

# DESAIN *HYBRID* PANEL SURYA TIPE *MONOCRYSTALLINE* DAN *THERMAL* KOLEKTOR FLUIDA AIR

Mustofa<sup>1</sup>, Ramang Magga, dan Yusnaini Arifin  
<sup>1</sup> Teknik Mesin–UNTAD, Jl. Soekarno - Hatta KM. 9, Palu  
Email<sup>1</sup>: mustofa@pnsmail.go.id

## ABSTRACT

The purpose of this study was to design and test hybrid-type monocrystalline solar panels power 60 Wh on fluid flow rate of 0.027 kg/s. From the results of some previous studies have shown that monocrystalline panels absorb heat large compared to that kind of polycrystalline on the same weather conditions. If this happens in the long term, the panel surface temperature will be higher which implies decreasing the efficiency of electrically and/or conversion of heat energy into electrical energy will be reduced. Therefore, it needs a cooling medium mutually beneficial. This means that hybrid with fluid circulation (T) in the photovoltaic (PV) or PVT, will maintain and even increase the electrical efficiency of PVT although thermal efficiency in this article still needs to be improved. In addition, the greater the current generated when the PVT compared to PV, while the power supply voltage tends to remain steady. The maximum electrical efficiency PVT produced is approximately 18.87% to the hot water temperature of about 49°C, while the PV is 10.89%. There is an increase of about 8%, showing significant results.

**Key words:** Photovoltaic-thermal, PVT monocrystalline, hybrid PVT, thermal kolektor

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan menguji *hybrid* panel surya tipe *monocrystalline* daya 60 Wh pada laju aliran fluida 0,027 kg/s. Dari hasil beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa panel *monocrystalline* menyerap panas yang besar dibandingkan dengan yang jenis *polycrystalline* pada kondisi cuaca yang sama. Jika ini terjadi dalam jangka waktu yang lama, maka suhu permukaan panel akan semakin tinggi yang berimplikasi menurunnya efisiensi elektrik dan/atau konversi energi panas menjadi energi listrik akan berkurang. Oleh karena itu, dibutuhkan media pendingin yang saling menguntungkan. Artinya, dengan meng-*hybrid* dengan sirkulasi fluida (T) pada *photovoltaic* (PV) atau PVT, akan mempertahankan bahkan meningkatkan efisiensi elektrik PVT meskipun efisiensi *thermal* pada artikel ini masih perlu ditingkatkan. Disamping itu, arus yang dihasilkan lebih besar jika dengan PVT dibandingkan PV, sementara tegangan listrik cenderung tetap. Efisiensi elektrik maksimum PVT yang dihasilkan adalah sekitar 18,87% dengan suhu air panas sekitar 49°C, sementara yang PV adalah 10,89%. Ada peningkatan sekitar 8% yang menunjukkan hasil yang signifikan.

**Kata kunci:** sel surya, PVT, *monocrystalline*, kolektor pemanas air

## PENDAHULUAN

Sumber energi fosil pada saatnya akan habis, sehingga diperlukan langkah dini untuk mengatasinya dengan mencari sumber energi terbarukan yang melimpah, gratis, dan tidak polutif. Energi surya adalah sumber energi yang paling menjanjikan dan selalu tersedia di alam ini. Yang dibutuhkan untuk memanfaatkan energi surya itu adalah teknologi perantara yang menjembatani antara sumber energinya dengan kegunaannya secara kontinu dan hemat. Salah satu teknologi yang menjawab tantangan ini adalah kombinasi (*hybrid*) antara sel surya atau lebih dikenal panel PhotoVoltaic dan Thermal (PVT) kolektor pemanas air. Manfaat dari penggunaan efek fotovoltaiik untuk energi listrik yang tidak ada polutan selama operasinya, tidak bising, dan pemakaian yang lama serta murah pemeliharannya. Kinerja dari fotovoltaiik ini tergantung kepada energi matahari dan temperatur modul surya.

## TINJAUAN PUSTAKA

Kenyataannya, modul fotovoltaik hanya menyerap sinar surya yang menerpa permukaannya dan mengoversinya ke dalam energi listrik sekitar 10–20%, dipantulkan 10%, dan sisanya sekitar 75% terbuang sebagai energi *thermal*. Energi yang besar ini menjadi bermanfaat jika disimpan untuk digunakan sebagai pemanas air dalam sirkulasi pipa tembaga yang disebut kolektor surya. Artinya, prosentase radiasi surya yang datang akan lebih banyak digunakan dengan teknologi PVT seperti hasil penelitian [1] dibandingkan dengan PV atau *thermal* saja secara terpisah. Selanjutnya, dengan radiasi surya yang terus-menerus menerpa modul sel surya, akan menurunkan efisiensi listrik PV. Menggabungkannya dengan kolektor pemanas air, maka penurunan efisiensi PV tersebut bisa diatasi, bisa tetap bahkan bisa meningkat.

Data penyinaran matahari yang dihimpun di beberapa titik lokasi di Indonesia tercatat untuk Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [2]. Ditambah lagi dengan data pengukuran antara 1991 sampai dengan 1994, Sulawesi Tengah masuk kategori terbesar ketiga di Indonesia setelah Kab. Sumbawa (5.747 Wh/m<sup>2</sup>) dan Jayapura (5.720 Wh/m<sup>2</sup>) dalam hal intensitas radiasi energi matahari, yaitu sebesar 5.512 Wh/m<sup>2</sup> [3][4]. Dari hasil penelitian *thermal* surya yang dilakukan [5] dan [6], memperlihatkan bahwa intensitas surya di Palu berada di kisaran 750 hingga 1000 W/m<sup>2</sup>, cukup besar untuk pengembangan teknologi energi terbarukan. Ditambah lagi Palu yang berada di garis ekuator/khatulistiwa pada 120° Bujur Timur dari Greenwich dan 1° Lintang Selatan mendapatkan sinar matahari rata-rata 12 jam/hari menjadi sangat berpotensi untuk pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan. Penelitian awal ini menjadi pendorong bagi Mustofa dkk. untuk mengombinasikan (*hybrid*) *thermal* surya pemanas air dengan panel surya *photovoltaic* yang bisa menghasilkan energi listrik dalam satu panel.

### Deskripsi Panel Surya *Monocrystalline*

Sel surya atau biasa disebut juga sel *photovoltaic* merupakan suatu P-N junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan *photo-electric effect* dari bahan semikonduktor sehingga dapat mengumpulkan radisai surya dan mengonversinya menjadi energi listrik. Energi listrik hasil dari sel surya tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan *battery* sebagai sistem penyimpanan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari.

Untuk tipe *monocrystalline*, mempunyai ciri khas berwarna hitam (berasal dari silikon murni) berbentuk bundar atau segi delapan (tepatnya segi empat yang dipotong di keempat sisinya). Bentuk *monocrystalline silicon* seperti pada Gambar 1, bersumber dari *silicon ingot* yang dipotong. Kekurangan bentuk mono ini adalah modulnya tidak rapat yang menjadi kerugian menyerap panas. Keuntungannya adalah untuk lahan yang sempit dengan intensitas matahari yang tinggi menjadikan sel surya *monocrystalline* sangat baik dibandingkan yang jenis *polycrystalline*. Bisa saja tipe mono tersebut dibentuk merapat susunan modulnya, tapi kerugian dalam proses produksinya akan terjadi. Disamping itu, kemampuan menyerap panas dan besarnya daya output dengan dimensi yang kecil saja mampu menghasilnya daya yang cukup besar [7].



Gambar 1. Profil panel surya *monocrystalline*

### Desain PVT Fluida Air

Pada sistem ini, air menjadi media perpindahan panas dari energi surya menerpa panel dan diteruskan ke plat tembaga dan pipa fluida tembaga yang mempunyai konduktivitas panas cukup baik. Susunan ini saling berkontak langsung untuk memudahkan perpindahan *thermal* ke dalam fluida air dalam pipa tembaga. Di sekeliling panel ditutup dengan plat aluminium tebal 1 mm untuk mengurung panas keluar dari samping PVT. Posisi panel ditempatkan pada posisi kemiringan  $20^\circ$  dari bidang horizontal yang diarahkan menghadap ke selatan untuk mendapatkan energi surya dengan baik.

### METODE

#### Bahan dan Alat

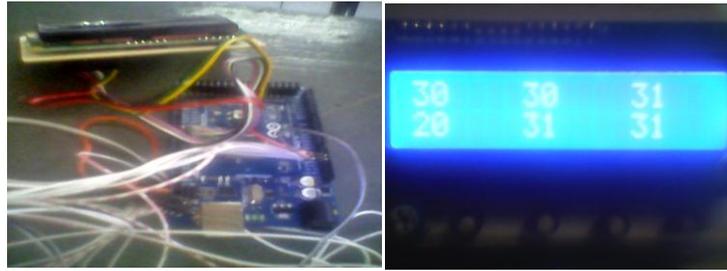
Bahan-bahan yang digunakan dalam desain dan pembuatan PVT ini adalah panel surya *monocrystalline* daya 60 Watt, reservoir air stainless steel kapasitas 100 ltr, rangka besi 10 cm dudukan PVT, plat tembaga tebal 0,35 mm, pipa tembaga 0,5" dan 5/8", plat aluminium 0,25 mm, glass wool tebal 3 cm, dan *fly wood*, seperti terlihat pada Gambar 2. Alat-alat ukur yang digunakan adalah Solarimeter, amperemeter, gelas ukur, *stopwatch*, *data logger* dengan 5 sensor serta laptop untuk merekam data.



Gambar 2. a. Susunan panel surya bagian bawah  
b. Bagian atas panel *monocrystalline* siap uji

#### Teknik Pengamatan

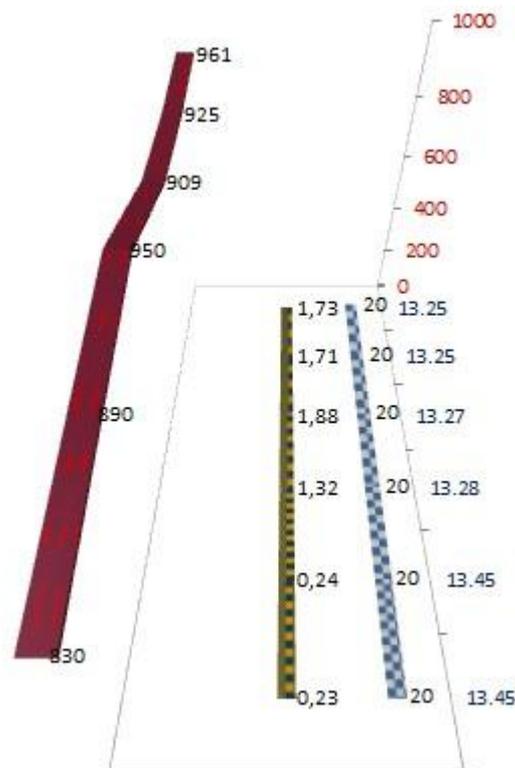
Setelah rancangan dan rakitan selesai, maka proses selanjutnya adalah pengujian alat PVT dengan langkah awal mengalirkan fluida dingin dari reservoir ke dalam panel secara *thermosiphon* dengan terlebih dahulu men-*set-up thermocouple* sensor suhu pada panel, suhu keluar air dari reservoir, suhu air dalam panel, suhu air keluar panel sebelum masuk ke reservoir kembali, dan suhu lingkungan. Disamping itu, sensor tegangan yang kesemuanya disambungkan ke *data logger* dan direkam di laptop dalam hitungan detik. Untuk sensor arus listrik disambungkan ke amperemeter yang direkam setiap sekitar 30 menit. Sensor arus ini dilakukan manual karena ketidakterediaan kabel data. Begitu juga data intensitas cahaya matahari masih menggunakan solarimeter yang dicatat dalam selang waktu 30 menit. Karena kecepatan akuisisi *data logger* (Gambar 3) yang berbeda jauh dengan pencatan data arus listrik dan intensitas energi surya yang cukup jauh, dalam tabulasi data dipilih data yang saling terkait secara signifikan.



Gambar 3. Data logger sensor suhu, rangkaian listrik dan pembacaan data suhu dan tegangan listrik pada pengujian hybrid PVT

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian diperoleh suhu fluida air panas sekitar  $49^{\circ}\text{C}$ , sementara hubungan waktu pengamatan, intensitas surya, arus dan tegangan panel listrik sebagai berikut:

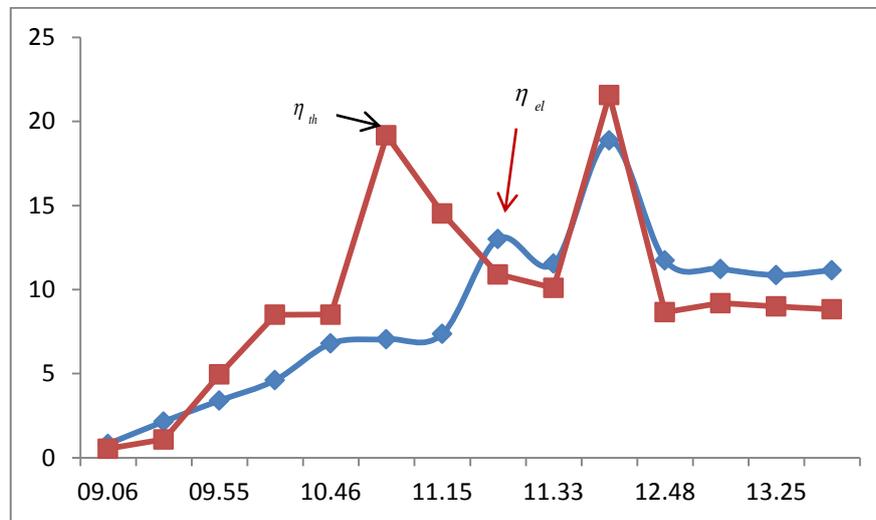


Gambar 4. Kenaikan intensitas matahari pada besarnya arus dan tegangan pada PVT

Gambar 4 menunjukkan peningkatan intensitas energi surya ( $I_s$ ) seiring dengan pertambahan waktu pengamatan ( $t_w$ ). Angka  $I_s$  bertambah secara signifikan dari 830 hingga  $961 \text{ W/m}^2$ , sementara arus listrik ( $I_{pv}$ ) yang dihasilkan panel surya berada di dalam interval 0,23 hingga 1,88 Ampere yang sedikit berfluktuatif. Berbeda dengan tegangan ( $V_{pv}$ ) yang cenderung konstan pada angka 20 Volt. Nilai tegangan pada pengamatan tercatat 21 Volt mendekati nilai maksimum pada spesifikasi panel sebesar 21,6 Volt.

Sementara itu, efisiensi elektrik yang diperoleh memperlihatkan angka yang cukup bagus dikisaran 6–18% di atas rata-rata jika dibandingkan dengan hasil penelitian oleh [8] yang mendapatkan nilai efisiensi antara 6–15%. Efisiensi *thermal* menunjukkan hasil yang sebaliknya dan maksimum hanya di sekitar 21%. Secara teoretis angka-angka ini sudah baik, hanya nilai

efisiensi *thermal* yang masih rendah. Faktor utama menurunkannya efisiensi *thermal* PVT adalah permukaan modul surya yang tidak dilapisi kaca (*unglazed photovoltaic*) yang bisa mengurung panas surya yang menerpanya, sehingga suhu air dalam pipa penyerap bisa tinggi.



Gambar 5. Efisiensi elektrik dan *thermal* PVT jenis *monocrystalline* panel surya pada selang waktu pengamatan

Adapun perhitungan efisiensi *thermal* dan elektrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \dot{m} C_p \Delta T / I A_a \quad (1)$$

dengan:

- $\dot{m}$  = laju aliran massa fluida (kg/s), 0,027 kg/s yang diujikan
- $C_p$  = panas jenis fluida
- $A_a$  = luas PVT (dimensi panel 500×600×50 mm)

Sementara itu, efisiensi utama energi listrik PVT ditentukan oleh sinar datang ( $I$ ) dan suhu panel PV ( $T_{PV}$ ), sehingga persamaannya adalah:

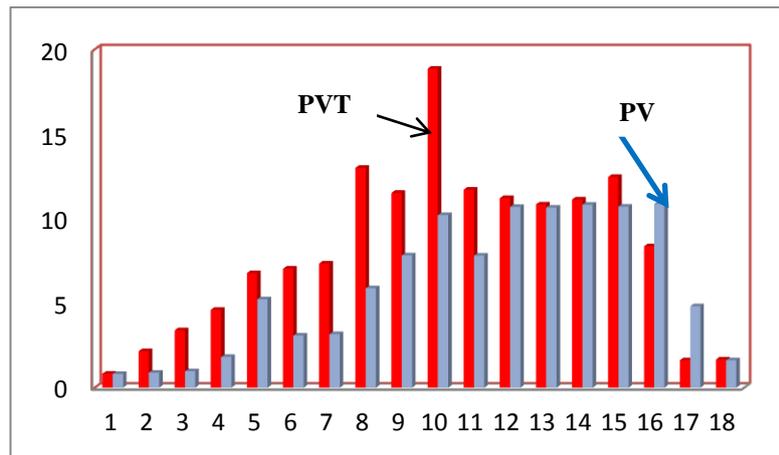
$$\eta_{el} = I_m V_m / I A_a \quad (2)$$

dengan:

- $I_m$  = arus pada modul PV pada daya operasi maksimum (Ampere)
- $V_m$  = tegangan pada modul PV pada daya operasi maksimum (Volt)

### Komparasi efisiensi elektrik PVT dan PV

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan *hybrid* panel surya dengan media pendingin fluida (PVT) dibandingkan dengan tanpa *thermal* (PV), efisiensi elektrik panel surya meningkat. Dengan kata lain, efisiensi PVT lebih baik dari PV tanpa *thermal*, seperti nampak pada Gambar 6. Hal ini disebabkan oleh panas permukaan panel *monocrystalline* yang cenderung menyerap panas lebih banyak dan suhunya semakin lama semakin tinggi. Dengan adanya pendingin di bagian bawah permukaan panel/di-*hybrid* dengan *thermal* kolektor, efisiensi bisa meningkat. Artinya, daya output yang dihasilkan akan besar.



Gambar 6. Efisiensi elektrik *photovoltaic-thermal* dibandingkan *photovoltaic* tanpa di-*hybrid thermal* selama waktu pengamatan

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada saudara Firman dan Asrul mahasiswa Teknik Elektro UNTAD yang akan di wisuda tahun 2015 ini yang telah membantu merangkai dan meng-*install* program Delphi untuk akuisisi data *logger thermocouple* sensor suhu PVT.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Meskipun dimensi panel yang kecil, PV *monocrystalline* menghasilkan daya output yang cukup besar.
- Efisiensi elektrik yang dihasilkan dengan massa jenis fluida 0,027 kg/s menunjukkan angka yang baik setelah di-*hybrid* dengan *thermal* kolektor air panas.
- Efisiensi *thermal* dengan *thermosiphon*/konveksi alami kurang bagus jika kebutuhan fluida panas yang dominan.
- Dibandingkan dengan tanpa di-*hybrid* dengan *thermal*, panel *monocrystalline* memperlihatkan efisiensi yang rendah. Artinya, kurang juga daya outputnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahtani P, Kherani N, Zukotynski S. Hydrogenated Amorphous Carbon on As A Spectrally Selective Coating For Photovoltaic Thermal Panels. Tersedia di: <https://www.researchgate.net/publication/239767005>
- [2] ESDM. *Energi Surya dan Prospek Pengembangannya di Indonesia*. 2008. Tersedia di: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/11/energi-surya-dan-prospek.html> [Diakses 13 Februari 2015].
- [3] Anonim. 2008. Tersedia di: <http://www.kamase.org> [Diakses 15 Maret 2015].
- [4] Anonim. 2008. Tersedia di: <http://www.energiterbarukan.net> [Diakses 15 Maret 2015].
- [5] Mustofa, Rahman YA, Muchsin, Nugraha RCG. Hybrid Plat Datar dan Gelombang Sinusoidal pada Kolektor Pemanas Surya, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri I, Makassar*. 2013.
- [6] Mustofa, Rahman YA, Muchsin, Hatib R. A new copper tube configuration of solar water heating collector: single and double cover glazing. *Prosiding 2nd Engineering International Conference, UNNES, Semarang*. 2013.

- [7] Solardaya. *Solar cell: Perbedaan Monocrystalline dan monocrystalline*. 2014. Tersedia di: <http://blog.solardaya.com/solar-cell-perbedaan-monocrystalline-dan-polycrystalline/> [Diakses 20 Juli 2015].
- [8] He W, Chow TT, Ji J, Lu J, Pei G, Chan LS. Hybrid photovoltaic and thermal solar-collector designed for natural circulation of water. *Applied Energy*. 2006; 83(3):199–210.

*- halaman ini sengaja dikosongkan -*