

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PROTOTIPE PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN SKALA LABOR

Oleh: Nusyirwan

ABSTRAK

Kolektor adalah suatu alat konversi energi matahari menjadi energi termal dengan memanaskan fluida kerja, seperti air. Penelitian ini memuat perancangan, pembuatan dan pengujian sistem Kolektor Surya jenis Pelat Datar untuk simulasi Pengujian di Laboratorium, dengan luas absorber $0,12 \text{ m}^2$.

Kolektor Surya disinari dengan sebuah Lampu Halogen dengan Intensitas yang diketahui. Energi yang diserap oleh kolektor dapat dihitung dari laju aliran volume dan perbedaan temperatur masuk temperatur keluar absorber, bila temperatur masuk mendekati konstan dengan melepaskan energi ke sebuah reservoir. Efisiensi dari kolektor dapat ditentukan dari sini. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan susunan kolektor, temperatur ansorber, pengaruh angin dan laju aliran volume.

Pengujian ini bertujuan untuk membuat statemen mengenai efisiensi sebuah kolektor surya, tidak hanya dari segi konstruksinya tapi juga dari segi kondisi cuaca dan temperatur absorber. Temperatur absorber divariasikan dengan mengatur temperatur air masuk ke kolektor, sedangkan kondisi cuaca disimulasikan dengan sinar lampu halogen dan aliran udara.

Hasil dari pengujian ini didapat efisiensi kolektor menurun dengan kenaikan temperatur masuk dan naik dengan kenaikan debit aliran.

1 PENDAHULUAN

Energi surya merupakan jenis energi yang berjumlah besar dan bersifat kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia, khususnya, energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari.

Energi surya dapat dikonversi langsung jadi bentuk energi lain dengan tiga proses terpisah; proses heliochemical, proses helioelectrical dan proses heliothermal. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk mengkonversikan energi matahari adalah kolektor surya jenis pelat datar.

Penelitian ini penting sekali untuk mempelajari hal-hal yang mempengaruhi efisiensi kolektor surya dengan variabel-variabel yang diatur dan dapat dikendalikan untuk pengujian di ruangan laboratorium.

Kolektor surya yang dipakai pada penelitian ini adalah jenis pelat datar dengan luas $A = 0,12 \text{ m}^2$, pola alirannya menggunakan pompa untuk sirkulasi, dengan fluida kerja air.

2 METODOLOGI

2.1 Prinsip Pengujian

Kolektor Surya disinari dengan lampu halogen/sinar matahari dengan intensitas cahaya tertentu. Energi panas yang diserap oleh kolektor dapat dihitung dengan laju aliran volume dan perbedaan temperatur air pada saluran masuk dan saluran keluar dari absorber, bila temperatur saluran masuk mendekati konstan dengan melepaskan energi pada suatu reservoir. Dengan ini efisiensi kolektor

dapat kita tentukan. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan susunan kolektor dan dan memvariasikan temperatur absorber.

2.2 Permasalahan

Sebuah kolektor surya digunakan untuk memanaskan air menggunakan energi radiasi. Dengan percobaan ini diinginkan untuk membuat statemen yang memperhatikan efisiensi sebuah kolektor atau instalasi surya, tidak hanya dari segi konstruksinya saja juga situasi cuacanya, sudut relatif kolektor terhadap matahari dan kondisi kerja yang lain, seperti temperatur absorber.

Pada percobaan sebuah lampu halogen dan aliran udara dingin dihasilkan dengan cuaca yang simultan. Kolektor yang optimal dengan lampu halogen pada tiap rangkaian pengukuran. Temperatur rata-rata absorber dapat diset berdasarkan pemilihan temperatur reservoir.

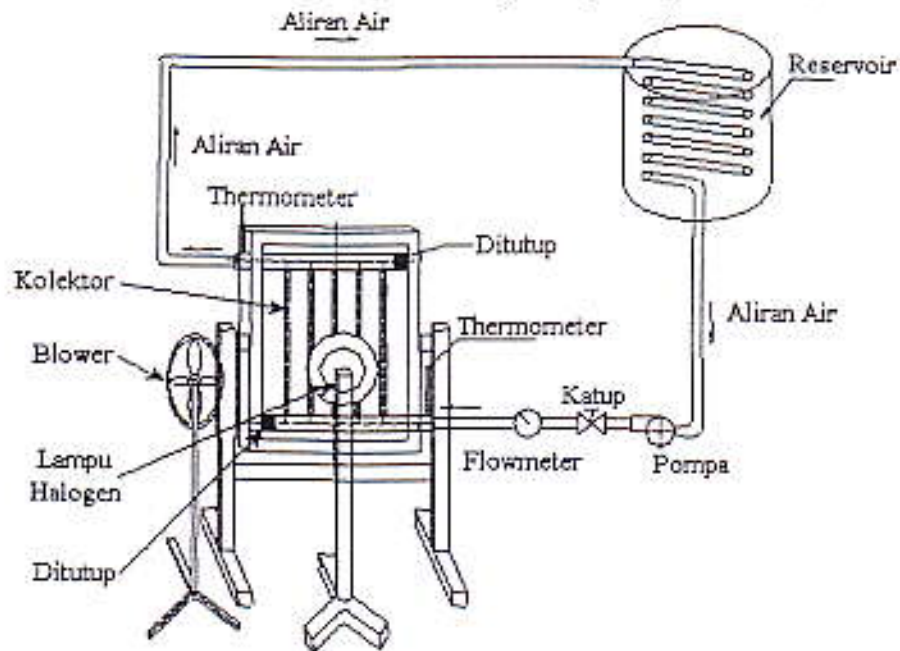
Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan efisiensi kolektor surya dengan berbagai kondisi percobaan. Kondisi percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Penyerapan energi dari lingkungan (20°C) tanpa sinar matahari atau lampu halogen, temperatur air pada saluran masuk absorber $\mathcal{S}_i \approx 10^{\circ}\text{C}$.
 - 1.1 Absorber dengan penyekatan (isolasi) dan pelat kaca (kolektor lengkap)
 - 1.2 Absorber saja (energi maksimum)
2. Disinari dengan lampu halogen. Temperatur air $\mathcal{S}_i \approx 20^{\circ}\text{C}$.
 - 2.1 Kolektor lengkap
 - 2.2 Kolektor tanpa pelat kaca dan isolasi.
3. Disinari dengan lampu halogen. Temperatur air $\mathcal{S}_i \approx 30^{\circ}\text{C}$.
 - 3.1 Kolektor lengkap
 - 3.2 Kolektor lengkap, disemprot dengan udara dingin
 - 3.3 Kolektor tanpa pelat kaca dan isolasi
 - 3.4 Kolektor tanpa pelat kaca dan isolasi, disemprot dengan udara dingin
4. Disinari dengan lampu halogen. Temperatur air $\mathcal{S}_i \approx 40^{\circ}\text{C}$.
 - 4.1 Kolektor lengkap
 - 4.2 Kolektor lengkap, disemprot dengan udara dingin
 - 4.3 Kolektor tanpa pelat kaca dan isolasi.
 - 4.4 Kolektor tanpa pelat kaca dan isolasi, disemprot dengan udara dingin
5. Disinari dengan lampu halogen. Temperatur air $\mathcal{S}_i \approx 50^{\circ}\text{C}$.
 - 5.1 Kolektor lengkap
 - 5.2 Kolektor lengkap, disemprot dengan udara dingin
 - 5.3 Kolektor tanpa pelat kaca
 - 5.4 Kolektor tanpa pelat kaca, disemprot dengan udara dingin

Kolektor disinari dengan lampu halogen, dengan temperatur air masuk (T_{in}) diset mulai dari 10°C . dan dicatat T_{out} . Tout dicatat pada saat $T_{in} = 10^{\circ}\text{C}$, 15°C , 20°C , 25°C , 30°C , 35°C , 40°C , 45°C dan 50°C , dengan debit divariasikan mulai dari 100 cc/menit, 200 cc/menit, 300 cc/menit, 400 cc/menit dan 500 cc/menit. Parameter yang diukur sama dengan pengujian sebelumnya, yaitu T_{out} untuk masing-masing T_{in} diatas. Pada pengujian ini diusahakan agar debit aliran konstan.

2.3 Set-up dan Prosedur Percobaan

Percobaan ini susunannya seperti ditunjukkan pada gambar 2-1.



Gambar 2-1 Skema Susunan Alat untuk pengujian

3 TINJAUAN PUSTAKA

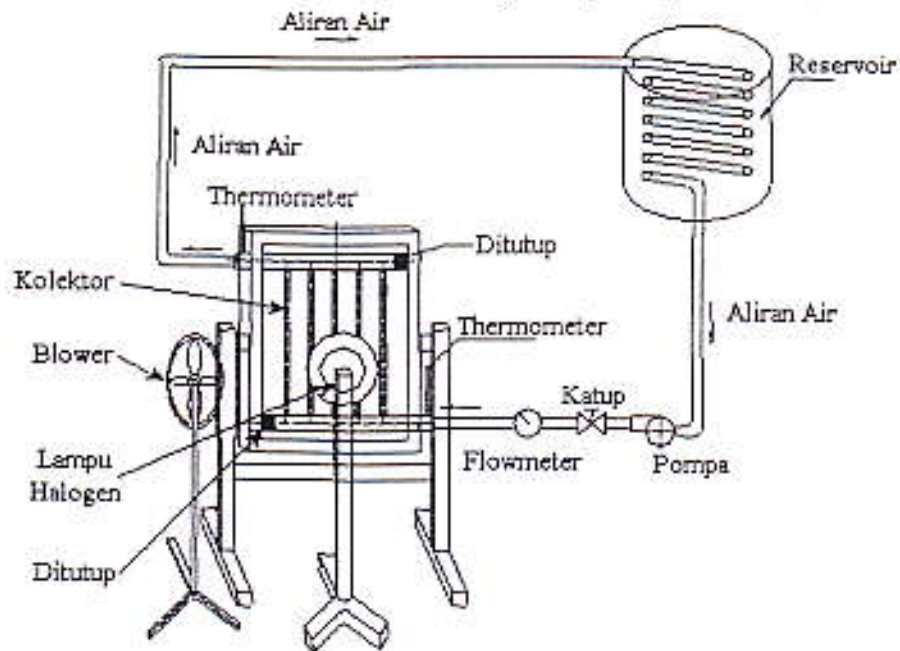
3.1 Radiasi Matahari

Radiasi total yang mencapai permukaan bumi dibagi atas dua bagian, yaitu radiasi langsung dan radiasi tak langsung.

Sinar matahari sebenarnya merupakan suatu bentuk gelombang elektromagnetik yang sifatnya berbentuk gelombang, dengan panjang gelombang yang pendek dari gelombang radio. Dari standar NASA/ASTM digambarkan spektrum irradiansi matahari di bumi dan mempunyai konstanta surya 1353 W/m^2 (gambar 3-1).

2.3 Set-up dan Prosedur Percobaan

Percobaan ini susunannya seperti ditunjukkan pada gambar 2-1.



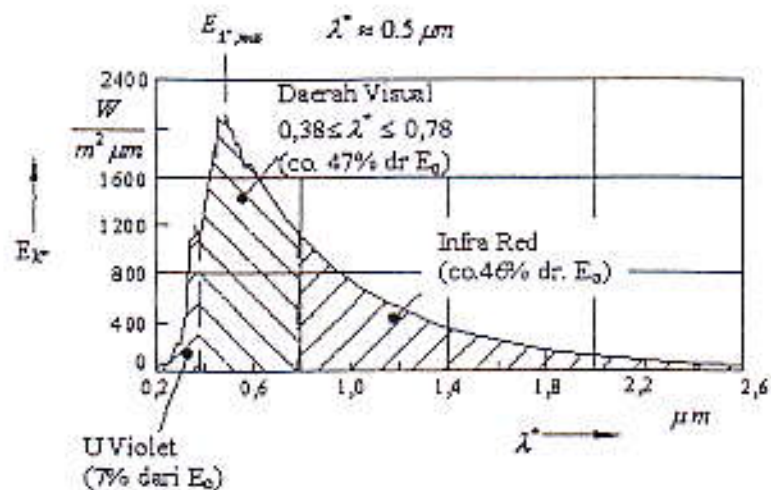
Gambar 2-1 Skema Susunan Alat untuk pengujian

3 TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Radiasi Matahari

Radiasi total yang mencapai permukaan bumi dibagi atas dua bagian, yaitu radiasi langsung dan radiasi tak langsung.

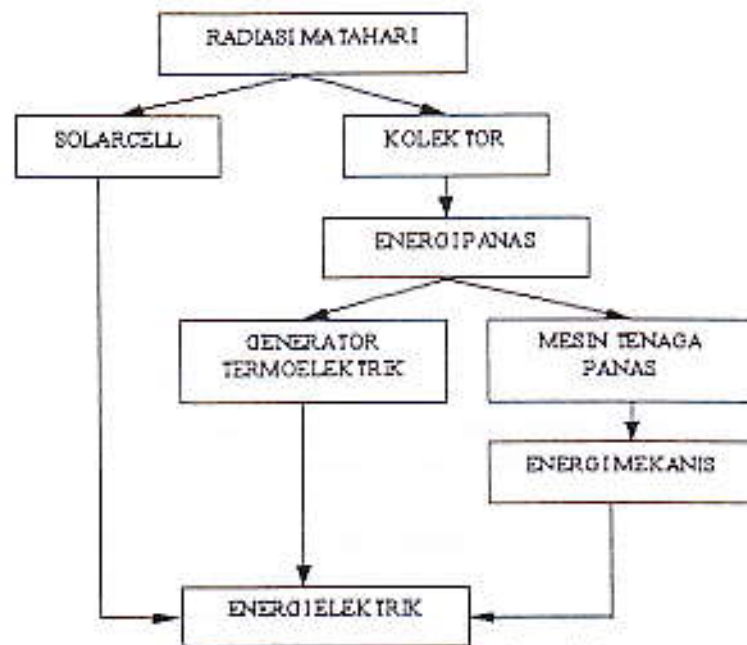
Sinar matahari sebenarnya merupakan suatu bentuk gelombang elektromagnetik yang sifatnya berbentuk gelombang, dengan panjang gelombang yang pendek dari gelombang radio. Dari standar NASA/ASTM digambarkan spektrum iradiasi matahari di bumi dan mempunyai konstanta surya 1353 W/m^2 (gambar 3-1).



Gambar 3-1 Spektrum radiasi matahari di bumi, data standard NASA/ASTM

3.2 Konversi Energi Matahari

Secara garis besar ada beberapa kemungkinan untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi yang diperlukan, seperti pada gambar 3-2



Gambar 3-2 Konversi energi matahari

Dari gambar diatas ada dua macam cara untuk mengubah radiasi matahari ke dalam energi lain, yaitu melalui Solarcell dan Kolektor. Pada Solarcell radiasi matahari, diubah langsung menjadi energi elektrik. Solarcell pada umumnya menggunakan bahan silikon dengan prinsip semi konduktor. Solarcell sebenarnya adalah sebuah fotovoltaiik yang mengubah langsung radiasi matahari menjadi energi elektrik.

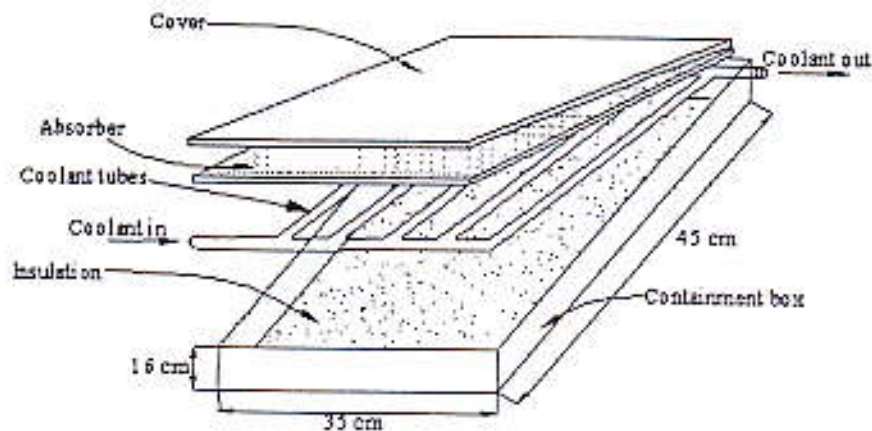
3.3 Kolektor Surya

Kolektor adalah suatu alat yang mengubah radiasi matahari menjadi panas. Energi panas ini dapat diubah lagi menjadi energi elektrik melalui generator termoelektrik. Selain itu dapat juga diubah menjadi energi mekanik melalui mesin tenaga panas yang akhirnya energi mekanik dapat diubah menjadi energi elektrik melalui generator.

Kolektor surya jenis pelat datar merupakan pengumpul yang cukup sederhana konstruksinya, mempunyai efisiensi konversi energi yang tinggi, biaya awal yang rendah, tidak memerlukan metoda dan peralatan yang canggih, dan perawatannya relatif sederhana.

Kolektor surya direncanakan untuk menyerap energi surya dan selanjutnya menyampaikan sebagian besar energi yang diserap ke dalam air yang mengalir pada pipa pengumpul. Suhu yang dapat dicapai oleh kolektor jenis pelat datar hanya sekitar 90°C . Pada suhu tinggi, efisiensi kolektor turun karena kerugian panas ke sekeliling menjadi makin besar.

Kolektor Surya terdiri dari lima komponen utama, seperti yang terlihat pada gambar 3-3 berikut ini:



Gambar 3-3 Kolektor surya jenis pelat datar

Radiasi yang mengenai kolektor akan melewati cover dan sampai pada permukaan absorber, dan diubah menjadi energi dalam oleh fluida kerja (disebut energi termal).

Energi termal ini diteruskan dari absorber ke fluida kerja yang mengalir dan dipakai sebagai kebutuhan atau disimpan ditempat penyimpanan.

Kerugian panas sekeliling dipengaruhi oleh faktor-faktor, antara lain :

- ✓ Jumlah pelat cover
- ✓ Luas permukaan pelat kolektor,
- ✓ tebal isolasi disamping dan dibawah penyerap,
- ✓ kecepatan angin disekitar kolektor, dan
- ✓ perbedaan temperatur absorber dengan temperatur sekeliling.

Pengujian berikutnya dengan Pengujian satu siklus Kolektor Surya, dimana Kolektor disinari dengan lampu halogen, jarak dari lampu ke kolektor sebesar 75 cm. Temperatur air masuk diset dengan mendinginkan reservoir sedemikian hingga, sehingga $T_{in} = 10^{\circ}\text{C}$. Debit aliran dibuat 100 cc/menit, 200 cc/menit, 300 cc/menit, 400 cc/menit dan 500 cc/menit. Parameter yang diukur sama dengan pengujian sebelumnya, yaitu T_{out} untuk $T_{in} = 10^{\circ}\text{C}$, 15°C , 20°C , 25°C , 30°C ,

35°C, 40°C, 45°C dan 50°C. Pada pengujian ini diusahakan agar debit aliran konstan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Dari percobaan yang telah dilakukan didapat hasil sebagai berikut:

Data Hasil Percobaan 1

Temperatur air dan Efisiensi kolektor dibawah berbagai kondisi percobaan

Laju aliran air (\dot{V}) = 95,936 cm³/min

Kecepatan angin = 4,41 m/s

Intensitas cahaya yang mengenai kolektor (q_s) = 1445,67 kW/m²

Luas absorber (A) = 0,12 m²

No.	Pelat kaca dan Isolasi	Lampu	Air dingin	$\frac{g_t}{^\circ C}$	$\frac{g_a - g_t}{K}$	η %
1.1	+	-	-	≈ 10	0.67	2.60
1.2	-	-	-	≈ 10	2.38	9.40
2.1	+	+	-	≈ 20	12.10	46.64
2.2	-	+	-	≈ 20	15.67	61.29
3.1	+	+	-	≈ 30	10.42	40.13
3.2	-	+	+	≈ 30	10.08	39.83
3.3	+	+	-	≈ 30	11.00	42.66
3.4	-	+	+	≈ 30	6.50	25.90
4.1	+	+	-	≈ 40	8.25	31.73
4.2	-	+	+	≈ 40	8.17	31.14
4.3	+	+	-	≈ 40	7.75	29.49
4.4	-	+	+	≈ 40	1.17	4.56
5.1	+	+	-	≈ 50	6.92	27.18
5.2	-	+	+	≈ 50	6.67	22.83
5.3	+	+	-	≈ 50	5.33	19.72
5.4	-	+	+	≈ 50	-2.42	-8.94

Data Hasil Percobaan 2

Pengujian dengan Debit 100 cm³/menit

No.	$\frac{g_t}{^\circ C}$	$\frac{g_a}{^\circ C}$	$\frac{g_a - g_t}{K}$	η %
1	10	17,75	7,75	62,67
2	15	22,5	7,50	60,92
3	20	27,5	7,50	62,76
4	25	32,5	7,50	60,41
5	30	36	6,00	46,85
6	35	41	6,00	47,80
7	40	45,5	5,50	45,14
8	45	50,5	5,50	43,11
9	50	55	5,00	45,42

Pengujian dengan Debit 200 cm³/menit

No.	$\frac{\theta_e}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a - \theta_e}{K}$	$\eta \%$
1	10	15,50	5,50	91,17
2	15	19,50	4,50	73,10
3	20	24,5	4,50	72,57
4	25	28,75	3,75	61,08
5	30	32,5	2,50	39,04
6	35	38	3,00	47,80
7	40	42,25	2,25	36,70
8	45	46,5	1,50	23,85
9	50	50	1,00	16,38

Pengujian dengan Debit 300 cm³/menit

No.	$\frac{\theta_e}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a - \theta_e}{K}$	$\eta \%$
1	10	14	4,00	99,02
2	15	18,5	3,50	85,29
3	20	23,5	3,50	87,87
4	25	27,75	2,75	66,45
5	30	32,5	2,50	58,57
6	35	37	2,00	45,76
7	40	41	1,00	23,78
8	45	46	1,00	23,51
9	50	51	1,00	24,10

Pengujian dengan Debit 400 cm³/menit

No.	$\frac{\theta_e}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a - \theta_e}{K}$	$\eta \%$
1	10	13	3,00	96,06
2	15	18	3,00	96,24
3	20	22,5	2,50	80,53
4	25	26,75	1,75	56,44
5	30	31,75	1,75	56,91
6	35	36,25	1,25	40,16
7	40	41	1,00	30,63
8	45	46	1,00	29,96
9	50	51	1,00	33,56

Pengujian dengan Debit 500 cm³/menit

No.	$\frac{\theta_e}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{\theta_a - \theta_e}{K}$	$\eta \%$
1	10	12,5	2,50	99,58
2	15	17,5	2,50	98,63
3	20	22,5	2,50	99,21
4	25	27	2,00	80,98
5	30	31,5	1,50	62,90
6	35	35,5	0,50	20,40

No.	$\frac{S_e}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{S_a}{^{\circ}\text{C}}$	$\frac{S_e - S_a}{K}$	$\eta \%$
7	40	40,5	0,50	19,09
8	45	45,5	0,50	18,67
9	50	50,5	0,50	20,26

4.2 PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN

Pada percobaan yang dilakukan sebuah lampu halogen dan aliran udara dingin menghasilkan simulasi cuaca. Kolektor disinari dengan lampu halogen lampu halogen pada tiap rangkaian pengukuran. Temperatur masuk ke kolektor diset dengan mengatur suhu reservoir sedemikian rupa sehingga temperatur air masuk air ke kolektor sesuai dengan kondisi yang diinginkan untuk pengujian.

Kaca yang menutupi kolektor menyerap atau memantulkan energi radiasi, yang mengakibatkan energi radiasi jadi berkurang. Bagian yang diteruskan mengenai absorber dan hampir seluruhnya diserap oleh absorber.

$$q_a = \alpha \cdot \tau \cdot q_i \quad (4-1)$$

q_a = Energi radiasi yang diubah menjadi panas pada absorber per unit waktu dan luas

q_i = Intensitas cahaya pada posisi kolektor

α = Faktor absorpsi dari absorber

τ = Faktor transmisi dari cover kaca

Energi radiasi yang diubah menjadi panas tidak semuanya merupakan useful energi. Sebagian energi radiasi ini hilang disebabkan radiasi panas, konduksi panas atau aliran panas. Bagian energi selanjutnya digunakan untuk meningkatkan temperatur absorber, maksudnya bagian energi ini yang tersimpan pada kolektor. *Useful energy* q_N yang dihasilkan per unit waktu dan unit area menjadi

$$q_N = q_a - q_v - q_{sp} \quad (4-2)$$

q_v = laju energi yang hilang / $s \cdot m^2$

q_{sp} = laju energi yang tersimpan / $s \cdot m^2$

Pada percobaan ini keadaannya

$$q_{sp} \approx 0 \quad (4-3)$$

karena perbedaan temperatur yang diukur pada keadaan stationer dengan temperatur inlet (hampir) konstan temperatur inletnya.

Kehilangan panas lebih besar bila temperaturnya lebih tinggi. Isolasi bagian belakang menentukan kehilangan energi panas dengan konduksi; kehilangan yang terjadi pada bagian depan disebabkan oleh radiasi dan konveksi. Semua kehilangan dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini :

$$q_v = k \cdot (S_A - S_D) \quad (4-4)$$

k = koefisien perpindahan panas

S_A = Temperatur absorber

S_D = Temperatur lingkungan

Efisiensi dari sebuah solar ray collector merupakan perbandingan energi yang terpakai dengan energi yang diradiasikan.

$$\eta = \frac{q_s}{q_i} = \alpha\tau - \frac{k \cdot (T_a - T_u)}{q_i} \quad (4-5)$$

Temperatur absorber tidak diketahui, temperatur inlet dan outlet T_u dan T_a dari air diukur. Selain itu, persamaan (4-5) tidak dapat menghitung perpindahan panas dari absorber ke air, dari absorber ini faktor efisiensi F diperkenalkan :

$$\eta = F \cdot \left(\alpha\tau - \frac{k \cdot (T_w - T_u)}{q_i} \right) \quad (4-6)$$

dimana T_w adalah temperatur rata-rata air.

$$T_w = \frac{T_i - T_a}{2} \quad (4-7)$$

daya yang dapat dipakai P_N dapat ditentukan dengan bentuk stasioner dari aliran volume air

$$\dot{m} = 96,077 \text{ cm}^3 / \text{min}$$

dan perbedaan temperatur outlet dan inlet

$$P_N = c \cdot \dot{m} (T_a - T_i) \quad (4-8)$$

c = Kapasitas termal spesifik air.

Intensitas cahaya pada posisi dari kolektor adalah

$$q_i = 1445,67 \text{ kW/m}^2$$

luas absorber adalah

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

Tabel Hasil Percobaan menunjukkan efisiensi kolektor dihitung dibawah berbagai kondisi

$$\eta = \frac{P_N}{q_i \cdot A} \quad (4-9)$$

Bandingkan pengukuran 2.1, 3.1, 4.1 dan 5.1, atau 2.2, 3.3, 4.3 dan 5.3, dengan jelas ditunjukkan bahwa kehilangan dari kolektor meningkat dengan peningkatan temperatur absorber. Kebalikannya, bila absorber dingin dibawah temperatur lingkungan, energi akan diambil dari lingkungan walaupun tanpa radiasi (pengukuran 1.1 dan 1.2). Absorber yang tidak diisolasi lebih efektif untuk kasus ini. Dalam kenyataannya, pendinginan cairan pada rangkaian absorber dibawah temperatur lingkungan adalah dengan melepaskan energi pada pompa panas (heat pump). Pengukuran 2, 3, 4 dan 5 menunjukkan efek penutupan dengan kaca. Bila kolektor dioperasikan pada temperatur lingkungan, rugi panas dapat diabaikan. Faktor transmisi dari penutup kaca dapat dibaca dengan membandingkan keadaan 2.1 dan 2.2. Sesuai dengan persamaan (4-1) :

Dengan kaca $\eta = F \cdot \alpha \cdot \tau$,

Tanpa kaca $\eta = F \cdot \alpha$,

$$\tau = 88\% \text{ (sekitar).}$$

Bandingkan pengukuran 3.1 dan 3.2 atau dan 4.2 atau 5.1 dan 5.1 menunjukkan bahwa penutup kaca mengurangi rugi panas pada absorber; yaitu dengan adanya efek rumah kaca. Radiasi matahari adalah bagian terbesar yang

melalui pelat kaca, radiasi panas dari absorber panas adalah bagian terbesar diserap dan dipantulkan.

Dalam kasus sebuah kolektor dengan penutup kaca, angin tidak mempunyai efek pada perhitungan efisiensi, sebaliknya peningkatan temperatur pada kasus kolektor tanpa penutup kaca (cover) pengurangannya sangat menyolok (pengukuran 3.2 dan 3.4, 4.2 dan 4.4 atau 5.2 dan 5.4), bahkan untuk pengukuran 5.4 didapat temperatur keluar kolektor lebih kecil dari temperatur masuk karena dengan tingginya temperatur absorber, sehingga perpindahan panas dari absorber ke lingkungan lebih besar dari panas yang diserap oleh absorber sehingga panas mengalir dari absorber ke lingkungan.

Tipe dari penutup kaca yang digunakan pada prakteknya (single, double, selectively coated) tergantung pada batasan penggunaan kolektor, yaitu terutama pada temperatur absorber yang diinginkan. Double glazing mengurangi rugi panas pada bagian depan tapi juga menurunkan transmisi cahaya matahari, jadi penambahan biaya untuk menambah cover dan isolasi hanya bermanfaat pada kasus temperatur absorber yang tinggi.

Dari pengolahan data yang telah ditabelkan dan dibuatkan grafiknya pada lampiran berupa Monogram Efisiensi Kolektor Surya, dapat dilihat bahwa efisiensi dari kolektor mengalami penurunan dengan peningkatan temperatur air masuk ke absorber untuk debit konstan, hal ini terjadi karena dengan peningkatan temperatur absorber, maka perbedaan temperatur absorber dengan lingkungan juga makin besar sehingga losses panas dari kolektor ke lingkungan juga makin besar.

Sedangkan untuk peningkatan debit aliran air untuk temperatur masuk konstan, efisiensi dari kolektor mempunyai kecenderungan untuk meningkat dengan peningkatan debit aliran. Hal ini disebabkan dengan besarnya debit aliran maka perpindahan panas dari absorber ke fluida akan lebih efektif Tapi untuk kolektor dengan temperatur masuk tinggi (diatas temperatur lingkungan) mempunyai kecenderungan untuk menurun, karena perpindahan panas ke lingkungan lebih besar dibandingkan dengan peningkatan perpindahan panas dari absorber ke fluida kerja (air).

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis tentang Kolektor Surya Tipe Pelat Datar dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pengujian yang dilakukan sudah bisa mensimulasikan kondisi yang sebenarnya, dengan pengujian distribusi Intensitas, dan sudah mencukupi persyaratan Pengujian Efisiensi Kolektor dengan Intensitas rata-rata diatas $600 W/m^2$.
2. Rugi-rugi kalor pada kolektor akan meningkat dengan peningkatan temperatur absorber.
3. Untuk kolektor yang bekerja pada temperatur dibawah temperatur lingkungan absorber yang tanpa isolasi dan absorber lebih efektif penyerapan energi dari lingkungannya.
4. Efisiensi terbesar kolektor untuk kolektor yang beroperasi sekitar temperatur lingkungan.

5. Penutupan kolektor dengan Cover akan mengurangi rugi panas pada absorber dengan adanya efek rumah kaca.
6. Pengaruh angin untuk kolektor dengan cover dan isolasi tidak mempunyai pengaruh yang besar bagi efisiensi kolektor.
7. Sedangkan pengaruh angin untuk kolektor tanpa cover pengaruh angin sangat besar, bahkan untuk pengukuran untuk temperatur masuk 50°C , didapat pengurangan temperatur keluar kolektor lebih kecil dari temperatur masuk, karena terdapat perbedaan temperatur yang tinggi antara absorber dengan lingkungan, sehingga rugi-rugi panas ke lingkungan menjadi lebih besar.
8. Penggunaan penutup kaca akan mengurangi transmisifitas cahaya matahari.
9. Penggunaan penutup kaca lebih efektif untuk absorber yang beroperasi pada temperatur tinggi.
10. Efisiensi dari susunan kolektor surya akan meningkat dengan peningkatan debit untuk T_m konstan. Kenaikannya berupa fungsi kuadrat.
11. Efisiensi kolektor akan menurun dengan kenaikan T_m , penurunannya linier.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut agar didapat hasil yang lebih baik, maka disarankan:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, sebaiknya digunakan termokopel untuk pengukuran temperatur.
2. Untuk pengaturan temperatur air yang masuk ke kolektor sebaiknya digunakan alat pendingin dan pemanas yang dikontrol dengan alat kontrol seperti termostat, agar temperatur air yang masuk lebih mendekati konstan.
3. Penggunaan sistem katup yang lebih baik sehingga debit aliran yang didapat lebih konstan.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp, Archie W., *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*, Erlangga, Jakarta, 1991.
- El-Wakil, M. M. (Mohammed Mohammed), *Powerplant Technology*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1985.
- Zainuddin, Dahnil, Ir., M.Sc., *Pengantar Solar Technk I*, Universitas Andalas, Padang, 1989.
- Zainuddin, Dahnil, Ir., M.Sc., *Solar Teknik II*, Universitas Andalas, Padang, 1990.
- Dickinson, William C and Cheremisinooff, Paul N, *Solar Energy Technology Handbook Part A*, Marcell Dekker, New York, 1980.
- Jansen, Ted J, *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Paradnya Paramita, Jakarta, 1995.
- PHYWE series of Publication, *Solar Ray Collector*, PHYWE Systeme GMBH, University Laboratory Experiment-Physics, Gottingen-Germany,
- White, Frank M, *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill Book Co., United States of America, 1979.
- Yildiz Bayazitoglu, M. Necati Ozisik, *Elements of Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1988.

MONOGRAM EFISIENSI KOLEKTOR SURYA

