

Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton

Ketut Astawa, Made Sucipta, I Putu Gede Artha Negara

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana

email : awatsa@yahoo.com

Abstraksi

Pada prinsipnya destilasi merupakan cara untuk mendapatkan air bersih melalui proses penyulingan air kotor. Pada proses penyulingan terdapat proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Perpindahan panas terjadi dari sumber panas menuju air kotor. Jika air terus-menerus dipanaskan maka akan terjadi proses penguapan. Uap ini jika bersentuhan dengan permukaan yang dingin maka akan terjadi proses kondensasi pada permukaan dingin tersebut. Pada proses destilasi yang diambil hanyalah air kondensatnya, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan, dan kotoran akan mengendap di dasar basin. Salah satunya yang bisa digunakan yaitu energi matahari.

Pada sistem destilasi air laut tenaga surya, plat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap sinar radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi panas yang akan memanaskan air laut yang ada di atasnya. Berdasarkan hipotesa awal dari penulis bahwa plat penyerap tipe datar kurang optimal, penulis akan mencoba untuk membuat suatu rancang bangun dan membandingkan performansi alat destilasi air laut yang menggunakan penyerap tipe datar, penyerap tipe bergelombang, dan penyerap tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil. Atas dasar pemikiran bahwa penyerap tipe bergelombang memiliki luas bidang penyerapan panas lebih besar dibandingkan dengan penyerap tipe datar.

Pengujian dilakukan dari pukul 09.00 Wita sampai dengan pukul 17.00 Wita. Volume air laut yang di uji sebanyak 30 liter. Hasil pengujian menunjukkan penyerap radiasi tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil lebih banyak menghasilkan kondensat yaitu sebesar 1295 gram dengan efisiensi rata-rata mencapai 12,33%, dan penyerap radiasi tipe bergelombang menghasilkan kondensat sebesar 1250 gram dengan efisiensi rata-rata mencapai 12,55%. Sedangkan penyerap radiasi tipe datar hanya bisa menghasilkan sebesar 795 ml dengan efisiensi rata-rata mencapai 8,48%.

Kata kunci : Destilasi, Tenaga Surya, Penyerap Radiasi Tipe Gelombang

Abstract

In principle, the distillation is a way to get clean water through desalination process dirty. In the refining process there is a process of heat transfer, evaporation, and condensation. Heat transfer occurs from the heat source to the dirty water. If water continues - it will happen again heated evaporation process. This steam on contact with cold surfaces it will be a process of condensation on cold surfaces. In the distillation process condensate water is captured, germs and bacteria will die by the heating process, and dirt will settle to the bottom basin. One can use the sun's energy.

In the system of solar distillation of sea water, absorber plate very important role because it serves as an absorber of solar radiation and convert light into heat energy that will heat the sea water above it. Based on the initial hypothesis of the authors that the type of flat-plate absorber is less than optimal, I will attempt to create a design and compare the performance of sea water distillation appliance that uses a flat type absorber, absorber types of wavy, and wavy-coated absorbent type gravel. On the premise that type absorber has a broad corrugated heat absorption field is greater than the flat type absorber.

Tests conducted from 09:00 am until 17:00 pm. The volume of sea water in the test as much as 30 liters. Test results show the type of radiation absorber coated corrugated gravel produces more condensate is equal to 1295 grams with an average efficiency reaches 12.33%, and the type of radiation absorbent corrugated produce condensate for 1250 grams with an average efficiency reaches 12.84% . While the radiation absorber can only produce a flat type of 795 ml with an average efficiency reaches 8.48%.

Key words: Distillation, Solar, Wave absorbers Radiation Type

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan. Air merupakan kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan manusia terutama air tawar yang bersih dan sehat. Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat yang salah satunya menimpa masyarakat yang tinggal di daerah pesisir

pantai. Sebagian besar sumber air yang didapat merupakan air laut. Sehingga untuk mendapatkan air bersih perlu adanya pemrosesan atau pengolahan air laut menjadi air tawar dan air bersih. Air bersih yang dimaksud adalah air yang bebas dari kotoran, bakteri yang merugikan, dan zat-zat lain yang bersifat merugikan bagi kesehatan manusia.

Ada berbagai cara yang sering dilakukan untuk mendapatkan air bersih yaitu : perebusan, penyaringan, destilasi dan lain – lainnya. Cara perebusan dilakukan hanya untuk mematikan kuman dan bakteri – bakteri yang merugikan, namun kotoran yang berupa padatan – padatan kecil tidak bisa terpisah dengan air. Penyaringan digunakan hanya untuk menyaring kotoran – kotoran yang berupa padatan kecil, namun kuman dan bakteri yang merugikan tidak bisa terpisah dari air. Cara destilasi merupakan cara yang efektif digunakan untuk menghasilkan air bersih yang bebas dari kuman, bakteri, dan kotoran yang berupa padatan kecil. Pada proses destilasi, yang diambil hanya air kondensatnya, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan, dan kotoran akan mengendap di dasar basin.

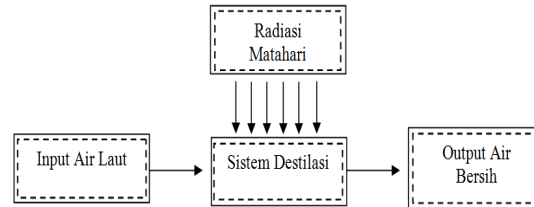
Pada prinsipnya destilasi merupakan cara untuk mendapatkan air bersih melalui proses penyulingan air kotor. Pada proses penyulingan terdapat proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Perpindahan panas terjadi dari sumber panas menuju air kotor. Jika air terus-menerus dipanaskan maka akan terjadi proses penguapan. Uap ini jika bersentuhan dengan permukaan yang dingin maka akan terjadi proses kondensasi pada permukaan dingin tersebut. Pada proses destilasi yang diambil hanyalah air kondensatnya, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan, dan kotoran akan mengendap di dasar basin. Pada destilasi air laut ini kebanyakan menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber panas, sedangkan ketersediaan bahan bakar tersebut semakin berkurang, maka diperlukan sumber energi yang lain. Salah satunya yang bisa digunakan yaitu energi matahari.

Pada sistem destilasi air laut tenaga surya, plat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap intensitas radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi energi panas. Oleh karena fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut, maka bahan dasar dari plat penyerap radiasi yang digunakan berupa beton guna menghindari adanya korosi pada plat penyerap. Pada umumnya plat penyerap radiasi yang digunakan berupa plat tipe datar. Pada penelitian ini akan dibuat suatu rancang bangun dan membandingkan performansi alat destilasi air laut yang menggunakan penyerap tipe datar, penyerap tipe bergelombang, dan penyerap tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil. Dengan dasar pemikiran bahwa luas bidang penyerapan panas plat penyerap tipe bergelombang ini lebih besar dari pada luas penyerapan panas plat tipe datar, sehingga performansi dari destilasi air laut tenaga surya ini akan lebih maksimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DESTILASI TENAGA SURYA

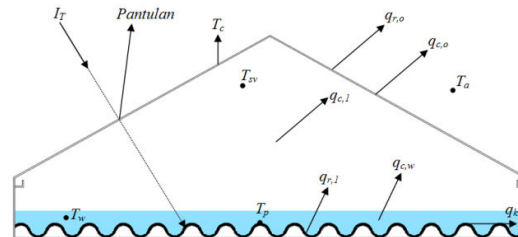
Destilasi (penyulingan) air laut telah dilaksanakan bertahun – tahun. Teknologi penyulingan air untuk mendapatkan air tawar dari air kotor atau air laut intinya adalah menguapkan air laut dengan cara dipanaskan, yang kemudian uap air tersebut diembunkan sehingga didapatkan air tawar. Sumber panas yang dipergunakan berasal dari energi yang beragam yaitu : minyak, gas, listrik, surya/matahari, dan lainnya. (Sugeng Abdullah, 2005)



Gambar 2.1 Proses Kerja Destilasi Tenaga Surya

2.2 KESETIMBANGAN ENERGI

Efisiensi alat destilasi air merupakan perbandingan dari energi berguna dengan energi panas yang dihasilkan oleh plat penyerap. Energi berguna merupakan energi panas yang digunakan dalam proses penguapan dan energi panas yang digunakan saat pengembunan. Untuk mengetahui efisiensi alat destilasi kita tinjau kesetimbangan energi pada alat destilasi.



Gambar 2.2 Diagram aliran energi

Keterangan gambar :

I_T = Intensitas matahari (W/m^2).

$q_{r,i}$ = Laju perpindahan panas radiasi dari kolektor ke permukaan dalam kaca (Watt).

$q_{c,i}$ = Laju perpindahan panas konveksi dari uap air ke permukaan dalam kaca (Watt).

$q_{c,w}$ = Laju perpindahan panas konveksi dari air ke uap air (Watt).

q_k = Laju perpindahan panas konduksi dari kolektor ke dinding luar (Watt).

$q_{r,o}$ = Laju perpindahan panas radiasi dari kaca ke lingkungan (Watt).

$q_{c,o}$ = Laju perpindahan panas konveksi dari permukaan kaca ke lingkungan (Watt).

T_a = Temperatur lingkungan ($^{\circ}C$).

T_w = Temperatur air ($^{\circ}C$).

T_c = Temperatur permukaan kaca ($^{\circ}C$).

T_{sv} = Temperatur uap air ($^{\circ}C$).
 T_p = Temperatur plat penyerap ($^{\circ}C$).

Kesetimbangan energi dari sistem adalah sebagai berikut :

$$q_{c,w} + q_{r,i} + q_{c,i} + (\alpha \cdot I_T \cdot A_c) + (\alpha \cdot I_T) = q_k + q_{c,o} + q_{r,o}$$

2.3 ENERGI BERGUNA KOLEKTOR

Energi berguna merupakan energi panas yang dihasilkan plat penyerap radiasi untuk memanaskan air laut yang berada di atasnya selama proses. Untuk perhitungan energi berguna dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (\alpha \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - [U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a)]$$

Dimana :

- I_T = Intensitas matahari (W/m^2)
- A_c = Luas plat penyerap (m^2)
- α = Koefisien absorptivitas plat penyerap
- τ = Koefisien transmisivitas cover / kaca
- U_L = Koefisien kerugian panas total ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)
- T_p = Temperatur plat penyerap ($^{\circ}C$)
- T_a = Temperatur lingkungan ($^{\circ}C$)

2.4 ENERGI BERGUNA DESTILASI

Energi berguna destilasi merupakan energi yang dibutuhkan untuk penguapan air laut yang menjadi produk air bersih selama proses. Untuk persamaan energi berguna destilasi dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q_{u-d} = \frac{m_k \times h_{fg}}{t}$$

Dimana :

- m_k = produk air bersih per hari (kg)
- h_{fg} = panas laten penguapan (kJ/kg)
- t = lama pengujian (s)

2.5 EFISIENSI ALAT DESTILASI

Efisiensi alat destilasi merupakan perbandingan energi panas untuk menguapkan air laut yang menjadi produk air bersih terhadap besar radiasi matahari yang diterima oleh alat destilasi melalui plat penyerap radiasi matahari dalam selang waktu tertentu. Untuk perhitungan efisiensi alat destilasi air laut tenaga surya dapat digunakan persamaan :

$$\eta_d = \frac{m_k \times h_{fg}}{A_c \times I_T \times t} \times 100 \%$$

Dimana :

- m_k = total massa air kondensat (kg)
- h_{fg} = panas laten penguapan (kJ/kg)
- A_c = luas plat penyerap (m^2)
- I_T = intensitas radiasi matahari (W/m^2)
- t = lama waktu pengujian (s)

2.6 KOEFISIEN KERUGIAN PANAS TOTAL

Proses perpindahan panas tidak semuanya dapat diubah menjadi energi lain, dan pada kolektor surya terjadi kerugian panas. Kerugian panas ini terjadi pada bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping. Pada umumnya kerugian panas bagian samping diabaikan karena luasan kontak perpindahan panas dari plat penyerap ke samping sangat kecil dibandingkan dengan luasan plat penyerap pada bagian atas/bawah.

Untuk koefisien kerugian panas total dapat ditulis sebagai berikut :

$$U_L = U_t + U_b$$

Dimana :

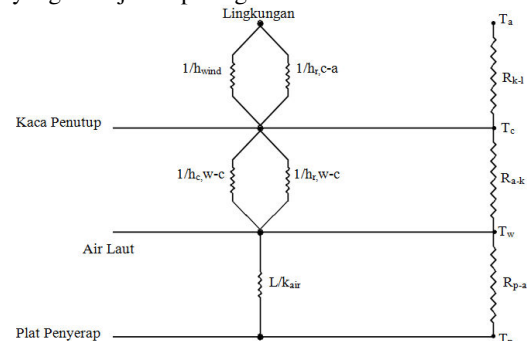
U_L = koefisien kerugian panas total ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

U_t = koefisien kerugian panas bagian atas ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

U_b = koefisien kerugian panas bagian bawah ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

2.6.1 ANALISIS KERUGIAN PANAS BAGIAN ATAS

Kerugian panas pada bagian atas terjadi secara konveksi, radiasi, dan konduksi. Kerugian panas bagian atas akan diperlihatkan pada rangkaian termal yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Rangkaian termal kerugian panas bagian atas

Nilai koefisien kerugian panas bagian atas secara teori dapat didekati dengan persamaan berikut (Arismunandar, 1995) :

$$\frac{1}{U_t} = R_{k-l} + R_{a-k} + R_{p-a}$$

$$= \frac{1}{h_{wind} + h_{r-o}} + \frac{1}{h_{r-i} + h_{c-i}} + \frac{k}{L}$$

Dimana :

L = tinggi air dalam basin (m).

k = konduktivitas termal air ($W/m \cdot ^{\circ}C$).

- Koefisien radiasi dalam (h_{r-i}) :

$$h_{r-i} = \frac{\sigma(T_w^4 - T_c^4)}{\left(\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1\right)(T_w - T_c)}$$

- Koefisien konveksi dalam (h_{c-i}) :

$$h_{c-i} = 1 - 0,0018(\bar{T} - 10) \frac{1,14 \Delta T^{0,31}}{L^{0,07}}$$

- Koefisien konveksi angin (h_{wind}) :

$$h_{wind} = 5,7 + 3,8V$$

dimana V adalah kecepatan angin (m/s).

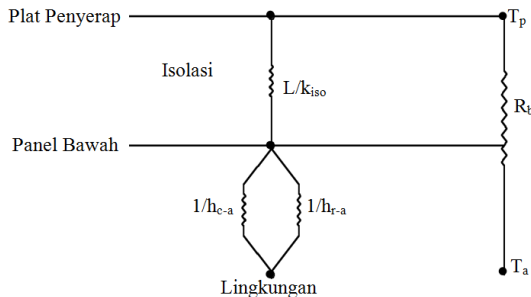
- Koefisien radiasi luar (h_{r-o}) :

$$h_{r-o} = \frac{\epsilon_c \cdot \sigma(T_c^4 - T_{langit}^4)}{T_c - T_{langit}}$$

$$\text{dimana } T_{langit} = 0,0552(T_a^{1,5})$$

2.6.2 Analisis Kerugian Panas Bagian Bawah

Kerugian panas bagian bawah terjadi secara konduksi dari plat penyerap ke panel bawah, sedangkan kerugian konveksi dan radiasi diabaikan karena nilainya lebih kecil dibandingkan dengan kerugian secara konduksi.



Gambar 2.4 Rangkaian termal kerugian panas bagian bawah

Nilai koefisien kerugian panas bagian bawah didekati dengan persamaan berikut :

$$U_b = \frac{k_{iso}}{L}$$

Dimana :

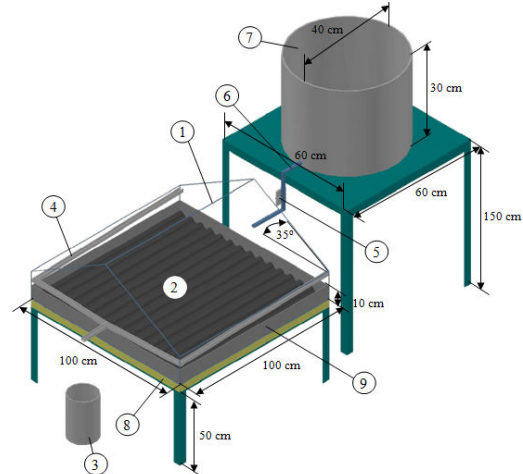
k = konduktivitas termal isolasi (W/m.⁰C)

L = tebal isolasi (m)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah pengujian eksperimental terhadap rancang bangun destilasi air laut tenaga surya untuk mendapatkan perbandingan unjuk kerjanya apabila menggunakan plat penyerap tipe datar, tipe gelombang dan tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil.

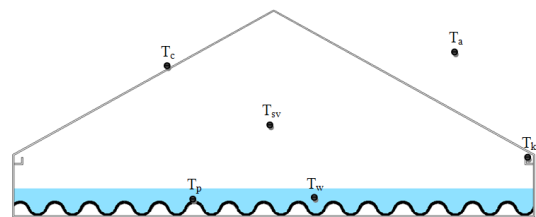
3.1 RANCANGAN ALAT UJI



Gambar 3.1 Alat destilasi air laut tenaga surya menggunakan plat penyerap radiasi tipe bergelombang

Keterangan Gambar :

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1. Kaca penutup | 6. Pipa |
| 2. Plat penyerap | 7. Reservoir Air Laut |
| 3. Gelas Ukur | 8. Isolasi |
| 4. Kanal | 9. Basin |
| 5. Keran / katup | |



Gambar 3.2. Penempatan alat ukur temperatur

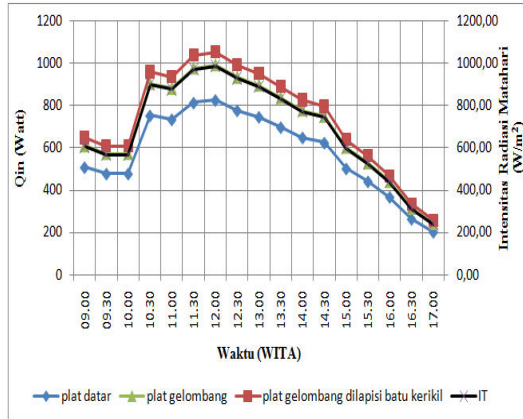
Prinsip kerja alat destilasi air laut tenaga surya ini adalah air laut yang berada dalam reservoir akan dialirkan menuju basin (penampung air di dalam alat destilasi) melalui pipa penghubung. Air laut yang berada dalam basin akan dipanaskan oleh radiasi matahari melalui media plat penyerap yang berada pada dasar basin. Air laut akan mengalami penguapan dan kemudian akan mengalami pengembunan pada kaca penutup bagian bawah. Hasil pengembunan berupa kondensat akan mengalir mengikuti kemiringan kaca penutup dan masuk ke kanal (saluran kondensat) yang selanjutnya akan ditampung dalam penampung air bersih.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

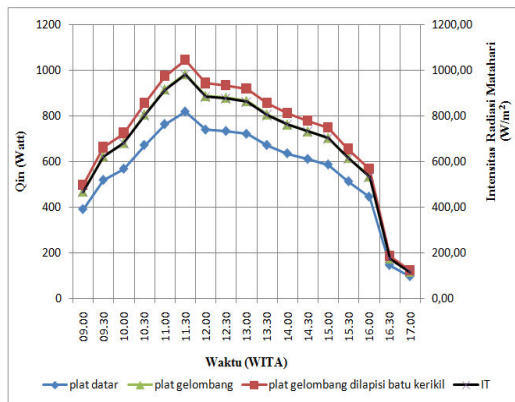
Untuk mempermudah melakukan analisa maka data-data hasil pengujian dan perhitungan digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik-grafik yang digambarkan tersebut adalah grafik performansi destilasi air laut tenaga surya yang terdiri dari grafik

perbandingan energi masuk kolektor terhadap intensitas radiasi matahari, grafik perbandingan energi berguna kolektor terhadap intensitas radiasi matahari, grafik perbandingan energi berguna destilasi terhadap intensitas radiasi matahari, dan grafik perbandingan efisiensi destilasi yang ditunjukkan sebagai berikut :

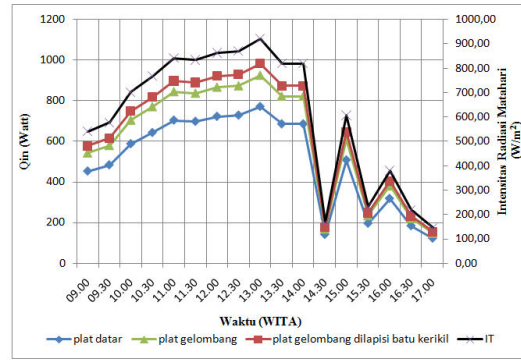
Gambar 4.1 sampai gambar 4.3 berikut merupakan grafik perbandingan energi masuk pada kolektor (Q_{in}) terhadap intensitas radiasi matahari (I_T):



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Energi Masuk Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Kamis 09 Juni 2011



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Energi Masuk Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Jumat 10 Juni 2011

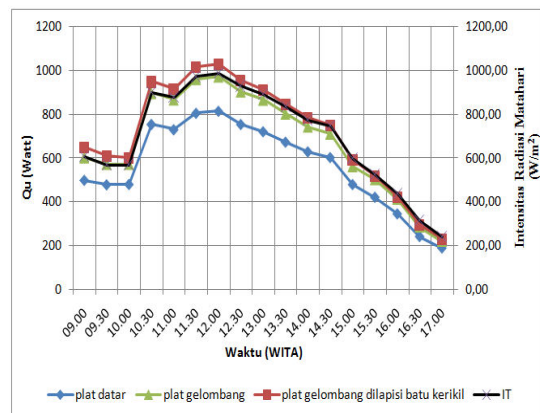


Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Energi Masuk Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Sabtu 11 Juni 2011

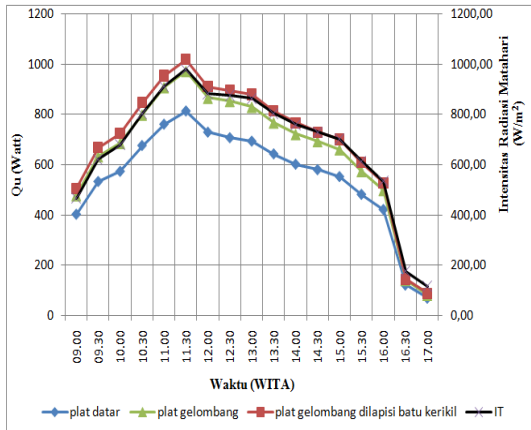
Energi masuk kolektor (Q_{in}) merupakan besarnya energi yang dapat diserap oleh plat penyerap yang dihasilkan oleh matahari. Dari ketiga grafik energi masuk kolektor tersebut terlihat bahwa energi masuk kolektor pada plat gelombang yang dilapisi batu kerikil lebih besar dibandingkan dengan plat gelombang dan plat datar. Hal ini disebabkan oleh luasan dan nilai koefisien absorptivitas dari plat gelombang yang dilapisi batu kerikil lebih besar dibandingkan dengan plat gelombang dan plat datar. Selain itu, intensitas radiasi matahari (I_T) juga sangat mempengaruhi energi masuk pada kolektor.

Dari tiga hari pengujian didapat energi masuk tertinggi tertapat pada interval pukul 11.30 Wita sampai 13.00 Wita. Pada pengujian hari III yaitu Sabtu 11 Juni 2011 terlihat pada pukul 14.00 Wita sampai pukul 14.30 Wita terjadi penurunan. Itu disebabkan karena pada saat pengujian tersebut matahari tertutup awan yang mengakibatkan intensitas radiasi menurun sehingga energi masuk pada kolektor juga mengecil.

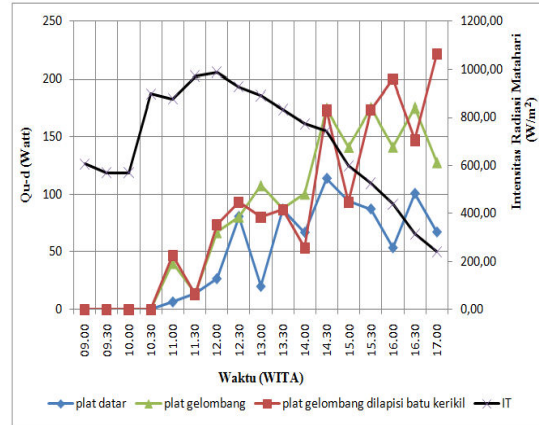
Gambar 4.4 sampai gambar 4.6 berikut merupakan grafik perbandingan energi berguna pada kolektor (Q_u) terhadap intensitas radiasi matahari (I_T):



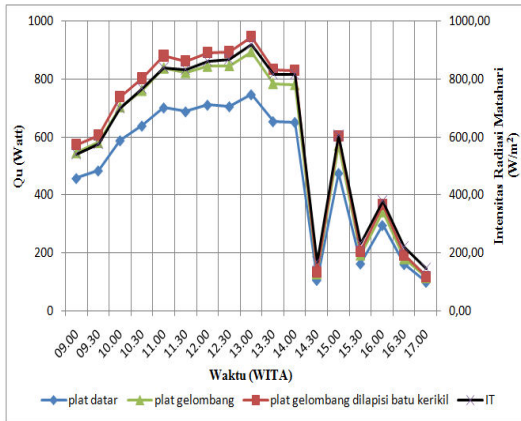
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Energi Berguna Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Kamis 09 Juni 2011



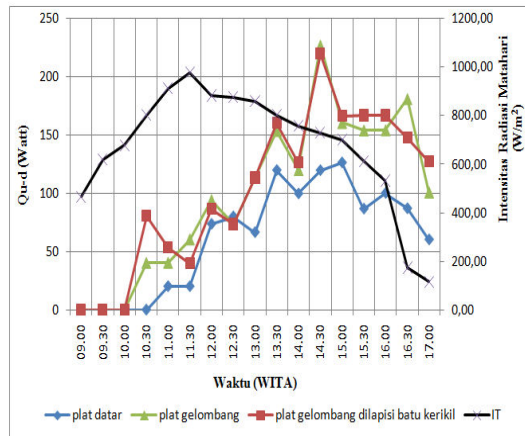
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Energi Berguna Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Jumat 10 Juni 2011



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Energi Berguna Destilasi Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Kamis 09 Juni 2011



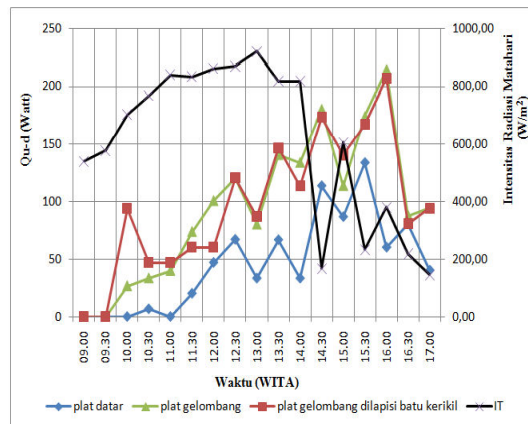
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Energi Berguna Kolektor Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Sabtu 11 Juni 2011



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Energi Berguna Destilasi Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Jumat 10 Juni 2011

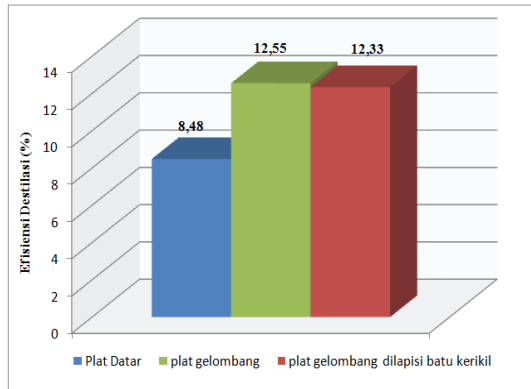
Dari ketiga grafik energi berguna kolektor (Q_u) yang ditunjukkan pada gambar 4.4, gambar 4.5 dan gambar 4.6 diatas, terlihat bahwa energi berguna pada plat bergelombang yang dilapisi batu kerikil lebih besar dibandingkan dengan plat datar dan plat gelombang. Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari energi yang masuk ke kolektor (Q_{in}) dan keluar kolektor (Q_{out}). Dimana dalam energi masuk kolektor dipengaruhi oleh luasan penyerap, absorptivitas penyerap dan intensitas radiasi surya.

Gambar 4.7 sampai gambar 4.9 berikut merupakan grafik perbandingan energi berguna destilasi (Q_{u-d}) terhadap intensitas radiasi matahari (I_T):



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Energi Berguna Destilasi Terhadap Intensitas Radiasi Matahari, Sabtu 11 Juni 2011

Dari grafik energi berguna destilasi (Q_{u-d}) yang ditunjukkan dalam gambar 4.7 sampai gambar 4.9 diatas, terlihat pada saat intensitas radiasi matahari menurun maka energi berguna pada destilasi mulai meningkat. Itu disebabkan pada saat intensitas menurun menyebabkan proses pengembunan menjadi cepat sehingga massa air kondensat yang dihasilkan pun menjadi besar.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Efisiensi Destilasi

Efisiensi destilasi (η_d) merupakan kemampuan alat destilasi untuk menghasilkan produk destilasi yang berupa kondensat. Dari gambar 4.10 diatas terlihat efisiensi destilasi yang menggunakan plat penyerap tipe gelombang dan tipe gelombang yang dilapisi batu kerikil lebih besar dibandingkan dengan tipe datar, karena hasil produksi yang berupa kondensat pada plat penyerap tipe gelombang dan tipe gelombang yang dilapisi batu kerikil lebih banyak dibandingkan dengan tipe datar. Dengan intensitas radiasi matahari yang besar, maka uap air yang dihasilkan juga meningkat. Dengan meningkatnya intensitas radiasi matahari tersebut maka temperatur cover juga meningkat, sehingga proses pengembunan tidak dapat berjalan dengan baik karena pengembunan memerlukan media permukaan dengan temperatur ideal. Pada saat hari semakin sore dimana intensitas radiasi juga menurun akan menyebabkan temperatur cover juga menurun sehingga proses pengembunan pada saat itu juga meningkat.

Efisiensi destilasi pada plat penyerap tipe gelombang yang dilapisi batu kerikil mencapai 12,33%, dengan rata-rata produktivitas air tawar mencapai 1203 gram. Pada plat penyerap tipe gelombang efisiensi mencapai 12,55% dengan rata-rata produktivitas air tawar sebanyak 1173 gram. Sedangkan pada plat penyerap tipe datar efisiensi destilasi mencapai 8,48%, dengan rata-rata produktivitas air tawar mencapai 665 gram.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa data-data hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap alat destilasi air laut tenaga surya menggunakan penyerap

radiasi tipe bergelombang yang berbahan dasar beton, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Performansi dari alat destilasi air laut tenaga surya menggunakan penyerap radiasi tipe gelombang yang berbahan dasar beton ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan luasan pada plat penyerap
2. Dari hasil penelitian, performansi dari alat destilasi yang menggunakan plat penyerap tipe gelombang dan tipe gelombang yang dilapisi batu kerikil lebih besar dibandingkan dengan plat penyerap tipe datar.
3. Intensitas radiasi matahari (I_T) sangat mempengaruhi energi masuk kolektor (Q_{in}), dan energi berguna kolektor (Q_u). Intensitas radiasi matahari tertinggi terjadi antara pukul 11.30 Wita sampai dengan pukul 13.00 Wita.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdullah, Sugeng, 2005, Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Tawar Dari Air Laut, *Laporan Penelitian Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*.
2. Duffie and all, 1991, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, Inc, United State of America.
3. Hastami, Fitria, 2009, Alat Penjernih Air Tenaga Surya Dengan Solar Kolektor, *Laporan PKM Peneliti Jurusan Fisika Universitas Sebelas Maret*.
4. Holman, J. P. alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M. Sc, 1997, *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.
5. Incropera Prank P and David D. Hewitt. 1996. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Fourth edition. John Wiley. New York.
6. Ismail, Nova R. 2010. Pengaruh Bentuk Cover Terhadap Produktivitas Dan Efisiensi Solar Still. *Jurnal Teknologi Universitas Widyagama Malang* Vol.3 No.1. (70-74).
7. Jansen, T. J. alih bahasa oleh Prof. Wiranto Arismunandar, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
8. Mulyanef., Marsal., Arman R., Sopian K. 2006. Sistem Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar Dengan Tipe Kaca Penutup Miring. *Jurusan Teknik Mesin Universitas Bung Hatta Padang*.