

## **PENGARUH LEBAR CELAH UDARA TERHADAP KONDISI RUANG DENGAN SISTEM KOMBINASI PHOTOVOLTAIC-TROMBE (PV/T)**

*Muhammad Rizali<sup>1</sup>, Antan Noraidi Maulana<sup>2</sup>*

*Akademi Teknik Pembangunan Nasional (ATPN) Banjarbaru<sup>1</sup>  
Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin<sup>2</sup>  
mechanicalpress@gmail.com<sup>1</sup>*

### **ABSTRACT**

*Comparing with single photovoltaic (PV) or thermal Trombe wall systems, combined PV/T offers better performance and efficiency. In this research, room air comfort for human activity examined. An 0.5x0.5x0.5m room models built with different air gap value, 3; 4.5; and 6 cm. The data acquired within 10 minutes interval, between 8am until 7pm. Data acquisition equipment provides an easier data collecting. In this research, in order to get temperature and relative humidity (RH) data, series of LM35 and DHT11 are used. Acquired data shows that combination of PV/T with air gap variations makes an air temperature and RH differencies within the models. Higher room air temperature occurs in smaller air gap variations (3 and 4.5 cm). Plotting air temperature and RH data to human comfort chart, resulted that almost all conditions are not in human comfort zone, due to higher air temperature. In the other hand, a PV/T system can generate electricity to power the other system.*

**Keywords:** *air gap, photovoltaic, trombe, room air condition, human comfort*

### **ABSTRAK**

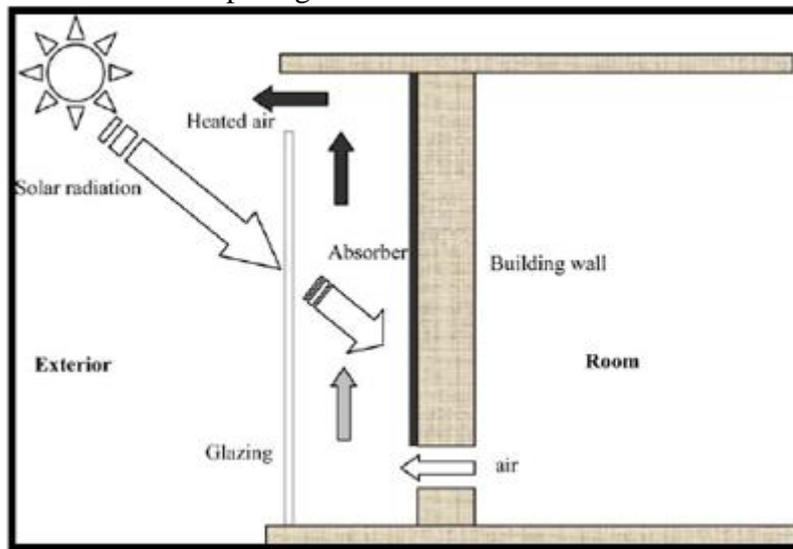
Penelitian tentang pemanfaatan energi matahari telah banyak dilakukan, salah satunya adalah sistem kombinasi sel surya/photovoltaic dengan sistem termal dinding Trombe. Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen menggunakan miniatur ruangan dengan ukuran 0,5x0,5x0,5 m, dengan variasi lebar celah udara keluar yaitu 3; 4,5; dan 6 cm. Variabel yang diukur adalah temperatur dan kelembaban relatif (RH) ruangan, dengan bantuan sistem akuisisi data, setiap selang waktu 10 menit, dimulai dari jam 8 pagi hingga jam 19.00 malam. Hasil yang didapatkan adalah bahwa variasi lebar celah berpengaruh terhadap kondisi udara ruangan, dimana temperatur udara dengan lebar celah yang lebih kecil cenderung menaikkan temperatur ruangan. Pada semua variasi yang dilakukan, hampir di setiap waktu, kondisi udara ruangan belum memenuhi syarat kenyamanan udara, dikarenakan temperatur yang terlalu tinggi, tetapi di sisi lain, sistem PV/T mampu memproduksi listrik yang bisa dimanfaatkan.

**Kata Kunci:** celah udara, photovoltaic, trombe, kondisi udara ruangan, kenyamanan udara

## PENDAHULUAN

Matahari sebagai sumber energi utama di bumi, semakin intensif untuk dimanfaatkan, seiring dengan keinginan manusia untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Banyak metode pemanfaatan sumber energi matahari, antara lain dengan panel surya/photovoltaic (PV) yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik, pemanfaatan energi termal matahari, dan lain sebagainya. Penelitian-penelitian dilakukan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari tersebut, dimana diketahui bahwa pemanfaatan energi matahari terkendala dengan rendahnya efisiensi dikarenakan kondisi cuaca, iklim, dan reduksi energi di atmosfer.

Salah satu pemanfaatan energi termal matahari adalah dengan dinding Trombe (trombe wall). Konsep dinding trombe adalah menyimpan energi termal matahari di material tertentu (misal beton). Sinar matahari melewati suatu dinding kaca, dan memanaskan material tersebut, panas yang tersimpan akan mengakibatkan perbedaan temperatur antara celah udara dengan ruangan. Perbedaan temperatur bisa dimanfaatkan untuk memanaskan ruangan, ataupun memberikan efek ventilasi alami karena perbedaan densitas udara. Konsep dinding trombe untuk ventilasi alami bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ventilasi alami dinding trombe

Sumber : <https://www.researchgate.net>

Photovoltaic (PV) atau sel surya sebagai pemanfaatan langsung energi matahari menjadi energi listrik sering terkendala oleh tingginya temperatur permukaan PV yang akan menurunkan efisiensi konversi energinya (Koyunbaba, 2012). Hal ini direayasa dengan mengkombinasikan PV dengan konsep dinding Trombe (PV/T). Permukaan PV yang bertemperatur tinggi digunakan untuk menciptakan perbedaan densitas udara, sehingga terjadi efek konveksi aliran udara alami.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh variasi lebar celah udara terhadap kondisi udara ruangan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen nyata menggunakan model ruangan berskala lebih kecil. Dua buah ruangan dengan volume yang sama digunakan sebagai obyek penelitian dengan cahaya matahari langsung. Satu ruangan divariasikan dengan variabel bebas lebar celah udara antara kaca dan PV/T, yaitu 3; 4,5; dan 6 cm. Sedangkan ruang satunya digunakan sebagai kontrol, tanpa sistem PV/T.

Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah kondisi udara ruangan, dalam hal ini adalah temperatur dan kelembaban relatif (RH), serta luaran listrik yang dihasilkan oleh PV. Temperatur dan RH ruangan akan diplot pada diagram kenyamanan termal udara, untuk melihat apakah ruangan yang dikondisikan tersebut nyaman digunakan untuk manusia, atau sebaliknya.

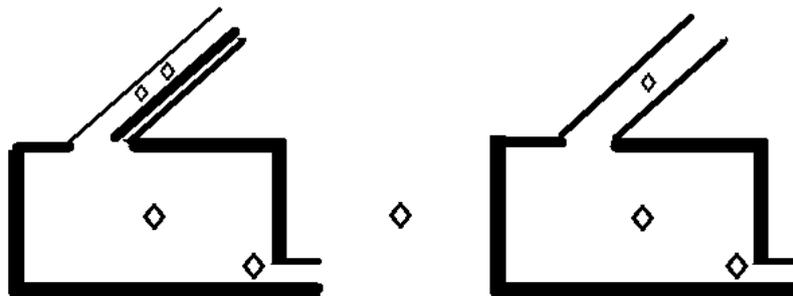
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Model ruangan dengan ukuran 0,5m x 0,5m x 0,5m dengan bahan kalsiboard
2. Penutup kaca ketebalan 3mm
3. PV ukuran 18cm x 15cm
4. Termometer air raksa
5. Sensor temperatur LM35
6. Sensor kelembaban udara DHT11
7. Sensor arus dan tegangan listrik DC
8. Sistem akuisisi data Arduino Uno

Penelitian ini dilakukan di Banjarbaru Kalimantan Selatan, dalam bulan September 2016. Data diambil dengan sistem akuisisi data dengan bantuan mikrokontroler Arduino, dengan selang data tiap 10 menit. Data diambil dimulai pada jam 08.00 sampai dengan 19.00.

Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 2 berikut, dimana lambang  $\diamond$  adalah tempat penempatan sensor temperatur, yaitu di :

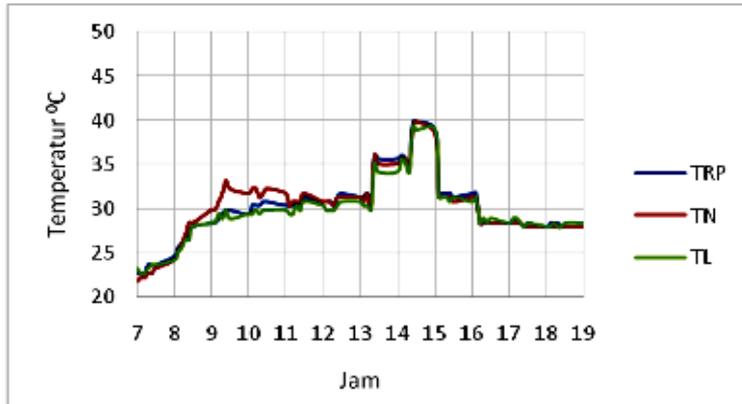
1. Celah udara masuk
2. Tengah ruangan
3. Temperatur lingkungan
4. Celah udara keluar
5. Permukaan PV



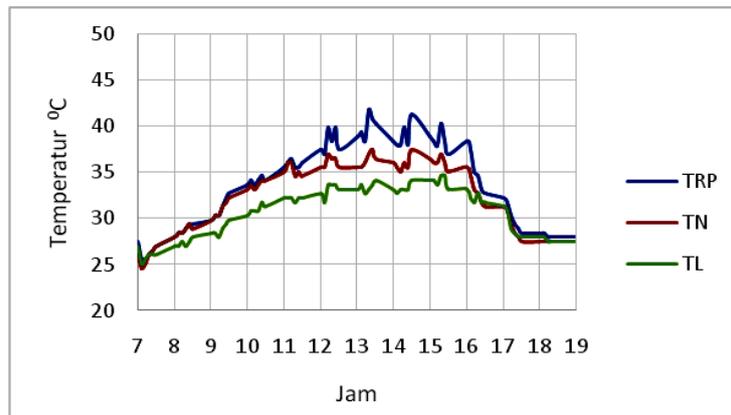
Gambar 2. Skema penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

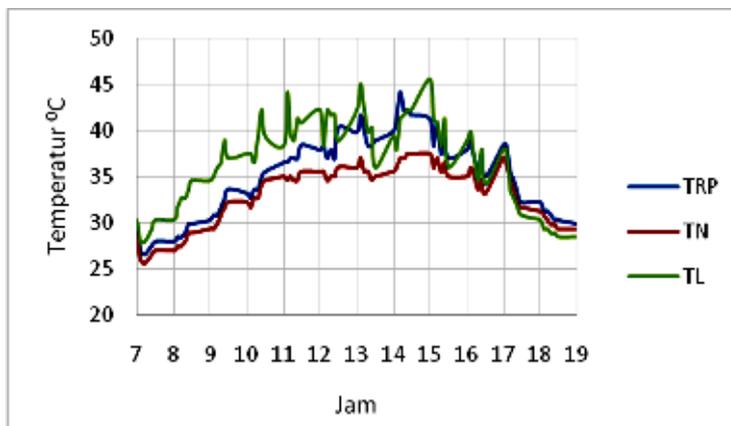
Berdasarkan data penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil pada gambar 3-8 berikut, untuk temperatur dan plot di diagram kenyamanan termal, dimana TRP (Temperatur ruangan dengan PV), TN (temperatur ruangan non-PV), dan TL (temperatur lingkungan).



Gambar 3. Temperatur ruangan dengan celah udara 3cm



Gambar 4. Temperatur ruangan dengan celah udara 4,5cm

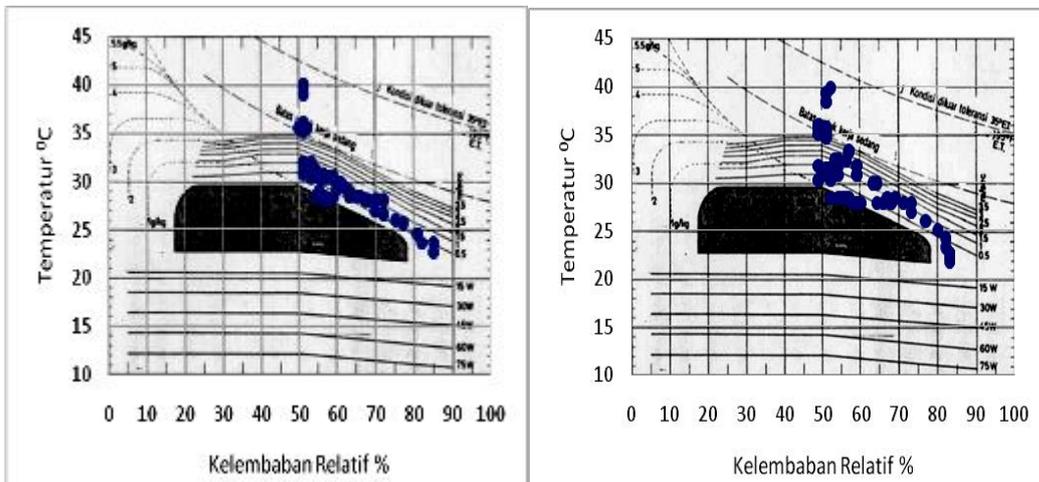


Gambar 5. Temperatur ruangan dengan celah udara 6cm

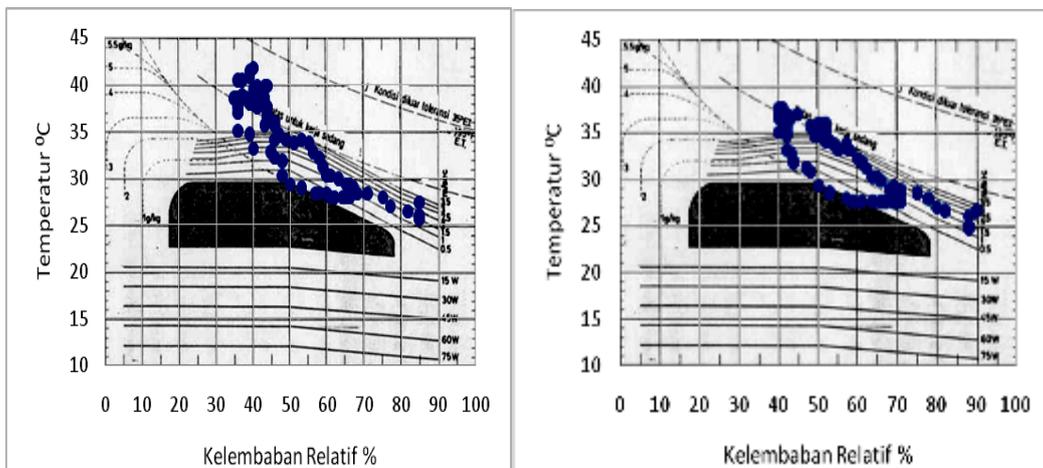
Dari data temperatur didapatkan bahwa pada celah udara 3 dan 4,5 cm, kondisi temperatur udara di ruangan TRP lebih panas daripada lingkungan, sedangkan di celah 6 cm, temperatur udara lebih rendah. Hal ini disebabkan karena lebar celah yang lebih besar, mempunyai efek ventilasi yang lebih besar pula, dimana dengan celah yang lebih besar, akan memudahkan sirkulasi udara masuk dan keluar. Tetapi di lain pihak, lebar celah yang makin besar menyebabkan cahaya matahari yang masuk menjadi lebih besar pula. Rata-rata temperatur ruangan ditabelkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata temperatur ruangan (°C)

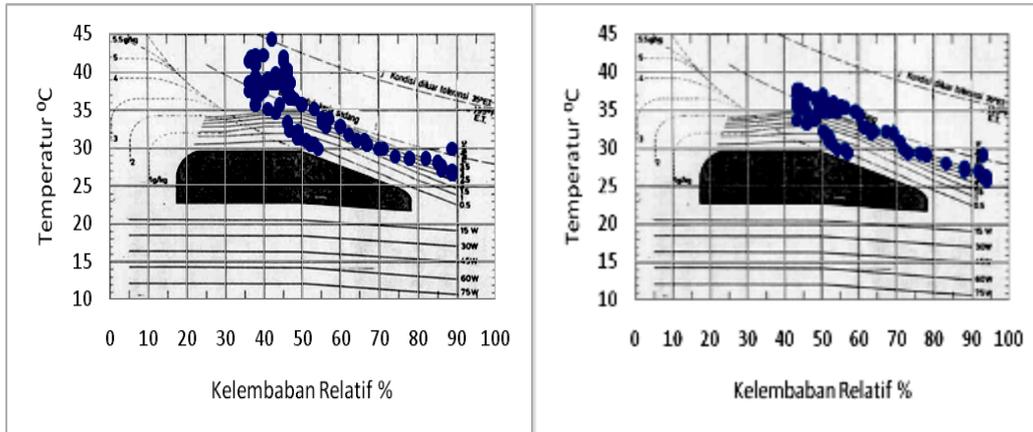
	Celah 3 cm	Celah 4,5 cm	Celah 6 cm
TRP	29,91 ↑	33,71 ↑	35,04 ↓
TN	30,08↑	32,34 ↑	32,98 ↓
TL	29,51	30,64	36,65



Gambar 6. Kenyamanan udara ruangan dengan celah udara 3cm (kiri ruangan dengan PV, kanan ruangan non PV)



Gambar 7. Kenyamanan udara ruangan dengan celah udara 4,5cm (kiri ruangan dengan PV, kanan ruangan non PV)



Gambar 8. Kenyamanan udara ruangan dengan celah udara 6 cm (kiri ruangan dengan PV, kanan ruangan non PV)

Dari data temperatur dan RH, maka kondisi ruangan dapat diplot ke diagram kenyamanan termal, seperti ditampilkan pada gambar 6,7, dan 8. Dari plot kenyamanan termal dapat dilihat bahwa, baik ruangan Non-PV, maupun ruangan dengan PV, hampir semua kondisi tidak memenuhi/masuk di daerah nyaman bagi kegiatan manusia, dari grafik dapat dilihat bahwa temperatur ruangan masih terlalu tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan rekayasa-rekayasa lebih lanjut, agar dapat memenuhi persyaratan kenyamanan udara termal untuk manusia, alternatif yang bisa diambil, ruangan dengan sistem PV/T ini bisa digunakan untuk aktivitas yang memerlukan kondisi lebih hangat.

Dari penelitian, sistem PV/T selain menghasilkan perbedaan temperatur ruangan, juga sekaligus dapat menghasilkan listrik yang dapat dipergunakan lebih lanjut, dengan nilai rata-rata seperti yang ditampilkan pada tabel 2 berikut. Nilai yang diambil ini sebagai gambaran bahwa sistem PV/T juga berfungsi untuk sistem kelistrikan. Pengaruh lebar celah pada performa kelistrikan belum bisa disimpulkan, karena PV yang digunakan hanya satu dan dengan intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah pada setiap pengambilan data.

Tabel 2. Rata-rata daya listrik yang dihasilkan PV

	Celah 3 cm	Celah 4,5 cm	Celah 6 cm
Daya listrik (VA)	0,04	0,13	0,42

Hasil penelitian ini bersesuaian dengan penelitian terdahulu, misalnya di (Koyunbaba.2012) bahwa sistem PV/T yang ditujukan untuk menghangatkan ruangan, dan sekaligus mampu menghasilkan listrik. Oleh Hamid (2014), juga dinyatakan bahwa sistem kombinasi PV/T mempunyai efisiensi yang rendah, terutama di daerah dataran rendah dengan temperatur lingkungan yang tinggi, penggunaan air pendingin juga menyulitkan dengan posisi PV yang miring. Pada penelitian (Al-Waeli 2017) juga dinyatakan bahwa penggunaan kombinasi PV/T disarankan digunakan untuk perlakuan pemanasan awal udara untuk keperluan selanjutnya. Dengan kata lain, penggunaan sistem kombinasi PV/T belum mampu

digunakan untuk sistem pendinginan udara ruangan pasif. Yang bisa dilakukan untuk optimalisasi pendinginan ruangan adalah dengan member perlakuan pada saluran udara masuk, sehingga udara yang bersirkulasi bisa lebih dingin.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Penggunaan sistem PV/T untuk ventilasi alami berpengaruh terhadap kondisi udara ruangan.
2. Temperatur udara ruangan dengan sistem PV/T cenderung lebih tinggi pada lebar celah 3 dan 4,5 cm dibandingkan dengan temperatur udara lingkungan. Sedangkan lebar celah 6 cm mampu membuat temperatur udara lebih rendah.
3. Penggunaan sistem PV/T belum dapat memenuhi persyaratan kenyamanan udara bagi manusia.
4. Penggunaan sistem PV/T dapat menghasilkan listrik yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Waeli, Ali HA. Sopian, K. Kazem, Hussein A. Chaichan, Miqdam. 2017. Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77:109–130
- Bergman, Theodore L., Lavine, Adrienne S., Incropera, Frank P. Dan Dewitt, David P. 2011. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7nd edition. John Willey & Sons
- Duffie, John A. Dan Beckman, William A. 2013. *Solar Engineering pf Thermal Process*. 4nd edition. John Wiley & Sons
- Febrita, Yuswinda. 2011. *Ventilasi Solar Cimney Sebagai Alternatif Desain Passive Cooling di Iklim Tropis Lembab*. Jurnal Penelitian. Banjarbaru: Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.
- Koyunbaba, Basak Kundacki. dan Yilmaz, Zerrin. 2012. *The Comparison of Trombe Wall Systems with Single Glass, Double glass and PV panels*. Istanbul: Faculty of Architecture, Istanbul Technical University.
- Lippsmeier, Georg (1994), *Tropenbou Building in the Tropics, Bangunan Tropis* (terj.), Jakarta: Erlangga.
- Luque, Antonio. Dan Hegedus, Steven. 2011. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. 2nd Edition. John Wiley & Sons
- Mertens, Konrad. 2014. *Photovoltaics Fundamentals, Technology and Practice*. Munich/FRG. John Willey & Sons
- Stoecker, W.F. dan Jones, J. W. 1982. *Refrigeration and air conditioning*. Edisi kedua. McGraw-Hill. NewYork
- Hamid, Suhaila Abdul. Othman, Mohd Yusof. Sopian, Kamaruzaman. 2014. An overview of photovoltaic thermal combination (PV/T combi) technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38:212–222
- Sun, Wei., Ji, Jie., Luo, Chenglong., dan He, We. 2011. *Performance of PV-Trombe wall in winter correlated with south facade Design*. Jurnal Penelitian. Hefei:

Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan)

ISSN 2341-5662 (Cetak)

Politeknik Negeri Banjarmasin, 9 November 2017

ISSN 2341-5670 (Online)

Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science  
and Technology of China

Welty, James R., Wicks, Charles E., Wilson, Robert E., Dan Rorrer, Gregory. 2000.

*Dasar-dasar Fenomena Transport* . Corvallis Oregon. Penerbit : Erlangga

-