

## Optimasi Laju Aliran Massa Udara Pada Kolektor Surya Plat Datar Bersirip Aliran Dua Pass

M. Yahya dan Hendriwan Fahmi

Dosen Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Padang  
yahya\_err@yahoo.com

### Abstrak

Di Indonesia penggunaan energi hingga kini sebagian besar masih bergantung kepada energi fosil sedangkan sumber energi tersebut semakin menipis dan juga dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan energi alternatif, energi surya merupakan salah satu energi alternatif karena dapat diperbarui, cukup bersih dan banyak tersedia. Energi surya dapat digunakan pada sistem energi surya untuk daerah tropis dan salah satu komponen utamanya adalah kolektor surya, kolektor surya dapat digunakan untuk pengeringan hasil-hasil pertanian. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi laju aliran massa udara pada kolektor surya plat datar bersirip aliran dua pass dengan luas  $3,6 \text{ m}^2$ . Pengujian kolektor surya dilakukan di Institut Teknologi Padang dengan variasi laju aliran massa udara:  $0,022 \text{ kg/s}$ ,  $0,032 \text{ kg/s}$ ,  $0,064 \text{ kg/s}$  dan  $0,079 \text{ kg/s}$ . Hasil pengujian, temperatur udara keluar kolektor tertinggi  $86,3^\circ\text{C}$  pada  $0,022 \text{ kg/s}$  dengan intensitas matahari  $949,3 \text{ Watt/m}^2$ , terendah  $54,2^\circ\text{C}$  pada  $0,079 \text{ kg/s}$  dengan intensitas matahari  $721,6 \text{ Watt/m}^2$ . Energi berguna kolektor tertinggi  $2204 \text{ Watt}$  terjadi pada laju aliran massa udara  $0,079 \text{ kg/s}$  dengan intensitas matahari  $957,4 \text{ Watt/m}^2$ , dan terendah  $496 \text{ Watt}$  pada  $0,022 \text{ kg/s}$  dengan intensitas matahari  $639,9 \text{ Watt/m}^2$ . Efisiensi kolektor tertinggi (optimal) dicapai  $67,06\%$  pada jam 13:00 dengan laju aliran massa udara  $0,079 \text{ kg/s}$  dan intensitas matahari  $909,5 \text{ Watt/m}^2$ , sedangkan efisiensi rata-rata tertinggi dicapai kolektor  $64\%$  pada laju aliran massa udara  $0,079 \text{ kg/s}$  dengan intensitas matahari rata-rata  $862,4 \text{ Watt/m}^2$ . Dari hasil penelitian disimpulkan laju aliran massa udara terbaik  $0,079 \text{ kg/s}$  karena menghasilkan efisiensi kolektor optimal, dan juga efisiensi kolektor meningkat dengan meningkatnya laju aliran massa udara, namun peningkatannya juga ada batasnya.

**Kata kunci:** Energi surya, kolektor surya aliran dua pass, optimasi, efisiensi kolektor

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang dan juga merupakan salah satu negara terbesar di dunia. Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, laju pertumbuhan penduduk, dan pesatnya perkembangan sektor industri. Bagi negara berkembang, kebutuhan energi tersebut diperkirakan akan meningkat dua kali lipat dalam beberapa dekade hingga tahun 2025. Kebutuhan energi negara berkembang diperkirakan mencapai  $57\%$  dari kebutuhan energi dunia. Meskipun kebutuhan energi tiap negara berlainan, namun peningkatan kebutuhan tersebut selalu ditemui di setiap negara seiring dengan upaya peningkatan taraf hidup bagi warganya [1]. Di Indonesia, penyediaan energi hingga kini sebagian besar masih bergantung kepada bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas bumi dan batu

bara sebagai sumber energi untuk listrik, transportasi dan industri. Sebagai contoh pusat-pusat pembangkit listrik di Indonesia dengan total kapasitas  $35.500 \text{ MW}$  sebanyak  $85\%$  menggunakan bahan bakar dari energi fosil ( $46\%$  BBM,  $18\%$  Gas bumi,  $21\%$  Batubara), sedangkan sisanya sebesar  $15\%$  menggunakan sumber energi nonkonvensional seperti panas bumi, hydropower, energi surya, biomassa dan lainnya. Namun, dengan pengetahuan bahwa sumber-sumber energi tersebut semakin menipis. Sebagai contoh tahun 2003 cadangan minyak Indonesia tinggal sekitar  $0,5\%$  dari cadangan minyak dunia, sedangkan cadangan gas sekitar  $1,7\%$  dari cadangan gas bumi yang ada di dunia yang tersebar pada beberapa negara [2]. Diperkirakan sekitar 40 tahun ke depan cadangan minyak, 63 tahun cadangan gas, dan 231 tahun cadangan batu bara, akan habis [3]. Selain itu gas-gas hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas bumi dan batubara seperti, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ) dan

sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang lepas atau dibuang ke atmosfer dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global atau meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi yang diakibatkan adanya efek rumah kaca. Untuk mengurangi ketergantungan kepada sumber-sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil, dan juga untuk mengurangi pemanasan global diperlukan usaha-usaha (energi alternatif) untuk mendapatkan sumber-sumber energi baru. Energi surya merupakan salah satu energi alternatif karena dapat diperbarui, cukup bersih dan banyak tersedia.

Energi surya banyak digunakan pada sistem energi surya untuk daerah tropis dan salah satu komponen utamanya adalah kolektor surya. Kolektor surya dapat digunakan untuk pengeringan hasil-hasil pertanian, pemanasan ruangan, pemanasan air, dan destilasi. Pada kolektor (pemanas) udara surya di mana efisiensinya sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa udara, makin tinggi (meningkat) laju aliran massa udara semakin tinggi (meningkat) efisiensinya, tetapi peningkatan laju aliran massa udara ada batas maksimalnya (optimum). Dan juga dipengaruhi oleh luas dan bentuk plat penyerap serta jumlah saluran udara.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi laju aliran massa udara pada kolektor surya plat datar bersirip aliran dua pass.

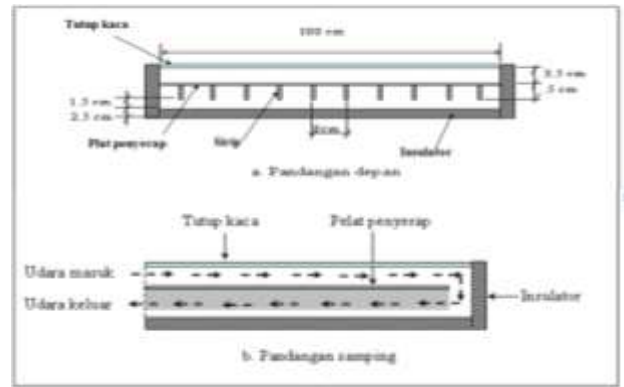
## Metodologi Penelitian

### Deskripsi Kolektor Surya

Sistem kolektor surya terdiri dari kolektor surya dan blower seperti Gambar (1). Kolektor surya terdiri dari beberapa komponen utama antara lain penutup kaca, plat penyerap plat datar bersirip, dan insulator seperti Gambar (2). Luas kolektor surya 3,6 m<sup>2</sup>.



Gambar 1. Photo sistem kolektor surya



Gambar 2. Potongan kolektor surya

### Tempat dan Prosedur Pengujian

Penelitian dilakukan di Institut Teknologi Padang, Sumatera Barat. Penelitian dimulai dari jam 9:00 sampai jam 16:00. Temperatur udara masuk, keluar, plat penyerap dan kaca diukur menggunakan termokopel, intensitas matahari diukur menggunakan pyranometer, kecepatan aliran udara diukur menggunakan flowmeter. Kecepatan aliran divariasikan dengan mengatur voltase blower dengan bantuan regulator.

### Analisa efisiensi kolektor surya

Efisiensi kolektor surya merupakan perbandingan antara energi yang dapat digunakan dengan energi yang diterima dan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$\eta_c = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad \dots(1)$$

Di mana:

$\eta_c$  = Efisiensi Kolektor (%)

$Q_u$  = Energi yang dapat digunakan (Watt)

$A_c$  = Luas Kolektor (m<sup>2</sup>)

$I_T$  = Intensitas Radiasi Matahari (W/m<sup>2</sup>)

Energi yang dapat digunakan ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = A_c F' [I_T (\tau\alpha) - U_L (T_{in} - T_a)] \dots (2)$$

atau,

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in}) \quad \dots(3)$$

Di mana:

$F'$  Faktor efisiensi kolektor

$\tau$  Koefisien transmisivitas penutup (kaca)

$\alpha$  Koefisien absorptivitas plat penyerap

$U_L$	Koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $W/m^2.K$ )
$\dot{m}$	Laju aliran massa udara (kg/jam)
$C_p$	Panas jenis udara (kJ/kg.K)
$T_{out}$	Temperatur udara keluar kolektor ( $^{\circ}C$ )
$T_{in}$	Temperatur udara masuk kolektor ( $^{\circ}C$ )

## Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Pengujian terhadap kolektor surya plat datar bersirip aliran dua pass telah dilakukan. Pengujian dilakukan mulai jam 9:00 sampai jam 16:00. Laju aliran massa udara divariasikan antara: 0,022 kg/s, 0,032 kg/s, 0,064 kg/s dan 0,079 kg/s. Dari pengujian diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar (3-10) sebagai berikut:

Gambar 3 menunjukkan variasi intensitas matahari, temperatur udara keluar dan masuk kolektor dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda, dari Gambar 3 tersebut dapat dilihat intensitas matahari pada jam yang sama dengan laju aliran massa udara 0,022 kg/s, 0,032 kg/s, 0,064 kg/s dan 0,079 kg/s mendekati sama. Temperatur udara keluar kolektor berbanding lurus dengan intensitas matahari, makin tinggi intensitas matahari makin tinggi temperatur udara keluar kolektor, hal ini disebabkan oleh energi matahari yang diserap plat penyerap tinggi. Dan juga dapat dilihat bahwa makin rendah laju aliran massa udara makin tinggi temperatur udara keluar kolektor hal ini dipengaruhi oleh cukup lamanya proses perpindahan panas atau kontak antara udara dengan plat penyerap, dan begitu juga sebaliknya.

Gambar 4 menunjukkan temperatur udara maksimum keluar kolektor dengan laju aliran massa udara berbeda. Pada Gambar 4 tersebut sangat jelas dilihat temperatur udara maksimum keluar kolektor cenderung menurun dengan meningkatnya laju aliran massa. Hal ini dikarenakan jumlah massa udara yang dipanaskan pada kolektor juga meningkat serta lamanya proses perpindahan juga menurun. Temperatur udara maksimum yang dapat dicapai pada laju aliran massa udara 0,022 kg/s, 0,032 kg/s, 0,064 kg/s dan 0,079 kg/s, dengan intensitas matahari masing-masing: 949,3  $Watt/m^2$ , 920,2  $Watt/m^2$ , 940,7  $Watt/m^2$ , dan 909,5  $Watt/m^2$  adalah masing-masing: 86,3 $^{\circ}C$ , 78,0 $^{\circ}C$ , 67,8 $^{\circ}C$ , dan 63,6 $^{\circ}C$ .

Variasi perbedaan temperatur udara keluar dan masuk kolektor dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Grafik 5 terlihat perbedaan temperatur udara masuk dan

keluar kolektor terendah terjadi pada laju aliran massa udara besar 0,079 kg/s dan tertinggi pada laju aliran massa udara terendah 0,022kg/s.

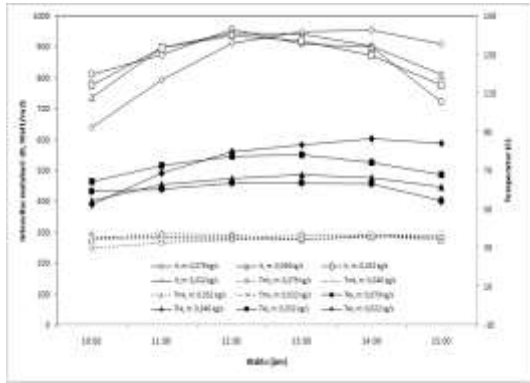
Gambar 6 menunjukkan perbedaan temperatur udara rata-rata masuk dan keluar kolektor dengan pada laju aliran massa udara. Pada Gambar 6 dilihat perbedaan temperatur udara rata-rata masuk dan keluar kolektor juga cenderung menurun dari laju aliran massa rendah ke tinggi. Perbedaan temperatur tertinggi dapat dicapai pada laju aliran massa udara 0,022 kg/s adalah 42,0  $^{\circ}C$  dengan intensitas matahari rata-rata 895,5  $Watt/m^2$ , sedangkan perbedaan temperatur udara rata-rata terendah pada laju aliran massa udara 0,079 kg/s adalah 24,9  $^{\circ}C$  dengan intensitas matahari rata-rata 8862,4  $Watt/m^2$ .

Energi berguna kolektor surya adalah energi yang dapat dihasilkan oleh kolektor untuk digunakan pada proses termal seperti proses pengeringan, variasi energi berguna dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda ditunjukkan pada Gambar 7. Pada grafik 7, terlihat bahwa makin tinggi laju aliran massa udara makin tinggi energi berguna yang dihasilkan kolektor dan begitu sebaliknya, hal ini dikarenakan oleh energi yang dibawa oleh udara pada kolektor lebih banyak. Energi berguna kolektor tertinggi 2204 Watt terjadi pada laju aliran massa udara 0,079 kg/s dengan intensitas matahari 957,4  $Watt/m^2$ , dan terendah 496 Watt pada 0,022 kg/s dengan intensitas matahari 639,9  $Watt/m^2$

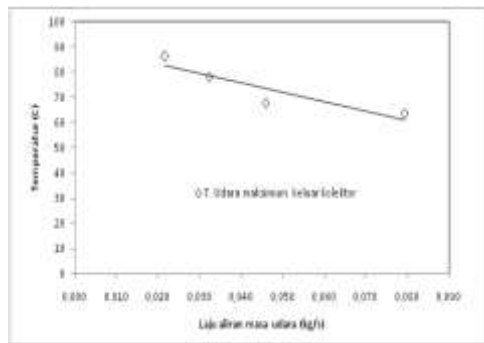
Gambar 8 menunjukkan total energi berguna kolektor surya dengan laju aliran massa udara. Energi berguna yang dihasilkan kolektor pada Gambar 8 merupakan jumlah energi yang dikumpulkan selama 5 jam. Pada Gambar 8 tersebut dapat dilihat total energi berguna cenderung meningkat dengan meningkatnya laju aliran masa udara. Total energi berguna yang dihasilkan kolektor pada laju aliran massa udara: 0,022 kg/s, 0,032 kg/s, 0,064 kg/s dan 0,079 kg/s, masing-masing adalah 5581Watt, 7144 Watt, 7731 Watt, dan 11877 Watt.

Gambar 9 menunjukkan variasi efisiensi kolektor surya dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda. Pada grafik 9, terlihat bahwa makin tinggi laju aliran massa udara makin tinggi efisiensi kolektor dan begitu sebaliknya, hal ini dikarenakan oleh energi yang dibawa oleh udara persatuan luas lebih banyak. Efisiensi tertinggi yang dapat dicapai kolektor adalah 67,06% pada jam 13:00 dengan laju aliran massa udara 0,079 kg/s dan intensitas matahari 909,5  $Watt/m^2$ .

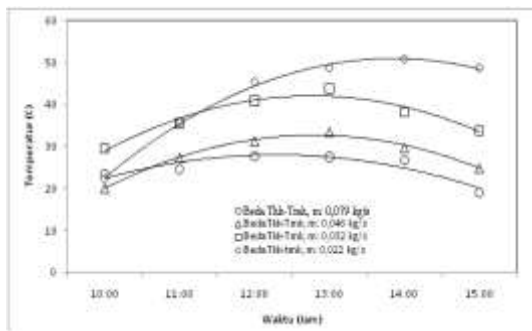
Efisiensi rata-rata kolektor surya dengan laju aliran massa udara ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Grafik 10 tersebut terlihat bahwa efisiensi rata-rata tertinggi yang dapat dicapai kolektor 64% pada laju aliran massa udara 0,079 kg/s dan intensitas matahari rata-rata 862,4Watt/m<sup>2</sup>. Pada grafik tersebut juga dapat dilihat efisiensi rata-rata cenderung meningkat dengan meningkatnya laju aliran massa udara, tetapi peningkatannya juga ada batasnya.



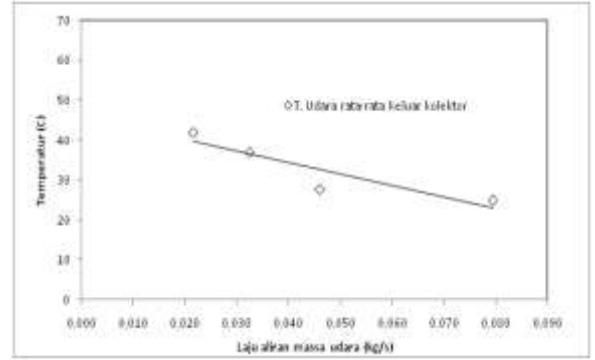
Gambar 3. Variasi intensitas matahari, temperatur udara keluar dan masuk kolektor dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda.



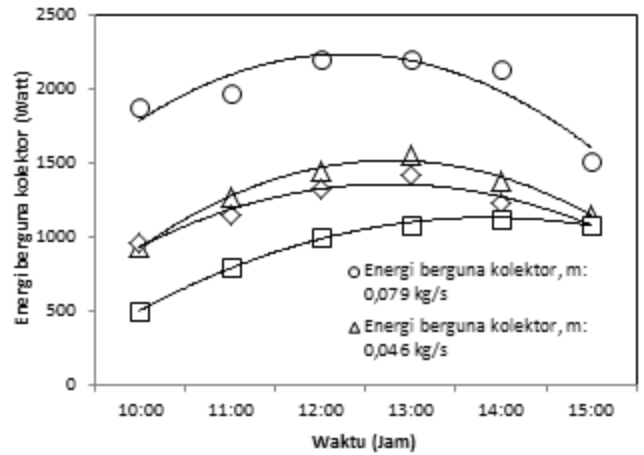
Gambar 4. Temperatur udara maksimum keluar kolektor dengan laju aliran massa udara



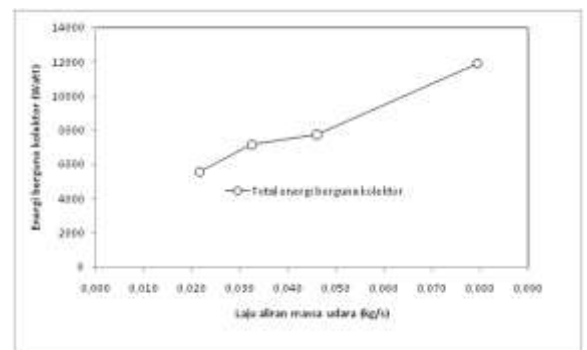
Gambar 5. Variasi perbedaan temperatur udara keluar dan masuk kolektor dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda.



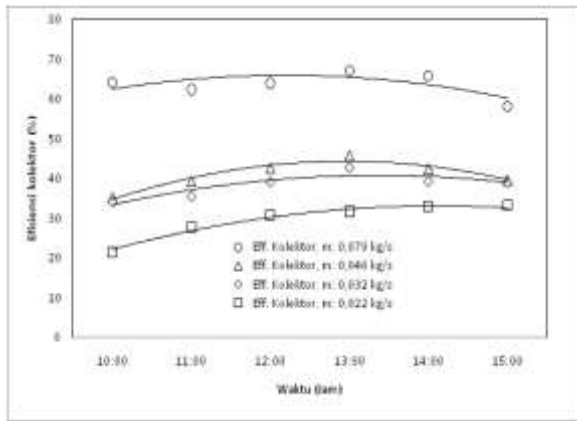
Gambar 6. Perbedaan temperatur udara rata-rata masuk dan keluar kolektor dengan laju aliran massa udara.



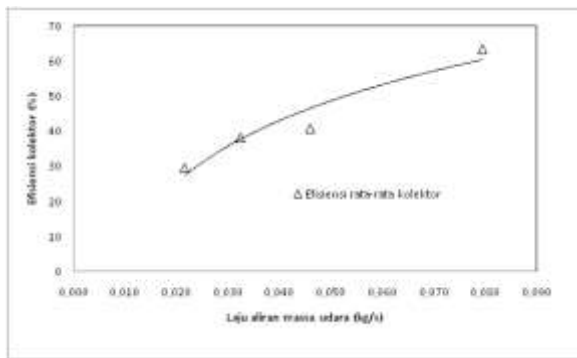
Gambar 7. Variasi energi berguna dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda.



Gambar 8. Total energi berguna kolektor surya dengan laju aliran massa udara.



Gambar 9. Variasi efisiensi kolektor surya dengan waktu pada laju aliran massa udara berbeda.



Gambar 10. Efisiensi kolektor rata-rata dengan laju aliran massa udara.

## Kesimpulan

Dari hasil pengujian kolektor surya plat datar bersirip aliran dua pass, dan dengan luas kolektor 3,6 m<sup>2</sup> dapat disimpulkan:

1. Temperatur udara keluar kolektor berbanding lurus dengan intensitas matahari dan berbanding terbalik dengan laju aliran massa udara. Makin tinggi intensitas matahari makin tinggi temperatur udara keluar kolektor, sedangkan makin tinggi laju aliran massa udara makin rendah temperatur udara keluar kolektor.
2. Temperatur udara keluar kolektor tertinggi 86,3°C pada 0,022 kg/s dengan intensitas matahari 949,3 Watt/m<sup>2</sup>, sedangkan terendah 54,2 °C pada 0,079 kg/s dengan intensitas matahari 721,6 Watt/m<sup>2</sup>.
3. Energi berguna kolektor tertinggi 2204 Watt terjadi pada laju aliran massa udara 0,079 kg/s dengan intensitas matahari 957,4 Watt/m<sup>2</sup>, dan

terendah 496 Watt pada 0,022 kg/s dengan intensitas matahari 639,9 Watt/m<sup>2</sup>

4. Efisiensi tertinggi (optimal) dicapai kolektor adalah 67,06% pada jam 13:00 dengan laju aliran massa udara 0,079 kg/s dan intensitas matahari 909,5 Watt/m<sup>2</sup>.
5. Efisiensi rata-rata tertinggi dicapai kolektor 64% pada laju aliran massa udara 0,079 kg/s dengan intensitas matahari rata-rata 862,4 Watt/m<sup>2</sup>.
6. Efisiensi rata-rata dicapai kolektor cenderung meningkat dengan meningkatnya laju aliran massa udara, namun peningkatannya juga ada batasnya.

## Daftar Pustaka

- [1] Kahn, J., 1990, Global Warming and Energy Efficiency, *Sunworld*, Vol.14, No.2, pp. 44-52.
- [2] Hutapea, M., 2005, "Pengembangan Diversifikasi dan Konservasi Energi dalam Rangka Keamanan Pasokan Energi Nasional", *Makalah Seminar Nasional Energi Alternatif*.
- [3] Wardiyasa, 2004, "Nilai Tambah Pengembangan Industri Kimia Berbasis Gas Bumi", *Makalah seminar Nasional Optimalisasi Pemanfaatan Gas Bumi untuk Pengembangan Industri*.
- [4] Duffie, J.A., & W.A. Beckman, 1980, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, New York,