Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

PENGUJIAN SEBUAH KOMPOR SURYA TIPE KOTAK YANG DILENGKAPI *ABSORBER* MIRING DENGAN MODIFIKASI PENAMBAHAN SEKAT PADA BIDANG MIRING

Zulvia C. N. Ginting[1], Tekad Sitepu[2], Himsar Ambarita[3], Tulus B. Sitorus[4], Zulkifli Lubis[5]
[1,2,3,4,5]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jalan Almamater, Medan 20155
Email: ginting_strong@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kompor surya tipe kotak yang dilengkapi dengan *absorber* miring merupakan sebauh desain baru yang pemakaiannya diharapkan menjadi lebih efektif dan efisien dalam memasak dan memanaskan. *Absorber* miring tersebut akan manangkap dan kemudian menyalurkan panas ke ruang masak secara konveksi alamiah. Kemudian dengan penambahan sekat pembatas pada bidang miring tersebut diharapkan sirkulasi penyaluran udara panas menuju ruang masak akan semakin baik. Ruang masak terdiri dari kaca *double glass* sebagai pintu penutup, plat aluminium dibagian dinding dalam dan alas sebagai absorber panas, serta dinding isolasi yang terdiri dari lapisan *rockwool, styrofoam* dan kayu. Komponen pada bidang miring sama halnya dengan bidang datar, hanya saja dibagian tegah bidang miring dipasangkan sekat pembatas berupa plat aluminium untuk menyempurnakan sirkulasi udara panas menuju ruang masak. Pengujian kompor surya dengan penambahan sekat pada bidang miring dilakukan selama 8 jam mulai pukul 09:00 – 17:00 WIB pada kondisi cuaca cerah dengan bahan uji yang dimasak adalah air (H_2O). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui temperatur maksimum yang dapat dicapai kompor surya dalam memanaskan air, jumlah energi panas yang mampu diserap dan digunakan, serta mengetahui nilai efisiensi maksimumnya. Dengan luas *absorber* rata dan sekat pembatas 0,59 m x 0,59 m dan 0,70 m x 0,59 m, kompor surya ini mampu memanaskan air hingga mencapai temperatur 89,90 ^oC, dan menyerap energi panas sebesar 9,489 MJ/ hari, serta mampu menggunakan energi panas tersebut sebesar 7,238 MJ/ hari. Sehingga didapat nilai efisiensi tertinggi dalam pengujian ini adalah 14,07 %.

Kata kunci : kompor surya, konveksi alamiah, sekat absorber miring

1. PENDAHULUAN

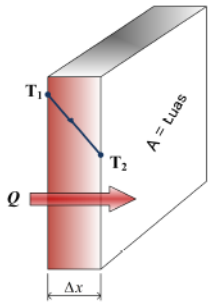
Di negara berkembang, konsumsi energi terbesar adalah untuk keperluan memasak. Sebagian besar penggunaan energi untuk memasak berasal dari bahan bakar *fossil*. Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang kurang ramah lingkungan dan dapat mengakibatkan krisis energi, permasalahan lingkungan, dan permasalahan ekonomi. Oleh karena itu, diperlukanlah suatu inovasi teknologi dimana menggunakan tenaga yang dapat diperbaharui yang salah satunya adalah penggunanan alat yang menggunakan energi matahari untuk keperluan memasak atau memanaskan, yang sering disebut sebagai kompor surya (*solar cooker).* Dalam pemakaiaanya, kompor surya tergantung pada intensitas panas matahari. Sehingga sangat cocok dan memungkinkan bila digunakan pada daerah tropis seperti di Indonesia, di mana matahari dapat bersinar sepanjang tahun. Dalam perancangan dan penggunaannya, kompor surya tipe kotak yang dilengkapi dengan sebuah *absorber* miring, tentu sangat dipengaruhi oleh baik tidaknya sirkulasi udara panas pada *absorber* miring untuk di distribusikan ke ruang masak. Hal ini merupakan sebuah daya tarik penulis untuk melakukan pengujian memasak dengan memodifikasi *absorber* miring dari kompor surya tersebut. Dengan penambahan sekat pembatas pada *absorber* miringnya, diharapkan sirkulasi udara panas yang di distribusikan akan lebih baik.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Perpindahan Panas

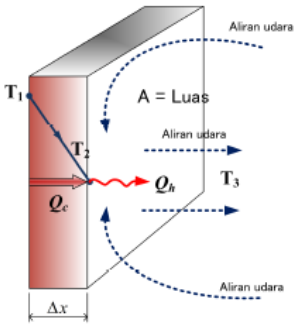
Dalam kehidupan sehari-hari dikenal 3 jenis perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang memiliki energi lebih besar ke substansi dengan energi yang lebih rendah dan sebagai hasilnya terjadi interaksi antara partikel.



Gambar 1 konduksi

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dX} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

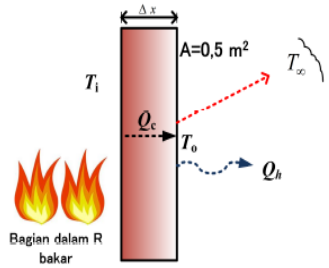
Konveksi adalah bentuk dari transfer energi diantara permukaan padat dan fluida yang bergerak serta terkandung efek kombinasi konduksi dan fluida bergerak.



Gambar 2 konveksi

$$q = h.A.\Delta T \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui media perantara (padat dan fluida).



Gambar 3 radiasi

$$q_{rad} = \varepsilon A \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4) \ldots\ldots (3)$$

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

2.2 Radiasi Surya

Radiasi adalah proses perpindahan panas tampa melalui media. Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian akan dipantulkan (refleksi) , sebagian lagi akan diserap (absorbsi) dan sebagian lagi akan diteruskan (transmisi).

Radiasi yang sampai di lapisan thermosfer dilambangkan (G_{on}). Radiasi yang diteruskan ke permukaan bumi dilambangkan (G_{beam}). Radiasi akibat pemantulan dan pembiasan dilambangkan ($G_{diffuse}$).

Radiasi yang dapat ditangkap oleh luasan kolektor bidang datar adalah intensitas radiasi yang diperoleh dari alat ukur, dan dihitung permenit.

$Q = \sum I.A.\Delta t.\in$ ……. (4)

Sedangkan Radiasi yang dapat ditangkap oleh luasan kolektor bidang miring adalah intensitas radiasi yang diperoleh dari perhitungan yang dipengaruhi oleh posisi matahari yang berubah ubah sesuai sudut lintang, sudut kemiringan kolektor, sudut deklinasi matahari, sudut jam matahari, sudut zenit dan sudut azimut.

$Q = \sum I_T.A.\in$ ……. (5)

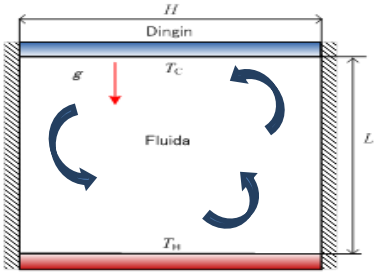
2.3 Konveksi Alamiah

Secara umum, pola aliran terbagi menjadi tiga jenis, yaitu aliran *laminar*, *transisi*, dan *turbulen*. Aliran laminar adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya masih tersusun rapi atau tidak acak, sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang molekul-molekul fluidanya acak atau radial. Aliran transisi merupakan pola aliran yang berada diantara aliran laminar dan turbulen. Persamaan yang digunakan untuk menghitung bilangan Reynold adalah sebagai berikut.

$$R_e = \frac{\rho U L}{\mu} \text{ …….} \quad (6)$$

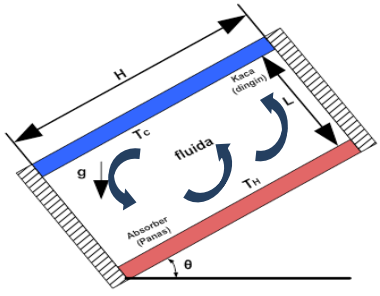
Konveksi alamiah dapat terjadi pada permukaan luar dan pada ruang tertutup. Konveksi alamiah yang terjadi pada permukaan luar horizontal misalnya pada permukaan kaca yang terpapar oleh sinar matahari, maka panas dari kaca ini akan hilang ke udara lingkungan.

Konveksi alamiah pada ruang tertutup dapat terjadi pada bidang datar ataupun bidang miring. Untuk ruang tertutup yang berupa bidang datar dengan posisi dinding panas dibagian bawah, maka akan terjadi aliran fluida di dalam ruang tersebut. Pola aliran yang terjadi di dalam ruang akan sangat bervariasi dan sangat tergantung pada bilangan Rayleigh nya. Pola aliran yang terjadi tetap memutar, tetapi ada kemungkinan sumbu putaran lebih dari satu.



Gambar 4 ruang tertutup datar

Untuk ruang tertutup yang berupa bidang miring prinsipsnya sama dengan bidang datar yang dimiringkan dengan sudut tertentu. Pada solar kolektor plat datar, hal ini dilakukan untuk dapat menangkap lebih banyak sinar matahari.



Gambar 5 ruang tertutup miring

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

2.4 Kompor Surya

Orang yang pertama mengetahui Kompor surya adalah Horase de Saussure, seorang naturalis Swiss. Dia memasak buah-buahan dalam kompor surya tipe kotak yang dapat mencapai suhu 190°F. Kemudian orang menganggapnya sebagai kakek dari kompor surya.

Bagian-bagian utama kompor surya antara lain adalah sebagai berikut :

Boosted Mirror merupakan desain dari beberapa tipe kaca dengan sudut tertentu untuk mengoptimasasikan pantulan cahaya pada kompor surya. *Boosted mirror* digunakan pada kompor surya tipe *box*.

Glazing Material termasuk diantaranya kaca, *acrelic*,*fiberglass* dan material lainnya. Walaupun setiap material itu digunakan dalam beberapa aplikasi khusus, pengunaan kaca ini sudah terbukti digunakan di macam-macam aplikasi.

Cooking Vessel merupakan wadah memasak yang biasanya terbuat dari aluminium yang digunakan untuk memasak di dalam SBC (*Solar Box Collector*).

Absorber tray dari *box cooker* adalah FPC (*Flat Plate Collector*) sederhana. Ketika radiasi *solar* datang dan melewati kaca dan menuju ke permukaan absorber yang memiliki absorptivity yang tinggi, energi yang besar di serap oleh baki ini dan di transfer ke makanan yang akan dimasak dan ditempatkan dalam *vessel* masak.

Isolasi adalah komponen penting dalam hal untuk menyimpan energi panas. Untuk mencegah transmisi energi panas dari dalam *box* keluar *box* diperlukan suatu isolasi. Isolasi berperan penuh dalam hal untuk menjaga suhu didalam *box* tetap konstan.

3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dialkukan pada bulan Mei s/d Juni 2014 di lantai IV gedung megister teknik mesin USU yang terletak pada koordinat 3,43^{o} LU dan 98,44^{o} BT.

3.2 Peralatan Pengujian

Adapun beberapa peralatan pengujian yang digunakan adalah :

1. Laptop

   Digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang telah didapatkan dari Hobo Microstation data logger dan Agilient 34972 A

2. Agilient 34972 A

   Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur kaca, air, plat aluminium, dan temperatur lainnya yang mendukung. dihubungkan dengan *thermocouple* yang dipasang pada titik-titik yang akan diukur temperaturnya, kemudian hasilnya disimpan ke dalam alat ini.

3. Hobo Microstation data logger

   Alat ini di hubungkan ke data logger untuk kemudian dihubungkan ke komputer untuk di olah datanya. Terdapat beberapa alat ukur pada Hobo Microstation data logger yaitu untuk mengukur kecepatan angina, temperatur udara lingkungan, kelembaman dan radiasi matahari.

4. Kompor Surya tipe kotak yang

   Dilengkapi sebuah absorber miring. Adapun prinsip kerja dari kompor surya ini yakni seperti konsep peristiwa efek rumah kaca dan aliran konveksi alamiah pada bidang datar dan bidang miring.

5. Sekat Pembatas

   Sekat pembatas ini di tempatkan pada bagian tengah bidang miring dari kompor surya tersebut. Sekat pembatas ini berfungsi untuk mengatur sirkulasi udara panas yang mengalir pada absorber miring menuju ke ruang masak.

6. Panci Masak

   Panci ini digunakan sebagai wadah untuk memasak air

7. Gelas ukur

   Gelas ukur ini digunakan untuk mengukur volume air sebelum dan sesudah dimasak.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

3.3 Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan untuk pengujian ini adalah Air (H_2O). Air adalah zat cair yang memiliki rumus kimia H_2O yang bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan pada temperatur 273,15 K (0 ^oC).

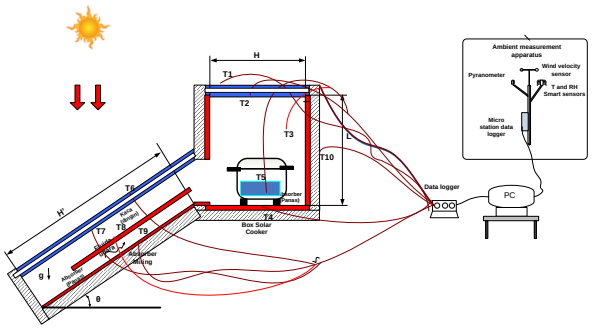
3.4 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dipersiapkan kompor surya beserta panci yang berisi air dengan berat tertentu pada jam pengujian yaitu pukul 09:00 WIB
2. Parameter-parameter yang akan diukur dihubungkan ke data logger dan komputer
3. Agilient kemudian dihidupkan dan termokopel dihubungkan ke agilient dengan ujung termokopel yang lain dihubungkan ke bagian kompor surya
4. Kemudian *flash disk* dihubungkan ke agilient untuk merekam data dari termokopel selama pengujian
5. Lakukan pengujian sampai sekitar pukul 17.00 WIB (tergantung kondisi cuaca), kemudian *flash disk* dicabut dari agilient dan datanya dilihat dikomputer untuk di analisis
6. Selesai

3.5 *Experimental Set Up*

Berikut gambar skets penempatan titik-titik pengukuran dalam pengujian.



Gambar 6 *Experimental Set Up*

- 1 termokopel ditempatkan pada kaca luar bidang datar (T1)
- 1 termokopel ditempatkan pada kaca dalam bidang datar (T2)
- 1 termokopel ditempatkan pada ruang masak (T3)
- 1 termokopel ditempatkan pada plat absorber datar (T4)
- 1 termokopel ditempatkan pada air dalam panci (T5)
- 1 termokopel ditempatkan pada kaca luar bidang miring (T6)
- 1 termokopel ditempatkan pada kaca dalam bidang miring (T7)
- 1 termokopel ditempatkan pada permukaan sekat pembatas (T8)
- 1 termokopel ditempatkan pada plat absorber miring (T9)
- 1 termokopel ditempatkan pada permukaan dinding kayu (T10)

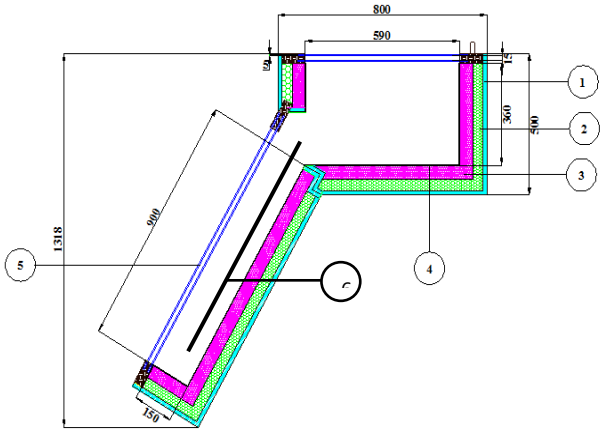
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Dimensi Kompor Surya

Berikut adalah gambar desain dan dimensi dari kompor surya yang dilengkapi dengan sebuah *absorber* miring dan sekat pembatas.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

]



Gambar 7 kompor surya

Keterangan gambar :

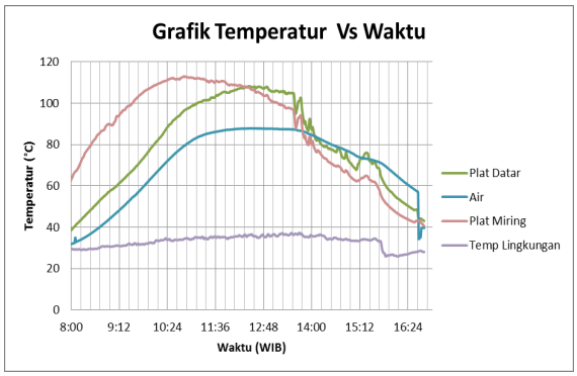
1) Dinding kayu (tebal 15 mm), K_{kayu} = 0,19 W/m. K
2) *Styrofoam* (tebal 40 mm), $K_{styrofoam}$= 0,036 W/m. K
3) *Rockwoll* (tebal 50 mm), $K_{rockwoll}$ = 0,042 W/m. K
4) Plat aluminium tipe A380 (tebal 2 mm), $K_{aluminium}$ = 237 W/m. K
5) Kaca *double glass* tipe plat (tebal 5 mm), K_{kaca} = 1,4 W/m. K
6) Sekat pembatas (tebal 3 mm)

4.2 Data Pengujian

1. Pengujian Pertama

Tabel 1 Data pengujian pertama kompor surya tanpa sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	12:26	108,23
2.	Plat Miring	10:49	112,94
3.	Air	12:40	87,83
4.	Lingkungan	13:41	37,23

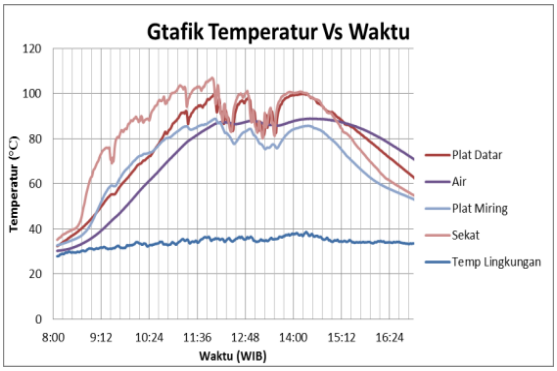


Gambar 8 grafik uji I tanpa sekat

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

Tabel 2 Data pengujian pertama kompor surya dengan sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	14:13	99,98
2.	Plat Miring	12:03	88,82
3.	Air	14:24	88,90
4.	Sekat	12:00	106,97
5.	Lingkungan	14:19	38,73

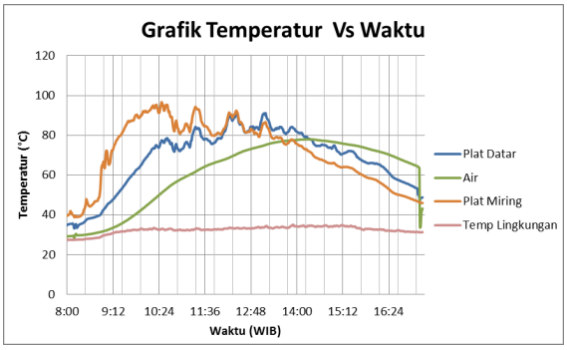


Gambar 9 grafik uji I dengan sekat

2. Pengujian kedua

Tabel 3 Data pengujian kedua kompor surya tanpa sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	13:11	91,15
2.	Plat Miring	10:28	96,65
3.	Air	14:20	77,97
4.	Lingkungan	13:54	35,05

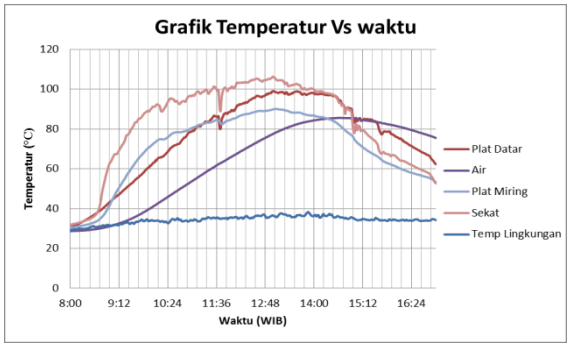


Gambar 10 grafik uji II tanpa sekat

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

Tabel 4 Data pengujian kedua kompor surya dengan sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	13:00	99,15
2.	Plat Miring	13:02	90,15
3.	Air	13:39	85,65
4.	Sekat	12:59	106,37
5.	Lingkungan	13:51	38,25

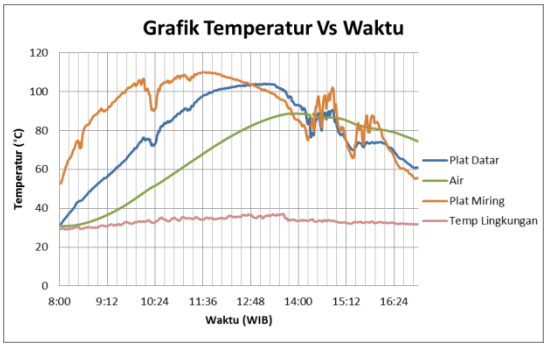


Gambar 11 grafik uji II dengan sekat

3. Pengujian Ketiga

Tabel 5 Data pengujian ketiga kompor surya tanpa sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	13:09	104,08
2.	Plat Miring	11:36	110,02
3.	Air	13:54	88,75
4.	Lingkungan	13:36	37,18

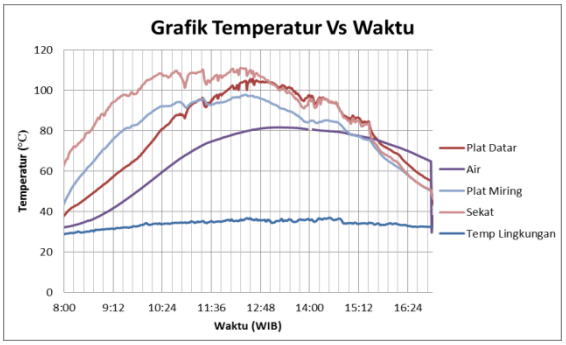


Gambar 12 grafik uji III tanpa sekat

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

Tabel 6 Data pengujian ketiga kompor surya dengan sekat.

No	Titik Pengukuran	Waktu (WIB)	Temperatur Max (°C)
1.	Plat Datar	12:36	105,65
2.	Plat Miring	12:27	97,80
3.	Air	13:14	81,68
4.	Sekat	12:19	111,05
5.	Lingkungan	14:30	36,96



Gambar 13 grafik uji III dengan sekat

4.3 Analisis Energi Panas

Energi panas yang diserap kolektor merupakan penjumlahan dari penyerapan kolektor bidang datar dan penyerapan kolektor bidang miring. Selama 8 jam pengujian per harinya, panas total yang diserap oleh kolektor dinyatakan dlm :

$$Q_{serap} = (\sum I.\ A.\ \in \Delta t\ )_{datar} + (\sum I_T.\ A.\ \in)_{miring}$$

Energi panas yang dilepas terdiri dari energi panas yang hilang melalui dinding, alas dan pintu kaca kompor surya.

$$Q_{lepas} = \sum \{U.A\ (Ta - T\infty)\}$$

Energi panas yang digunakan

$$Q_{pakai} = Q_{serap} - Q_{lepas}$$

Sehingga didapat,

Tabel 7 Perbandingan energi panas yang mampu digunakan kompor surya tanpa sekat dan dengan penambahan sekat.

No	Faktor Pembanding	Tanpa Sekat	Dengan Sekat
1.	Panas total yang diserap perhari		
	- Pengujian pertama	8,964 MJ	9,183 MJ
	- Pengujian kedua	8,624 MJ	9,489 MJ
	- Pengujian ketiga	9,437 MJ	9,377 MJ
2.	Panas total yang dilepas perhari	2,099 MJ	2,252 MJ
3.	Panas total yang digunakan perhari		
	- Pengujian pertama	6,865 MJ	6,928 MJ
	- Pengujian kedua	6,525 MJ	7,238 MJ
	- Pengujian ketiga	7,338 MJ	7,128 MJ

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Maret 2017 (ISSN: 0216-7492)

Tabel 8 Perbandingan nilai efisiensi kompor surya kompor surya tanpa sekat dan dengan penambahan sekat.

No	Faktor Pembanding	Efisiensi (%)
1.	Kompor surya tanpa sekat	
	- Pengujian pertama	8,45
	- Pengujian kedua	6,36
	- Pengujian ketiga	11,50
2.	Kompor surya dengan sekat	
	- Pengujian pertama	7,13
	- Pengujian kedua	11,85
	- Pengujian ketiga	14,07

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dan perhitungan penulis mendapatkan beberapa kesimpulan , yaitu sebagai berikut:

1. Temperatur maksimum yang dapat dicapai kompor surya tanpa sekat dalam pengujian memasak air adalah 88,75 °C, Sedangkan temperatur maksimum yang dapat dicapai kompor surya dengan penambahan sekat adalah 88,90 °C.
2. Total energi panas maksimum yang dapat diserap oleh kompor surya tanpa sekat adalah 9,437 MJ/ hari, dan yang dapat digunakan adalah sebesar 7,338 MJ/ hari, Sedangkan energi panas maksimum yang dapat diserap oleh kompor surya dengan penambahan sekat adalah 9,489 MJ/ hari, dan yang dapat digunakan adalah sebesar 7,238 MJ/ hari.
3. Nilai efisiensi tertinggi dalam pengujian memasak air menggunakan kompor surya tanpa sekat adalah 11,50 %, Sedangkan nilai efisiensi teritinggi dalam pengujian memasak air menggunakan kompor surya dengan penambahan sekat adalah 14,07 %.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ambarita, Himsar.2011. *Perpindahan Panas Konveksi dan Pengantar Alat Penukar Kalor*. Medan : Departemen Teknik Mesin FT USU.

[2] Duffle, A. John.2006. *Solar Engineering of Thermal Processes, Second Edition*. John Wiley & Sons Inc : New York

[3] Jansen, J. Ted. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Alih bahasa, Arismunandar, Wiranto. Cetakan Pertama. Jakarta: Pradnya Paramita

[4] Yunus A. Cengel. 2002. *HeatTransfer A Practical Approach, Second Edition*.Mc Graw-Hill, Book Company, Inc : Singapore

[5] Solar Cooker http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cooker (diakses tanggal 8 Maret 2014).