

# Kajian Eksperimental Komparasi Efisiensi Kolektor Surya dengan Variasi Sudut Kemiringan

Firmansyah Burlian<sup>1</sup>, Ismail Thamrin<sup>2</sup>, Hendy Chairman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jalan Srijaya Negara -Bukit Besar – Palembang tlp/Fax. 0711-352034 Kode Pos. 30662

\*Corresponding author: hendychairman@gmail.com

**Abstract** For the last few years, global economy growth continue increasing rapidly, no exception for Indonesia. Masisively usage of fossil fuels leads to invention of alternative energy which is cell energy. Indonesia is a tropical country, but doesn't mean Indonesia not using the hot water, Hot water used for many purposes. In these sectors, to produce hot water, electricity and oil fuel usually used as energy sources It is believed that this sector is the one that lead to an increase of fossil energy consumption. Because of that, researcher want to make a water heater using cell energy. In this water heater, flat zinc solar collector is used. Researcher did the test with the angle of variation in 15, 30 and 45 degrees. The result of these test show that the highest average efficiency located in 15 degrees angle with 58, 853%, in 30 degrees is 52,953% and 45 degrees is 52,885%

**Abstrak** Pada beberapa tahun belakangan ini, pertumbuhan ekonomi global terus meningkat dengan pesat, tidak terkecuali di Indonesia. Penggunaan bahan bakar fosil secara masif membuat pengembangan energi alternatif terus dikembangkan salah satunya energi surya. Indonesia adalah termasuk negara beriklim tropis, meskipun begitu bukan berarti kebutuhan akan air panas minim digunakan, air panas digunakan dalam berbagai kebutuhan. Pada sektor-sektor ini, untuk menghasilkan air panas, sumber energi yang umum digunakan adalah listrik dan bahan bakar minyak. Hal ini diyakini, menjadi salah satu sektor yang meningkatkan konsumsi energi yang berasal dari fosil. Oleh sebab itu Peneliti tertarik untuk membuat alat pemanas air memanfaatkan energi surya. Pada pemanas air ini, digunakan kolektor surya plat datar berbahan utama seng. Pengujian dilakukan dengan variasi sudut kemiringan 15, 30 dan 45 derajat pada kolektor surya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa efisiensi rata-rata tertinggi terdapat pada kemiringan 15 derajat dengan 58,853%, pada kemiringan 30 derajat 52,953% dan 45 derajat 52,855%

**Keywords:** kolektor surya, pemanas air, sudut kemiringan

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Pada beberapa tahun belakangan ini, pertumbuhan ekonomi global terus meningkat dengan pesat, tidak terkecuali di Indonesia. Hal ini berpengaruh besar terhadap ketersediaan sumber daya alam dan lingkungan. Penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara secara masif membuat pengembangan energi alternatif terus dikembangkan salah satunya energi surya. Secara ilmiah energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah radiasi dari matahari menjadi sumber daya dalam bentuk lain seperti panas. Dengan jumlahnya yang melimpah, selalu tersedia serta ramah lingkungan energi surya menjadi alternatif energi yang tepat bila dikembangkan.

Indonesia adalah termasuk negara beriklim tropis, meskipun begitu bukan berarti kebutuhan akan air panas minim digunakan, air panas digunakan untuk berbagai kebutuhan

salah satunya adalah mandi. Pada daerah yang temperatur hariannya relatif rendah seperti daerah pegunungan sudah sangat umum digunakan air panas. Pada sektor pariwisata, yaitu penginapan seperti hotel, penggunaan air panas adalah hal yang wajib. Demikian juga rumah sakit dan beberapa industri. Pada sektor-sektor ini, untuk menghasilkan air panas, sumber energi yang umum digunakan adalah listrik dan bahan bakar minyak. Hal ini diyakini, menjadi salah satu sektor yang meningkatkan konsumsi energi yang berasal dari fosil.

Berdasarkan kedua fakta di atas yaitu: pertama Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup besar dan kedua adanya kebutuhan untuk menghasilkan air panas, untuk penghematan dalam sumber energi fosil, maka energi surya sangat tepat digunakan sebagai sumber energi untuk menghasilkan air panas. Oleh sebab itu Peneliti tertarik untuk membuat alat pemanas air memanfaatkan energi surya.

## Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengkonversi energi radiasi panas surya (Matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sebuah sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Teknik pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh ilmuwan Alexandre Edmond Becquerel. Pada awalnya Becquerel menggunakan silikon kristal untuk mengkonversi radiasi matahari (Hersch, 1982)

Pada tahun 1876, William Grylls menemukan bahwa material selenium dapat menghasilkan energi listrik ketika terkena paparan sinar. Meskipun selenium gagal mengkonversi cukup listrik dari cahaya untuk menjalankan suatu peralatan, mereka berhasil membuktikan bahwa radiasi matahari sebenarnya dapat dimanfaatkan. Pada penelitian berikutnya seorang peneliti bernama Russel Ohl berhasil mengembangkan teknologi sel surya dan dikenal sebagai orang pertama yang membuat paten peranti energi surya modern. Perkembangan energi surya terus dikembangkan mengingat energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi memenuhi kebutuhan energi masa depan.

## Pemanfaatan Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Dalam pemanfaatannya, terdapat beberapa cara pemanfaatan energi surya yaitu:

1. Penerangan.
2. Pengeringan hasil pertanian.
3. Distilasi air kotor.
4. Pemanasan air.
5. Pembangkit Listrik.

## Kolektor Surya

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai media pengumpul panas memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang

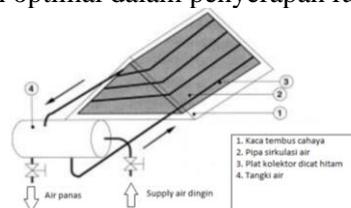
bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi.

Kolektor surya yang pada umumnya memiliki komponen-komponen utama, yaitu (Duffie dan Beckman, 1991):

1. *Cover* berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi menuju lingkungan.
2. Absorber berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
3. Kanal berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja .
4. Isolator berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan.
5. *Frame* berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor

## Kolektor Surya Prismatik

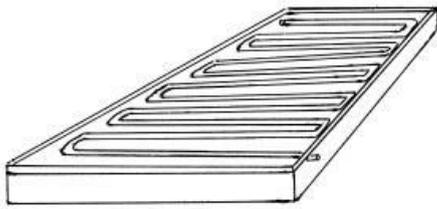
Kolektor surya tipe prismatik adalah kolektor surya yang dapat menerima energi radiasi dari segala posisi matahari kolektor jenis ini juga dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari empat bidang yang berbentuk prisma, dua bidang berbentuk segitiga sama kaki dan dua bidang berbentuk segi empat siku – siku. sehingga dapat lebih optimal dalam penyerapan radiasi.



Gambar 1: Kolektor Surya Prismatik (Kristanto, 2000)

## Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya tipe plat datar adalah tipe kolektor surya yang menggunakan plat datar pada pengoperasiannya. Kolektor plat datar dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana. Dalam aplikasinya kolektor plat datar banyak digunakan untuk memanaskan udara dan air. Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya plat datar adalah kolektor dapat menerima radiasi matahari melalui sorotan langsung, desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya pembuatan yang murah.

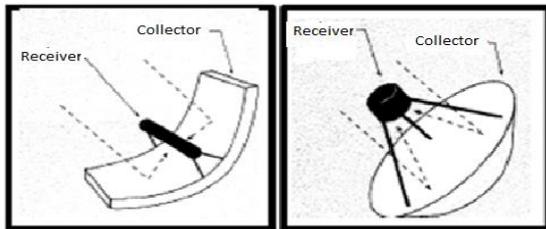


Gambar 2 Kolektor Surya Tipe Plat Datar (Kristanto, 2000)

**Concentrating Collectors**

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur antara 100° – 400°C. Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi

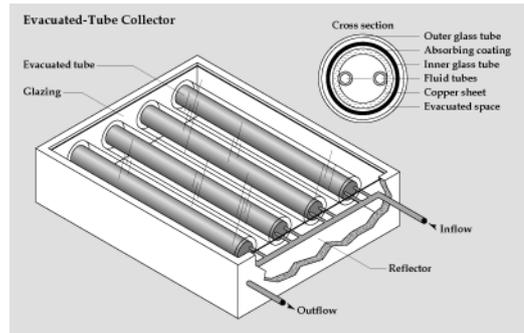
cahaya matahari pada suatu receiver, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh absorber. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *Line Focus Collector* dan *Point Focus Collector*



Gambar 3 Concentrating Collectors (Gurning, 2010)

**Evacuated Collectors**

Jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kolektor surya sebelumnya. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan fluida yang terjebak diantara absorber dan cover-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan.



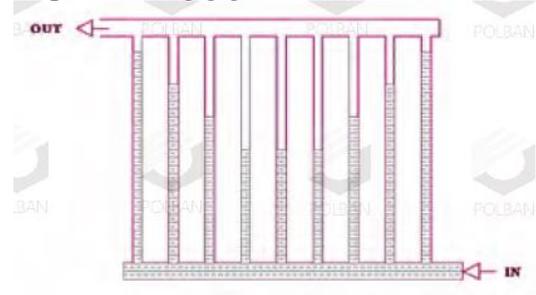
Gambar 4 Evacuated Collectors (Gurning, 2010)

**Pipa Fluida**

Terdapat dua jenis rangkaian pipa yang biasa dikenal dalam pemanfaatan kolektor surya.

**Pipa Paralel**

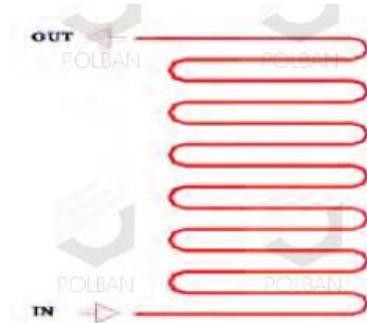
Pipa paralel adalah desain pipa fluida yang paling umum dan sering digunakan pada pemanas air tenaga surya, pada rangkaian pipa paralel, fluida akan melewati jajaran paralel pipa yang dipasang vertikal. Pada proses instalasinya, yang perlu diperhatikan adalah dibagian T setiap pipa vertikal.



Gambar 5 Rangkaian Pipa Paralel (Dharmawan, 2012)

**Pipa Seri Berkelok (Serpentine)**

Pada pipa fluida seri, memiliki satu aliran fluida pada pipa panjang yang dibentuk berkelok. Yang harus diperhatikan pada instalasinya adalah pada tiap belokan pipa, karena satu kerusakan pada bagian pipa, dapat mempengaruhi aliran fluida secara keseluruhan



Gambar 6 Rangkaian Pipa Seri Berkelok (Dharmawan, 2012)

### Energi Yang Diserap Kolektor

Laju energi panas yang masuk pada kolektor termal energi surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diserap kolektor surya plat datar dan luas permukaan kolektor surya plat datar ( $m^2$ ), dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Duffie dan Beckman, 1991):

$$\dot{Q}_{in} = A_p I_t \quad (4)$$

Dimana:

$\dot{Q}_{in}$  = Kalor yang diserap kolektor (W)

$A_p$  = Luas penampang kolektor ( $m^2$ )

$I_t$  = Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

### Energi Berguna Kolektor

Energi panas yang dimanfaatkan dari kolektor surya dapat dinyatakan dalam persamaan (Duffie dan Beckman, 1991):

$$\dot{Q}_u = \dot{m} c_p \Delta T \quad (5)$$

Dimana:

$\dot{Q}_u$  = Kalor yang digunakan (W)

$\dot{m}$  = Laju alir massa (kg/s)

$c_p$  = Kalor jenis fluida ( $J/kg^\circ C$ )

$\Delta T$  = Perubahan suhu ( $^\circ C$ ).

### Efisiensi Kolektor Surya

Definisi dari efisiensi kolektor surya adalah perbandingan antara energi yang digunakan dengan jumlah energi surya yang diserap pada waktu tertentu. Parameter-parameter yang menentukan efisiensi termal adalah jumlah intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ ), luas permukaan kolektor surya ( $m^2$ ) dan yang terakhir adalah  $Q_u$  yaitu energi yang berguna dengan satuan (Watt), dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$\eta_{Kolektor\ Surya} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_{in}} \quad (6)$$

$$\eta_{Kolektor\ Surya} = \frac{\dot{m} c_p \Delta T}{A_p I_t} \quad (7)$$

Dimana:

$\dot{Q}_u$  = Kalor yang dibutuhkan (W)

$\dot{m}$  = Laju alir massa (kg/s)

$c_p$  = Kalor jenis fluida ( $J/kg^\circ C$ )

$\Delta T$  = Perubahan suhu ( $^\circ C$ ).

$\dot{Q}_{in}$  = Kalor yang diserap kolektor (W)

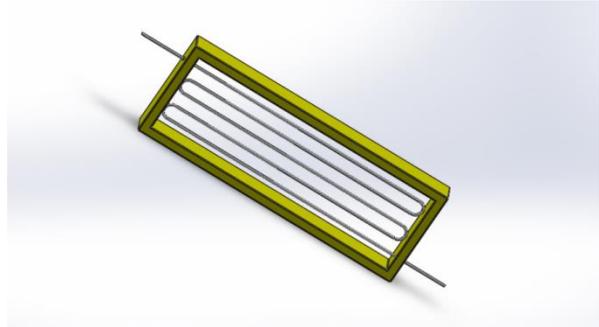
$A_p$  = Luas penampang kolektor ( $m^2$ )

$I_t$  = Jumlah intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

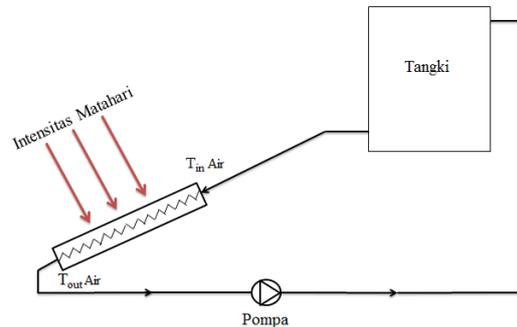
### Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dari penelitian ini adalah metoda eksperimental dengan membuat perangkat uji yang dibutuhkan dari pengujian ini. Pengambilan data yang diperlukan kemudian dilakukan perhitungan, dari hasil perhitungan dibuat dalam bentuk grafik dan tabel kemudian dianalisa dan akhirnya didapat suatu kesimpulan.

### Skematik Alat Uji



Gambar 7 Gambar Desain Pemanas Air Tenaga Surya



Gambar 8 Skema Instalasi Pemanas Air Tenaga Surya

Prosedur pengujian dengan koil kipas pendingin

### Spesifikasi Alat Uji

Pada pengujian kali ini, diperlukan beberapa macam alat uji untuk memperoleh data yang diperlukan, yaitu berupa:

1. Kolektor Surya : Pada pengujian ini, diperlukan kolektor surya tipe plat datar berbahan seng.
2. Tube : Rangkaian tube digunakan sebagai media yang akan dialiri air. Tube yang digunakan berbahan PVC dengan ukuran diameter 3/4".

3. Pompa Air : Pompa air diperlukan untuk mengalirkan air dari rangkaian pipa PVC ke dalam tangki.
4. Termometer : Digunakan untuk mengetahui temperatur awal dan akhir air setelah melewati pipa dalam kolektor surya.
5. Solarmeter : Digunakan untuk mengetahui intensitas matahari, Sensor pada solarmeter akan diletakkan disebelah kolektor surya.
6. Tangki : Tangki pada pengujian ini berfungsi untuk menampung air yang bakal dialiriI rangkaian pipa.

**Prosedur Pengujian**

1. Pengambilan data uji Pemanas Air Tenaga Surya dengan variasi sudut kemiringan.
  - 1) Siapkan alat uji dan perlengkapan lain.
  - 2) Letakkan pemanas air pada tempat yang mendapat intensitas matahari secara langsung. Dan atur kemiringan 15 derajat pada kolektor
  - 3) Siapkan dan isi tangki dengan air
  - 4) Ukur temperatur awal air, lalu ukur temperatur awal kolektor bagian dalam dan luar.
  - 5) Pasang dan hidupkan pompa air untuk mengalirkan air ke tangki.
  - 6) Panaskan pemanas air tenaga surya pada jam yang ditentukan, yaitu jam 10.00-14.00 WIB.
  - 7) Ukur temperatur akhir air dan plat bagian dalam serta luar kolektor tiap setengah jam sekali.
  - 8) Ulangi prosedur pengambilan data tersebut pada variasi sudut berbeda.

**Hasil Dan Pembahasan**

**Hasil Pengujian**

Hasil pengujian ini didapat dari percobaan yang telah dilakukan pada rancangan pemanas air tenaga surya dengan variasi sudut kemiringan 15, 30 dan 45 derajat. Pada tiap variasi kemiringan, dilakukan pengujian sebanyak lima kali.

**Data Hasil Pengujian**

**Tabel 1** Tabel Pengambilan Data Pada Pemanas Air Tenaga Surya (Dengan Sudut Kemiringan 15 Derajat Pada Pengujian Pertama)

Waktu	$I_t$ (W/m <sup>2</sup> )	Air		Plat Bagian Dalam (°C)	Plat Bagian Luar (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)
		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)			
10.30	531,6	29	36	45,2	62,1	
11.00	751,1	33	39	46,4	63,6	
11.30	824,7	37	41	44,5	52,4	
12.00	572,4	39	43	40,7	50,2	0,0264
12.30	736,8	40	43	48,4	61,4	
13.00	714,9	41	45	47	54,9	
13.30	776,2	43	46	46,6	58,9	
14.00	483,2	43	45	43,1	55,9	

**Tabel 2** Tabel Pengambilan Data Pada Pemanas Air Tenaga Surya (Dengan Sudut Kemiringan 30 Derajat Pada Pengujian Pertama)

Waktu	$I_t$ (W/m <sup>2</sup> )	Air		Plat Bagian Dalam (°C)	Plat Bagian Luar (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)
		T <sub>in</sub> (°C)	T <sub>out</sub> (°C)			
10.30	815,0	26	33	41,2	51,1	
11.00	775,7	32	38	48,3	62,8	
11.30	870,3	37	40	49,9	64,9	
12.00	866,5	39	43	51,3	56,0	0,0264
12.30	656,2	42	44	55,2	56,5	
13.00	423,2	42	44	46,4	54,0	
13.30	323,5	41	43	41,7	47,5	
14.00	261,8	40	42	41,6	42,9	

**Tabel 3** Tabel Pengambilan Data Pada Pemanas Air Tenaga Surya (Dengan Sudut Kemiringan 45 Derajat Pengujian Pertama)

Waktu	$I_t$ (W/m <sup>2</sup> )	Air		Plat Bagian Dalam (°C)	Plat Bagian Luar (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)
		$T_{in}$ (°C)	$T_{out}$ (°C)			
10.30	318,2	28	29	32	37,2	0,0264
11.00	192,6	29	31	35,9	42,9	
11.30	291,3	31	33	36,4	43,6	
12.00	431,9	32	35	39,3	49,9	
12.30	284,3	34	36	36,4	43,3	
13.00	451,4	34	37	38,3	45,4	
13.30	643,4	35	38	42,9	50,5	
14.00	472,2	37	39	39,8	44,1	

Data hasil pengujian yang telah didapat selanjutnya akan dilakukan analisis perhitungan mengenai efisiensi dari kolektor surya dengan variasi sudut 15 derajat

**Pada Variasi Sudut 15 Derajat**

Data hasil pengujian yang telah didapat selanjutnya akan dilakukan analisis perhitungan mengenai efisiensi dari kolektor surya dengan variasi sudut 15 derajat

Luas Penampang Kolektor ( $A_p$ )  
 $A_p = 1,2 \text{ (m)} \cdot 0,88 \text{ (m)}$   
 $A_p = 1,056 \text{ m}^2$

- 1) Energi masuk kolektor  
 Panjang kolektor : 1,2 m  
 Lebar kolektor : 0,88m  
 $I_t$  (Intensitas Matahari) : 318,2 (W/m<sup>2</sup>)

$$\dot{Q}_{in} = A_p I_t$$

$$\dot{Q}_{in} = 1,2 \text{ (m)} \cdot 0,88 \text{ (m}^2) \cdot 513,6 \text{ (W/m}^2)$$

$$\dot{Q}_{in} = 1,056 \text{ (m}^2) \cdot 513,6 \text{ (W/m}^2)$$

$$\dot{Q}_{in} = 561,37 \text{ W}$$

Laju massa air

$$\dot{m} = V_{air} \rho$$

$$\dot{m} = 0,0000264 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 999,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,02639 \text{ kg/s}$$

- 2) Energi berguna bagi kolektor

$$\dot{Q}_u = \dot{m} c_p \Delta T$$

$$\dot{Q}_u = 0,02639 \text{ kg/s} \cdot 4,1786 \text{ kJ/kg K} \cdot (306-302) \text{ K}$$

$$\dot{Q}_u = 0,441273254 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{Q}_u = 0,441273254 \text{ KW}$$

$$\dot{Q}_u = 441,2 \text{ W}$$

Nilai  $c_p$ , didapatkan dari dari TABLE A-9 "Properties of saturated water" APPENDIX 1

3) Efisiensi Kolektor Surya

$$\eta_{Kolektor\ Surya} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_{in}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Kolektor\ Surya} = \frac{441,2 \text{ W}}{561,37 \text{ W}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Kolektor\ Surya} = 78,592 \%$$

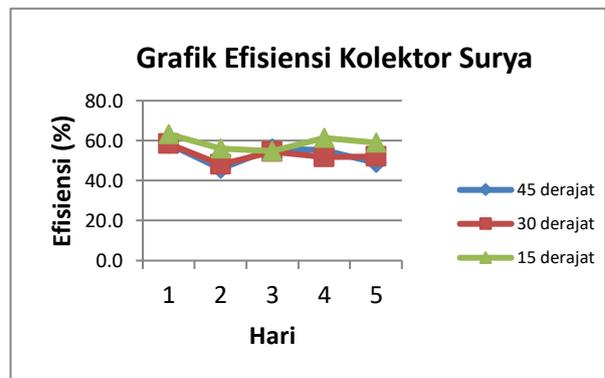
**Analisa Dan Pembahasan**

Analisa dan pembahasan antara lain mengenai hasil analisis data yang menunjukkan perbandingan variasi sudut pada kolektor surya dijelaskan dalam bentuk angka, tabel hasil, maupun grafik.

**Grafik Efisiensi Kolektor Surya**

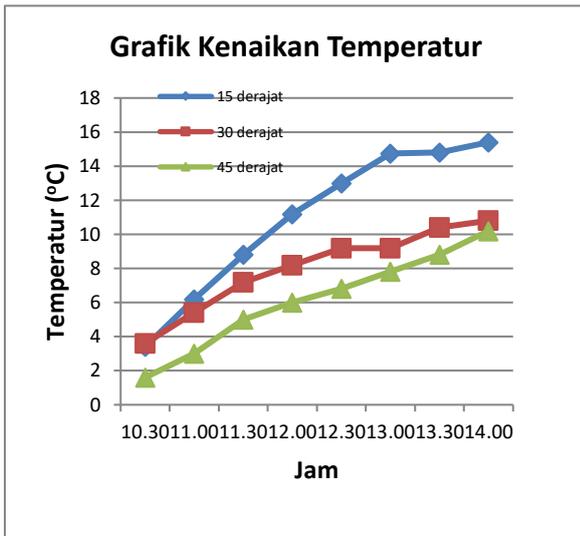
**Tabel 4** Tabel Efisiensi Rata-rata Kolektor Surya Selama 5 Hari

Hari	45 derajat	30 derajat	15 derajat
1	58,395	58,456	63,253
2	45,900	48,079	55,943
3	56,043	54,351	54,774
4	55,271	51,840	61,436
5	48,818	52,040	58,858
Rata-rata	52,885	52,953	58,8532



**Gambar 9.** Grafik Efisiensi Rata-Rata Kolektor Surya

Dari gambar grafik efisiensi rata-rata kolektor surya diatas dapat kita lihat bahwa dari ketiga variasi sudut tersebut rata-rata efisiensi tertinggi terdapat pada variasi kolektor surya dengan sudut kemiringan 15 derajat, pada kemiringan 15 derajat efisiensi tertinggi yang dapat dicapai kolektor surya adalah mencapai 63,253 % dengan rata-rata efisiensi selama 5 hari yaitu 58,853 %. Setelah itu efisiensi tertinggi kedua terdapat pada kemiringan sudut 30 derajat dengan rata-rata 52,953 % dan yang terakhir 45 derajat dengan rata-rata 52,885 %.



**Gambar 10** Grafik Kenaikan Temperatur Air

Melalui pengujian yang dilakukan terhadap kolektor surya selama 5 hari pada tiap derajat kemiringan, maka dapat kita lihat bahwa pada kemiringan 15 derajat, dapat menghasilkan kenaikan beda temperatur yang jauh lebih baik dibanding dua kemiringan yang lain. Pada kemiringan 15 derajat, kolektor surya dapat menghasilkan kenaikan temperatur maksimal hingga 15,4 °C dari temperatur awal air. Sedangkan pada kemiringan 30 derajat dan 45 derajat, beda temperatur maksimal air yang dapat dihasilkan adalah senilai 10,8 °C dan 10,2 °C.

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan, pada pengujian kolektor surya dengan variasi sudut kemiringan 15, 30 dan 45 derajat, efisiensi tertinggi kolektor surya didapat pada variasi kemiringan kolektor surya 15 derajat, dengan efisiensi rata-rata selama 5 hari senilai 58,853% dan menghasilkan temperatur air tertinggi senilai 50°C.

### Referensi

- [1] Anggraini, E., 2001. "Pengaruh Jarak Kaca ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar". Universitas Kristen Petra-Surabaya.
- [2] Astawa, K., 2011. Analisis Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Untuk Pemanas Air Dengan Sumber Energi Matahari. Bali: Jurnal Dinamis.
- [3] Cengel, Yunus A. 2007. "Heat transfer", McGraw-Hill, New York.
- [4] Burhanuddin, A., 2006. Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Jarak Kaca Penutup Dan Sudut Kemiringan Kolektor. Universitas Sebelas Maret.
- [5] Duffie, J.A., Beckmen, W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*. New York: John Willey and Sons, Inc. 1991.
- [6] Gurning, T., 2002. Kajian Eksperimental Pengaruh Intensitas Cahaya Dan Laju Aliran Terhadap Efisiensi Termal Dengan Menggunakan *Solar Energy Demonstration Type LS-17055-2 Double Spot Light*. Universitas Sumatera Utara.
- [7] Jansen, T., J., alih bahasa oleh Wiranto Arismunandar, (1995), Teknologi Rekayasa Surya, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [8] Yani, E., 2011. Penghitungan Efisiensi Kolektor Surya Pada Pengering Surya Tipe Aktif Tidak Langsung Pada Laboratorium Surya ITB. 2009 Bandung: Jurnal Dinamis, 31 (2).
- [9] Dharmawan, W., 2012. Pembuatan Dan Pengujian Kolektor Surya Plat Datar Pipa Paralel Dengan Isolasi Ijuk . Politeknik Negri Bandung.