

PENGARUH PENGGUNAAN BEBAN TERHADAP PERFORMA PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* BERBASIS *SOLAR CELL* DAN *FUEL CELL*

Afrizal Adi Ariyanto

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

Aris Ansori

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

Abstrak

Kebutuhan energi masyarakat Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Hal ini berbanding terbalik dengan pola konsumsi energi dan energi fosil yang terus berkurang. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah energi tersebut adalah dengan menggunakan *fuel cell* dan *solar cell*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui desain pembangkit listrik tenaga *hybrid*, mengetahui karakteristik daya *fuel cell* dan *solar cell*, dan mengetahui performa beban yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dari pembangkit listrik tenaga *hybrid*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental (*experimental research*) dimana *fuel cell* dan *solar cell* akan digabung menjadi sistem *hybrid on-grid* untuk mengatasi masing-masing kekurangan dari *fuel cell* dan *solar cell* dengan variasi beban 25 W, 50 W, 75 W, dan 100 W. *Solar cell* akan dipasang dengan *light dependent resistor* (LDR) agar bisa mendapatkan intensitas energi surya yang tinggi. Teknik Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil dari penelitian ini adalah performa pengaruh penggunaan beban terhadap pembangkit listrik *hybrid solar cell* dan *fuel cell* mengalami kenaikan dari beban 25, 50, 75, 100, 125, dan 150. Efisiensi tertinggi dihasilkan pada beban 150 W dengan nilai performa 55,28%, sedangkan terendah pada beban 25 W dengan nilai performa 42,34%. rata rata daya yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik *Hybrid Solar Cell 100 Wp dan Fuel Cell FCSU-012* sebesar 603,10 Watt sedangkan yang dibutuhkan untuk beban dalam skala rumah tangga sehari-hari sebesar 10,372 Watt. Maka sistem pembangkit listrik *hybrid* dalam sehari mampu mensuplai sebesar 5,81 %, untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maka dibutuhkan solar cell sejumlah 17 *solar cell* dengan kapasitas 100 Wp agar mampu menyuplai kebutuhan beban dalam rumah tangga dalam sehari.

Kata Kunci: *fuel cell, solar cell, hybrid, light dependent resistor*

Abstract

The energy needs of the Indonesian people to increase along with population growth. This is inversely proportional to the decreasing pattern of energy consumption and fossil energy. One solution to overcome this energy problem is by using a fuel cell and solar cell. The purpose of this study was to determine the design of hybrid power plants, determine the characteristics of fuel cell power and solar cells, and determine the load performance used for household needs of hybrid power plants. This research was conducted using experimental research where fuel cell and solar cell will be combined into a hybrid on-grid system to overcome each of the shortcomings of the fuel cell and solar cell with a load variation of 25 W, 50 W, 75 W, and 100 W. Solar cells will be installed with a light dependent resistor (LDR) in order to get high intensity solar energy. Data analysis techniques in this study using descriptive data analysis, which describes the results of research in the form of tables and graphs. The results of this study are the performance of the effect on load usage hybrid solar cell and fuel cell power plants has increased from loads 25, 50, 75, 100, 125, and 150. The highest efficiency is produced at 150 W load with a performance value of 55.28%, while the lowest is 25 W with a performance value of 42.34%. the average power produced by the Hybrid Solar Cell 100 Wp and FCSU-012 Fuel Cell power generation systems is 603.10 Watts, while 10372 Watts are needed for the daily household scale. Then the hybrid power plant system in a day is able to supply 5.81%, to meet household needs, a solar cell number of 17 solar cells is needed with a capacity of 100 Wp in order to be able to supply load requirements in the household in a day.

Keywords: fuel cell, solar cell, hybrid, light dependent resistor

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu masalah utama bagi beberapa negara, tidak terkecuali di Indonesia. Banyak krisis energi yang menjadi masalah secara berkelanjutan. Sumber- sumber energi seperti energi fosil yang notabene tidak dapat di perbarui, terus dieksploitasi secara ekstrem akan berdampak terhadap sumber energi fosil. Hasil penggunaan dari energi fosil memiliki dampak negative terhadap lingkungan seperti polusi dan *global warming*.

Kebutuhan energi masyarakat Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Hal ini berbanding terbalik dengan pola konsumsi energi dan menurunnya produksi energi fosil yang terus berkurang. Energi fosil merupakan energi yang umumnya menjadi bahan bakar utama dari pembangkit listrik. Penggunaan energi fosil yang tidak mampu memenuhi kebutuhan energi nasional mengakibatkan Indonesia harus mengimpor minyak pada tahun 2014, tercatat sebesar 32 juta kiloliter (Agung, 2014). Dan berdasarkan data, Indonesia menjadi negara importir minyak terbesar ke-2 di dunia (Pustadin, 2015). Hal ini sangat ironis, mengingat Indonesia mempunyai banyak sumber daya alam namun tidak dapat mengolah sumber daya alam tersebut menjadi bahan bakar jadi. Dan apabila tidak dilakukan antisipasi lebih lanjut, maka Indonesia akan mengalami krisis energi yang berkepanjangan.

Salah satu mengatasi dan mengantisipasi krisis energi yaitu dengan menggunakan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang dapat diperbaharui dan tidak pernah habis. Energi alternatif sendiri dapat dikonversi sebagai pembangkit listrik. Akan tetapi, beberapa energi alternatif bergantung terhadap keadaan alam dan bahan bakar. Disini energi alternatif yang digunakan yaitu *Solar Cell* dan *Fuell Cell*.

Fuel Cell dan *Solar Cell* merupakan energi alternatif yang baik akan tetapi *fuel cell* dan *solar cell* memiliki beberapa kekurangan. *Fuel cell* dapat bekerja menghasilkan listrik saat hidrogen dan oksigen dialirkan ke *fuel cell*. Namun apabila pasokan hidrogen dan oksigen tidak terpenuhi, maka *fuel cell* tidak akan menghasilkan listrik. Begitu juga dengan *solar cell*, *solar cell* dapat menghasilkan energi listrik ketika intensitas cahaya terpenuhi. Namun jika kondisi cuaca sedang mendung atau saat malam hari, *solar cell* tidak dapat digunakan.

Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan sistem hybrid. Sistem hybrid adalah sistem yang menggunakan dua atau lebih pembangkit energi baik secara bersamaan ataupun bergantian untuk mengatasi kekurangan dan menggunakan kelebihan masing-masing pembangkit energi untuk menciptakan performa pembangkit yang baik. Disini sistem *hybrid* yang digunakan antara *fuel cell* dengan *solar cell*. Sistem *hybrid* ini bekerja dengan menggunakan *solar cell* yang ditambahkan dengan *Light Dependent Resistor* (LDR) dan saat *solar cell* tidak dapat memenuhi daya yang diinginkan, *fuel cell* akan bekerja untuk memenuhi kekurangan daya tersebut. Sistem yang digunakan menggunakan *on grid system* dimana *solar cell* digunakan sebagai energi primer, sedangkan *fuel cell* digunakan

sebagai energi sekunder (*back up*) apabila energi primer tidak bekerja atau tidak digunakan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Castellanos (2007), sistem *hybrid solar cell* dengan *fuel cell* dapat memenuhi kebutuhan energi walau dengan bahan bakar yang sedikit. Elektrolisis air mengubah air menjadi hidrogen dan disimpan pada tekanan yang rendah. *Fuel cell* bekerja dengan hidrogen yang sama, lalu berubah menjadi air yang merupakan limbah elektrolisis, menghasilkan arus listrik, dan dielektrolisis kembali menjadi hidrogen untuk dijadikan bahan bakar dari *fuel cell*. Menurut Hikmawan (2012), *hybrid power system* antara *photovoltaic* dengan *fuel cell*, bekerja dengan memanfaatkan kelebihan daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* untuk menghasilkan hidrogen, yang nantinya hidrogen ini dapat digunakan oleh *fuel cell* untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat kekurangan daya pada sistem.

Berdasarkan masalah krisis energi dan untuk meningkatkan efisiensi dari sistem *hybrid* dimana *solar cell* dipasang sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai penentu arah intensitas cahaya mana yang lebih besar yang bisa ditangkap oleh *solar cell*. Dan *fuel cell* digunakan sebagai *backing* dari *solar cell* apabila *solar cell* tidak dapat menyuplai daya dan saat *solar cell* tidak bekerja saat tidak ada cahaya matahari

Tujuan Penelitian

- Mengetahui karakteristik daya *fuel cell* dan *solar cell* dengan acuan pergerakan matahari dimana *solar cell* menggunakan *light dependent resistor* (LDR).
- Mengetahui performa pembangkit listrik tenaga *hybrid fuel cell* dan *solar cell* dengan acuan tenaga matahari.
- Mengetahui besar beban yang digunakan untuk kebutuhan daya dalam skala rumah tangga.

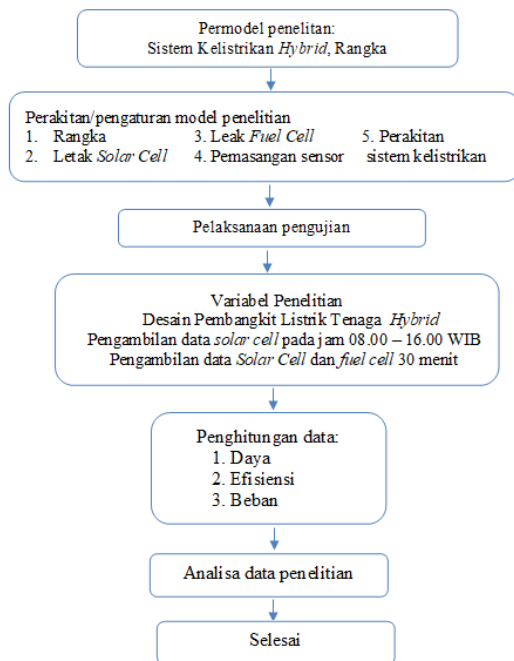
Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Bagi mahasiswa memperoleh pengalaman studi dibidang Mesin Konversi Energi, yaitu pembangkit listrik *hybrid* berbasis *solar cell* dan *Fuel cell*.
- Bagi Dosen menambah pengayaan bahan ajar mata kuliah Mesin Konversi Energi yang berkenaan dengan pembangkit listrik *hybrid* berbasis *solar cell* dan *fuel cell*
- Bagi Masyarakat sebagai informasi untuk menambah pengetahuan kepada masyarakat tentang pemanfaatan energi matahari yaitu pembangkit listrik *hybrid* berbasis *solar cell* dan *fuel cell*.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah model pembangkit tenaga hybrid, karakteristik daya dari solar cell dan fuel cell, dan performa pembangkit hybrid.

➤ Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian beban yaitu 25W, 50W, 75W, 100W, 125W, dan 150W.

➤ Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah daya rencana yang dipakai yaitu sensor light dependent resistor (LDR)

Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu penelitian dilakukan pada bulan September-Januari.
- Tempat penelitian
Penelitian di Laboratorium Konversi Energi, gedung A7 lantai 1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Instrumen Dan Alat Penelitian

- **Instrument Penelitian**
Digital Mutimeter

Fungsi sebagai pengukur tegangan dan arus.



Gambar 2. Digital multimeter Solar Power Meter

Fungsi sebagai alat ukur intensitas cahaya



Gambar 3. Solar Power Meter

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan :

- Relay.
- Katup Selenoid.
- Micro Controller.
- Sensor LDR
- Motor Hidrolik
- Charge Controller
- Reguator Gas

Bahan-bahan yang digunakan :

- Besi Tipe L
- Baterai
- Tabung H₂
- Fuel Cell
- Inverter
- Solar Cell

Prosedur Penelitian

- Letakkan solar cell diluar
- Setting posisi solar cell di sudut matahari pada jam 08.00
- Buka valve tabung hidrogen ke arah kiri, pastikan dulu regulator dalam keadaan tertutup
- Buka regulator hidrogen secara perlahan
- Nyalakan saklar kontrol hybrid untuk menyalakan katup solenoid
- Ambil data arus dan tegangan input pada instrumen penelitian setiap 30 menit sampai jam 16.00
- Setelah selesai pengecasan, lepas kabel baterai
- Pasang kabel inverter ke baterai
- Setting beban rencana yang akan dipakai, antara 25 W, 50 W, 75 W, 100 W, 125 W, dan 150 W.
- Nyalakan inverter, kemudian tekan sekering pada posisi on dan tekan saklar beban
- Ambil data arus dan tegangan output setiap 30 menit sampai beban mati

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisis data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif. Sehingga analisis data dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147). Adapun beberapa parameter yang diuji untuk selanjutnya dicatat hasil pengujianya, antara lain adalah sebagai berikut:

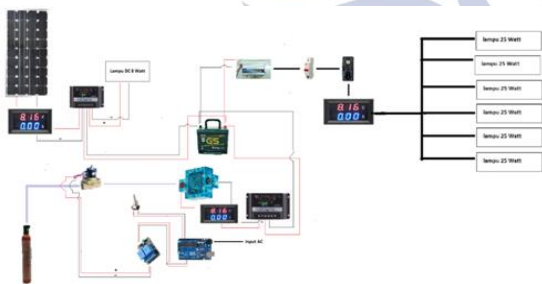
- Daya Solar Cell dan Fuel Cell
- Beban Rencana
- Efisiensi Beban Rencana

HASIL DAN PEMBAHASAN

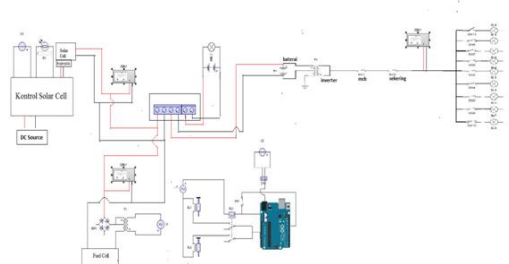
Hasil Rancangan Sistem Pembangkit Hybrid



Gambar 4. Rancangan Pembangkit Listrik Hybrid



Gambar 5. Instrumen Pembangkit Listrik Hybrid



Gambar 6. Wiring Diagram Pembangkit Listrik Hybrid

Cara kerja pembangkit solar cell yaitu LDR menerima intensitas cahaya kemudian diteruskan menuju sistem control solar cell. Dimana sistem control akan menggerakkan motor hidrolis sesuai dengan sudut LDR yang telah ditentukan. Pada pukul 09.15 tersebut solar cell bergerak menuju sudut 60° dikarenakan pada jam

tersebut posisi matahari berada pada sudut kemiringan 58°, pergerakan selanjutnya terjadi pada pukul 10.45 pada saat jam tersebut solar cell bergerak menuju sudut 80° dikarenakan posisi sudut kemiringan matahari pada saat jam tersebut berada pada 80°, pergerakan selanjutnya terjadi pada pukul 12.00 pada saat jam tersebut solar cell bergerak menuju sudut 100° dikarenakan posisi sudut kemiringan matahari pada saat jam tersebut berada pada 99° pergerakan selanjutnya terjadi pada pukul 13.15 pada saat jam tersebut solar cell bergerak menuju sudut 120° dikarenakan posisi sudut kemiringan matahari pada saat jam tersebut berada pada 118° dan pergerakan selanjutnya terjadi pada pukul 14.45 pada saat jam tersebut solar cell bergerak menuju sudut 140° dikarenakan posisi sudut kemiringan matahari pada saat jam tersebut berada pada 140°. Kemudian daya yang dihasilkan dari solar cell dibaca oleh multimeter, yang akan diteruskan menuju charger control. Charger control akan meneruskan hasil daya menuju baterai untuk disimpan.

Cara kerja fuel cell yaitu. Micro Controller sebagai inti dari pusat perintah yang telah di set disambungkan ke relay. Kemudian relay disambungkan pada katup solenoid sebagai masuk/berhentinya aliran pada hidrogen. Pada relay disambungkan switch sebagai on/off sistem kontrol. Setelah switch dinyalakan otomatis aliran hidrogen akan menuju katup solenoid yang akan diteruskan pada fuel cell, setelah masuk daya akan dibaca melalui multimeter yang kemudian diteruskan pada charger controller dan diteruskan pada baterai untuk penyimpanan daya.

Daya yang masuk pada baterai selama pukul 08.00 – 16.00 kemudian disambungkan pada inverter yang dimana dari arus DC diubah menjadi AC. Inverter disambungkan pada mcb diteruskan pada sekering yang kemudian dirangkai dengan 6 lampu LED sebesar 25 Watt sebagai beban.

Hasil Uji Coba Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Menghitung daya solar cell (Psc) dan Fuel Cell (Pfc)

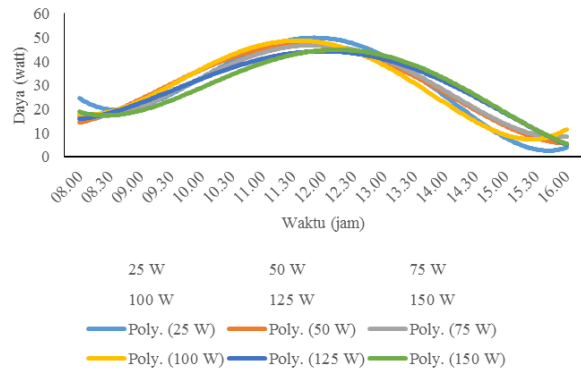
$$P_{sc} = I_{sc} \times V_{oc} \times FF$$

$$P_{fc} = I \times V_{fc}$$

Hasil Pengambilan Data pada Beban 25 Watt

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Beban 25 Watt

Pembangkit Listrik											
solar cell							Fuel Cell				
waktu	tegangan (V)	Arus (A)	P Max (W)	intensitas cahaya (w/m2)	P cahaya (W)	efisiensi	tegangan (V)	Arus (A)	P out (W)	laju aliran hidrogen (Kg/s)	efisiensi
08.00	12,31	2,81	34,59	769	503,31	6,87%	0,50	0,21	0,11	0,20	65,84%
08.30	12,76	1,75	22,33	765	500,69	4,46%	0,40	0,24	0,10	0,20	60,19%
09.00	13,71	2,61	35,78	801	524,25	6,83%	0,50	0,24	0,12	0,20	75,24%
09.30	12,98	2,53	32,84	972	636,17	5,16%	0,50	0,21	0,11	0,20	65,84%
10.00	13,67	3,13	42,79	982	642,72	6,66%	0,50	0,19	0,10	0,20	59,57%
10.30	13,78	3,43	47,27	987	645,99	7,32%	0,30	0,23	0,07	0,20	43,26%
11.00	14,32	4,58	65,59	922	603,45	10,87%	0,40	0,24	0,10	0,20	60,19%
11.30	14,78	4,75	70,21	881	576,61	12,18%	0,40	0,25	0,10	0,20	62,70%
12.00	14,43	4,14	59,74	1115	729,77	8,19%	0,30	0,23	0,07	0,20	43,26%
12.30	13,34	4,76	63,50	1002	655,81	9,68%	0,60	0,21	0,13	0,20	79,00%
13.00	13,21	4,12	54,43	920	602,14	9,04%	0,40	0,18	0,09	0,20	56,43%
13.30	13,30	4,19	55,73	815	533,42	10,45%	0,50	0,27	0,14	0,20	84,65%
14.00	13,71	1,71	23,44	772	505,27	4,64%	0,50	0,21	0,11	0,20	65,84%
14.30	13,28	1,78	23,64	796	520,98	4,54%	0,50	0,24	0,12	0,20	75,24%
15.00	13,21	1,14	15,06	452	295,83	5,09%	0,40	0,27	0,11	0,20	67,23%
15.30	12,15	0,17	2,07	327	214,02	0,97%	0,40	0,21	0,08	0,20	52,67%
16.00	12,45	0,43	5,35	279	182,61	2,93%	0,30	0,20	0,06	0,20	37,62%



Gambar 7. Nilai daya solar cell beban rencana

Perbandingan daya solar cell dengan masing-masing beban rencana

Tabel 2. Perbandingan daya solar cell dengan beban rencana

Perbandingan Daya Solar Cell						
Waktu	25 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W
8:00	34,59	20,35	18,34	23,95	23,95	17,28
8:30	22,33	24,15	29,02	24,83	22,31	34,72
9:00	35,78	35,08	37,90	35,56	30,57	32,37
9:30	32,84	37,45	29,62	35,89	33,08	27,22
10:00	42,79	44,82	36,55	45,83	45,83	31,21
10:30	47,27	59,32	49,35	61,31	48,04	47,25
11:00	65,59	69,26	62,22	68,45	59,53	52,30
11:30	70,21	57,07	59,58	53,60	61,68	47,55
12:00	59,74	65,67	66,47	68,87	54,09	63,99
12:30	63,50	47,09	60,01	47,09	54,53	59,16
13:00	54,43	45,93	56,02	65,50	57,94	72,77
13:30	55,73	55,65	46,95	55,65	55,65	46,06
14:00	23,44	39,62	29,82	9,40	23,26	34,93
14:30	23,64	27,80	31,31	9,57	42,10	33,18
15:00	15,06	11,98	8,37	20,87	20,63	22,69
15:30	2,07	11,28	26,02	20,79	20,14	19,58
16:00	5,35	8,52	6,93	9,05	2,80	6,93

Daya merupakan parameter untuk mengetahui nilai energi yang dihantarkan saat periode tertentu. Daya pada tabel 4.14 merupakan hasil dari perkalian antara arus (I_{sc}) dan tegangan (V_{oc}). Berikut ini merupakan grafik daya dari masing-masing beban rencana pada solar cell.

Berdasarkan grafik 4.16 daya yang diperoleh dari perbandingan waktu, disini peneliti memulai waktu pengambilan data pada saat pukul 08:00 yang dimana pada awal penelitian beban 25 Watt menghasilkan daya sebesar 25,32 Watt, beban 50 Watt sebesar 14,77 Watt, beban 75 Watt sebesar 13,43 Watt, beban 100 Watt sebesar 17,65 Watt, beban 125 Watt sebesar 17,65 Watt dan beban 150 Watt sebesar 12,68 Watt. Daya tertinggi dari beban keseluruhan diperoleh pada beban 150 Watt sebesar 55,94 Watt. Sedangkan untuk daya terendah diperoleh saat beban 125 Watt sebesar 2.07 Watt.

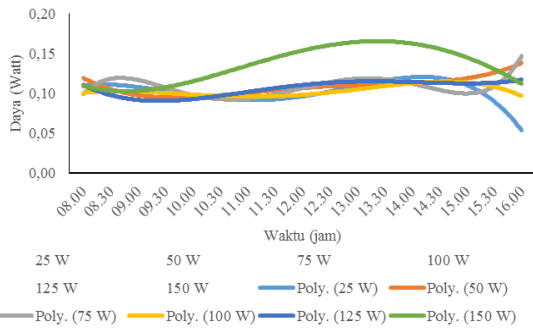
Perbandingan daya fuel cell dengan masing-masing beban rencana

Berdasarkan diperoleh hasil daya solar cell dari masing-masing beban rencana. Hal tersebut di tampilkan pada tabel

Tabel 3. Perbandingan daya fuel cell dengan beban rencana

Perbandingan Daya Fuel Cell						
Waktu	25 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W
8:00	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10
8:30	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10	0,12
9:00	0,12	0,13	0,09	0,08	0,09	0,09
9:30	0,11	0,10	0,16	0,15	0,10	0,13
10:00	0,10	0,07	0,10	0,10	0,08	0,10
10:30	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,13
11:00	0,10	0,08	0,07	0,07	0,10	0,13
11:30	0,10	0,11	0,10	0,10	0,15	0,12
12:00	0,07	0,15	0,13	0,09	0,11	0,19
12:30	0,13	0,12	0,09	0,12	0,08	0,12
13:00	0,09	0,11	0,13	0,09	0,13	0,18
13:30	0,14	0,10	0,13	0,14	0,13	0,18
14:00	0,11	0,08	0,10	0,10	0,08	0,18
14:30	0,12	0,15	0,10	0,14	0,10	0,14
15:00	0,11	0,10	0,11	0,08	0,15	0,15
15:30	0,08	0,13	0,10	0,10	0,11	0,10
16:00	0,06	0,14	0,15	0,11	0,11	0,13

Daya merupakan parameter untuk mengetahui nilai energi yang dihantarkan saat periode tertentu. Daya didapatkan melalui proses penggabungan antara hidrogen dan oksigen pada stack fuel cell. Berikut merupakan grafik dari fuel cell dengan masing-masing beban rencana.

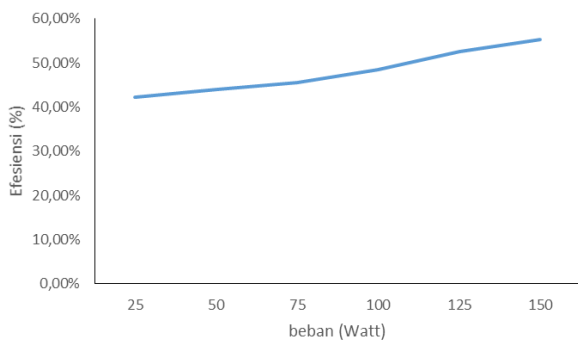


Gambar 8. Nilai daya *fuel cell* dari beban rencana

Berdasarkan Grafik perbandingan daya dengan waktu dari masing-masing. Pengambilan data dilakukan pada pukul 08:00 dimana beban 25 Watt menghasilkan sebesar 0,11 Watt, beban 50 Watt menghasilkan sebesar 0,10 Watt, beban 75 Watt menghasilkan sebesar 0,11 Watt, beban 100 Watt menghasilkan sebesar 0,11 Watt, dan beban 150 Watt menghasilkan sebesar 0,10 Watt. diperoleh daya tertinggi saat beban 150 Watt dengan daya sebesar 0,19 Watt. Dan terendah pada saat beban 25 Watt dengan daya sebesar 0,06 Watt.

Pada grafik dapat dilihat terjadi kenaikan secara fluktuatif disebabkan konsumsi hidrogen yang tidak konstan. Salah satu kelebihan *fuel cell* adalah mampu menyuplai daya dengan konsisten. Akan tetapi apabila daya yang dikonsumsi tidak sesuai untuk menggabungkan hidrogen dan oksigen, maka *fuel cell* tidak akan berjalan secara maksimal. Salah satu factor terjadinya fluktuatif pada grafik disebabkan salah satunya yaitu proses elektrolisis yang tidak sempurna.

Perbandingan Performa dari Masing-Masing Beban



Gambar 9. Nilai Efisiensi dari beban rencana

Performa merupakan salah satu parameter sejauh mana alat itu bekerja dengan secara maksimal. Berdasarkan gambar diatas bahwa performa beban 25 Watt sampai 150 Watt mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan selisih daya yang masuk berbanding lurus dengan daya yang keluar. Jika selisih antara daya yang masuk dan daya keluar semakin kecil, maka performa efisiensi pembangkit listrik hybrid semakin besar. Jadi penggunaan beban semakin besar maka efisiensi penggunaan daya in semakin efisien.

Karakteristik pembangkit listrik *hybrid* yang berbasis *solar cell* dan *fuel cell* yaitu dengan penambahan LDR hasil daya yang dihasilkan oleh *solar cell* meningkat dikarenakan intensitas cahaya yang di tangkap LDR pada titik maksimum dan penggunaan *Fuel cell* mampu menyuplai daya yang masuk pada baterai apabila daya *solar cell* yang dihasilkan sedikit.

- Penggunaan Beban rumah tangga dalam sehari-hari

Tabel 4. Penggunaan beban rumah tangga

Unit	Penggunaan beban sehari-hari	Jam	Besar Beban	Kwh
7	Lampu LED	12	18	1,51
1	AC	8	750	6,00
1	LED TV	5	50	0,25
1	Setrika Listrik	1	350	0,35
1	Mesin Cuci	2	350	0,70
1	Kipas Angin	6	60	0,36
1	Rice Cooker	6	200	1,20

Jadi rata rata daya yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik *Hybrid Solar Cell* 100 Wp dan *Fuel Cell* FCSU-012 sebesar 603,10 Watt sedangkan yang dibutuhkan untuk beban dalam skala rumah tangga sehari- hari sebesar 10.372 Watt. Maka sistem pembangkit listrik *hybrid* dalam sehari mampu mensuplai sebesar 5,81 %

Untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maka dibutuhkan solar cell sejumlah 17 solar cell denhan kapasitas 100 Wp agar mampu menyuplai kebutuhan beban dalam rumah tangga dalam sehari.

SIMPULAN

Dari Analisa yang telah dibahas pada bab sebelumnya tentang pengaruh penggunaan beban terhadap sistem performa pembangkit listrik *hybrid* berbasis *solar cell* dan *fuel cell*, dapat disimpulkan :

- Karakteristik pembangkit listrik *hybrid* yang berbasis *solar cell* dan *fuel cell* yaitu dengan penambahan LDR hasil daya yang dihasilkan oleh solar cell mengalami peningkatan secara drastis dikarenakan intensitas cahaya yang di tangkap LDR pada titik maksimum dan penggunaan *Fuel cell* mampu menyuplai daya yang masuk pada baterai apabila daya *solar cell* yang dihasilkan sedikit.
- Performa pengaruh penggunaan beban terhadap pembangkit listrik *hybrid solar cell* dan *fuell cell* mengalami kenaikan dari beban 25, 50, 75, 100, 125, dan 150. Efisiensi tertinggi dihasilkan pada beban 150 W dengan nilai performa 55,28%, sedangkan terendah pada beban 25 W dengan nilai performa 42,34%. Hal ini dikarenakan selisih daya yang masuk berbanding lurus dengan daya yang keluar, sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi penggunaan beban maka semakin efisien daya yang masuk ketika digunakan.

- Jadi rata rata daya yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik Hybrid Solar Cell 100 Wp dan Fuel Cell FCSU-012 sebesar 603,10 Watt sedangkan yang dibutuhkan untuk beban dalam skala rumah tangga sehari-hari sebesar 10.372 Watt. Maka sistem pembangkit listrik hybrid dalam sehari mampu mensuplai sebesar 5,81 %, untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maka dibutuhkan solar cell sejumlah 17 solar cell dengan kapasitas 100 Wp agar mampu mensuplai kebutuhan beban dalam rumah tangga dalam sehari.
- Gratzel, 2004, *Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solarcells*, J. Photochem. Photobiol. A: Chem, 164, 3-14
- Johnson, R., C. Morgan, D. Witmer, T. Johnson. 2001. "Performance of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell Stack", Int. J. of Hydrogen Energy, Vol. 26, No. 8, pp. 879-887.
- Jusuf Tedjo. *Listrik Sel Surya sebagai Energi Alternatif* Jawa Pos.
- Rayment, Chris, dkk. 2003. *Introduction to Fuel Cell Technology*. University of Notre Dame:Notre Dame

Saran

- perlu diadakan penelitian ini kembali dengan penggunaan fuel cell berkapasitas 12V untuk mengetahui tingkat performa pada sistem pembangkit listrik fuel cell.
- Perlu diadakan penelitian penambahan sudut LDR, karena semakin banyak sudut LDR semakin bagus pula pergerakan solar cell mengikut pergerakan kemiringan matahari.
- Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk menambah beban sampai grafik performa pembangkit menurun agar dapat memperoleh titik maksimal dari performa.
- Dalam pengambilan data yang berhubungan dengan solar cell sebaiknya dilakukan saat musim kemarau agar hasil yang diperoleh maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Aris, dkk. 2013. *Pengembangan Solar Cell Berbasis TiO₂ untuk Fotokatalis Gas Hidrogen sebagai Bahan Bakar Fuel Cell untuk Penggerak Motor Hybrid*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Benjamin C. Kuo, 1982, *Automatic Control Systems*, Prentice-Hall Of India, New Delhi.
- Dan Liu. 2006. *Durability Study of Proton Exchange Membrane Fuel Cells via Experimental Investigations and Mathematical Modeling*, Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- EG&G Technical Services, Inc. 2004. *Fuel Cell Handbook (Seventh Edition)*, U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy, National Energy Technology Laboratory P.O. Box 880 Morgantown, West Virginia 26507-0880
- Evans John P. 2003. *Experimental Evaluation of the Effect of Inlet Gas Humidification on Fuel Cell Performance*, Virginia Polytechnic. Virginia
- Feroldi, Diego. 2009. *Control and Design of PEM Fuel Cell-Based Systems*. Institutd'Organizacioi Control de Sistemes Industrials: Marzo



UNESA

Universitas Negeri Surabaya