



SEMINAR
NASIONAL
SAINS DAN
PENDIDIKAN SAINS
PENDIDIKAN FISIKA
UNIVERSITAS MULAWARMAN

PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS DAN PENDIDIKAN SAINS

PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS DAN PENDIDIKAN SAINS



SINERGI PENGEMBANGAN SAINS DAN
STRATEGI PEMBELAJARAN SAINS TERKINI BERBASIS RISET

SAMARINDA, 08 MARET 2016

🏠 Program Studi Pendidikan Fisika
Gedung Puskom FKIP UNMUL
Jl. Muara Pahu Kel. Gunung Kelua
Samarinda

🌐 <http://fisika.fkip.unmul.ac.id>

✉ snspsunmul@gmail.com

ISBN 978-602-74182-0-2



ISBN : 978-602-74182-0-2



PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MULWARMAN

ISBN : 978-602-74182-0-2

Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains

Cetakan Pertama 08 Maret 2016

ISBN: 978-602-74182-0-2

Editor:

Nurul Fitriyah Sulaeman, M.Pd.

Agus Riyadi, S.Pd.

Penyunting:

Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si (Pendidikan Fisika, UNMUL)

Prof. Dr. Arif Hidayat, M.Si (Fisika, UM)

Dr. Mislana, M.Si (FMIPA, UNMUL)

Drs. Subaer, M.Phil., Ph.D. (Fisika, UNM)

Dr. Zeni Hariyanto, M.Pd. (Pendidikan Fisika, UNMUL)

Dr. H. Mukhamad Nurhadi, M.Si (Pendidikan Kimia, UNMUL)

Dr. Laili Komariyah, M.Si. (Pendidikan Fisika, UNMUL)

Dr. Didimus Tanah Boleng, M.Kes (Pendidikan Biologi, UNMUL)

Dr. Usman, S.Si, M.Si (Pendidikan Kimia, UNMUL)

Dr. Elsje Theodora M., M.Pd (Pendidikan Biologi, UNMUL)

Desain Sampul dan Tata Letak:

Atin Nuryadin, M.Si

Penerbit:

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNMUL

Redaksi:

Jalan Muara Pahu Gunung Kelua, Kampus FKIP

Universitas Mulawarman, Samarinda, Gedung Puskom FKIP, 75123

HP.: 085250489499 / Fax:-

Email: snspsunmul@gmail.com

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

PENGUJIAN SISTEM HIBRID PV-GHD DENGAN MODE KONVEKSI PAKSA

Dadan Hamdani^{1*}, Yuki Novia Nasution², Lambang Subagiyo³

¹ Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman

² Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gn. Kelua Samarinda

³ Program Studi Fisika FKIP Universitas Mulawarman

Jl. Muara Pahu Kampus Gn. Kelua Samarinda

*Corresponding Author: hamdani.dadan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan dan perancangan hybrid PV terintegrasi dengan *greenhouse* (tipe atap pengumpul aktif *dryer* (GHD)). Pengujian terhadap pengering hibrid (tanpa muatan) telah dilakukan dengan menggunakan faktor efisiensi rugi-rugi termal. Bagian dasar pengering memiliki ukuran 1,0 m x 2,0 m dengan ketinggian pusat 1,6 m dan ketinggian dinding samping 1,0 m dari dasar pengering. Pada konstruksi pengering digunakan dua modul PV sebagai pemanas lingkungan *greenhouse* dan menyalurkan daya listrik untuk menyalakan kipas angin DC dalam mode konveksi paksa. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa faktor efisiensi rugi-rugi termal secara langsung pada mode konveksi paksa lebih tinggi dari yang diperkirakan untuk pengeringan hasil pertanian.

Kata Kunci: *greenhouse dryer, PV, mode paksa, faktor efisiensi rugi-rugi termal*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi akan terus meningkat di masa mendatang, konsumsi energi final selama periode 2000-2011 meningkat rata-rata 3% per tahun seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi, penambahan jumlah penduduk, maupun pengaruh akibat kebijakan yang dikeluarkan pemerintah. Semakin tingginya kebutuhan energi pada berbagai sektor dan cadangan sumber energi fosil yang makin berkurang mendorong semua pihak, terutama dari dunia riset untuk mengembangkan sumber energi alternatif. Salah satu yang menjadi tumpuan sebagai sumber energi masa depan adalah rekayasa energi surya (*solar energy*) dengan sumber yang melimpah dan tidak pernah habis.

Secara umum, rekayasa energi surya terbagi menjadi dua bagian, yaitu rekayasa termal yang mengubah energi surya menjadi energi termal dan rekayasa PV yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Dalam sistem termal, energi listrik konvensional dibutuhkan untuk mengalirkan fluida kerja (*working fluid*) ke kolektor, tetapi penggunaan energi listrik konvensional dapat dihindari dengan melakukan hibridisasi PV-Termal (PV/T) yang mampu secara simultan menghasilkan energi listrik dan termal (Shahsavari, et.al, (2012)). Pemanfaatan energi surya, selain digunakan sebagai sumber energi termal dan listrik juga dimanfaatkan untuk pengeringan produk hasil pertanian dan perikanan, yaitu dengan mengintegrasikan PV/T pada sistem Greenhouse Dryer (GHD) dengan memanfaatkan udara sebagai

medium untuk memindahkan panas (uap air) hasil proses penguapan dalam ruang GHD yang berisi produk ke lingkungan secara konveksi, baik secara alami (*natural convection*) maupun paksa (*forced convection*) menggunakan kipas angin yang berfungsi sebagai *blower* (Barnwal and Tiwari, (2008); Parven and Rana, (2013)).

Integrasi sistem pendingin dalam mereduksi suhu PV pada sistem GHD (PV-GHD) digunakan sebagai pengering produk hasil pertanian dan perikanan dengan memanfaatkan penguapan pada ruang GHD untuk menguapkan produk dan selanjutnya mengalirkan uap air untuk dibuang ke lingkungan. Dalam penelitian ini akan dilakukan upaya peningkatan efisiensi keluaran sistem hibrid PV/T berdasarkan analisis efisiensi energi dan eksergi dengan melakukan integrasi kolektor udara dengan merancang saluran untuk mengalirkan udara pada bagian belakang modul PV yang bertindak sebagai pendingin melalui proses konveksi paksa (*forced convection*) menggunakan kipas angin DC.

Pengujian sistem pengeringan berupa GHD terintegrasi sistem PV/T dalam bentuk ruang pengeringan yang dipanaskan menggunakan energi surya dan dilengkapi dengan saluran masuk (*inlet*) udara dan saluran keluar (*outlet*) untuk proses konveksi yang dioperasikan secara paksa dengan menggunakan kipas angin DC yang dioperasikan dengan energi listrik dari baterai yang dihasilkan dari Sistem hibrid PV/T.

2. Metode Penelitian

2.1. Perangkat Eksperimen

Kegiatan rancang-bangun sistem pengering dan pengawet hasil produk pertanian menggunakan bahan dasar yang mudah diperoleh dipasaran, diantaranya: rangka terbuat dari bahan aluminium yang ditutup dengan bahan plastik (polyethylene) yang diintegrasikan dengan dua modul fotovoltaik (PV/T), dan kipas angin DC. Skema prototipe sistem GHD yang akan diujicobakan menggunakan skema atap kolektor aktif (*active collector-roof*) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar.1 Skema atap kolektor aktif dengan terintegrasi PV/T

Tabel. 1 Spesifikasi listrik Modul PV dalam keadaan Standar (STC, standard test conditions) AM1,5 G = 1000 W/m², T_C = 25 °C

I _{maksimum}	= 4.4 Ampere
V _{maksimum}	= 17 Volt
Efisiensi	= 12 %
Packing Factor	= 83 %

Gambar 1 menunjukkan skema PV-GHD untuk proses pengeringan produk pertanian atau perikanan dengan menggunakan bahan tembus cahaya (plastik) yang digunakan untuk memanaskan ruang pengering. Energi listrik yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk penerangan GHD pada malam hari. Untuk skema atap kolektor aktif, proses pemanasan ruang pengering akan dikonveksikan menggunakan udara luar yang dialirkan melalui saluran masuk (*inlet*) pada bagian atap yang selanjutnya dialirkan ke ruang pengering dan dilewatkan ke saluran keluar (*outlet*). Spesifikasi listrik modul PV yang diintegrasikan dalam GHD, ditunjukkan pada Tabel 1.

2.2. Pengujian Sistem Pv-Ghd

Berdasarkan skema yang direncanakan, pengujian kinerja GHD sebagai sistem pengering didasarkan pada pemanasan yang dihasilkan secara langsung dari matahari dan proses pemanasan yang disebabkan oleh proses konduksi panas yang dihasilkan oleh modul PV yang akan menghasilkan efek *greenhouse temperature*.

Pengukuran suhu ruang pengering dilakukan dengan menggunakan dua buah sensor 4-channel termometer digital (Model Lutron TM-903A) dengan tingkat akurasi ± 0,1 °C untuk pengukuran suhu, meliputi : suhu ruang pengering, suhu bagian belakang PV, dan suhu lingkungan. Kelembaban udara relatif diukur menggunakan *digital humidity meter* (Model Lutron HT-3003), sedangkan pengukuran radiasi matahari menggunakan Solar Power Meter (Model Lutron TM 206). Pengujian keluaran listrik (arus dan tegangan) modul PV diukur menggunakan *digital clamp meter*.

2.3. Model Analisis

Didasarkan pada Penerapan Hukum I Termodinamika, persamaan keseimbangan untuk pemanasan udara *Greenhouse* dihitung berdasarkan masukan energi, keluaran energi dan rugi-rugi energi. Pada saat mode konveksi paksa, ventilasi atap ditutup. Dalam kasus ini, udara lembab akan dibuang menggunakan kipas angin yang dioperasikan menggunakan listrik DC yang dihasilkan oleh modul PV, sehingga efisiensi rugi-rugi panas secara langsung dipompa dari ruangan menggunakan kipas angin. Efisiensi rugi-rugi termal pada sistem PV-GHD dinyatakan dalam hubungan (Barnwal and Tiwari, 2008):

$$\eta_{i, paksa} = \frac{[U_g(\sum A_i - \sum A_m) + U_m \sum A_m + 0.33NV](T_r - T_a)}{I(t)A_f} \quad (1)$$

dengan N menyatakan jumlah perubahan udara tiap jam yang dihembuskan oleh kipas angin DC dan V menyatakan volume *Greenhouse* (m³).

Efisiensi rugi-rugi panas secara langsung yang lewat pada penutup kanopi dinyatakan dalam hubungan:

$$\eta_{i, paksa} = \frac{0.33NV(T_r - T_a)}{I(t)A_f} \quad (2)$$

Dengan mengacu pada hasil yang diberikan oleh Barnwal and Tiwari, 2008, efisiensi listrik modul PV dinyatakan dalam hubungan:

$$\eta_{listrik} = \left(\frac{0.8I_{sc}V_{OC}}{A_m I_P} \right) \times 100\% \quad (3)$$

dengan A_m menyatakan luas modul PV (m²), I_{sc} arus keluaran modul PV (Ampere), V_{OC} tegangan keluaran modul PV (Volt) dan I_P menyatakan intensitas matahari total yang sampai pada permukaan modul PV (W/m²).

Efisiensi termal ekuivalen modul PV dinyatakan sebagai (Tiwari and Sodha, 2007):

$$\eta_{listrik-termal} = \frac{\eta_{listrik}}{0.38} \quad (4)$$

sedangkan efisiensi listrik dengan beban (*the electrical load efficiency*) dinyatakan dengan :

$$\eta_{beban} = \left(\frac{I_L V_L}{A_m I_p} \right) \times 100\% \quad (5)$$

Prosedur pengujian dan monitoring GHD terintegrasi PV/T didasarkan konveksi paksa (*forced convection*), dimana pada mode konveksi paksa (*forced convection*), proses transfer panas dialirkan dengan menyalakan kipas angin untuk mengeluarkan udara lembab ke lingkungan, dimana proses ini melibatkan integrasi hibrida PV/T.

Data hasil pengamatan dari proses pengujian system PV-GHD digunakan untuk menghitung faktor efisiensi rugi-rugi termal (η_L) untuk mode konveksi alami dan konveksi paksa yang dinyatakan dengan kurva karakteristik rugi-rugi termal, yaitu plot kurva (η_L) terhadap $\left(\frac{T_r - T_a}{I(t)} \right)$, dengan T_r menyatakan suhu ruang dalam GHD, T_a suhu lingkungan dan $I(t)$ radiasi matahari total rata-rata dalam ruang GHD.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem *Greenhouse Dryer* secara keseluruhan terbuat dari bahan baja ringan dan plastik jenis polietilen ukuran 0,5 mm, serta sebuah kipas angin DC 12 V sebagai *blower* yang dinyalakan dari baterai dari sistem PV/T. Ukuran bagian dasar pengirangan yaitu 100 x 200 cm dan tingginya 160 cm (dari dasar sampai puncak kanopi).

Hasil uji fungsionalitas Sistem *Greenhouse Dryer* dilakukan Tanggal 24 - 25 Mei 2014 di TPA Bontang Lestari yang dioperasikan dengan mode konveksi paksa dengan waktu pengamatan antara jam 10.00 – 15.00 Wita, seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3. Mode Konveksi paksa dilakukan dengan menggunakan prinsip pompa panas (*heat pump*) dengan posisi modul PV dalam keadaan tertutup (tidak ada ventilasi), dimana udara panas dan lembab di dalam sistem dipompa keluar menggunakan kipas angin (*blower*).

Variasi suhu ruangan *greenhouse* lebih tinggi dibandingkan dengan perubahan suhu lingkungan, hal ini cukup signifikan terhadap perubahan kelembaban relatif dalam ruangan. Sementara itu, variasi perubahan radiasi matahari di luar ruangan dan di dalam ruangan *greenhouse* pada dua hari pengamatan menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok, hal ini seperti yang diharapkan bahwa spektrum cahaya matahari yang sampai dalam ruangan hanya spektrum cahaya tampak (400 – 700 nm), sedangkan spektrum infra merah dan ultraviolet akan dipantulkan oleh plastik penutup *greenhouse*.

Kinerja Sistem *Greenhouse Dryer* sebagai sistem pengering didasarkan pada karakteristik termal yang dinyatakan dengan faktor efisiensi rugi-rugi termal (η_L) dengan mode konveksi paksa yang dianalisis dengan menyusun algoritma perhitungan menggunakan Bahasa Pemrograman R Versi 2.11.1. Hasil perhitungan terhadap kinerja sistem ditunjukkan pada Gambar 2.

Efisiensi listrik modul PV yang diintegrasikan pada GHD relatif lebih stabil dengan efisiensi rata sekitar 10,78 % dan efisiensi termal ekivalennya sekitar 28.37%. Energi yang dihasilkan oleh modul PV ($0.8 I_{sc} V_{oc}$) rata-rata sekitar 84 W dan energi listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kipas angin ($I_L V_L$) sekitar 6-8 W, sehingga terdapat surplus energi hampir 76 W yang dapat digunakan untuk kebutuhan energi listrik lainnya.

4. Kesimpulan

Analisis kinerja sistem *Greenhouse Dryer* menunjukkan bahwa faktor efisiensi rugi-rugi termal yang dioperasikan mode konveksi paksa (*forced mode*) didasarkan pada prinsip pompa panas (*heat pump*) dengan posisi modul PV dalam keadaan tertutup (tidak ada ventilasi), dimana udara panas dan lembab di dalam sistem dipompa keluar menggunakan kipas angin (*blower*). Efektivitas kinerja sistem ditentukan berdasarkan kandungan udara (kelembaban relatif) pada ruang pemanas, yang dinyatakan sebagai faktor rugi-rugi termal.

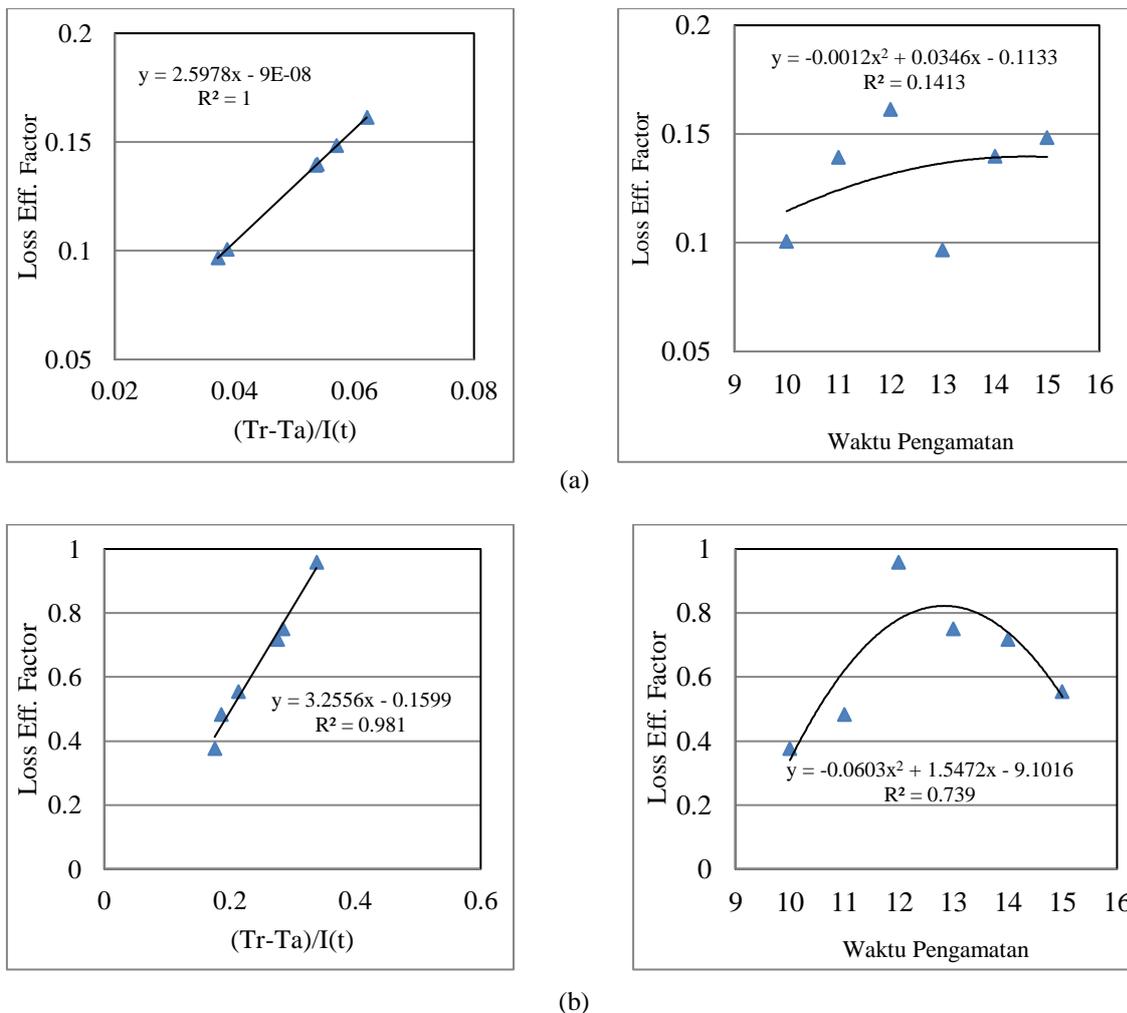
Tabel 2 Hasil Uji Sistem *Greenhouse Dryer* dengan *forced mode* menggunakan kipas angin sebagai blower pengujian Tanggal 24 Mei 2015 di FMIPA Unmul Samarinda

Waktu	T _a	γ	T _r	I(t)	I _p	V _L	I _L	Kelajuan aliran Udara
10.00	32.8	0.376	49.8	438.9	828.9	19.1	1.0	1.3
11.00	34.8	0.313	56.8	410.7	781.4	19.4	1.0	2.3
12.00	34.5	0.318	56.8	359.2	682.7	18.4	1.2	1.9
13.00	36.5	0.291	59.0	605.0	1148.8	18.9	1.3	1.8
14.00	36.8	0.290	61.0	450.0	873.5	18.2	1.0	2.1
15.00	37.5	0.278	63.3	452.3	857.1	18.8	0.8	1.4

Tabel 3 Hasil Uji Sistem *Greenhouse Dryer* dengan *forced mode* menggunakan kipas angin sebagai blower pengujian Tanggal 25 Mei 2015 di FMIPAUnmul Samarinda

Waktu	T _a	γ	T _r	I(t)	I _p	V _L	I _L	Kelajuan aliran Udara
10.00	26.8	0.525	48	56.4	106.8	19.0	0.5	1.8
11.00	27.6	0.471	48	109.7	206.9	19.0	0.6	2.3
12.00	28.8	0.384	56	197.1	372.4	18.4	0.6	1.8
13.00	32.3	0.350	58.5	194.8	396.6	18.3	0.8	1.8
14.00	29.5	0.320	53.5	86.9	164.7	18.1	0.5	1.8
15.00	29.6	0.364	48	86.2	163.3	18.1	0.4	1.7

Keterangan: T_a: suhu lingkungan; γ: kelembaban relatif; T_r: suhu di dalam Greenhouse I(T) : radiasi matahari total di dalam Greenhouse ; I_p : radiasi matahari yang sampai pada permukaan modul PV ; V_L: tegangan beban; I_L: arus beban



Gambar 2 Variasi nilai $\eta_{i,konveksi paksa}$ terhadap $\left(\frac{T_r - T_a}{I(t)}\right)$ dan waktu pengamatan pada mode konveksi paksa (a) tanggal 24 Mei 2015; (b) tanggal 25 Mei 2015

5. Daftar Pustaka

- Barnwal, P. and Tiwari, A. *Design, construction and testing of hybrid photovoltaic integrated greenhouse dryer*, International Journal of Agricultural Research 3 (2)(2008)110 – 120.
- Parveen, S., Rana, Q. P., Ahmad, J. *Performance evaluation of an integrated hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) and earth heat Exchanger (EAHE) greenhouse*, Int. J. EAAS, Vol. 3 No. 1 (2013) 29 – 36.
- Shahsavari, A., Ameri, M., Gholampour, M. *Energy and exergy analysis of a photovoltaic-thermal collector with natural air flow*, ASME J. Sol. Energy Engineering 134 (2012) 1 – 10.
- Tiwari, A. and Sodha, M S. *Performance evaluation of solar PV/T system: An experimental validation*, Solar Energy, 80 (2006) 751 – 759.