

PEMANAS AIR ENERGI SURYA DENGAN SEL SURYA SEBAGAI ABSORBER

Rahmat Subarkah¹, Belyamin¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Kampus UI DEPOK
email : rahmat_subarkah@yahoo.com

ABSTRACT

PV directly converts solar radiation into electricity. Most of the solar radiation not converted into electrical energy, but reflected or converted into heat energy. This causes the temperature of PV cells rise and consequently decreases the efficiency of electrical energy conversion. The high working temperature of the PV can be used for heating water, so that the working temperature of PV can be derived and finally electrical energy conversion efficiency can be improved. The aims of the research are to produce solar energy water heater with solar cells as an absorber. This solar water heater can be divided into three functional units, i.e. solar panels, water tanks and circulation pipes. The results of this research are solar energy conversion tool that can generate electrical energy and hot water simultaneously. It also showed that upper surface temperature of solar cells in solar cells that were given water cooling will decrease, but the efficiency of solar cells are not bigger due to absorber plate attached directly to the solar cell element. Absorber plate absorbs the sun's heat radiation perfectly so that the absorber plate temperature increases. This tool can generate hot water temperature $\pm 40^{\circ}C$ as much as ± 50 liters in five hours during good weather conditions. This is already sufficient for the household.

Keywords : Solar cell, Solar water Heater

ABSTRAK

PV secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Sebagian dari radiasi matahari tidak dikonversikan ke energi listrik, tetapi terpantulkan atau diubah menjadi energi panas. Hal ini menyebabkan kenaikan suhu kerja sel PV dan akibatnya menurunkan efisiensi konversi energi listrik. Tingginya suhu kerja PV dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air, sehingga suhu kerja PV dapat diturunkan dan akhirnya efisiensi konversi energi listrik dapat ditingkatkan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan alat pemanas air energi surya dengan sel surya sebagai absorber. Pada pemanas air tenaga surya ini dapat dibagi atas tiga unit fungsional, yaitu: panel surya, tangki air dan pipa-pipa pengalir/sirkulasi. Hasil dari penelitian ini adalah alat konversi energy surya yang dapat menghasilkan energy listrik dan air panas secara simultan. Selain itu didapatkan pula suhu permukaan bagian atas sel surya pada sel surya yang diberi pendingin air akan menurun, akan tetapi efisiensi sel surya tersebut tidak bertambah besar disebabkan pelat absorber menempel secara langsung pada elemen sel surya. Pelat absorber menyerap dengan sempurna kalor radiasi matahari sehingga suhu pelat absorber bertambah. Alat ini dapat menghasilkan air panas bersuhu $\pm 40^{\circ}C$ sebanyak ± 50 liter dalam waktu lima jam pada saat kondisi cuaca cerah. Hal ini sudah mencukupi kebutuhan rumah tangga.

Kata Kunci : sel surya, pemanas air energy surya

PENDAHULUAN

Indonesia sangat berpotensi menjadikan energi surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia terletak pada khatulistiwa. Dalam posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas satu meter persegi menghasilkan 4500 watt-jam perharinya yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari. Matahari di Indonesia mampu bersinar hingga 2.000 jam pertahunnya.

Konversi radiasi matahari menjadi energi listrik adalah cara paling nyaman dalam pemanfaatan energi matahari. Keuntungan dari menggunakan efek fotovoltaik (*Photovoltaic/PV*) untuk menghasilkan energi listrik adalah bersih, tidak menimbulkan suara/hening, usia pakai lama dan pemeliharaan yang rendah.

PV secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi listrik dengan efisiensi puncak antara 9-12%. Lebih dari 80% dari radiasi matahari tidak dikonversikan ke energi listrik, tetapi terpantulkan atau diubah menjadi energi panas. Hal ini menyebabkan kenaikan suhu kerja sel PV dan akibatnya menurunkan efisiensi konversi energi listrik [1].

Tingginya suhu kerja PV dapat dimanfaatkan untuk pemanas air, sehingga suhu kerja PV dapat diturunkan dan akhirnya efisiensi konversi energi listrik dapat ditingkatkan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan alat pemanas air energi surya berbantuan sel surya.

a) Fotovoltaik (*Photovoltaic / PV*)

Konversi langsung radiasi matahari menjadi energi listrik adalah cara paling nyaman dalam pemanfaatan energi matahari. Keuntungan dari menggunakan efek fotovoltaik (*Photovoltaic/PV*) untuk menghasilkan energi listrik adalah tidak memproduksi

polutan selama operasi, tidak menimbulkan suara/hening, usia pakai dalam waktu lama dan pemeliharaan yang rendah. Selain itu, energi matahari berlimpah, bebas, bersih dan tidak ada habisnya.

Kinerja sebuah modul PV sangat tergantung pada ketersediaan radiasi matahari dan suhu modul PV. Dengan demikian, pengetahuan yang dapat dipercaya dan pemahaman tentang kinerja modul PV di bawah kondisi operasi yang berbeda adalah sangat penting untuk pemilihan produk yang benar dan prediksi yang akurat akan kinerjanya.

Banyak penelitian yang telah dilakukan pada analisis faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kinerja modul PV. Kerr dan Cuevas menyajikan sebuah teknik baru, yang dapat menentukan karakteristik arus - tegangan (I-V) pada modul PV didasarkan pada mengukur secara bersamaan rangkaian tegangan V terbuka sebagai fungsi dari intensitas cahaya yang bervariasi secara perlahan-lahan. Peneliti lainnya umumnya menganalisis pengaruh suhu terhadap kinerja modul PV. Ada juga beberapa model efisiensi daya, yang dapat memprediksi kinerja secara dinamis sesaat atau rata-rata dari sebuah sistem PV di bawah kondisi iklim bervariasi.

b) Pemanas Air Energi Surya

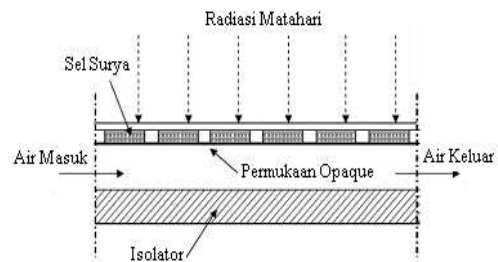
Sebuah sistem pemanas air energi surya (*Solar Water Heating Sistem/SWHS*) adalah perangkat yang menggunakan energi surya untuk menghasilkan air panas. Terdapat dua metode untuk mensirkulasikan air panas yang beredar di dalam sistem yaitu metode thermosyphon atau sirkulasi alami dan metode sirkulasi-paksa [3],[4]. Efisiensi sirkulasi paksa pemanas air energi matahari adalah sekitar 50-60%, sedangkan untuk sirkulasi alami adalah sekitar 34-38% [5]. Air panas yang dihasilkan dan tersimpan dalam tangki

penyimpan (Stored Tank/ST) dapat mencapai suhu 45-50°C yang cukup untuk penggunaan perumahan [6].

c) Fotovoltaik -Termal (*Photovoltaic - Thermal / PV/T*)

Teknologi Fotovoltaik - termal (PV/T) adalah integrasi dari modul PV dan kolektor panas surya dalam satu peralatan. Ide di balik konsep hibrida adalah bahwa sebuah sel surya mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik pada kondisi puncak dengan efisiensi dalam kisaran 6-15%, tergantung pada tipe spesifik solar-sel [7]. Sebagian besar energi matahari yang diterima diubah menjadi panas, menyebabkan kenaikan suhu kerja sel surya. Dengan pendinginan modul PV dengan aliran fluida seperti udara atau air, energi listrik yang dihasilkan dapat ditingkatkan. Pada saat yang sama, panas yang diambil oleh fluida dapat digunakan untuk memanaskan ruangan atau air. Pada daerah dengan iklim hangat atau panas, penggunaan energi surya untuk menghasilkan air panas memiliki aplikasi yang lebih luas daripada untuk menghasilkan udara hangat. Desain hibrida memang memberi keuntungan tambahan, seperti pengurangan tegangan termal (dan karenanya usia pakai modul PV akan lebih panjang) dan stabilisasi karakteristik tegangan-arus (V-I) sel surya.

Perhatian dalam menghasilkan energi ganda yaitu energi panas dan energi listrik melalui satu peralatan kolektor surya bukanlah hal baru. Perkembangan ini dimulai setelah solar thermal dan teknologi PV mulai dikenal. Penelitian untuk pemanfaatan panas dari modul PV dalam rangka meningkatkan total energi yang dihasilkan.



Gambar 1. Penampang melintang sel surya dengan saluran air pendingin pada PV/T

METODE PENELITIAN

Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Listrik dan Air Panas

Proses perancangan dan pembuatan alat konversi energi surya menjadi energi listrik dan air panas dilakukan di Lab Rekayasa Termal Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Alat yang dirancang dan dibuat terdiri dari 2 komponen utama, yaitu set-up sel surya dan tangki penyimpanan air panas.

Pada pemanas air tenaga surya ini dapat dibagi atas tiga unit fungsional, yaitu:

- panel surya
- tangki air
- pipa-pipa pengalir/sirkulasi

Panel surya yang dilapisi pelat tembaga berfungsi untuk menyerap cahaya matahari, panas yang dihasilkan sepanjang proses penyerapan cahaya matahari kemudian ikut terserap oleh pelat tembaga, lalu diteruskan ke pipa-pipa pengalir yang didalamnya mengalir air. Pada panel surya ini diletakkan 16 buah pipa pengalir dengan jarak titik pusat antara pipa satu dengan yang lainnya adalah 50[mm]. Pipa-pipa tersebut dihubungkan dengan pipa manifold pada bagian atas dan bawah panel surya, kemudian diklem dengan pelat yang dibentuk menyerupai profil U.

Pelat penyerap dari panel surya ini terbuat dari pelat tembaga dengan ukuran tebal 0,8[mm], lebar 480[mm], dan panjang 680[mm]. Untuk klem pipa, menggunakan pelat dengan bahan

besi ST37 dengan ketebalan 1[mm], lebar 32[mm], dan panjang 480[mm].

Sedangkan keenambelas pipa pengalir juga terbuat dari tembaga dengan diameter 0,5 [inch] (diameter luar (Do) 13[mm] dan diameter dalam (Di) 12,48[mm]) dan panjangnya masing-masing 700 [mm]. Jarak titik pusat antara pipa 50 [mm]. Kedua pipa manifold terbuat dari *Polyvinil Chlorida* (PVC) dengan diameter 0,5[inch] (diameter luar (Do) 22[mm] dan diameter dalam (Di) 18[mm]), masing-masing panjangnya 900[mm].

Keseluruhan pipa manifold dan pipa penghubung ini dibalut dengan *insulfleks* setebal 5 [mm], sedangkan pada pipa pengalir yang berjumlah 16 buah diklem dan ditutupi *glass wool*. Untuk mencegah panas yang terbangun, maka digunakan *glass wool* dengan ketebalan 25 mm.

Spesifikasi rancang bangun alat konversi energy surya menjadi energy listrik dan air panas adalah sebagai berikut:

Daya maksimum panel surya = 50 Watt]

Panjang panel surya = 835 [mm]

Lebar panel surya = 540 [mm]

Tebal panel surya = 28 [mm]

Kapasitas tangki air = 50 [Liter]

Proses pembuatan komponen total alat konversi energi surya menjadi energi listrik dan air panas dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2. Pemasangan Pipa Air Penyerap Kalor



Gambar 3. Pemasangan glasswool isolator



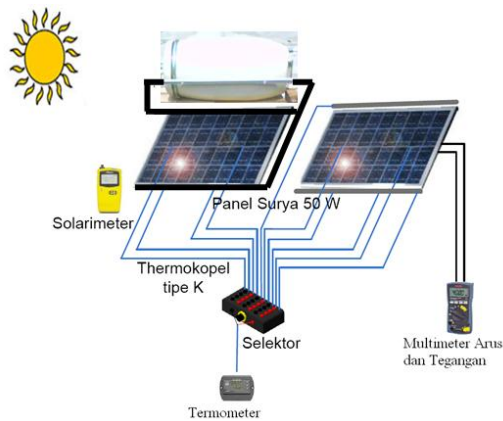
Gambar 4. Alat Konversi Energi Surya Menjadi Listrik dan Air Panas



Gambar 5. Alat Konversi Energi Surya Menjadi Listrik dan Air Panas (tampak samping)

Metode Pengumpulan Data

Pada dasarnya peralatan konversi energi surya sistem hibrida ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skematik pengujian alat konversi energi surya sistem hibrida

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah:

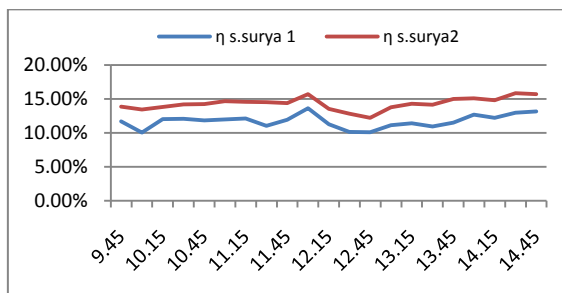
1. Intensitas cahaya matahari.
2. Tegangan dan arus yang dihasilkan sel surya.
3. Suhu pada saat air masuk dan keluar pipa manifold,
4. Suhu pada beberapa titik permukaan sel surya.

Pengukuran dilakukan setiap 15 menit sekali, dimulai pada pagi hari pukul 8.00 dan diselesaikan pada pukul 15.00. Pengujian dilakukan beberapa kali pada saat langit cerah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari penelitian ini didapatkan data sebagai berikut:

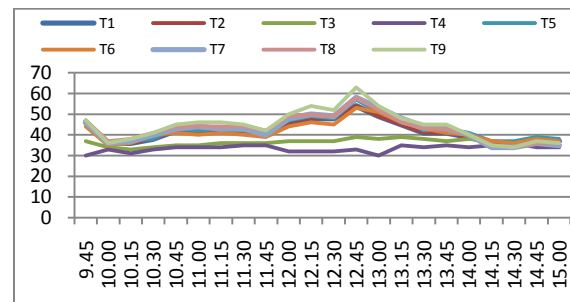


Gambar 7. Grafik efisiensi sel surya selama pengujian

Keterangan:

η s. surya 1= efisiensi sel surya dengan pemanas air

η s. surya 2= efisiensi sel surya tanpa pemanas air



Gambar 8. Grafik Suhu beberapa titik selama pengujian

Keterangan:

- T1= perm.sel surya 1 sisi kanan
- T2= perm.sel surya 1 sisi kiri
- T3= pipa manifold output
- T4= pipa manifold input
- T6= pelat tembaga sisi kiri
- T7= permukaan sel surya 2 sisi kanan
- T8= perm. sel surya 2 sisi kiri
- T9= perm. bawah sel surya 2

Pembahasan

Suhu Permukaan Sel Surya

Dari pengujian yang telah dilakukan, terlihat bahwa suhu permukaan sel surya yang didinginkan dengan air memiliki suhu yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya yang tidak diberi pendingin air. Hal ini disebabkan karena pada sel surya dengan pendingin, kalor yang diterima diserap oleh pelat absorber selanjutnya kalor tersebut diteruskan ke air pendingin yang mengalir secara alamiah melalui pipa-pipa pengalir yang ditempatkan pada bagian bawah pelat. Sedangkan pada sel surya tanpa pendingin, kalor radiasi yang diterima terserap oleh sel surya sehingga suhunya menjadi naik.

Suhu Air

Air yang berada dalam pipa-pipa pengalir pada sisi masuk awalnya bersuhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$, menerima kalor dari pelat penyerap kalor yang memiliki suhu $\pm 45^{\circ}\text{C}$. Air tersebut menerima kalor hingga suhunya berubah menjadi $\pm 40^{\circ}\text{C}$. Kenaikan suhu air ini juga

menyebabkan massa jenis menjadi lebih kecil sehingga air yang lebih tinggi suhunya bergerak ke bagian atas pipa lalu menuju tangki penampungan air. Sebaliknya air yang bersuhu lebih rendah memiliki massa jenis lebih besar dan akan mengalir ke bawah (lebih rendah). Aliran atau sirkulasi air seperti ini terjadi secara alamiah yang dikenal dengan *thermosiphon*.

Dalam waktu pengoperasian peralatan selama lima jam pada kondisi cuaca cerah maka akan dihasilkan air panas dengan suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$ sebanyak ± 50 liter. Jumlah air sebanyak ini cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.

Efisiensi

Pada penelitian ini, sel surya yang diberi tambahan pelat absorber pada permukaan bawahnya menghasilkan efisiensi $\pm 1-3\%$ lebih rendah dari sel surya yang tidak diberi tambahan pelat absorber pada permukaan bawahnya.

Penempelan pelat absorber pada bagian bawah ternyata masih mampu menyerap kalor dalam jumlah besar sehingga suhu pelat tersebut bertambah panas. Pelat absorber yang bersentuhan langsung dengan elemen sel surya menyebabkan suhu kerja sel surya juga bertambah. Selanjutnya suhu kerja sel surya yang semakin tinggi menyebabkan menurunnya efisiensi sel surya dalam menghasilkan energy listrik, sebagaimana yang telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya [8].

Keuntungan Tambahan Photovoltaic / Thermal

Keuntungan lebih dari penambahan pendinginan air pada sel surya adalah didapatkannya energy kalor yang tersimpan dalam air panas. Sehingga total energy yang didapatkan dari system ini adalah energy listrik dan energy kalor yang tersimpan dalam air panas.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. Alat konversi energy surya ini dapat menghasilkan energy listrik dan air panas secara simultan.
2. Suhu permukaan bagian atas sel surya pada sel surya yang diberi pendingin air akan berkurang, akan tetapi efisiensi sel surya tersebut tidak bertambah besar disebabkan pelat absorber menempel secara langsung pada elemen sel surya. Pelat absorber menyerap dengan sempurna kalor radiasi matahari sehingga suhu pelat absorber bertambah.
3. Air panas bersuhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$ sebanyak ± 50 liter dalam waktu lima jam pada saat kondisi cuaca cerah. Hal ini sudah mencukupi kebutuhan rumah tangga.

Dari penelitian ini beberapa hal yang perlu dilakukan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

4. Perlu dilakukan penelitian dengan mensirkulasikan air secara paksa agar rendah sehingga efisiensinya semakin tinggi.
5. Pemasangan pipa-pipa sirkulasi air agar lebih baik lagi, jangan sampai ada celah antara pipa dengan pelat absorber agar penyerapan kalor dari pelat absorber ke air semakin lebih baik lagi.

TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Program Dana Hibah Bersaing Strategis Nasional Politeknik Negeri Jakarta tahun 2010 No: 25f/K7.B/SPK/2010. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Saudara Taufik dan Panji yang telah membantu melakukan pengukuran selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dubey S., Sandhu G.S., Tiwari G.N. (2009) Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector, *Applied Energy* 86: 697–705
- [2] Kerr MJ, Cuevas A. Generalized analysis of the illumination intensity vs. open – circuit voltage of PV modules. *Sol Energy* 2003; 76: 263–7.
- [3] Lee DW, Sharma A, (2007) Thermal performances of the active and passive water heating systems based on annual operation. *Sol Energy*; 81: 207–215.
- [4] Joshi SV, Bokil RS, Nayak JK, (2005) Test standards for thermosyphon – type solar domestic hot water system: review and experimental evaluation. *Sol Energy*;78:781–98.
- [5] Khalifa AN, (1998) Forced versus natural circulation solar water heaters: a comparative performance study, *Renew Energy* 14(1–4):77–82.
- [6] Li M, Wang RZ, Luo HL, Wang LL, Huang HB, (2002) Experiments of a solar flat plate hybrid system with heating and cooling, *Appl Therm Eng* 22: 1445–1454.
- [7] Partain LD, (1995) *Solar cells and their applications*. New York, USA: Wiley;p.1–48.
- [8] Rahmat Subarkah (2010) *Studi Eksperimental Karakteristik Sel Surya Jenis Mono-Crystalline*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Fisika, ISSN: 2087-3433: