

PEMANFAATAN *SOLAR CELL* DAN *THERMOELEKTRIC GENERATOR (TEG)* SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK LAMPU PENERANGAN JALAN 50 WATT

Luqman Hakim Putranto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : luqmanh461@gmail.com

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Energi matahari dapat dimanfaatkan panel surya dan *Thermoelectric Generator (TEG)* sebagai sumber energi listrik untuk pengisian baterai. Pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pembangkit listrik antara *solar cell* dan *Thermoelectric Generator (TEG)* dan menganalisa hasil pembangkit tersebut. Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif yang menggunakan model-model matematis, teori-teori atau hipotetis yang berkaitan dengan fenomena alam. Dari hasil penelitian diperoleh hasil, cahaya matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik antara *solar cell* dan *thermoelectric generator (TEG)* untuk pengisian baterai dan diperoleh efisiensi 84,4 %.

Kata Kunci : Energi, *solar cell*, *TEG*

Abstract

The solar energy can be utilized by solar panels and Thermoelectric Generators (TEG) as a electrical power for charging the batteries. In this study, has purposed to produce power systems by solar cells and Thermoelectric Generators (TEG), furthermore did an analyzes about the power generation. In addition, for approach about this case is used quantitative methods which have mathematically models, theories or hypotheticals that relates to natural phenomena. Accordingly, results of the studied was obtained that solar energy can be used as electrical power producer by solar cells and Thermoelectric Generators (TEG) for charging the batteries with power efficiency is 84.4%.

Keywords: Solar energy, solar cell, TEG.

PENDAHULUAN

Energi adalah bagian penting dalam kehidupan manusia. Saat ini pemanfaatan sumber energi belum dilakukan secara maksimal. Sebagian besar masih menggunakan sumber energi yang sifatnya tidak dapat diperbaharui seperti batu bara, minyak bumi, dan fosil. Energi tersebut jika digunakan secara terus menerus semakin lama ketersediaannya akan menipis. Terdapat beberapa sumber energi alternatif yang bersih dan tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas seperti energi matahari (Wilson, 1996).

Energi matahari dapat dijadikan pilihan energi karena merupakan energi yang terbesar di bumi, mudah di dapat, dan jumlahnya tidak terbatas. Teknologi fotovoltaik yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor yang disebut sel surya (Fishbane et.al, 1996) banyak dikaji oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Permasalahan saat ini bagaimana memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik.

Pada umumnya panel surya bekerja mengkonversi energi matahari secara langsung menghasilkan listrik sesuai dengan besar kapasitas panel surya tersebut, selain itu energi matahari dapat dimanfaatkan *Thermoelectric Generator (TEG)* untuk membangkitkan listrik pada pengisian baterai. *Thermoelectric Generator (TEG)* adalah memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik.

Dari uraian di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah memanfaatkan kerja *SOLAR CELL* dan *THERMOELEKTRIC GENERATOR (TEG)* sebagai sumber energi listrik lampu penerangan jalan 50 watt.

KAJIAN TEORI

Photovoltaic Cell

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan photovoltaic (PV). Photo merujuk kepada cahaya dan voltaic merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari. Sel surya selalu didesain

untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan seperti yang dinyatakan oleh Chenni et. al. (2007).



Gambar 1 *photovoltaic cell*
Sumber : www.greenoptimistic.com

Thermoelectric Generator (TEG)

Thermoelectric generator adalah memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi dilingkungan menjadi energi listrik. *Thermoelektrik generator* menggunakan sebuah elemen yang disebut *peltier*. Termoelektrik terbuat dari *solid state material* (material zat padat) yang dapat mengkonversi energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial (efek *Seebeck*), atau dari arus listrik menjadi perbedaan temperature (efek *Peltier*). (Sumber: *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT) Volume 14, Nomor 1, Januari - Juni 2016*)



Gambar 2 *thermoelectric generator*
Sumber : www.robu.in

Akumulator

Aki adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Aki pertama kali dite-mukan oleh ahli fisika Perancis, bernama *Gaston Plante* pada tahun 1859. (*Nasrah Anjani's, 2014*)

Inverter

Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur (Rashid, 1993). Rangkaian inverter terdiri dari tiga bagian, bagian pertama sebuah rangkaian yang terbentuk dari rangkaian konverter yang mengubah

sumber tegangan bolak-balik jala-jala menjadi tegangan searah dan menghilangkan riak pada keluaran tegangan searah ini. Bagian kedua adalah rangkaian inverter yang mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik satu fasa dengan frekuensi beragam. Bagian yang ketiga adalah sebuah rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter (*FATEC, 2006*).



Gambar 3 *inverter*
www.jakartanotebook.com

Charge Controller

Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang ditambahkan ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Sel surya *charge controller* juga *over charging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya, dimana akan mengurangi umur baterai. Beberapa fungsi detail dari sel surya *charge controller* adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, *overcharging, overvoltage*.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge overloading*.
- Monitoring temperatur baterai.

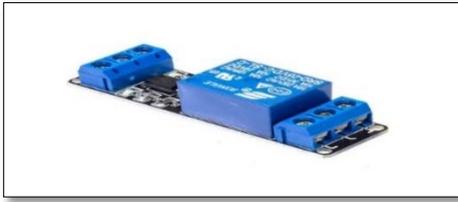


Gambar 4 *charge controller mppt*
Sumber : www.solar-electric.com

Relay

Relay adalah suatu alat yang digunakan dalam suatu rangkaian kontrol untuk melengkapi sistem pengontrolan yang otomatis. *Relay* berfungsi untuk memonitor besaran-besaran ukuran sesuai dengan

batas-batas yang dikehendaki. *Relay* bekerja pada tegangan dan arus yang kecil jadi berbeda dengan kontaktor. (Budi yanto husodo, Ridwan effendi, 2013)



Gambar 5 relay

Sumber : www.makerlab-electronics.com

Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis Atmega328. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup menghubungkan *board* arduino ssuno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankan. (*jurnal rekayasa dan teknologi elektro*, 2016)

Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan sebuah instrumen yang dapat mengukur tegangan DC atau AC dalam bentuk angka diskrit. Voltmeter digital terbuat dari rangkaian – rangkaian yang menggunakan IC tertentu seperti ICL7107 / ICL7106 atau juga bisa menggunakan IC controller dengan memanfaatkan ADC (*Analog to Digital Converter*). Tegangan yang sampai ke ADC0 atau V_s harus < 5 volt. Untuk mengukur tegangan AC maka tegangan harus diubah menjadi tegangan DC. Untuk mengukur tegangan yang besar maka dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan dengan ketentuan tegangan yang masuk ke V_s harus < 5 volt.

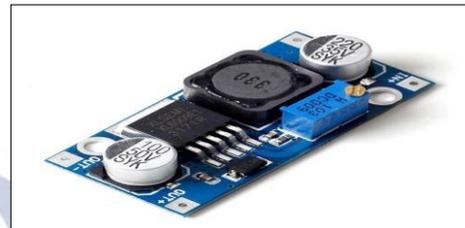


Gambar 6 Sensor Tegangan

Sumber : www.makassarrobotika.com

Boost Converter

DC-DC STEP UP BOOST CONVERTER XL6009 adalah module DC - DC converter yang berfungsi mengubah tegangan masukan (*input*) menjadi tegangan keluaran (*output*) yang lebih tinggi. Tegangan *output* bisa diatur dengan cara memutar trimpot. Jika terjadi perubahan tegangan *input*, maka tegangan *output* akan tetap stabil karena modul ini juga berfungsi sebagai regulator.



Gambar 7 Boost Converter

Sumber : www.indiamart.com

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

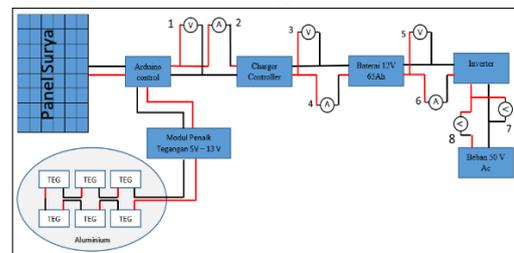
1. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk mencari informasi atau pengetahuan mengenai segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian Pemanfaatan *Solar Cell* Dan *Thermoelectric Generator (TEG)* Sebagai Sumber Energi Listrik Lampu Penerangan Jalan 50 Watt. Maka studi literatur diperoleh :

- Mengetahui karakteristik masing-masing peralatan dan komponen yang akan digunakan beserta prinsip kerjanya.
- Mengetahui cara kerja dan pemrograman pada arduino Uno.

2. Merancang Perangkat Keras

Mengumpulkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat Pemanfaatan *Solar Cell* Dan *Thermoelectric Generator (TEG)* Sebagai Sumber Energi Listrik Lampu Penerangan Jalan 50 Watt.

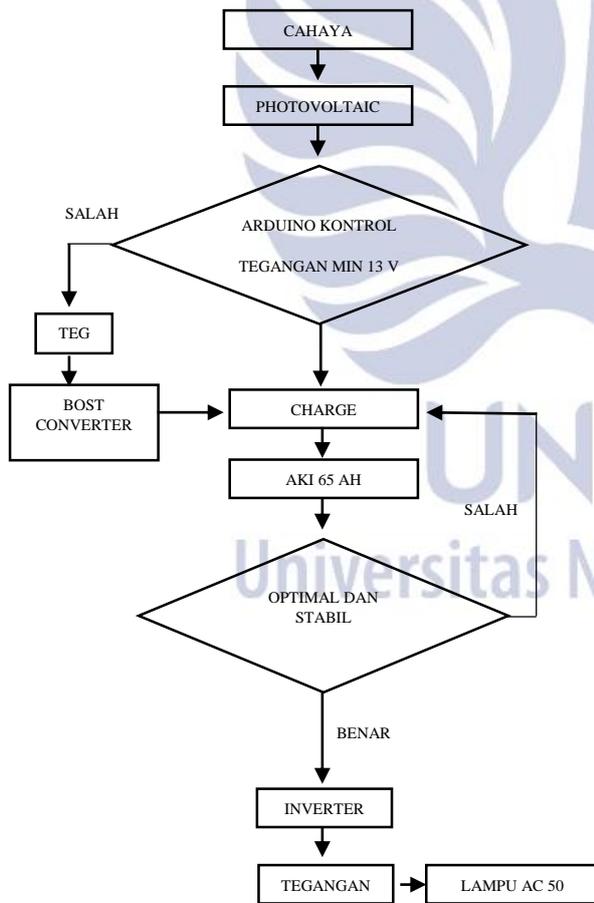


Gambar 8 Diagram Blok Hardware

Pada gambar 8 merupakan Pemanfaatan *Solar Cell* Dan *Thermoelectric Generator (TEG)* Sebagai Sumber Energi Listrik Lampu Penerangan Jalan 50 Watt terdiri dari panel surya sebagai penyerap energi panas dari matahari untuk menghasilkan energi listrik

ketika panel surya dapat menyuplai tegangan diatas 13 V akan diterima arduino diteruskan ke *charge controller*, ketika panel surya menyuplai tegangan dibawah 13 V maka arduino bekerja sebagai kontaktor memutus tegangan ke *charge controller* dan menyambungkan ke TEG, listrik yang dihasilkan TEG dari menyerap panas dari almunium akan masuk ke *charge controller*.

Pada saat listrik yang dihasilkan panel surya diatas 13 V maka arduino akan memutus saluran TEG dan menutup kontaktor ke *charge controller*. Energi listrik yang dihasilkan panel surya dan TEG berupa tegangan DC yang akan dikontrol untuk mengisi tenaga listrik ke baterai sebagai penyimpanan yang kemudian akan disalurkan ke *inverter* untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC agar dapat diterima beban bertegangan AC.



Gambar 9 Diagram Penelitian

Pengujian dilakukan dengan interval waktu setengah jam sekali dari pukul 09.00 – 16.00 WIB dan dibedakan menjadi tiga tahapan yaitu pagi, siang dan sore. Berikut data hasil pengujian.

Tabel 1 Data tegangan dan arus yang dibangkitkan panel surya.

Waktu (Jam)	Intensitas Cahaya Matahari (X 100 Lux) (cd)	Suhu Permukaan PV (C°)	Cuaca	Panel Surya		
				Tegangan v	Arus A	Daya W
Kamis						
Pk 09.00	775	42,1	Berawan	14,35	3,9	55,96
Pk 09.30	782	43,3	Berawan	14,24	3,8	54,11
Pk 10.00	797	48,4	Berawan	14,42	3,8	54,79
Pk 10.30	942	50,2	Cerah	14,64	3,7	54,16
Pk 11.00	961	52,3	Cerah	14,77	3,6	53,17
Pk 11.30	993	54,7	Cerah	15,21	3,3	50,19
Pk 12.00	1063	57,7	Cerah	15,46	3,2	49,47
Pk 12.30	1089	59,5	Cerah	15,87	3,1	49,19
Pk 13.00	1125	60,3	Cerah	16,56	2,8	46,36
Pk 13.30	1102	62,1	Cerah	15,23	2,7	41,12
Pk 14.00	986	54,3	Cerah	13,53	2,1	28,41
Pk 14.30	935	46,8	Cerah	13,47	2,2	29,63
Pk 15.00	877	43,3	Cerah	13,29	2,0	26,58
Pk 15.30	754	38,2	Cerah	12,62	1,9	25,11
Pk 16.00	685	37,5	Cerah	12,26	1,9	24,62

$$P = V \times I \tag{1}$$

Keterangan :
 P : Daya (Watt)
 V : Tegangan (Volt)
 I : Arus (Ampere)

Dari persamaan 1 dengan menggunakan data Tabel 1 diperoleh hasil sebagai berikut.

- 1) Pada pagi hari (09.00-11.00) menghasilkan rata-rata tegangan 14,48 volt dan arus sebesar 3,76 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 54,45 Watt
- 2) Pada siang hari (11.30-13.30) menghasilkan rata-rata tegangan 15,66 volt dan arus sebesar 3,02 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 47,31 watt.
- 3) Pada sore hari (14.00-16.00) menghasilkan rata-rata tegangan 13,29 volt dan arus sebesar 2,02 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 26,85 watt

Pemanfaatan Solar Cell Dan Thermoelectric Generator (TEG) Sebagai Sumber Energi Listrik Lampu Penerangan Jalan 50 Watt

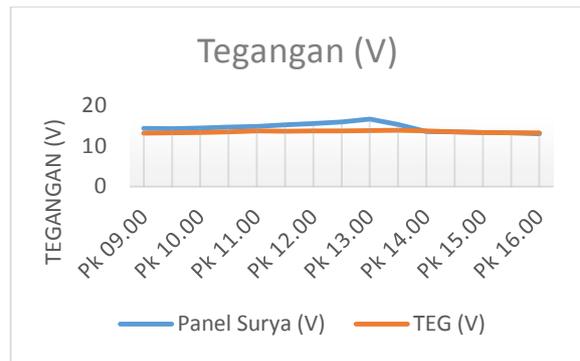
Tabel 2 data tegangan dan arus yang dibangkitkan Thermoelectric Generator (TEG)

Waktu (Jam)	Intensitas Cahaya Matahari (X 100 Lux) (cd)	Suhu Permukaan Aluminium (C°)	Suhu Permukaan Heat sink (C°)	Cuaca	TEG		
					Tegangan (v)	Arus (A)	Daya (W)
Kamis							
Pk 09.00	775	42,1	28,7	Berawan	13,25	0,2	2,65
Pk 09.30	782	43,3	28,7	Berawan	13,26	0,2	2,65
Pk 10.00	797	48,4	28,8	Berawan	13,33	0,2	2,66
Pk 10.30	942	50,2	29,8	Cerah	13,55	0,3	4,06
Pk 11.00	961	52,3	30,1	Cerah	13,57	0,3	4,07
Pk 11.30	993	54,7	30,2	Cerah	13,63	0,4	5,45
Pk 12.00	1063	57,7	30,2	Cerah	13,68	0,4	5,47
Pk 12.30	1089	59,5	30,3	Cerah	13,75	0,4	0,7
Pk 13.00	1125	60,3	30,2	Cerah	13,77	0,5	6,88
Pk 13.30	1102	62,1	30,2	Cerah	13,80	0,5	6,9
Pk 14.00	986	54,3	30,1	Cerah	13,66	0,4	5,46
Pk 14.30	935	46,8	29,9	Cerah	13,35	0,3	4,00
Pk 15.00	877	43,3	29,4	Cerah	13,29	0,3	3,98
Pk 15.30	754	38,2	29,1	Cerah	13,25	0,2	2,65
Pk 16.00	685	37,5	28,6	Cerah	13,21	0,2	2,64

Dari persamaan 1 dengan menggunakan data Tabel 2 diperoleh hasil sebagai berikut.

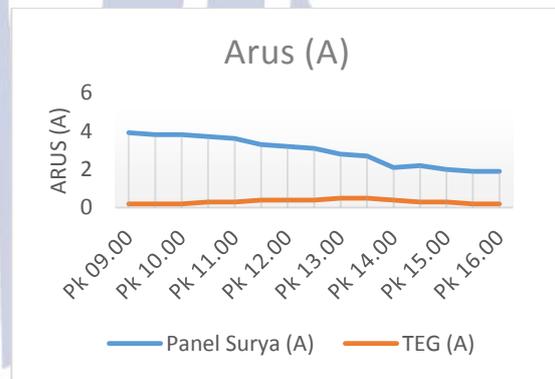
- 1) Pada pagi hari (09.00-11.00) menghasilkan rata-rata tegangan 13,39 volt dan arus sebesar 0,24 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 3,21 watt
- 2) Pada siang hari (11.30-13.30) menghasilkan rata-rata tegangan 13,72 volt dan arus sebesar 0,44 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 6,03 watt.
- 3) Pada sore hari (14.00-16.00) menghasilkan rata-rata tegangan 13,35 volt dan arus sebesar 0,28 ampere. Maka daya yang diperoleh rata-rata adalah 3,75 watt

Berikut adalah grafik hubungan antara arus terhadap waktu dan hubungan antara tegangan terhadap waktu. Gambar grafik tegangan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar grafik arus terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 10 Grafik Tegangan Panel Surya Dan TEG

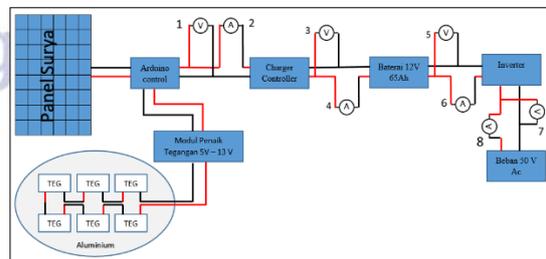
Dari analisa grafik diatas kerja panel surya pada pukul 09.00 – pukul 13.30 mengalami kenaikan tegangan, kemudian pukul 15.30 mengalami drop tegangan dibawah 13 volt sehingga kerja panel surya digantikan TEG yang menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 13 volt untuk mengisi baterai.



Gambar 11 Grafik Arus Panel Surya Dan TEG

Dari analisa grafik diatas arus yang dihasilkan panel surya dari pukul 09.00 – 16.00 mengalami penurunan, sedangkan arus yang dihasilkan TEG stabil meskipun nilainya kecil.

Pengujian Alat Dengan Beban 50 Watt



Gambar 12 Rangkaian Pengujian Panel Surya dan TEG Berbeban

Keterangan :

1. Voltmeter untuk mengukur tegangan pada panel surya dan TEG.
2. Amperemeter untuk mengukur arus pada panel surya dan TEG.
3. Voltmeter untuk mengukur tegangan pada *charge control*.
4. Amperemeter untuk mengukur arus pada *charge control*.
5. Voltmeter untuk mengukur tegangan baterai.
6. Amperemeter untuk mengukur arus pada baterai.
7. Voltmeter untuk mengukur tegangan pada beban.
8. Amperemeter untuk mengukur arus pada beban.

Tabel 3 hasil pengujian panel surya dan TEG berbeban.

Waktu (Jam)	Intensitas Cahaya Mata hari (cd)	Charge controller				Baterai		Beban	
		Solar cell		TEG		V (DC)	A (DC)	V (AC)	A (AC)
		V (DC)	A (DC)	V (DC)	A (DC)				
Pk 09.00	762	14,24	3,9	13,18	0,2	14,2	3,9	220	0,22
Pk 09.30	778	14,84	3,5	13,24	0,2	14,8	3,5	220	0,22
Pk 10.00	786	14,12	3,4	13,32	0,2	14,1	3,4	220	0,22
Pk 10.30	803	14,34	3,6	13,45	0,2	14,3	3,6	220	0,22
Pk 11.00	982	14,47	4,5	13,67	0,3	14,4	3,5	220	0,22
Pk 11.30	997	15,07	4,3	13,65	0,4	15,0	3,3	220	0,22
Pk 12.00	1087	15,34	4,1	13,68	0,5	15,3	3,1	220	0,22
Pk 12.30	1103	15,87	3,2	13,72	0,5	15,8	3,2	220	0,22
Pk 13.00	1127	16,31	2,9	13,74	0,5	16,3	2,9	220	0,22
Pk 13.30	1109	14,24	3,0	13,82	0,5	14,2	3,0	220	0,22
Pk 14.00	1026	14,01	2,3	13,66	0,4	14,0	2,3	220	0,22
Pk 14.30	935	13,67	2,1	13,45	0,3	13,6	2,1	220	0,22
Pk 15.00	857	13,21	2,0	13,27	0,2	13,2	2,0	220	0,22
Pk 15.30	701	12,68	1,9	13,23	0,2	13,2	0,2	220	0,22
Pk 16.00	683	12,72	1,9	13,22	0,2	13,2	0,2	220	0,22

Keterangan : Kolom hijau *relay* pada saat *close*
Kolom merah *relay* pada saat *open*

$$\text{Efisiensi} : \eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan : η : efisiensi
 P_{in} : daya yang dihasilkan (watt)
 P_{out} : daya beban (watt)

Dari persamaan 2 dengan menggunakan data Tabel 3 diperoleh hasil pengujian antara panel surya dan *thermoelectric generator* dengan beban maksimal pada pembangkit listrik tenaga surya sebagai berikut.

Dari Tabel 3 diatas daya rata-rata yang dihasilkan 42,2 watt dan daya beban 50 watt. Jadi efisiensi dari pembangkit listrik tenaga surya dengan beban maksimum mencapai 84,4%.

Perhitungan Lama Pengisian Batrai

Perhitungan ini dilakukan apabila kondisi batrai benar-benar keadaan daya yang kosong atau 0 Volt

1. Lama Pengisian Arus (Ta)

$$T_a = Ah/A \quad (3)$$

Keterangan :

Ah = Ampere hours pada baterai

A = Arus rata-rata pada panel surya

Dari persamaan 3 lama pengisian arus dapat dihitung sebagai berikut. Arus pada baterai 65 Ah dan arus rata-rata pada panel surya sebesar 3,2 ampere. Jadi, lama pengisian arus pada baterai memerlukan waktu 20,9 jam.

2. Lama Pengisian Daya (Td)

Diketahui persamaan 4 lama pengisian daya sebagai berikut.

$$\text{Daya baterai} = V \times Ah \quad (4)$$

Dari persamaan diatas tegangan pada baterai 12 volt dan arus pada baterai 65 Ah. Jadi, daya baterai sebesar 780 watt.

Diketahui persamaan 5 lama pengisian daya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Daya input} = \text{Tegangan baterai (V)} \times \text{Kuat arus panel surya (I out)}$$

Keterangan :

I out = Arus rata-rata pada panel surya

Dari persamaan diatas tegangan baterai 12 volt dan kuat arus pada panel surya 3,1 ampere. Jadi, hasil persamaan diatas adalah 37,2 watt.

Diketahui persamaan 6 lama pengisian daya dapat dihitung sebagai berikut.

$$T_A = \text{Daya baterai} / \text{Daya input}$$

Dari persamaan diatas daya baterai 780 watt dan daya input 37,2 watt. Jadi, lama pengisian daya pada baterai memerlukan waktu 20,9 Jam

PENUTUP SIMPULAN

Dari hasil pembahasan penelitian skripsi diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Cahaya matahari sebagai sumber energi panas dimanfaatkan solar cell dan *thermoelectric generator* (TEG) yang dapat membangkitkan energi listrik untuk pengisian batrei.

Dari hasil pengujian antara solar cell dan thermoelectric generator (TEG) dengan beban maksimal pada pembangkit listrik tenaga surya diperoleh efisiensi 84,4 %.

SARAN

Hasil analisa ini penggunaan pembangkit listrik tenaga surya dengan model hybrid dapat dimanfaatkan untuk pengisian baterai, semakin banyak jumlah thermoelectric generator dapat memaksimalkan pengisian daya pada baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar Ilma Ramadhan, Diniardi Ery, Sony Hari Mukti. 2016. "Analisa desain sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP". Teknik. Vol. 37(2): hal.59-63
- Budi Yanto Husodo 1, Ridwan Effendi 2, 2013. Perancangan Sistem Kontrol Dan Pengaman Motor Pompa Air Terhadap Gangguan Tegangan Dan Arus Berbasis Arduino, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
- Cheng, C. L., Chan, C.Y., and Chen, C.L., 2007 An empirical approach to estimating monthly radiation on south-facing tilted planes for building application, Amsterdam, Journal of Energi, Volume 31, Issue 14, pp. 2940-2957.
- FATEC, 2006, "Inverter School Text, Inverter Practical Course", Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, p.211.
- Fishbane, P.M., Gasirowicz, S., and Thornton, S.T., 1996: physics For Scientists and engineers, 2nd edition, Prentice-hall, New Jersey
- Fitri Yilinda. 2009. "Rancang bangun simulasi hybrid tenaga surya dan tenaga angin sebagai catu daya base transceiver station (BTS) 3G". Depok: Universitas Indonesia.
- Gutierrez, F dan Mendez, F. 2008. "Generation Minimization of a Thermoelectric Cooler". The Open Thermoelectric Journal. Vol. 2: hal. 79-80.
- Marsudi, Djiteng. 2005. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta: Erlangga. Maysha Imam, Trisno Bambang, Hasbullah. 2013. Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2n3055 Dan Thermoelectric Cooler. Electran. Vol.12(2): hal. 89-96
- M. Rif'an, Sholeh HP, Mahfudz Shidiq, Rudy Yuwono, Hadi Suryono, Fitria S. 2012. "Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari di jurusan elektro Universitas Brawijaya". Jurnal EECCIS. Vol. 6(1): hal.44-48
- Nasrah Anjani's . 2014. Akumulator.[http:// Nasrah Ajnai's Blogspot.co.id](http://NasrahAjnai's Blogspot.co.id). diunduh 1 Juni 2015. Jam 20.00 WIB.
- Reza Pahlevi. 2014. "Pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya". Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Sherly Klara. 2016."Pemanfaatan gas buang mesin diesel sebagai energi listrik". Jurnal riset dan teknologi kelautan (JRTK). Vol. 14(1): hal. 113-128.
- Yayan Sukayan. 2015. Gambar akku-mulator basah. <http://YayanSukayan.Word-press.com>. iunduh 5 Juni 2015. Jam 21,00 WIB.
- Youness, S., Claywell, R., and Muneer, T., 2005. Quality Control of Solar Radiation Data: Present Status and Proposed New Approaches, Amsterdam, Journal of Energi, Volume 30, Issue 9, pp. 1533-1549.
- Wilson W.W., 1996: Teknologi Sel Surya : Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang, Edisi ke empat, Elektro Indonesia, Jakarta.