95	15:45	16,70
12:45	18,95	16:00	16,01
13:00	19,04		



Gambar.7 Grafik Karakteristik tegangan output solar cell terhadap waktu pengujian

Rangkaian *Buck Boost Converter* ini dibangun dengan nilai-nilai komponen sebagai berikut :

- Komponen semi konduktor menggunakan MOSFET IRFP460.
- Fast recovery diode MUR1560.
- Snubber Diode FR370.
- $L = 0.5$ mH.
- $C_o = 517$ μ F 200V.
- $C_s = 1$ nF.

- Rs = 5 KΩ 20W.

Keterangan :

L : Induktor

Co : Capacitor output

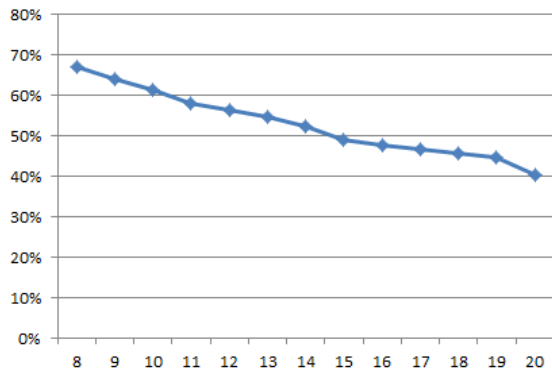
Cs : Snuber capasitor

Rs : Snuber Resistor

Data dari hasil pengujian rangkaian buck boost converter ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel.2 Data hasil pengujian Buck Boost Converter

Vin(V)	Duty Cycle(%)	Vout prak(V)	Vout Teori(V)
8	67%	14,5	16,24
9	64,20%	14,5	16,14
10	61,50%	14,5	15,97
11	58,10%	14,5	15,25
12	56,30%	14,5	15,46
13	54,70%	14,5	15,7
14	52,40%	14,5	15,41
15	49,10%	14,5	14,5
16	47,90%	14,5	14,7
17	46,90%	14,5	15
18	45,80%	14,5	15,2
19	44,60%	14,5	15,3
20	40,50%	14,5	13,6



Gambar.8 Grafik antara duty cycle terhadap tegangan input buck boost converter

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika membangun rangkaian Buck Boost Converter. Salah satunya adalah kualitas dari komponen semikonduktor yang digunakan. Karena penggunaan jenis komponen semikonduktor yang kualitasnya kurang baik sangat mempengaruhi tegangan dan arus output

dari rangkaian ini. Komponen semikonduktor yang digunakan adalah Mosfet IRFP460. Dan hal lain yang sangat berpengaruh terhadap rangkaian ini adalah nilai kualitas dari lilitan induktor yang digunakan, karena rangkaian ini adalah jenis rangkaian yang beroperasi pada frekwensi tinggi.

3.4. Pengujian Rangkaian Battery Charger

Rangkaian *battery charger* ini digunakan untuk mengisi accu 12 volt. Rangkaian ini dibangun dengan komponen utama dua buah *thyristor* dengan tipe BT 151 yang dipasang secara seri pada sisi input dan output. Fungsi utama rangkaian *battery charger* pada system ini adalah untuk menjaga nilai dari arus pengisian pada *accu*.

Berikut adalah data rangkaian battery charger dengan tegangan input berasal dari solar cell :

Tabel.3 Data Pengujian Battery Charger dengan input solar cell

V solar cell (V)	V charging (V)	I charging (A)	V Battery (V)
19,44	14,83	0,99	12,67
19,32	15,00	1,00	12,79
19,38	14,99	1,00	12,84
19,33	15,00	1,00	12,92
19,14	15,13	1,00	12,98
18,93	15,16	0,95	13,05
18,95	15,21	0,95	13,13
18,95	15,45	0,88	13,18
19,04	15,26	0,85	13,21
19,10	15,32	0,75	13,31
19,02	15,30	0,70	13,34
18,97	15,29	0,66	13,33
19,06	15,22	0,55	13,33
19,00	15,28	0,57	13,36
18,78	15,11	0,41	13,28
18,73	14,98	0,22	13,14
17,39	14,55	0,10	13,00

3.5. Pengujian ADC Channel

Pengujian ADC digunakan untuk mengetahui seberapa sensitive ADC mikrokontroler dan menguji apakah antara channel yang satu dengan yang lain memberikan hasil pembacaan tegangan yang sama. Pengujian ADC channel ini dilakukan dengan memberikan tegangan DC yang berasal dari output buck-

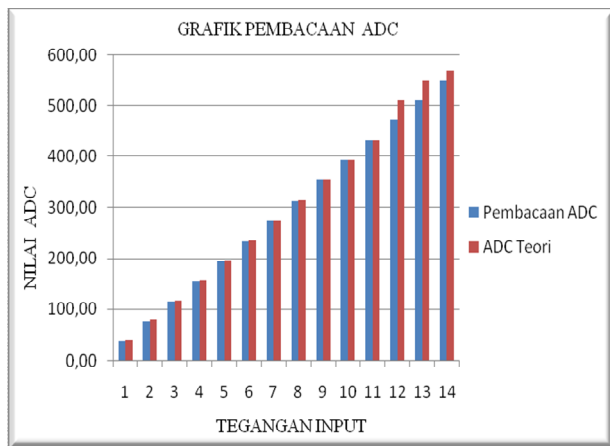
boost konverter yang nilainya dinaikkan dari 1 volt hingga 14 volt dengan kenaikan 1 volt yang terlebih dahulu dimasukkan ke rangkaian pembagi tegangan dengan resistor seri seperti pada Gambar 4.

Gambar.4 Rangkaian pengujian ADC

Pengukuran yang sama juga dilakukan pada sensor tegangan output batere mulai dari 0 volt sampai dengan 12 volt. Dan didapatkan nilai seperti yang terlihat pada Tabel 4 dan Gambar 9 serta pada Tabel 5 dan Gambar 10.

Tabel.4 Tabel hasil pembacaan ADC pada output konverter buck-boost

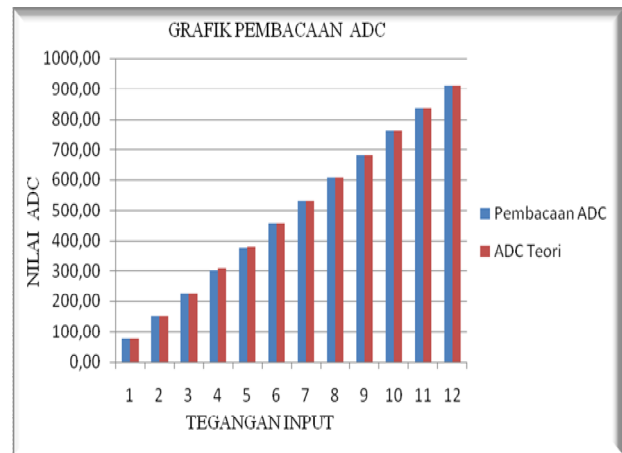
Vin (volt)	V sensor (volt)	Pembacaan ADC	ADC Teori	% Error
1	0,194	37	39,7	6,8
2	0,389	77	79,67	3,35
3	0,576	116	117,96	1,66
4	0,768	155	157,27	1,44
5	0,96	195	196,6	0,8
6	1,151	234	235,73	0,73
7	1,343	274	275	0,36
8	1,535	313	314,37	0,44
9	1,727	353	353,69	0,2
10	1,919	392	393	0,25
11	2,11	432	432	0
12	2,493	471	510,57	7,7
13	2,684	511	549,68	7
14	2,78	550	569,34	3,4



Gambar.9 Grafik Pembacaan ADC Pada Output Konverter Buck-Boost

Tabel.5 Tabel hasil pembacaan ADC pada batere

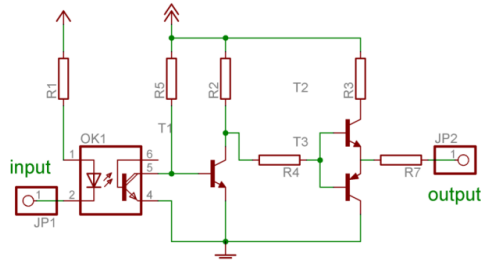
Vin (volt)	V sensor (volt)	Pembacaan ADC	ADC Teori	% Error
1	0.374	75	76.51	2.01
2	0.743	150	152.166	1.44
3	1.114	226	228.147	0.95
4	1.484	303	309.92	0.23
5	1.854	379	379.7	0.018
6	2.225	455	455.68	0.015
7	2.595	531	531.456	0.086
8	2.966	607	607.44	0.07
9	3.337	684	683.42	0.08
10	3.71	760	759.81	0.025
11	4.08	836	835.58	0.05
12	4.45	912	911.36	0.07



Gambar.10 Grafik Pembacaan ADC Pada Batere

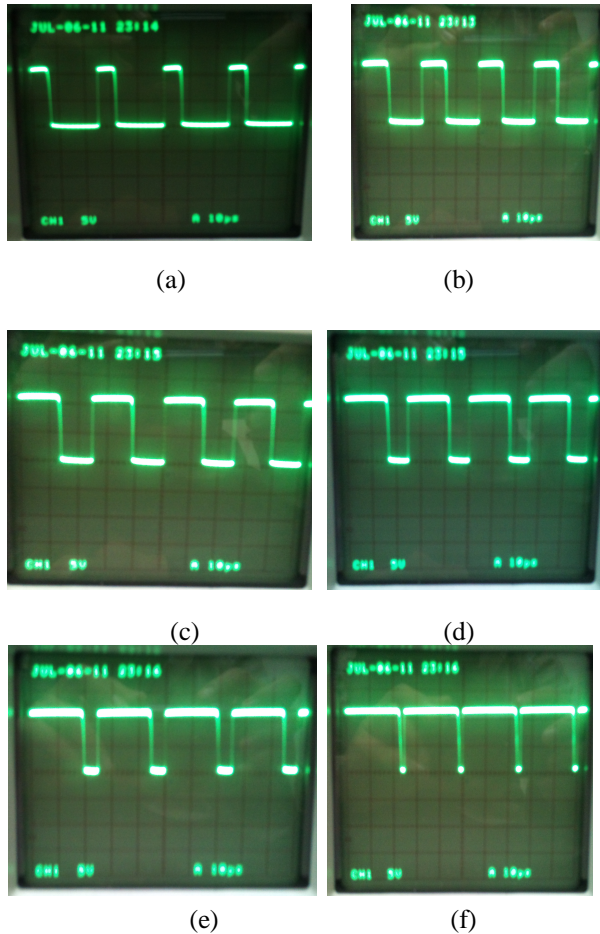
3.6. Pengujian Rangkaian Totem Pole Dan Opto Coupler

Rangkaian *totem pole* dan *opto coupler* digunakan sebagai *buffer* sinyal input yang dihasilkan oleh mikrokontroler dan digunakan untuk mengendalikan konverter. Gambar rangkaian *totem pole* dan *opto coupler* terlihat pada gambar 11 dan secara fisik terlihat seperti pada gambar 12.



Gambar.11 Rangkaian *totempole* dan *opto isolator*

Pengujian rangkaian *totempole* berfungsi untuk mengetahui kualitas dari sinyal yang keluaran dari *totempole* apakah mampu mewakili sinyal input yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Karena apabila terdapat perubahan *duty cycle* pada keluaran *totempole* maka akan menyebabkan gangguan mikrokontroler bekerja. Sehingga kestabilan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh konverter akan berkurang. Karakteristik dari rangkaian *totempole* adalah menguatkan (*Amplifier*) sinyal masukan dari PWM (*Pulse Width Modulation*). Hal ini disebabkan terdapat komponen *Transistor Amplifier* yang terdapat pada keluaran dari IC *optocoupler* 4N25. Dalam hal ini *Transistor Amplifier* yang digunakan adalah transistor tipe BC337. Gambar gelombang keluaran dari rangkaian *totempole* dan *opto coupler* seperti terlihat pada gambar 12 Gambar 12(a) dan gambar 12(b) adalah sinyal *output* saat rangkaian diberi masukan sinyal PWM dengan *duty cycle* 20% dan 30%. Terlihat bahwa sinyal keluaran *totempole* adalah sinyal PWM yang telah dikuatkan. Hal yang sama dengan gambar 12(c) dan gambar 12(d) adalah sinyal *output* pada saat rangkaian diberi masukan sinyal PWM dengan *duty cycle* 40% dan 50%. Sedangkan Gambar 12(e) dan gambar 12(f) adalah sinyal *output* saat rangkaian diberi masukan sinyal PWM dengan *duty cycle* 60% dan 70%.



- (a). Sinyal output dengan *duty cycle* 20%
- (b). Sinyal output dengan *duty cycle* 30%
- (c). Sinyal output dengan *duty cycle* 40%
- (d). Sinyal output dengan *duty cycle* 50%
- (e). Sinyal output dengan *duty cycle* 60%
- (f). Sinyal output dengan *duty cycle* 70%

Gambar.12 Pengujian rangkaian driver *optocoupler* dan *totempole*

4. KESIMPULAN

Setelah melalui beberapa proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dari beberapa data yang didapat dari pengujian dan pembuatan Penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem ini akan bekerja maksimal pada range antara jam 10.00-14.00, karena intensitas cahaya matahari sangat terang dalam kondisi cuaca cerah.
2. *Accu* yang digunakan dapat mengoperasikan sistem dan beban dalam jangka waktu 7 jam.
3. Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh pada nilai dari arus *charging*, semaiKn turun intensitas cahaya matahari yang jatuh ke *solar cell*, semakin turun pula nilai arus *charging* pada *accu*.
4. Dalam merancang dan membangun sistem pada audio-video mobil, membutuhkan rangkaian *power amplifier* dengan daya yang cukup tinggi yaitu minimal 40 Watt agar suara yang dihasilkan dapat maksimal.
5. Pengaturan tegangan output *buck-boost converter* supaya tetap (sesuai setting point) maka digunakan sensor tegangan pada output *buck-boost converter* yang kemudian dibaca oleh ADC sebagai referensi tegangan untuk pengaturan *duty cycle*.

6. Tegangan yang dihasilkan oleh solar cell tergantung pada intensitas cahaya dan sudut datangnya cahaya matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad H Rashid, "Power Electronics Circuits, Devices, and Application 2nd Ed ", Diterjemahkan PT Prenhallindo, Jakarta, 1999
- [2] Joke Pratilastiarso, "Elektronika Daya II", PENS - ITS, Surabaya, 1994
- [3] Joko Priyanto, "*Minimum system AVR atmega16*", 21 Desember 2009. Diakses 6 Pebruari 2010 dalam alamat website
- [4] http://www.juraganelektro.com/index.php?option=com_content&view=article&id=72:minimum-system-avratmega16&catid=42:microcontroller&Itemid=70
- [5] Hadi, Mokh. Sholihul.2008. "*Mengenal Mikrokontroler AVR ATmega16*". Diakses 20 Januari 2011, dalam alamat website <http://ilmukomputer.org/wpcontent/uploads/2008/08/sholihul-atmega16.pdf>
- [6] Heri Andrianto, "*Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR)*", Informatika, Bandung, 2008