

ANALISA PERFORMANSI KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR DENGAN MEDIA PENYIMPAN PANAS PASIR UNTUK PEMANAS UDARA

Ketut Astawa, Si Putu Gede Gunawan Tista, I Wayan Hendra Saputra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana-Badung Bali

awatsa@yahoo.com

ABSTRAK

Energi dari sinar matahari dapat dimanfaatkan menggunakan kolektor surya, dimana radiasi panas dari matahari dikumpulkan dan diubah menjadi energi termal. Untuk mendapatkan performa kolektor yang tinggi dapat dilakukan dengan penambahan media penyimpan panas berupa padatan. Dalam padatan seperti pasir tentunya memiliki *energi internal*, jika suatu padatan menyerap panas maka *energi internal* yang tersimpan dalam padatan meningkat yang diindikasikan oleh kenaikan temperaturnya. Jadi perubahan energi pada atom-atom dan elektron-bebas menentukan sifat-sifat thermal padatan. Penelitian menggunakan sistem *solar energy* sederhana bertujuan mendapatkan profil transformasi energi cahaya dari matahari menjadi energi termal yang dapat diserap oleh bahan pasir.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menempatkan pasir sebagai media penyimpan panas di luar pipa-pipa aliran udara pada sebuah kolektor surya pelat datar. Udara akan dialirkkan melalui pipa-pipa yang terpasang pada bagian bawah dari pelat penyerap dengan bantuan sebuah Blower. Temperatur dan tekanan udara baik yang masuk atau keluar dari kolektor diukur untuk mengetahui terjadinya perubahan besaran temperatur.

Dengan penambahan media penyimpan panas akan mampu memanaskan fluida kerja sampai intensitas yang rendah, sehingga ketika intensitas rendah temperatur udara keluar kolektor tetap tinggi maka energi berguna dan efisiensi yang dihasilkan juga akan meningkat

Kata Kunci : Kolektor surya pelat datar, Media penyimpan panas pasir, Unjuk kerja kolektor

ABSTRACT

The energy of solar energy can be used for solar collector and the heat radiation from solar energy is collected and changed into thermal energy. To get high Performance collector can be done by adding the heat storage medium, such as solid (solidify). In solidify like a sand is of course has the internal energy, if a solidify absorb the heat, then the internal energy which is stored in the solidity will rise as indicated by the increase in temperature.. Therefore, the changing of the energy of atoms and free electrons can determine characteristics of thermal solidity. The research used the easy solar system energy in order to get transformation shine energy profil from the sun become thermal energy which can be absorbed of sand material.

The method is used in this research was by putting the sand as a heat storage medium outside the air conduits of a flat plate solar collector. The air will conduit through the conduits which is set on the underside of the absorbing plate with a blower. The temperature and the air pressure whether which enter or not from collector was measured to know the changing of the temperature.

By adding the heat storage media will be able to heat fluid until the low intensity, so when the intensity was low then the air temperature come out but the collector was still high. Therefore, the actual useful energy and the efficiency which was produced also will rise.

Keywords : Flat plate solar collector, The sand heat storage medium, Performance collector

1. PENDAHULUAN

Semakin kritisnya energi saat ini, memaksa umat manusia untuk kembali mencari sumber-sumber energi yang dapat diperbarui dengan pengetahuan dan teknologi yang kita miliki saat ini. Penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT), yang ketersediaannya melimpah akan sangat bermanfaat terutama untuk daerah terpencil. Hal ini juga akan mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi konvensional (minyak dan gas bumi), yang ketersediaannya dalam jangka panjang tidak dapat dipertahankan. EBT sebagai energi yang pada umumnya berasal dari sumber non-fosil, dapat diperbarui, tidak akan pernah habis dan ramah lingkungan. Sumber energi yang termasuk dalam kategori EBT antara lain adalah energi panas bumi, air/hidro, angin, biomasa, gelombang dan pasang surut, surya. Sejauh ini pemanfaatan EBT masih sangat kecil khususnya energi surya bila dibandingkan dengan pemanfaatan energi fosil.

Kolektor surya adalah sebuah alat yang mampu menyerap dan memindahkan panas dari energi surya ke fluida kerja. 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 ke fluida kerja yang bersirkulasi di dalam kolektor surya (ismanto 2009). Saat ini semakin banyak pemanfaatan dari kolektor surya sebagai alat pemanas udara maupun air. Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian diantaranya penelitian yang dilakukan oleh I Nyoman Arya Warsita (2011) yang berjudul Analisa performansi kolektor surya jenis turbular dengan menggunakan pasir sebagai media penyimpan panas, dimana dalam aplikasinya memiliki kelemahan terhadap posisi dan kemiringan kolektor surya. Pengembangan kolektor surya juga dilakukan oleh I Made Dhanu Wijaya (2009) yang meneliti jenis kolektor surya pelat datar bersirip dengan aliran fluida (udara) diatas pelat penyerap. Melihat dari penelitian yang dilakukan oleh I Nyoman Arya Warsita dan I Made Dhanu Wijaya perlu dilakukan pengembangan pada kolektor surya untuk mendapatkan hasil pemanas udara yang lebih maksimal. Pengembangan pada kolektor surya dapat dilakukan dengan memodifikasi pelat penyerap yaitu dengan cara menambahkan pasir di bawah pelat penyerap di luar dari pipa-pipa aliran udara. Fluida kerja mengalir dengan laju aliran massa tertentu di dalam pipa-pipa fluida yang juga berada di bawah pelat penyerap. Metode ini adalah memanfaatkan porositas yang dimiliki oleh pasir sebagai batuan yang sangat kecil.

Pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh dari penggunaan pasir sebagai media penyimpan panas terhadap unjuk kerja kolektor surya pelat datar untuk pemanas udara, sehingga nantinya kolektor surya ini diharapkan dapat menghasilkan panas yang lebih tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai pemanas udara yang selanjutnya dapat digunakan sebagai alat untuk pemanas lain yang memerlukan udara panas sebagai medianya.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Energi Dalam

Setiap material mengandung energi yang disebut energi internal (U). Besarnya energi ini tidak dapat diukur, yang dapat diukur hanyalah perubahannya. Energi ini tidak dapat diukur sebab materi harus bergerak dengan kecepatan sebesar kuadrat kecepatan cahaya sesuai persamaan Einstein ($E = mc^2$). Di alam, yang tercepat adalah cahaya. Perubahan energi internal ditentukan oleh keadaan akhir dan keadaan awal.

Dimana :

- ΔU = Perubahan Energi dalam (kJ)
 U_1 = Keadaan awal Energi Dalam (kJ)
 U_2 = Keadaan Akhir Energi Dalam (kJ)

Seperti gas ideal pada umumnya, panas spesifik dari zat *incompressible* tergantung pada suhu. Dengan demikian, perbedaan parsial dalam persamaan mendefinisikan c_v dan digantikan oleh perbedaan biasa, yang menghasilkan:

$$du = c_v dT = c(T) dT \dots \quad (2)$$

Dengan demikian persamaan energi dalam bisa ditulis menjadi :

Sebelum integrasi ini dapat dilakukan, variasi dari panas spesifik (c) dengan suhu harus diketahui. Untuk interval suhu yang rendah, nilai c pada suhu rata-rata yang digunakan dapat dianggap konstan, sehingga:

2.2 Efisiensi Kolektor Pemanas Udara Tenaga Matahari

Pengukuran performansi kolektor adalah efisiensi pengumpulannya (*collection efficiency*), yang didefinisikan sebagai rasio penambahan energi berguna (Q_u) selama periode waktu tertentu terhadap energi matahari yang menimpinya selama periode waktu yang sama. Untuk efisiensi aktual, η_a , dapat dihitung dengan persamaan:

Untuk perhitungan efisiensi aktual didasarkan pada energi berguna aktualnya, dapat dihitung dengan pendekatan persamaan:

Dimana :

$\theta_{u,a}$ = Energi berguna kolektor sebenarnya tiap satuan luas (W/m^2)

¹ See also, H. G. Knecht, "The Great War and the Decline of the British Empire," *Journal of Economic History*, 1937, pp. 1-16.

m = Laju aliran massa fluida (Kg/s)
 C = Panas ijonis fluida (J/K \circ K), nilai C diperoleh dari properties fluida

berdasarkan temperatur ($T_{film} = \frac{T_o + T_i}{2}$)

I = Intensitas radiasi matahari yang menimpas kolktor (W/m^2)

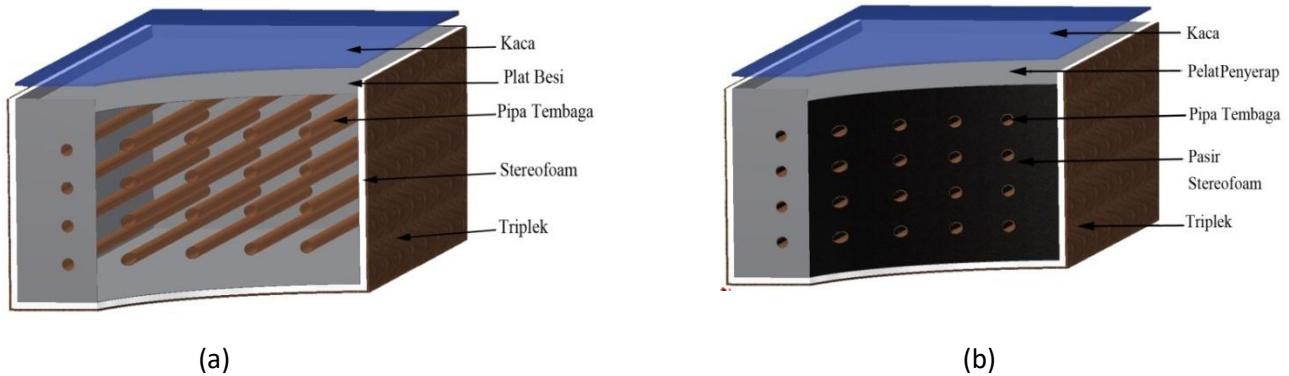
I_T = Intensitas radiasi matahari yang
 T = Temperatur fluida, misalkan (K)

T_i = Temperatur fluida masuk (K).
 T_f = Temperatur fluida keluar (K).

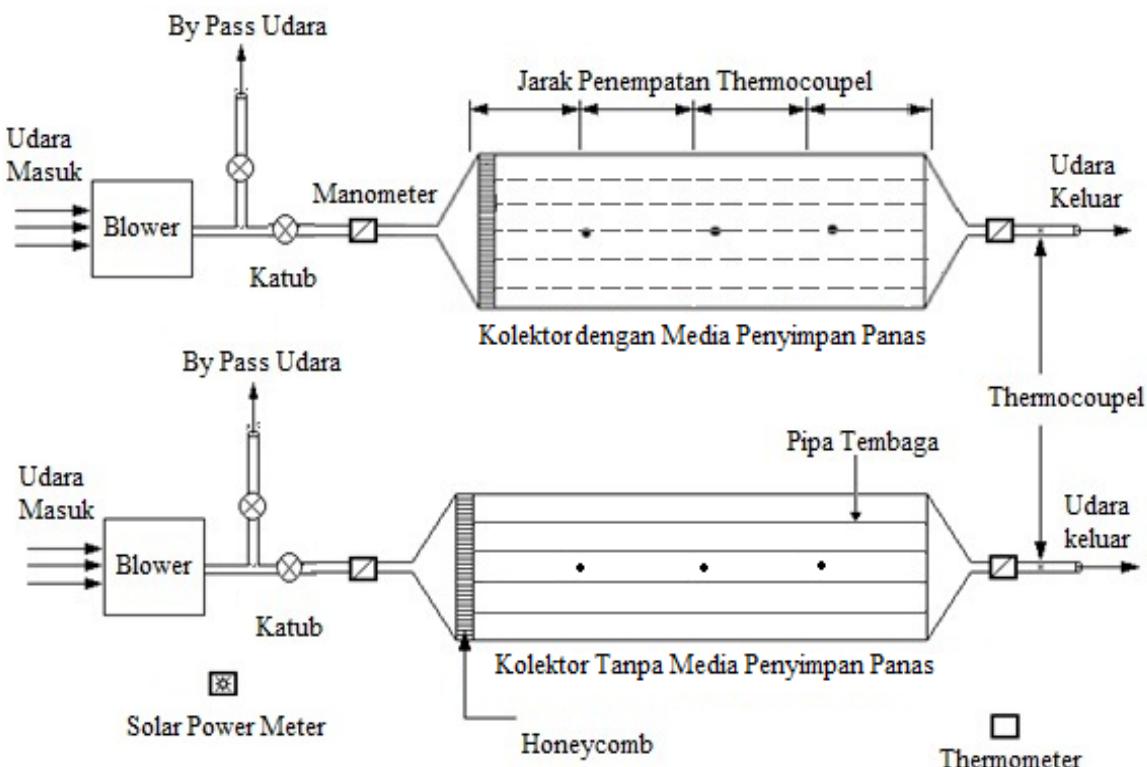
3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menguji sebuah kolektor surya pelat datar dengan menggunakan metode eksperimental dan dengan membandingkan dua rancangan yaitu kolektor surya tanpa penyimpan panas dan kolektor surya dengan penyimpan panas.



Gambar 1. Kontruksi kolektor surya pelat datar tanpa media penyimpan panas (a) dan dengan media penyimpan panas (b)



Gambar 2. Rancangan pengujian pengambilan data

3.2 Prosedur Pengujian

- Prosedur yang dilakukan selama pengujian adalah :
1. Pengujian dilakukan pada pukul 10.00 – 18.00 wita.
 2. Selang waktu pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali.
 3. *Blower* dijalankan untuk mengalirkan udara sebagai fluida kerja kedalam kolektor.

4. Atur katup untuk memperoleh laju aliran massa yang sama, dengan cara mengukur kecepatan udara untuk masing-masing kolektor. Dimana besarnya kecepatan akan ditunjukan oleh kenaikan fluida pada *manometer*.
5. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter terukur yaitu:
 - a.Temperatur udara luar, T_a
 - b.Temperatur kaca, T_c
 - c.Temperatur pelat penyerap, T_p
 - d.Temperatur pasir, T_b
 - e.Temperatur udara masuk kolektor, T_i
 - f.Temperatur udara keluar kolektor, T_o

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data seperti yang ditampilkan pada table di bawah:

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kolektor Tanpa Media Penyimpan Panas

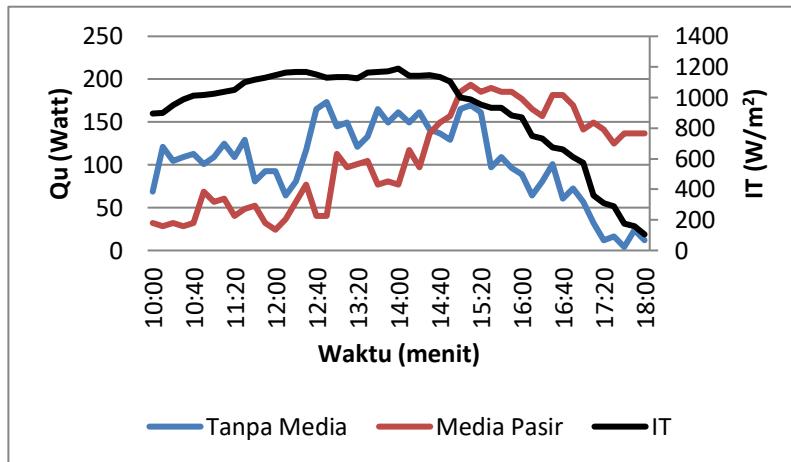
waktu (menit)	Ta (°C)	Ti (°C)	Distribusi Temperatur									Temperatur Rata-Rata						Tfilm (K)	cp (J/Kg.K)	Qu (Watt)	η (%)	IT (W/m ²)	Ket.						
			Tp (°C)			Tb(°C)			To (°C)			Ti (K)			To (K)			ΔT (K)			Tc (K)			Tp (K)					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10:10	33	39	63	65	64	79	82	79	65	68	65	48	48	48	312	321	9	337	353	339	316,5	1007,66	108,83	19,63	924	cerah			
10:20	33	37	63	63	65	77	87	80	63	68	58	48	48	48	310	321	11	337	354	336	315,5	1007,62	133,01	23,53	942	cerah			
10:30	34	37	62	61	64	78	88	81	64	69	58	48	49	49	310	322	11,7	335	355	337	315,8	1007,633	141,07	23,63	995	cerah			
10:40	34	39	62	61	65	80	88	84	65	70	60	49	49	49	312	322	10	336	357	338	317	1007,68	120,92	19,88	1014	cerah			
10:50	33	38	63	61	65	85	92	86	66	71	60	50	50	50	311	323	12	336	361	339	317	1007,68	145,11	23,87	1013	berawan			
11:00	33	39	63	63	66	84	94	87	67	73	61	50	50	51	312	323	11,3	337	361	340	317,7	1007,707	137,05	20,3	1125	cerah			
11:10	33	36	64	63	68	84	92	85	67	73	61	50	50	52	309	324	14,7	338	360	340	316,3	1007,653	177,35	25,91	1141	cerah			
11:20	35	35	65	64	68	88	93	86	67	73	62	51	50	51	308	324	15,7	339	362	340	315,8	1007,633	189,44	27,57	1145	cerah			
11:30	35	39	65	65	69	90	94	91	70	75	60	54	53	53	312	326	14,3	339	365	341	319,2	1007,767	173,34	25,23	1145	cerah			
11:40	35	37	63	63	67	86	90	84	68	77	62	52	53	53	310	326	15,7	337	360	342	317,8	1007,713	189,45	27,48	1149	cerah			
11:50	35	38	62	63	67	86	92	88	68	75	63	52	53	53	311	326	14,7	337	362	342	318,3	1007,733	177,36	25,53	1158	cerah			
12:00	35	39	68	68	72	88	97	92	71	77	64	53	54	54	312	327	14,7	342	365	344	319,3	1007,773	177,37	25,33	1167	cerah			
12:10	35	39	61	61	62	83	87	84	70	70	63	53	53	53	312	326	14	334	358	341	319	1007,76	169,3	24,45	1154	berawan			
12:20	35	38	65	63	67	89	92	87	70	78	62	53	53	54	311	326	15,3	338	362	343	318,7	1007,747	185,43	27,13	1139	berawan			
12:30	35	39	62	61	65	87	93	88	70	73	59	50	50	51	312	323	11,3	336	362	340	317,7	1007,707	137,05	19,93	1146	cerah			
12:40	36	38	65	66	67	86	92	87	70	70	57	50	49	50	311	323	11,7	339	361	339	316,8	1007,673	141,07	20,08	1171	cerah			
12:50	36	37	64	64	66	87	92	88	68	72	60	49	50	50	310	323	12,7	338	362	340	316,3	1007,653	153,16	21,91	1165	cerah			
13:00	36	39	63	61	64	84	89	88	66	72	62	51	51	52	312	324	12,3	336	360	340	318,2	1007,727	149,14	21,19	1173	cerah			
13:10	36	38	65	64	68	91	93	88	67	75	60	49	50	52	311	323	12,3	339	364	340	317,2	1007,687	149,14	21,06	1180	cerah			
13:20	36	39	67	65	68	91	91	90	69	75	61	52	50	51	312	324	12	340	364	341	318	1007,72	145,11	20,51	1179	berawan			
13:30	36	35	63	63	63	89	86	87	64	67	59	49	48	48	308	321	13,3	336	360	336	314,7	1007,587	161,21	22,66	1186	cerah			
13:40	35	38	62	62	63	87	89	86	64	71	58	49	48	49	311	322	10,7	335	360	337	316,3	1007,653	128,98	18,05	1191	cerah			
13:50	35	37	65	62	63	87	90	84	65	59	57	47	48	49	310	321	11	336	360	333	315,5	1007,62	133,01	18,49	1199	cerah			
14:00	35	35	61	61	60	88	89	85	65	71	58	49	48	49	308	322	13,7	334	360	338	314,8	1007,593	165,25	23,22	1186	berawan			
14:10	35	37	60	58	60	88	89	86	66	72	59	48	49	50	310	322	12	332	361	339	316	1007,64	145,1	22	1099	cerah			
14:20	35	35	54	54	52	85	82	85	64	69	57	47	47	48	308	320	12,3	326	357	336	314,2	1007,567	149,12	22,82	1089	cerah			
14:30	35	33	54	53	53	81	81	79	59	63	53	48	45	46	306	319	13,3	326	353	331	312,7	1007,507	161,2	25,54	1052	berawan			
14:40	35	32	53	52	51	79	82	80	56	61	51	43	45	45	305	317	12,3	325	353	329	311,2	1007,447	149,1	24,22	1026	cerah			
14:50	35	36	56	52	52	76	75	75	62	63	54	45	46	45	309	318	9,33	326	348	333	313,7	1007,547	112,85	18,79	1001	cerah			
15:00	35	34	52	50	51	74	75	69	57	62	50	44	45	45	307	318	10,7	324	346	329	312,3	1007,493	128,96	21,95	979	cerah			
15:10	35	34	51	50	51	73	69	68	56	59	50	43	44	43	307	316	9,33	324	343	328	311,7	1007,467	112,84	19,88	946	cerah			
15:20	34	34	48	48	44	69	68	66	53	57	47	40	45	43	307	316	8,67	320	341	325	311,3	1007,453	104,78	19,08	915	cerah			
15:30	34	32	48	47	46	68	67	64	54	56	47	41	44	44	305	316	11	320	339	325	310,5	1007,442	132,98	24,41	908	cerah			
15:40	34	35	47	47	46	68	68	64	53	57	48	42	46	45	308	317	9,33	320	340	326	312,7	1007,507	112,84	20,9	900	cerah			
15:50	34	35	46	46	46	64	65	63	54	54	48	42	45	43	308	316	8,33	319	337	325	312,2	1007,487	100,75	18,89	889	cerah			
16:00	34	37	47	45	45	64	63	61	50	53	47	42	43	43	310	316	5,67	319	336	323	312,8	1007,513	68,511	13,2	865	cerah			
16:10	33	34	42	42	43	57	56	56	49	50	46	40	41	42	307	314	7	315	329	321	310,5	1007,442	84,623	18,76	752	cerah			
16:20	33	36	43	41	42	56	54	56	48	51	45	40	40	40	309	313	4	315	328	321	311	1007,444	48,357	11,5	701	cerah			
16:30	33	33	39	39	35	53	53	47	48	41	39	38	36	36	306	312	5,67	312	326	318	308,8	1007,353	68,5	16,4	696	cerah			
16:40	33	33	38	38	35	52	52	49	45	45	39	36	36	37	306	309	3,33	311	324	316	307,7	1007,307	40,292	10,22	657	cerah			
16:50	33	33	36	37	38	52	52	49	43	44	39	35	36	36	306	309	2,67	310	324	315	307,3	1007,293	32,233	9,136	588	cerah			
17:00	33	30	36	36	37	49	48	44	40	59	36	35	34	35	303	308	4,67	309	320	318	305,3	1007,213	56,404	19,3	487	cerah			
17:10	33	32	37	35	35	45	46	43	40	39	36	34	34	34	305	307	2	309	318	311									

Tabel 2. Data Hasil pengujian Kolektor dengan Media Penyimpan Panas

waktu (menit)	Ta (°C)	Ti (°C)	Distribusi Temperatur									Temperatur Rata-Rata						Tfilm (K)	cp (J/Kg.K)	Qu (Watt)	η (%)	U (K)	IT (W/m ²)	Ket.			
			Tc (°C)			Tp (°C)			Tb(°C)			To (°C)			Ti (K)	To (K)	ΔT (K)	Tc (K)	Tp (K)	Tb (K)							
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	303	305	2	326	331	304							
10:10	33	30	51	51	56	58	57	59	30	31	31	32	32	32	303	305	2	326	331	304	304	1007,16	24,17	4,36	304	924	cerah
10:20	33	31	52	58	55	59	60	61	32	33	33	33	33	34	304	306	2	328	333	306	305,2	1007,21	28,20	4,99	306	942	cerah
10:30	34	31	55	58	55	62	60	63	32	33	31	33	33	34	304	306	2	329	335	305	305,2	1007,21	28,20	4,72	305	995	cerah
10:40	34	32	53	52	54	64	60	63	32	36	37	34	34	34	305	307	2	326	335	308	306	1007,24	24,17	3,97	308	1014	cerah
10:50	33	31	52	53	54	64	58	62	36	34	38	35	35	35	304	308	4	326	334	309	306	1007,24	48,35	7,95	309	1013	berawan
11:00	33	31	54	54	55	67	58	68	36	37	39	36	36	35	304	309	5	327	337	310	306,3	1007,25	56,41	8,36	310	1125	cerah
11:10	33	32	55	58	58	68	60	68	36	35	40	37	36	36	305	309	4	330	338	310	307,2	1007,29	52,38	7,65	310	1141	cerah
11:20	35	32	57	61	59	68	62	71	36	39	42	37	37	37	305	310	5	332	340	312	307,5	1007,3	60,44	8,8	312	1145	cerah
11:30	35	33	55	57	57	68	59	70	40	42	45	38	37	37	306	310	4	329	339	315	308,2	1007,33	52,38	7,62	315	1145	cerah
11:40	35	32	54	57	56	68	59	70	41	43	47	40	40	39	305	313	8	329	339	317	308,8	1007,35	92,68	13,4	317	1149	cerah
11:50	35	32	56	62	60	69	60	70	42	43	47	40	39	39	305	312	7	332	339	317	308,7	1007,35	88,65	12,8	317	1158	cerah
12:00	35	33	61	63	60	69	71	72	48	48	49	43	42	42	306	315	9	334	344	321	310,7	1007,43	112,83	16,1	321	1167	cerah
12:10	35	35	59	64	60	67	69	70	46	46	49	41	40	40	308	313	5	334	342	320	310,7	1007,43	64,48	9,31	320	1154	berawan
12:20	35	35	61	67	65	75	78	75	47	49	52	44	43	43	308	316	8	337	349	322	312,2	1007,49	100,75	14,7	322	1139	berawan
12:30	35	35	59	66	65	73	74	75	45	46	50	42	41	42	308	315	7	336	347	320	311,3	1007,45	80,60	11,7	320	1146	cerah
12:40	36	35	60	65	63	77	79	75	47	47	51	43	39	39	308	313	5	336	350	321	310,7	1007,43	64,48	9,18	321	1171	cerah
12:50	36	37	63	67	65	74	79	77	47	48	47	42	41	42	310	315	5	338	350	320	312,3	1007,49	56,42	8,07	320	1165	cerah
13:00	36	37	63	67	67	78	83	78	51	50	54	45	43	45	310	317	7	339	353	325	313,7	1007,55	88,66	12,6	325	1173	cerah
13:10	36	38	67	67	66	82	84	81	51	52	54	44	43	45	311	317	6	340	355	325	314	1007,56	72,54	10,2	325	1180	cerah
13:20	36	38	68	68	68	83	88	83	51	53	55	45	44	45	311	318	7	341	358	326	314,3	1007,57	80,61	11,4	326	1179	berawan
13:30	36	38	65	68	66	81	87	82	53	53	57	46	44	45	311	318	7	339	356	327	314,5	1007,58	84,64	11,9	327	1186	cerah
13:40	35	38	67	70	68	83	87	83	53	55	57	46	45	46	311	319	8	341	357	328	314,8	1007,59	92,70	13	328	1191	cerah
13:50	35	36	68	71	70	83	87	84	70	56	59	48	46	47	309	320	11	343	358	335	314,5	1007,58	133,00	18,5	335	1199	cerah
14:00	35	35	68	70	68	84	91	85	58	58	61	47	46	47	308	320	12	342	360	332	313,8	1007,55	141,06	19,8	332	1186	berawan
14:10	35	35	68	69	68	86	90	86	58	59	62	49	48	49	308	322	14	341	360	333	314,8	1007,59	165,25	25,1	333	1099	cerah
14:20	35	34	66	67	66	84	88	84	57	59	62	48	47	49	307	321	14	339	358	332	314	1007,56	169,27	25,9	332	1089	cerah
14:30	35	34	64	65	65	84	86	82	58	60	63	49	48	49	307	322	15	338	357	333	314,3	1007,57	177,33	28,1	333	1052	berawan
14:40	35	35	63	65	64	83	84	81	59	61	63	49	48	49	308	322	14	337	356	334	314,8	1007,59	165,25	26,8	334	1026	cerah
14:50	35	36	64	65	65	84	84	83	61	62	64	50	49	48	309	322	13	338	357	335	315,5	1007,62	157,19	26,2	335	1001	cerah
15:00	35	35	63	64	63	82	82	80	60	61	63	49	48	49	308	322	14	336	354	334	314,8	1007,59	165,25	28,1	334	979	cerah
15:10	35	33	60	63	60	80	84	78	60	60	63	48	47	48	306	321	15	334	354	334	313,3	1007,53	177,33	31,2	334	946	cerah
15:20	34	31	60	62	60	80	82	78	60	61	63	48	47	47	304	320	16	334	353	334	312,2	1007,49	197,47	36	334	915	cerah
15:30	34	31	58	59	59	77	80	76	59	60	63	47	47	47	304	320	16	332	351	334	312	1007,48	193,44	35,5	334	908	cerah
15:40	34	31	58	59	58	79	79	77	61	62	64	48	47	47	304	320	16	331	351	335	312,2	1007,49	197,47	36,6	335	900	cerah
15:50	34	31	54	56	56	74	76	73	60	60	64	47	47	47	304	320	16	328	347	334	312	1007,48	193,44	36,3	334	889	cerah
16:00	34	31	55	55	55	73	75	73	60	61	64	48	47	48	304	321	17	328	347	335	312,3	1007,49	201,50	38,8	335	865	cerah
16:10	33	32	51	51	54	69	70	70	60	62	64	47	47	46	305	320	15	325	343	335	312,3	1007,49	177,32	39,3	335	752	cerah
16:20	33	31	49	49	50	66	68	68	60	62	63	47	46	45	304	319	15	322	340	335	311,5	1007,46	181,34	43,1	335	701	cerah
16:30	33	31	47	49	49	65	67	67	60	61	63	47	46	47	304	320	16	321	339	334	311,8	1007,47	189,40	45,4	334	696	cerah
16:40	33	31	48	48	48	64	66	64	58	60	61	47	46	46	304	319	15	321	338	333	311,7	1007,47	185,37	47	333	657	cerah
16:50	33	31	46	46	46	62	64	63	58	59	61	46	45	45	304	318	14	319	336	332	311,2	1007,45	173,28	49,1	332	588	cerah
17:00	33	31	42	42	42	58	60	60	57	59	60	44	44	44	304	317	13	315	332	332	310,5	1007,42	157,16	53,8	332	487	cerah
17:10	33	31	41	40	41	56	58	57	57	59	60	44	44	43	304	317	13	314	330	332	310,3	1007,41	153,13	64,3	332	397	cerah
17:20	33	31	40	39	40	53	56	55	56	68	58	43	43	43	304	316	12	313	328	334	310	1007,4	145,07	64,3	334	376	cerah
17:30	32																										

penyimpan panas ini menghasilkan energi berguna yang lebih tinggi, karena energi berguna berbanding lurus dengan temperatur keluaran kolektor.

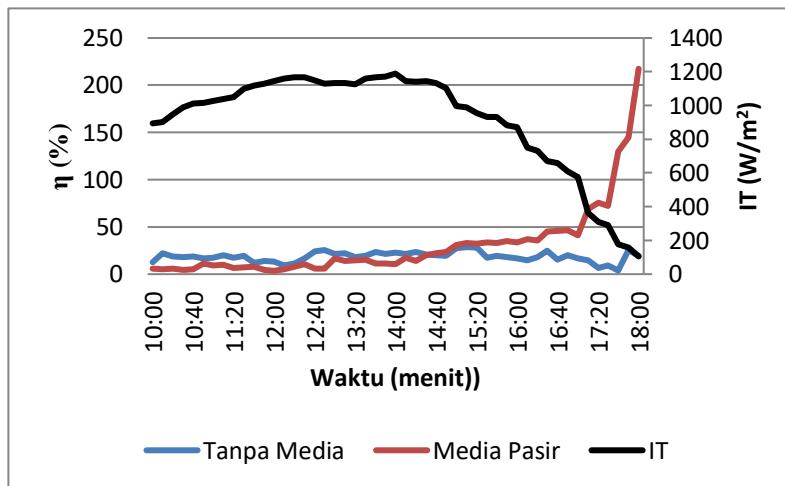
Energi berguna yang dihasilkan merupakan fungsi dari laju aliran massa kolektor, koefisien panas jenis udara dan temperatur keluaran kolektor. Dengan temperatur keluaran udara yang lebih tinggi, maka energi berguna yang dihasilkan juga lebih tinggi, hal ini bisa dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Energi berguna Kolektor surya pelat datar

4.2 Efisiensi (η) Kolektor Pelat Datar

Dengan menggunakan persamaan 5 dan berdasarkan pada data pengujian yang ada maka diperoleh hasil perbandingan efisiensi kolektor surya pelat datar dengan media penyimpan panas dan tanpa media penyimpan panas seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Kolektor surya pelat datar

Efisiensi rata-rata pada kolektor surya pelat datar dengan media penyimpan panas pasir memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor tanpa media penyimpan panas. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh media penyimpan panas pasir yang mampu menyimpan panas sampai intensitas radiasi matahari rendah dan ketika intensitas radiasi matahari rendah kolektor tidak mampu lagi untuk menyerap panas yang diradiasikan oleh

matahari, sehingga panas yang disimpan oleh pasir mampu digunakan untuk memanaskan udara sampai intensitas radiasi matahari rendah.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut, dengan penambahan media penyimpan panas pasir akan mampu memanaskan fluida kerja walaupun intensitas radiasi matahari rendah, sehingga ketika intensitas radiasi matahari rendah temperatur udara keluar kolektor tetap tinggi. Karena temperatur udara keluar kolektor tinggi maka energi berguna dan efisiensi yang dihasilkan ketika intensitas radiasi matahari rendah juga akan ikut meningkat,yaitu sebesar 28,6 % untuk kolektor surya tanpa media penyimpan panas dan 32,7 % untuk kolektor surya dengan media penyimpan panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthalano, Ali, (2008)., *Studi Eksperimen Unjuk Kerja Kolektor Surya Dengan Penambahan Plat Square honeycomb.*
- Arya Warsita, I Nyoman., (2011), *Analisis Performansi Kolektor Surya Jenis Tubular dengan Menggunakan Pasir Sebagai Media Penyimpan Panas*, Skripsi Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- Cengel Y. A and Boles M. A., 2006 *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th ed. SI Units, Mc Graw Hill, Singapore.
- Dhanu Wijaya, I Made, (2009), *Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Datar Bersirip dengan Aliran di Atas dan di Bawah Pelat Penyerap*, Skripsi Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- Duffie, J. A., and Backman, W. A., (1980), *Solar Enggineering of Thermal Processes*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Gowasmi and Kreith, (1982) *An Introduction to Solar Energy and Engineers.*
- Jansen, Ted J. alih bahasa oleh Prof. Wiranto Arismunandar, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Kreith, Frank., (1986), *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.