

## Pengaruh Tebal Kaca Penutup terhadap Efisiensi Kolektor Surya Pelat Gelombang Tipe V pada Proses Destilasi Air Laut

Dedy A. Bara<sup>1)</sup>, Gusnawati<sup>1)</sup>, Nurhayati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597  
Email:alexanderbara97@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh ketebalan kaca penutup 3mm, 5mm dan 8mm untuk mendapatkan efisiensi kolektor surya plat V dan efisiensi destilasi. Dari hasil penelitian terlihat bahwa efisiensi kolektor dan jumlah air destilasi yang dihasilkan pada ketebalan kaca 3 mm, 5 mm dan 8 mm mengalami penurunan secara bersamaan dengan efisiensi kolektor tertinggi pada ketebalan kaca penutup 3 mm dengan nilai rata-rata sebesar 47,45% dan efisiensi terendah terjadi pada ketebalan kaca penutup 8 mm dengan nilai rata-rata sebesar 40,65 %. Sedangkan jumlah air destilasi terbesar terjadi pada ketebalan kaca penutup 3 mm dengan nilai rata-rata sebesar 16,93 mL dan jumlah air terkecil pada ketebalan kaca 8 mm dengan nilai rata-rata sebesar 11,13 mL. Akibatnya efisiensi rata-rata destilasi terbesar terjadi pada ketebalan kaca 3 mm sebesar 13,95%, sedangkan efisiensi rata-rata destilasi terendah terjadi pada ketebalan kaca 5 mm sebesar 8,86%. Hal ini disebabkan karena ketebalan kaca 3 mm memiliki nilai transmisivitas tinggi dan absorbtivitas berbanding terbalik dengan ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm memiliki transmisivitas rendah dan absorbtivitas tinggi

*Kata Kunci: Kolektor surya, efisiensi destilasi, efisiensi kolektor, tebal kaca.*

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of the glass cover with the thickness 3 mm, 5 mm and 8 mm to get the efficiency of solar collector plate V and the efficiency of distillation. The result is that the efficiency of collector and the amount of water distillation produced by the glass cover with the thickness 3 mm, 5 mm, and 8 mm reduced simultaneously. The highest efficiency of collector occurred on the glass cover with the thickness 3 mm with an average value of 47.85% and the lowest efficiency occurred on glass cover with the thickness 8 mm with the average value of 40.65%. While the highest amount of water distillation occurred on glass cover with the thickness 3 mm with an average value of 16.93 mL and the lowest amount of water occurred on the glass with the thickness 8 mm with an average value of 11.13 mL. Consequently, the average of efficiency of the lowest distillation occurred on glass with the thickness 5 mm is 8.86%. This is due to the glass cover with the thickness 3 mm has a high transmission and absorption in which it is inversely proportional to the glass cover with the thickness 5 mm and 8 mm that has low transmission and high absorption.*

*Key Words: Solar collector, Efficiency of distillation, efficiency of collector, glass thickness*

### PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, kebutuhan akan energi semakin meningkat. Kebutuhan energi tersebut sebagian besar diperoleh dari pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara. Disisi lain bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui sehingga lama kelamaan akan habis. Saat ini ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis sehingga perlu dilakukan penyediaan energi

alternatif atau energi yang dapat diperbarui. Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka salah satu energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan sebagai pengganti energi fosil adalah energi surya. Selain bersifat energi tak terbatas keuntungan dari pemanfaatan energi surya yaitu penggunaannya aman dan tidak menghasilkan polusi udara.

Salah satu pemanfaatannya adalah dengan melakukan destilasi air laut menggunakan tenaga surya. Prinsip dasar destilasi air laut menggunakan tenaga surya adalah dengan cara menguapkan air laut, kemudian menampung air

yang diembunkan, sehingga diharapkan garam mineral dan kotoran-kotoran yang ada pada air laut tersebut akan terpisahkan, sehingga diperoleh hasil akhir berupa air bersih. 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 sistem destilasi air laut tenaga surya, kolektor surya sangat berperan penting karena kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari yang masuk dan diubah menjadi energi termal dan meneruskan energi tersebut ke fluida. Prinsip kerja dari kolektor surya ini adalah radiasi matahari yang jatuh permukaan kolektor, kemudian ditransmisikan melalui kaca penutup transparan dan diubah menjadi energi panas oleh pelat penyerap. Selanjutnya akan terjadi perpindahan panas dari pelat penyerap menuju fluida yang mengalir melewati dalam kolektor. Pada kolektor surya, pelat penyerap sangat berperan penting karena berfungsi sebagai penyerap intensitas radiasi matahari dan mengkonversikan menjadi energi panas. Selain itu, kaca penutup kolektor surya merupakan salah satu komponen terpenting dari destilasi surya yang berfungsi untuk mengurangi hilangnya panas dari plat penyerap ke lingkungan dan tempat kondensasi. Melihat uraian di atas penulis ingin membuat alat destilasi air laut menggunakan kolektor surya pelat gelombang V dengan jenis kaca penutup transparan dan sudut kemiringan 30°. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi alat destilasi, melalui variasi ketebalan kaca penutup pada kolektor yaitu 3 mm, 5 mm dan 8 mm.

## KAJIAN PUSTAKA

### Energi Surya

Energi surya adalah sumber energi yang paling utama di muka bumi. Semua makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan dan manusia kehidupannya tergantung pada energi ini. Energi ini sangat melimpah, ramah lingkungan, dan tidak bersifat polutif sehingga sangat baik sekali untuk dikembangkan menjadi energi alternatif yang lain. Dalam pemanfaatan energi ini diperlukan pengetahuan dan teknologi yang tinggi agar menghasilkan energi terbarukan yang efisien dan ekonomis (Sudiyanto, 2011).

Radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik atau paket-paket energi (photon) yang dapat dibawa sampai pada jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium (ini yang menyebabkan mengapa perpindahan panas radiasi sangat penting pada ruang vakum), disamping itu jumlah energi yang dipancarkan sebanding dengan temperatur benda tersebut. Kedua hal tersebut yang membedakan antara peristiwa perpindahan panas konduksi dan konveksi dengan perpindahan panas radiasi (Koestoer, 2002).

### Radiasi Surya

Radiasi surya yang diterima pada setiap titik permukaan bumi tergantung pada hal-hal berikut ini:

- Posisi surya berdasarkan waktu hari
- Posisi surya berdasarkan musim
- Arah kemiringan lokasi
- Besar sudut kemiringan lokasi
- Ketinggian lokasi dari permukaan air laut
- Situasi sekitar lokasi

Ada tiga macam cara radiasi surya yaitu (Wiranto, 1995)

- Radiasi langsung (*Beam/direct radiation*) adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.
- Radiasi hambur (*diffuse radiation*) adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

- Radiasi total (*global radiation*) adalah penjumlahan radiasi langsung dan radiasi hambur. Misalnya data untuk suatu permukaan miring yang menghadap tanah tertutup salju serta menerima komponen radiasi karena pemantulan harus dijelaskan terlebih dahulu kondisi saljunya yaitu sifat pemantulannya (*reflektansi*).

### Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor terjadi karena adanya perbedaan temperatur. Panas akan mengalir (berpindah) dari tempat yang temperaturnya lebih tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah. Perbedaan panas terjadi menurut tiga mekanisme, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

### Kaca

Kaca merupakan sebuah substansi yang keras dan rapuh, serta merupakan padatan amorf. Hal ini dikarenakan bahan-bahan pembuat kaca bersifat amorf yang mana dapat meleleh dengan mudah. Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa anorganik yang mana telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi.

Kaca merupakan bentuk lain dari gelas (Glass). Oksida-oksida yang digunakan untuk menyusun komposisi kaca dapat digolongkan menjadi :

- Glass Former merupakan kelompok oksida pembentuk utama kaca.
- Intermediatec, oksida yang menyebabkan kaca mempunyai sifat-sifat yang lebih spesifik, contohnya untuk menahan radiasi, menyerap UV, dan sebagainya.
- Modifier, oksida yang tidak menyebabkan kaca memiliki elastisitas, ketahanan suhu, tingkat kekerasan, dll.

Sifat kaca yang penting untuk dipahami adalah sifat pada saat kaca berbentuk fasa cair dan fasa padatnya. Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari kaca antara lain :

- Sifat mekanik, *tension strength* atau daya tarik adalah sifat mekanik utama dari kaca. *Tensile strength* merupakan tegangan maksimum

yang dialami oleh kaca sebelum terpisahnya kaca akibat adanya tarikan (*fracture*). Sumber *fracture* ini dapat muncul jika kaca mempunyai cacat di permukaan, sehingga tegangan akan terkonsentrasi pada cacat tersebut. Kekuatan dari kaca akan bertambah jika cacat di permukaan dapat dihilangkan.

- Densitas dan Viskositas, densitas adalah perbandingan antara massa suatu bahan dibagi dengan volumenya. Nilai densitas dari kaca adalah sekitar 2,49 g/cm<sup>3</sup>. Densitas dari kaca akan menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Sedangkan, viskositas merupakan sifat kekentalan dari suatu cairan yang diukur pada rentang temperatur tertentu. Viskositas dari kaca sekitar 4,5 x 10<sup>7</sup> poise. Harga viskositas dari kaca merupakan fungsi dari suhu dengan kurva eksponensial.
- Sifat termal, konduktivitas panas dan panas ekspansi merupakan sifat thermal yang penting dari kaca. Kedua sifat ini digunakan untuk menghitung besarnya perpindahan panas yang diterima oleh cairan kaca tersebut. Nilai dari tahanan kaca sekitar 10<sup>20</sup> – 1Ω cm<sup>13</sup>.

### Optical properties

- Refractive properties, kaca mempunyai sifat memantulkan cahaya yang jatuh pada permukaan kaca tersebut. Sebagian sinar dari kaca yang jatuh itu akan diserap dan sisanya akan diteruskan. Apabila cahaya dari udara melewati medium padat seperti kaca, maka kecepatan cahaya saat melewati kaca menurun. Perbandingan antara kecepatan cahaya di udara dengan kecepatan cahaya yang lewat gelas ini disebut dengan indeks bias. Nilai indeks bias untuk kaca adalah ± 1,52.
- Absorbive properties, intensitas cahaya yang masuk kedalam akan berkurang karena adanya penyerapan sepanjang tebal kaca tersebut. Jika kaca semakin tebal, maka energi cahaya yang diserap akan semakin banyak sedangkan intensitas cahaya yang masuk melalui kaca akan semakin rendah.
- Stabilitas kimia adalah ketahanan suatu bahan terhadap pengaruh zat kimia. Stabilitas kimia

banyak dipengaruhi oleh bahan – bahan pembentuk kaca.

Bahan baku utama yang dapat digunakan untuk pembuatan kaca, antara lain:

- Pasir silika berguna untuk membentuk cairan gelas yang sangat kental yang memiliki ketahanan terhadap perubahan temperatur yang mendadak.
- Dolomite ( $\text{CaO.MgO.H}_2\text{O}$ ). Penggunaan dolomite sangat penting karena dapat mempermudah peleburan (menurunkan temperatur peleburan) serta mempercepat proses pendinginan kaca.
- Soda Ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Soda Ash ini digunakan sebagai sumber  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Fungsi dari  $\text{Na}_2\text{O}$  adalah menurunkan titik lebur. Penggunaan Soda Ash adalah mempercepat pembakaran, menurunkan titik lebur, mempermudah pembersihan gelembung dan mengoksidasi besi.
- Cullet merupakan sisa–sisa dari pecahan kaca yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku utama dari produksi kaca.

#### **Kolektor Energi Surya**

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada udara yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Kolektor surya yang pada umumnya memiliki komponen-komponen utama, yaitu:

- *Cover* berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi menuju lingkungan.
- *Absorber* berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
- *Isolator* berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan.
- *Frame* berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor

#### **Proses Destilasi**

Destilasi adalah proses pemisahan garam dan mineral lainnya dari air laut dan air payau dengan cara pemanasan guna mendapatkan air murni (air bersih). Pada proses destilasi tenaga surya, air laut dipanaskan dengan tenaga surya di dalam kolektor kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasikan untuk memperoleh air tawar. Proses ini menghasilkan air tawar yang sangat tinggi kemurniannya dibandingkan dengan proses lain, (Mulyanef, 2010).

#### **Sistem Pengumpulan Langsung Destilasi Surya**

Metode ini memerlukan teknologi yang relatif sederhana dan dapat dioperasikan oleh pekerja yang tidak terampil. Karena kebutuhan proses pemeliharaan yang rendah, dapat digunakan dengan sejumlah masalah kecil yang ada di mana-mana. Sebuah contoh awal dari sistem pengumpulan matahari langsung, penggunaan rumah kaca untuk menguapkan air asin. Di mana tangki air laut dalam jumlah konstan dengan posisi terbalik dan ditutup kaca amplop berbentuk V, bagaimana sinar matahari melewati kaca penutup dan diserap oleh pelat absorber berwarna hitam lalu dipanaskan dengan tekanan uap yang meningkat. Uap air yang dihasilkan kemudian dikondensasikan di bagian bawah atap dan uap berjalan menuju ke dalam palung, kemudian terjadinya perilaku penyulingan air di waduk.

#### **Efisiensi Termal Kolektor Surya**

Ukuran tingkat *performace collector* disebut juga efisiensi kolektor. Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara terhadap energi radiasi yang diterima oleh kolektor dalam waktu tertentu. Jika ditinjau dari laju aliran massa udara, banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur udara. Besar tahanan termal yang terjadi antara *absorber* dengan kaca pada kolektor terjadi secara konduksi dan radiasi. Perhitungan tahanan termal antara absorber dengan kaca dilakukan secara konduksi karena tidak ada aliran udara yang

terjadi di dalam kolektor.

### Perhitungan Koefisien Konveksi

#### Randall, Vee-Corrugated Enclosures

Parameter yang menghubungkan ketebalan relatif antara lapisan batas hidrodinamik dan lapisan batas termal. *Randall* menginvestigasi permukaan gelombang bentuk V dan mengkorelasikan data dalam bilangan *Reynolds* dan *Nusselt* dalam bentuk persamaan:

$$h_w = \frac{Nu_L \cdot k}{L}$$

$$Nu = \max \left[ (C \cdot Ra^n), 1 \right]$$

dimana  $h_w$  sebagai koefisien perpindahan panas,  $k$  konduktivitas termal fluida dan  $Nu$  merupakan Suatu bilangan yang didapat secara empiris yang besarnya tergantung dari bilangan *Reynold* dan bilangan *Prandtl* untuk konveksi paksa dan tergantung pada bilangan *Rayleigh* untuk konveksi bebas (alami).

#### Konveksi antara kaca penutup dan pelat absorber

$$R_a = \frac{g\beta' \Delta T_{cg-abs} L^3}{\nu \alpha} = \frac{g \frac{1}{T_{fcg-abs}} \Delta T_{cg-abs} L^3}{\nu \alpha}$$

dimana:

$R_a$  = Bilangan *Rayleigh*

$g$  = Konstanta gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$\beta$  = Koefisien ekspansi volumetric (untuk gas ideal  $\beta' = \frac{1}{T}$ )

$\Delta T$  = Perbedaan temperature antara kaca penutup dengan absorberd

$L$  = Panjang karakteristik kaca penutup (m)

$\nu$  = Viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/s)

$\alpha$  = Difusi thermal (m<sup>2</sup>/s)

#### Perhitungan Koefisien Radiasi

Kaca hanya dapat melewati cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang kecil sehingga ketika panjang gelombang cahaya membesar maka cahaya tidak akan dapat keluar dari rumah kaca lagi karena panjang gelombangnya membesar dan energinya akan membuat suhu dalam rumah kaca menjadi

sangat panas karena terakumulasi terus menerus (Koestoer, 2002).

$$h_{r,amb-cg} = \epsilon_{cg} \sigma \frac{(T_{cg} + T_{sky})(T_{cg}^2 + T_{sky}^2)(T_{cg} - T_{sky})}{(T_{cg} - T_{amb})}$$

dimana:

$\epsilon_{cg}$  = Emisitas kaca penutup

$\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzmann  $5,67 \times 10^{-8}$

$T_{cg}$  = Temperatur kaca (°C)

$T_{sky}$  = Temperatur panas datang (°C)

$T_{amb}$  = Temperatur lingkungan (°C)

$h_{r,cg-abs}$  = Radiasi antara kaca penutup dan absorber (W/m<sup>2</sup>.K)

Sifat dari permukaan radiasi (emisivitas) didefinisikan sebagai perbandingan radiasi yang dihasilkan oleh permukaan benda hitam pada temperatur yang sama. Emisivitas mempunyai nilai yang berbeda tergantung kepada panjang gelombang dan arahnya. Nilai emisivitas bervariasi dari 0-1, di mana benda hitam mempunyai nilai emisivitas 1 (Koestoer, 2002).

$$h_{r,cg-abs} = \frac{\sigma (T_{abs} + T_{cg})}{\frac{1 - \epsilon_{abs}}{\epsilon_{abs}} + \frac{1}{F_{12-3}} + \frac{(1 - \epsilon_{cg}) A_p}{\epsilon_{cg} A_c}}$$

dimana:

$\epsilon_{abs}$  = Emisitas absorber

$A_p$  = Luasan penampang Kolektor

$A_c$  = Luasan penampang pelat absorberd (m<sup>2</sup>)

$F_{12-3}$  = Perpindahan panas penampang dari kaca menuju pelat absorberd dan pelat penyerap.

#### Perhitungan Performansi Kolektor Surya

- Tahanan thermal antara kaca penutup dan udara luar

$$R_1 = \frac{1}{h_w + h_{r,amb-cg}}$$

- Tahanan thermal antara kaca penutup dan pelat absorber

$$R_2 = \frac{1}{h_{c,cg} + h_{r,cg-abs}}$$

- Koefisien perpindahan panas bagian atas

Rugi-rugi kalor pada bagian atas terjadi secara konveksi dan radiasi, sedangkan rugi-rugi kalor secara konduksi diabaikan sebab tebal

cover kecil sehingga perbedaan temperatur tidak begitu signifikan (William,1986). Maka nilai koefisien rugi-rugi kalor bagian atas secara teori dapat didekati dengan persamaan berikut

$$U_T = \frac{1}{R_1 + R_2 + \frac{1}{h_{f1}}}$$

- Koefisien perpindahan panas bagian bawah  
Maka nilai koefisien rugi-rugi kalor bagian bawah secara teori dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$U_B = \frac{1}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{1}{h_{f2}}}$$

- Overall Heat Transfer Coefficients

Proses perpindahan panas tidak semuanya dapat diubah menjadi energi lain, dan pada kolektor surya terjadi kerugian panas. Kerugian panas ini terjadi pada bagian atas, dan bagian bawah. Pada umumnya kerugian panas bagian samping diabaikan karena luasan kontak perpindahan panas dari pelat penyerap ke samping sangat kecil dibandingkan dengan luasan pelat penyerap pada bagian atas/bawah. Untuk koefisien kerugian panas total dapat ditulis sebagai berikut :  $U_L = U_T + U_B$

dimana:

$U_T$  = Koefisien kerugian kalor bagian atas (W/m<sup>2</sup>.K)

$U_B$  = Koefisien kerugian panas bagian bawah (W/m<sup>2</sup>.K)

$U_L$  = Koefisien kerugian panas total (W/m<sup>2</sup>.K)

- Faktor efisiensi kolektor

Namun peningkatan energi panas yang dapat dimanfaatkan tidak otomatis akan meningkatkan efisiensi, apabila tambahan energi yang diberikan jauh lebih besar daripada kenaikan energi yang didapatkan, maka efisiensi sistem justru akan menurun. Kemampuan sistem untuk memindahkan kalor ke fluida dapat dilihat dari *heat removal factor*, yaitu hasil kali antara faktor efisiensi dan faktor aliran fluida, dimana efisiensi faktor sendiri dipengaruhi oleh kolektor sehingga dengan laju alir yang sama, maka desain kolektor akan memegang peranan yang dominan dalam meningkatkan harga *heat removal factor* (William,1986).

- Maka faktor efisiensi dapat dihitung pada persamaan di bawah ini

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U_L}{\frac{h_1}{\sin \frac{\theta}{2}} + \frac{1}{\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_r}}}}$$

- Faktor Aliran Kolektor

$$\psi = \frac{\dot{m} \cdot C_p}{A_c \cdot U_L \cdot F'}$$

$$F'' = \psi \left[ 1 - e^{-\psi} \right]$$

- Faktor Pelepasan Kalor Kolektor

Faktor pemindahan panas kolektor,  $F_R$ , menyatakan rasio antara energi yang berguna aktual dari kolektor terhadap energi berguna maksimum yang dapat diperoleh kolektor.

$$F_R = F'' \cdot F'$$

- Faktor energi kalor yang dihasilkan

Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa titik puncak dari  $Q_U$  ataupun intensitas belum tentu merupakan titik puncak dari efisiensi, karena titik puncak efisiensi sendiri adalah kondisi dimana terjadi peningkatan  $Q_U$  yang sebesar-besarnya dengan peningkatan intensitas matahari yang terkecil. Harga efisiensi aktual selalu lebih rendah dari harga teoritisnya, hal ini berlaku untuk ketiga bahan kolektor. Analisa perhitungan efisiensi teoritis berdasar pada kondisi permukaan, serta mengasumsikan bahwa kondisi fluida adalah sama dengan permukaan sistem

$$\dot{Q}_{uteo} = A_c F_R \left[ S - U_L (T_{fin} - T_{amb}) \right]$$

- Efisiensi Kolektor

Energi radiasi yang mengenai bahan mengalami beberapa proses dimana sebagian energinya dipantulkan, sebagian lagi diserap dan sebagian lagi diteruskan dimana yang dipantulkan disebut fraksi refleksifitas ( $\rho$ ), dan fraksi yang diserap disebut fraksi absorpsi ( $\alpha$ ), dan fraksi yang diteruskan disebut fraksi transmisivitas ( $\tau$ ) perbandingan antara fluks yang diserap oleh pelat penyerap dengan fluks yang mengenai kaca penutup merupakan hasil kali transmisivitas dengan absorptivitas. Berkas

radiasi matahari yang mengenai kolektor panas ditunjukkan oleh faktor ( $\tau\alpha$ ). Faktor ini merupakan hasil kali transmisifitas dan absorptivitas. Diasumsikan bahwa kaca penutup tidak menyerap radiasi matahari sehingga semua radiasi matahari diteruskan ke pelat penyerap. Apabila menghitung reduksi laju panas yang hilang karena penyerapan radiasi oleh kaca penutup sangat kecil dibandingkan yang diserap pelat penyerap, maka efisiensi kolektor surya dapat dinyatakan (Duffie & Beckman, 1991)

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T}$$

dimana:

- $\eta$  = Efisiensi kolektor surya (%)
- $Q_u$  = Energi yang diserap ( $W/m^2$ )
- $A_c$  = Luasan absorber ( $m^2$ )
- $I_T$  = Intensitas cahaya ( $W/m^2$ )

- Efisiensi Destilasi

Efisiensi destilasi merupakan perbandingan energi panas untuk menguapkan air laut yang menjadi produk air bersih terhadap besar radiasi matahari yang diterima oleh alat destilasi melalui pelat penyerap radiasi matahari dalam selang waktu tertentu (Astawa Ketut, 2011), dengan persamaan:

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

Dimana:

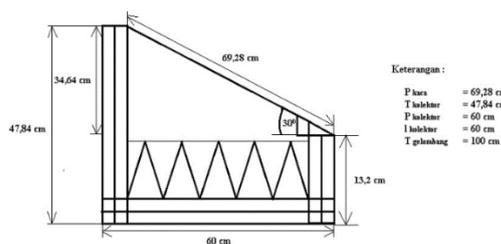
- $m$  = Massa air kondensat (L)
- $h_{fg}$  = Panas laten penguapan (kJ/kg)
- $A_c$  = Luas pelat penyerap ( $m^2$ )
- $I_T$  = Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )
- $t$  = Lama waktu pengujian (s)

## METODE

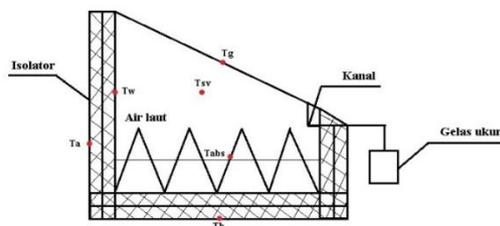
### Desain Kolektor Surya untuk Proses Destilasi

Kotak kolektor dibuat sebanyak 3 buah, masing-masing memiliki luasan 60 cm x 60 cm, dan tinggi kolektor 47,84 cm dengan sudut 30°. Sedangkan tripleks yang digunakan memiliki tebal 1,2 cm dan tebal styrofoam adalah 2 cm.

Pada bagian penutup kolektor menggunakan kaca bening (transparan), dengan variasi ketebalan kaca yang akan digunakan adalah 3, 5, 8 mm. Dinding kolektor dilapisi styrofoam untuk mengurangi rugi panas yang terlepas ke lingkungan. Pelat aluminium 0,4 mm ditempa sampai berbentuk gelombang V dengan tinggi gelombang 100 mm dan memiliki sudut 35°. Selanjutnya pelat absorber yang telah dibentuk dilapisi dengan plastik hitam mengikuti bentuk pelat.



Gambar 1. Desain kolektor



Gambar 2. Penempatan Alat Ukur

### Pengambilan Data

Sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu kolektor ditempatkan di bawah sinar matahari langsung dan tidak terhalang pepohonan atau bangunan selama penelitian berlangsung. Pengambilan data pada penelitian ini adalah :

- Mengukur temperatur kaca, ( $T_g$ ).
- Mengukur temperatur ruang basin, ( $T_{sv}$ ).
- Mengukur temperatur dinding kolektor, ( $T_w$ ).
- Mengukur temperatur pelat absorberd, ( $T_{abs}$ ).
- Mengukur temperatur bagian bawah kolektor, ( $T_b$ ).
- Mengukur temperatur lingkungan, ( $T_a$ ).
- Mengukur air destilasi yang dihasilkan (liter).

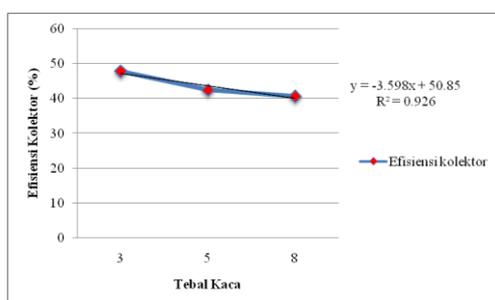
### Analisa Data

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis matematis yakni semua data yang diperoleh pada saat penelitian dianalisis berdasarkan rumus-rumus perhitungan yang ada. Dengan menyelidiki pengaruh ketebalan kaca penutup dan volume air dalam basin terhadap efisiensi kolektor surya tipe gelombang V pada proses destilasi air laut. Berdasarkan data yang telah diperoleh, maka analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- Menghitung koefisien perpindahan panas pada variasi ketebalan kaca penutup 3, 5, 8 mm.
- Menghitung energi kalor yang dihasilkan dari kolektor pada variasi ketebalan kaca penutup 3, 5, 8 mm.
- Menghitung koefisien kerugian panas total dari kolektor pada variasi ketebalan kaca penutup 3, 5, 8 mm.
- Menghitung efisiensi kolektor dari masing-masing variasi ketebalan kaca penutup terhadap proses destilasi 3, 5, 8 mm.
- Menghitung efisiensi destilasi dari masing-masing variasi ketebalan kaca penutup terhadap proses destilasi 3, 5, 8 mm.

### PEMBAHASAN

#### Pengaruh Tebal Kaca terhadap Efisiensi Kolektor

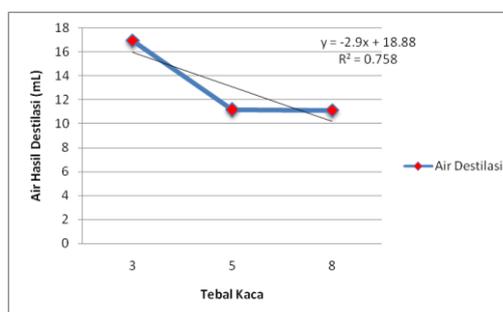


Gambar 3. Grafik hubungan antara ketebalan kaca terhadap Efisiensi Kolektor

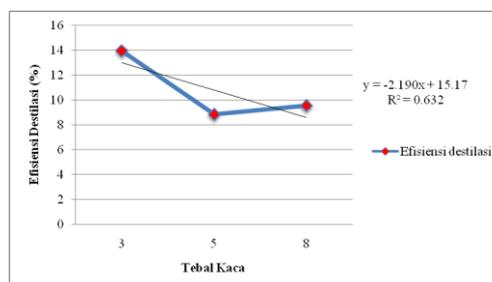
Berdasarkan Gambar 3 di atas, terlihat bahwa efisiensi kolektor dari ketiga jenis ketebalan kaca mengalami penurunan, di mana

nilai efisiensi rata-rata tertinggi terjadi pada kaca ketebalan 3 mm yaitu 47,85 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pada ketebalan kaca 8 mm yaitu 40,65 %. Dari grafik terlihat bahwa semakin tebal kaca penutup maka efisiensi kolektor surya semakin menurun, fenomena ini terjadi karena radiasi matahari yang akan menembus kaca dan diteruskan menuju pelat absorber untuk memanaskan air sepenuhnya tidak diteruskan menuju pelat absorber, namun terhambat oleh kaca sehingga dapat mempengaruhi kerugian panas total kolektor surya yang terbuang ke lingkungan ( $U_L$ ) juga semakin besar dan mengakibatkan efisiensi kolektor surya perlahan-lahan mengalami penurunan.

#### Pengaruh Tebal Kaca Penutup terhadap Jumlah Air dan Efisiensi Destilasi



Gambar 4. Grafik hubungan antara ketebalan kaca terhadap Jumlah air destilasi



Gambar 5. Grafik hubungan antara ketebalan kaca terhadap Efisiensi Destilasi

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 di atas, terlihat bahwa ketiga jenis ketebalan kaca penutup mengalami penurunan. Pada grafik hubungan antara ketebalan kaca penutup terhadap jumlah air destilasi, ketebalan kaca

penutup 3 mm lebih besar menghasilkan air tawar hasil destilasi dibanding ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm. Hal ini disebabkan karena ketebalan kaca penutup 3 mm lebih banyak meneruskan radiasi matahari menuju pelat absorber dibandingkan dengan ketebalan kaca 5 mm dan 8 mm, sehingga proses penguapan lebih cepat dan air hasil destilasi yang dihasilkan juga cenderung lebih banyak dari ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm. Akibat dari faktor ini, maka sangat mempengaruhi efisiensi destilasi. Hal ini terbukti pada grafik hubungan antara ketebalan kaca penutup terhadap efisiensi destilasi di atas. Di mana ketebalan kaca penutup 3 mm menghasilkan jumlah air tawar lebih banyak dari ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm. Namun ketebalan kaca penutup yang digunakan juga sangat mempengaruhi proses perpindahan panas. Di mana, kolektor surya yang menggunakan ketebalan kaca penutup 3 mm menghasilkan temperatur air keluar yang tinggi disebabkan karena ketebalan kaca penutup 3 mm memiliki transmisivitas tinggi dan absorbtivitas rendah sehingga ketika radiasi matahari mengenai kaca maka radiasi tersebut akan lebih banyak diteruskan menuju absorber untuk kemudian digunakan dalam proses pemanasan air. Sedangkan kolektor surya yang menggunakan ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm memiliki transmisivitas rendah dan absorbtivitas tinggi sehingga radiasi matahari yang mengenai kolektor surya akan lebih banyak diserap oleh kaca sehingga ketebalan kaca penutup 5 mm dan 8 mm akan lebih panas dibanding ketebalan kaca 3 mm dan radiasi yang diteruskan ke absorber juga lebih sedikit sehingga pemanasan airnya juga akan semakin kecil.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa data yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa:

Ketebalan kaca penutup mempengaruhi efisiensi kolektor dan jumlah air destilasi yang

dihasilkan. Dari hasil penelitian terlihat bahwa efisiensi kolektor dan jumlah air destilasi yang dihasilkan pada ketebalan kaca 3 mm, 5 mm dan 8 mm mengalami penurunan secara bersamaan. Dimana rata-rata efisiensi kolektor surya dengan ketebalan kaca 3 mm yaitu 47,85 %, 5 mm yaitu 42,48% dan 8 mm yaitu 40,65 %, Jika semakin tebal kaca penutup yang digunakan maka efisiensi kolektor akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk air destilasi, semakin tebal kaca penutup yang digunakan maka jumlah air destilasi yang dihasilkan juga akan mengalami penurunan, dimana rata-rata jumlah air destilasi pada ketebalan kaca 3 mm yaitu 16,93 mL, 5 mm yaitu 11,20 mL dan 8 mm yaitu 11,13 mL. Sedangkan nilai rata-rata efisiensi destilasi pada ketebalan kaca 3 mm yaitu 13,95 %, 5 mm yaitu 8,86 % dan 8 mm yaitu 9,57 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.Fudholi, K. Sopian, M.Y. Othman, M.H. Ruslan, M.A. AlGhoul, A. Zaharim and R. Zulkifly. 2008. "Heat Transfer Correlation for the V-Groove Solar Collector", Solar Energy Research Institute, University Kebangsaan Malaysia 43600 Bangi Selangor Malaysia.
- [2] Astawa, K. 2011. "Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Aluminium". Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- [3] BashriaA., and Nor Mariha Adam. 2006. "Performance Analysis For V-Groove Absorber" Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, University Putra Malaysia.

- [4] Burhan, M., Wijaya, R., S, Anis, dan Karnowo. 2012. "Pemanfaatan Kolektor Surya Pemanas Air dengan Menggunakan Seng Bekas Sebagai Absorber untuk Mereduksi Pemakaian Bahan Bakar Minyak Rumah Tangga", Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang,
- [5] Duffie, J.A. and Beckman, W.A. 1991. "Solar Engineering of Thermal Processes", Toronto, John Wiley & Sons.
- [6] Frank, K. 1996. "Prinsip-prinsip Perpindahan Panas", Alih bahasa Arko Prijono, Edisi ketiga, Cetakan keempat, Erlangga, Jakarta.
- [7] Holman, J. P. 1995. "Perpindahan Kalor", Alih bahasa E. Jasjfi, Edisi kelima, Cetakan kelima, Erlangga, Jakarta.
- [8] Mark W. Zemansky & R. H. Dittman, 1986. Terbitan ke 6 "Kalor Dan Termodinamika", Diterjemahkan Oleh Suroso, Penerbit ITB, Bandung.
- [9] Michael J. Moran, I. Howard N Shapiro .2006. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics". John Wiley & S Ltd, The Atrium, Southern G Chichester, England.
- [10] Mone. 2014. "Analisis Efisiensi Kolektor Surya Pelat Gelombang Tipe V Terhadap Variasi Tinggi Gelombang Dan Tipe Aliran Udara". Jurusan Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- [11] Mulyanef. 2010. "Kaji Eksperimental Untuk Meningkatkan Performansi Destilasi Surya Basin Tiga Tingkat Menggunakan Beberapa Bahan Penyimpanan Panas". Jurusan Teknik Mesin, Universitas Bung Hatta. Padang.
- [12] Raldi Artono Koestoer. 2002. "Perpindahan Kalor" Edisi I, Salemba Teknika, Jakarta.
- [13] Santosa, I. 2010. "Sistem Perpindahan Panas Single Basin Solar Still Dengan Memvariasi Sudut Kemiringan Kaca Penutup", jurnal teknik mesin, Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal.
- [14] Sudiyanto, N. A. 2011. "Studi Eksperimental Unjuk Kerja Kolektor Surya V-Grove Terhadap Perubahan Aspek Ratio Pada Honeycom", Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [15] Wiranto Arismunandar. 1995. "Teknologi Rekayasa Surya", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [16] Y. A. Çengel and M. A. Boles. 2006. "Thermodynamics: An Engineering Approach", 5<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill, (Last update: Dec. 29, 2005).
- [17] Yasrendra Rosa. 2005. "Rancang Bangun Kolektor Pelat Datar Energi Surya Untuk Sistem Pengeringan Pasca Panen", Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang.