

## M5-015 Pemanfaatan Arang Untuk Absorber Pada Destilasi Air Energi Surya

I Gusti Ketut Puja

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta  
Kampus III Paingan Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta, Indonesia  
Phone: +62-274-883037, FAX: +62-274-886529, E-mail: ketut@staff.usd.ac.id

### ABSTRAK

*Air bersih merupakan keperluan sehari-hari masyarakat untuk minum dan memasak. Ada beberapa cara penjernihan air secara sederhana diantaranya dengan menggunakan alat destilasi energi surya. Alat destilasi energi surya yang ada umumnya menggunakan pelat yang dicat hitam sebagai absorbernya, tetapi dewasa ini banyak penelitian dilakukan untuk mencari bahan absorber yang lebih murah dan mudah didapatkan seperti arang.*

*Pada penelitian ini dibuat model alat destilasi energi surya dengan menggunakan absorber dari arang pada beberapa variasi ketinggian air dalam alat, tebal lapisan arang dan ukuran butiran arang yang akan diteliti pengaruhnya pada unjuk kerja alat. Alat destilasi air energi surya pada penelitian ini terdiri dari 4 komponen: (1) kolektor dengan luas  $0,5 \text{ m}^2$  yang dilengkapi lapisan arang sebagai absorber dan kaca penutup sebagai kondenser, (2) tangki pemasok air yang dilengkapi dengan katup apung, (3) tangki head konstan untuk mengatur ketinggian air dalam kolektor, (4) tangki penampungan air destilasi. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur air mula-mula ( $T_{f1}$ ), temperatur air setelah selang waktu tertentu ( $T_{f2}$ ), radiasi surya yang datang pada permukaan miring kolektor ( $G$ ), lama waktu pencatatan data.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi maksimum 18,64% dan hasil air destilasi  $0,161 \text{ liter air/m}^2 \cdot \text{jam}$  dengan dengan arang butiran sedang (diameter 6 mm), tebal arang 1 cm dan tinggi air 2 cm*

*Kata kunci: penjernih air, destilasi, energi surya, absorber, arang*

---

## 1. Pendahuluan

Ada beberapa cara penjernihan air secara sederhana misalnya dengan penyaringan. Cara lain adalah dengan memanfaatkan energi surya yaitu menggunakan alat destilasi surya. Alat destilasi surya memiliki keuntungan dalam hal biaya yang murah, pemakaian dan perawatan yang mudah. Alat destilasi surya yang ada umumnya menggunakan pelat yang dicat hitam sebagai absorbernya, tetapi dewasa ini banyak penelitian dilakukan untuk mencari bahan absorber yang lebih murah dan mudah didapatkan seperti aspal dan arang. Informasi tentang unjuk kerja alat destilasi yang menggunakan arang di Indonesia belum banyak sehingga hal ini memerlukan penelitian untuk menjajagi kemungkinan penggunaan arang yang ada di Indonesia sebagai bahan absorber alat destilasi air energi surya.

Pada penelitian ini akan dibuat model alat destilasi energi surya dengan menggunakan absorber dari arang pada beberapa variasi ketinggian air dalam alat, tebal lapisan arang dan ukuran butiran arang yang akan diteliti pengaruhnya pada unjuk kerja alat..

Komponen utama sebuah alat destilasi energi surya adalah kolektor. Bagian utama kolektor destilasi energi surya adalah absorber dan kaca penutup. Absorber berfungsi sebagai penyerap energi surya untuk memanasi air yang akan didestilasi. Kaca penutup berfungsi sebagai kondenser yang berfungsi mengembunkan uap air. Bagian lain yang umum terdapat pada kolektor destilasi adalah saluran masuk air terkontaminasi, saluran keluar air destilasi dan permukaan reflektif untuk memantulkan energi surya yang datang ke absorber.

Proses destilasi meliputi penguapan dan pengembunan air. Air yang terkontaminasi menguap karena mendapat kalor dari absorber, bagian yang menguap hanya air sedangkan bahan kontaminasi tertinggal di absorber. Uap naik keatas dan bersentuhan dengan kaca, karena temperatur kaca bagian luar lebih rendah dari temperatur bagian dalam kolektor maka air mengembun. Embun mengalir ke saluran keluar karena posisi kaca yang miring.

Bahan absorber umumnya adalah pelat yang dicat warna hitam. Dewasa ini banyak diteliti material lain sebagai absorber diantaranya aspal dan arang. Arang mempunyai keutungan selain murah, arang juga mempunyai kapasitas penyimpanan panas yang kecil dan kapasitas penyerapan energi surya yang baik. Unjuk kerja alat destilasi energi surya umumnya dinyatakan dengan efisiensi kolektor dan efisiensi alat destilasi. Efisiensi kolektor terdiri dari efisiensi sensibel kolektor dan efisiensi laten kolektor.

Efisiensi sensibel kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan temperatur sejumlah massa air dalam kolektor dari temperatur awal sampai temperatur penguapan (untuk air sekitar 95<sup>o</sup>C) dengan jumlah energi surya yang datang selama interval waktu tertentu. Efisiensi sensibel kolektor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_s = \frac{m_f C_p \Delta T}{A_c \int_0^t G \cdot dt} \quad (1)$$

dengan :

$A_c$  : luasan kolektor (m<sup>2</sup>)

$C_p$  : panas jenis fluida kerja (J/(kg.K))

$dt$  : lama waktu pemanasan (detik)

---

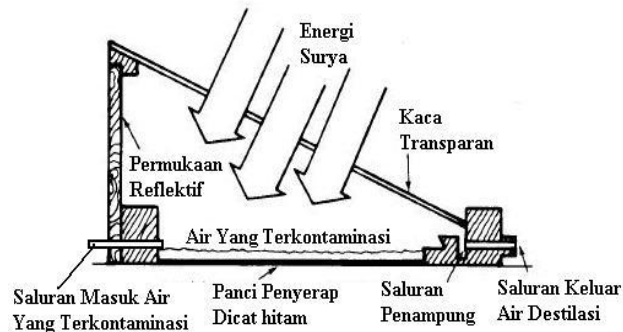
# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

$G$  : radiasi surya yang datang ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$m_f$  : massa fluida kerja (kg)

$\Delta T$  : kenaikan temperatur air (C)



Gambar 1. Skema kolektor alat destilasi energi surya

Efisiensi laten kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan fluida kerja dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu. Efisiensi laten kolektor dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$\eta_L = \frac{m_g \cdot h_{fg}}{A_c \int_0^t G \cdot dt} \quad (2)$$

dengan :

$A_c$  : luasan kolektor ( $\text{m}^2$ )

$dt$  : lama waktu pendidihan (detik)

$G$  : radiasi surya yang datang ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$h_{fg}$  : panas laten air ( $\text{J}/(\text{kg})$ )

$m_g$  : massa uap fluida kerja (kg)

Massa uap fluida kerja (m) dapat dihitung dengan:

$$m_g = \rho \cdot V \quad (3)$$

dengan:

$\rho$  : massa jenis uap ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V$  : volume langkah kerja pompa membran ( $\text{m}^3$ )

Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang berguna (menaikkan temperatur dan menguapkan fluida kerja) dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu atau efisiensi kolektor merupakan jumlah efisiensi sensibel dan efisiensi laten kolektor. Efisiensi kolektor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_c = \eta_s + \eta_L \quad (4)$$

dengan:

$\eta_s$  : efisiensi sensibel kolektor

$\eta_L$  : efisiensi laten kolektor

Efisiensi alat destilasi didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan fluida kerja dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu. Efisiensi alat destilasi sama dengan efisiensi laten kolektor dan dapat dihitung dengan persamaan :

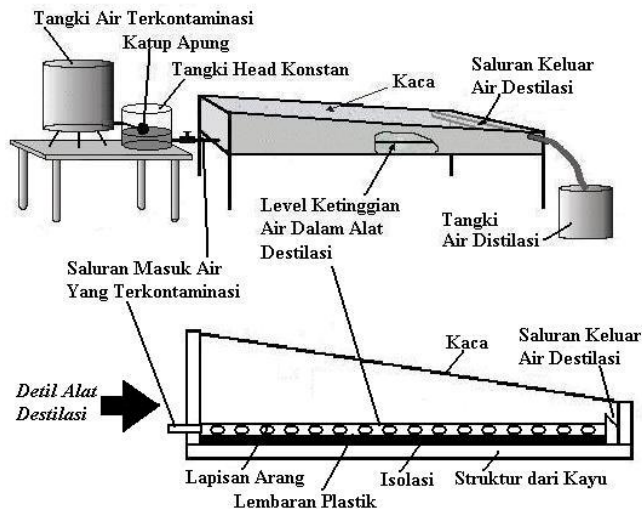
$$\eta_{Alat} = \eta_L \quad (5)$$

Alat destilasi energi surya konvensional umumnya dapat menghasilkan air bersih 6 liter per hari tiap satu meter persegi luasan kolektor. Keuntungan alat destilasi energi surya sebagai penjernih air diantaranya tidak memerlukan biaya tinggi dalam pembuatannya, pengoperasian dan perawatannya mudah (Kunze, 2001). Alat destilasi air laut energi surya menggunakan arang sebagai absorber sekaligus sebagai sumbu menghasilkan efisiensi 15% diatas alat destilasi jenis sumbu. Pada penelitian ini alat destilasi diposisikan miring dan air laut dialirkan dari satu sisi alat kesisi lain yang lebih rendah (Naim et. al., 2002). Penelitian alat destilasi energi surya menggunakan penyimpanan panas dengan material berubah fasa menghasilkan air destilasi 4,536 L/m<sup>2</sup> dalam 6 jam atau setara dengan efisiensi 36,2%. Material penyimpanan panas yang digunakan adalah air lilin parafin dan minyak parafin. Dengan menggunakan bahan penyimpanan panas alat destilasi ini dapat bekerja siang dan malam (Naim et. al., 2002). Penelitian alat destilasi surya satu tingkat menggunakan aspal sebagai penyimpanan panas dapat bekerja siang dan malam. Efisiensi yang dihasilkan sampai 51%. Proses destilasi pada malam hari memberikan kontribusi sebanyak 16% dari total air destilasi yang dihasilkan. Alat destilasi ini dilengkapi dengan penyembur air (Badran, 2007). Penelitian alat destilasi energi surya jenis kolam tunggal seluas 3m<sup>2</sup> di Amman, Jordania menggunakan campuran garam, pemberian warna lembayung dan arang untuk meningkatkan daya serap air terhadap energi surya menghasilkan peningkatan efisiensi sebesar 26% (Nijmeh et. al., 2005)

### 3. Metode Penelitian

Alat destilasi air energi surya pada penelitian ini terdiri dari 4 komponen:

1. Kolektor (komponen utama) dengan luas 0,5 m<sup>2</sup> yang dilengkapi lapisan arang sebagai absorber dan kaca penutup sebagai kondenser.
  2. Tangki pemasok air yang dilengkapi dengan katup apung.
  3. Tangki head konstan untuk mengatur ketinggian air dalam kolektor.
  4. Tangki penampungan air destilasi
- Secara detil peralatan penelitian dapat dilihat pada gambar 2
-



Gambar 2. Skema alat penelitian

### 3.1. Variabel yang divariasikan :

1. Jenis air terkontaminasi divariasikan sebanyak 3 variasi : air laut, air bercampur tanah, air kolam.
2. Ketinggian air dalam alat destilasi, divariasikan sebanyak 3 variasi.
3. Ketebalan lapisan arang dalam alat, divariasikan sebanyak 3 variasi.
4. Ukuran butiran arang, divariasikan sebanyak 3 variasi.

### 3.2. Variabel yang diukur :

1. Temperatur air mula-mula ( $T_{f1}$ )
2. Temperatur air setelah selang waktu tertentu ( $T_{f2}$ )
3. Radiasi surya yang datang pada permukaan miring kolektor ( $G$ )
4. Lama waktu pencatatan data

Untuk pengukuran temperatur digunakan termokopel dan untuk pengukuran radiasi surya digunakan solar sel yang telah dikalibrasi.

### 3.3. Langkah penelitian.

1. Penelitian diawali dengan penyiapan alat seperti pada gambar 2
2. Pengambilan data dilakukan dengan mevariasikan jenis air, ketinggian air, tebal lapisan arang dan ukuran butiran arang.
3. Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 data tiap 10 menit.
4. Pada variasi salah satu parameter, harga parameter yang lain tetap.
5. Data yang dicatat adalah temperatur air mula-mula ( $T_{f1}$ ), temperatur air setelah selang waktu tertentu ( $T_{f2}$ ), radiasi surya yang datang pada permukaan miring kolektor ( $G$ ), lama waktu pencatatan data.
6. Sebelum melanjutkan pengambilan data untuk variasi berikutnya kondisi alat destilasi harus didiamkan agar kembali ke kondisi awal sebelum dilakukan pengambilan data variasi saat ini.

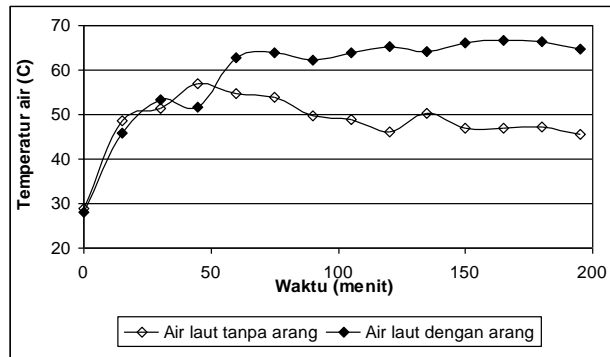
### 3.4. Pengolahan dan analisa data.

Pengolahan dan analisa data diawali dengan melakukan perhitungan pada parameter-parameter yang diperlukan dengan menggunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan (5). Analisa akan lebih mudah dilakukan dengan membuat grafik hubungan jumlah air destilasi, efisiensi kolektor dan

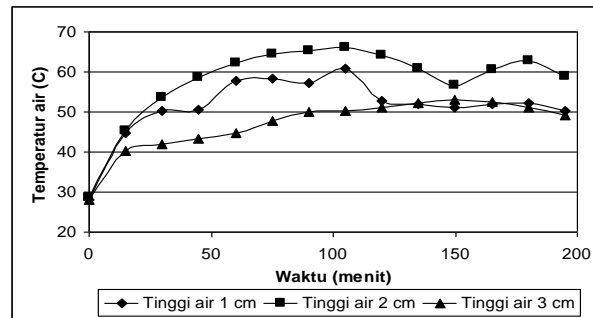
efisiensi alat destilasi dengan waktu, jenis air, ketinggian air, tebal lapisan arang dan ukuran butiran arang.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Dari gambar 5 terlihat bahwa penggunaan arang tidak menghambat proses kenaikan temperatur. Hal ini menunjukkan bahwa arang tidak menyimpan panas (kapasitas panas arang tidak besar). Kapasitas panas yang tidak besar merupakan sifat yang harus dimiliki penyerap panas (absorber) pada rekayasa tenaga surya pada umumnya. Alat destilasi yang menggunakan arang cenderung mempunyai temperatur yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan arang mempunyai absorbtivitas surya yang baik



Gambar 5. Hubungan temperatur air dan waktu pada destilasi air laut tanpa dan dengan arang butiran sedang, tebal arang 1 cm dan tinggi air 1 cm



Gambar 6. Hubungan temperatur air dan waktu pada destilasi air kolam dengan arang butiran sedang, tebal arang 1 cm dan tinggi air 1 cm, 2 cm dan 3 cm

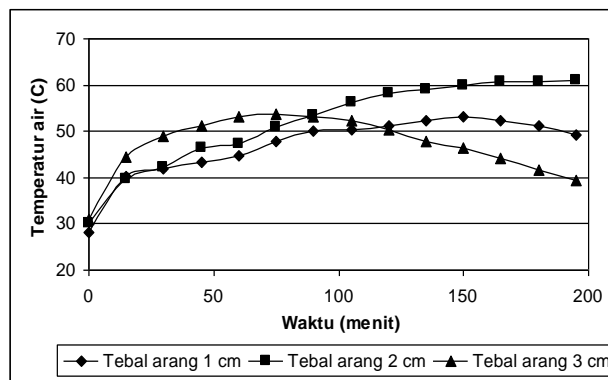
Gambar 6 menunjukkan bahwa ketinggian air dalam alat mempengaruhi temperatur yang dapat dicapai. Pada penelitian ini didapatkan ketinggian optimal yang dapat menghasilkan temperatur air terbesar adalah ketinggian air 2 cm. Ketebalan arang juga mempengaruhi temperatur air yang dapat dicapai. Jika arang terlalu tebal temperatur air yang dapat dicapai juga tidak terlalu besar (gambar 7). Hal ini disebabkan karena makin tebal arang kapasitas panas total semakin besar.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

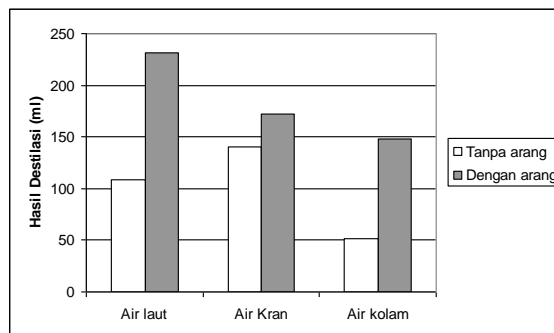
Selain ketebalan, besar butiran arang juga berpengaruh pada temperatur air yang dapat dicapai. Pada penelitian ini butiran halus (diameter 2,5 mm) dan sedang (diameter 6 mm) dapat menghasilkan temperature air yang lebih baik dari butiran arang yang kasar (diameter 12,5 mm). Hal ini disebabkan pada butiran halus dan sedang mempunyai luas permukaan kontak yang lebih besar dibandingkan luasan kontak yang dihasilkan butiran arang yang kasar.

Hasil destilasi (jumlah air) dan kemurnian air yang dihasilkan alat destilasi yang menggunakan arang lebih baik dibandingkan alat destilasi yang tidak menggunakan arang (gambar 8 dan 9). Hal ini disebabkan arang mempunyai sifat sebagai penjernih air (menyerap kandungan solid dari air). Kemurnian air yang dihasilkan juga tergantung dari jumlah air (ketebalan air) yang dijernihkan. Semakin banyak jumlah air maka kemurnian air destilasi yang dihasilkan juga semakin rendah.



Gambar 7. Hubungan temperatur air dan waktu pada destilasi air kolam dengan arang butiran sedang, tebal arang 1 cm, 2 cm dan 3 cm dan tinggi air 3 cm

Sebaliknya semakin tebal (banyak) arang yang digunakan maka kemurnian air yang dihasilkan semakin tinggi. Hubungan besar butiran arang terhadap kemurnian yang dihasilkan dapat terlihat pada gambar 10. Terlihat bahwa semakin besar butiran arang semakin tinggi kemurnian yang didapatkan. Hal ini kemungkinan disebabkan untuk menyerap kandungan solid dari air diperlukan ukuran arang tertentu.

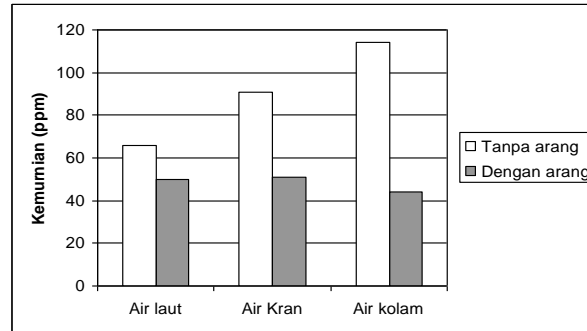


Gambar 8. Perbandingan hasil destilasi air laut, air kran dan air kolam, dengan dan tanpa arang sedang, tebal arang 1 cm dan tinggi air 1 cm

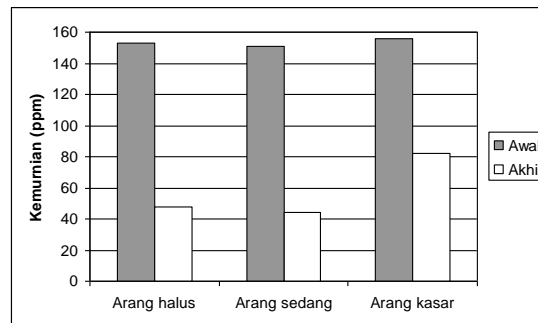
# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Dari gambar 11 terlihat bahwa kalor penguapan pada alat destilasi yang menggunakan arang lebih besar dibandingkan alat destilasi yang tidak menggunakan arang. Hal ini disebabkan karena arang meningkatkan penyerapan energi surya tetapi tidak menyimpannya. Efisiensi alat pada destilasi air kran dan air kolam juga lebih besar untuk alat yang menggunakan arang kecuali pada destilasi air laut. Hal ini mungkin disebabkan air laut sebenarnya mempunyai kandungan solid yang cukup untuk penguapan, tetapi dengan adanya arang kandungan solid ini berkurang (diserap arang). Pada variasi ketinggian air destilasi dapat diketahui bahwa terdapat ketinggian air optimal yang menghasilkan kalor penguapan dan efisiensi alat maksimum, pada penelitian ini didapatkan pada ketinggian air 2 cm (gambar 12).



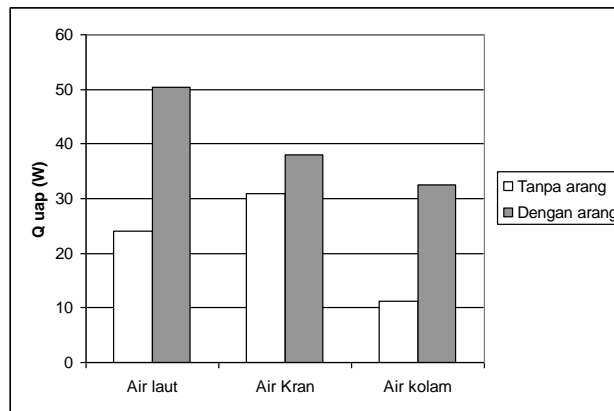
Gambar 9. Perbandingan kemurnian awal dan akhir hasil destilasi air laut, air kran dan air kolam, dengan dan tanpa arang sedang, tebal arang 1 cm dan tinggi air 1 cm



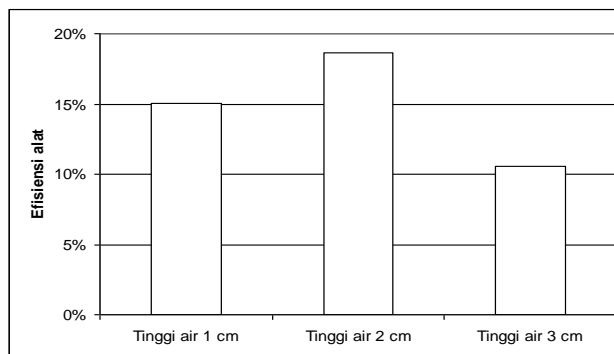
Gambar 10. Perbandingan kemurnian awal dan akhir hasil destilasi air kolam dengan tinggi air 1cm, tebal arang 1 cm dan variasi arang halus, sedang dan kasar

Demikian juga pada variasi ketebalan arang yang digunakan. Ketebalan arang yang menghasilkan kalor penguapan terbesar adalah ketebalan arang 2 cm. Sedangkan efisiensi maksimum didapatkan pada ketebalan arang 3 cm. Pada variasi butiran arang, kalor penguapan terbesar didapatkan pada butiran arang yang halus. Sedangkan efisiensi terbesar didapatkan pada butiran arang ukuran sedang





Gambar 11. Perbandingan kalor penguapan destilasi air laut, air kran dan air kolam, dengan dan tanpa arang sedang, tebal arang 1 cm dan tinggi air 1 cm



Gambar 12. Perbandingan efisiensi alat destilasi air kolam dengan arang sedang, tebal arang 1 cm dan variasi tinggi air 1 cm, 2 cm dan 3 cm

## 4. Kesimpulan

Dari pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa arang mempunyai sifat yang sesuai untuk digunakan pada alat destilasi surya yaitu absorbtivitas surya yang besar dan kapasitas panas yang kecil. Arang juga dapat meningkatkan kualitas kemurnian air hasil destilasi. Temperatur air dipengaruhi ketinggian air, ketebalan lapisan arang dan besar butiran arang. Kalor penguapan dan efisiensi alat pada penelitian ini dipengaruhi jenis air, ketinggian air, ketebalan lapisan arang dan besar butiran arang. Pada penelitian ini didapatkan efisiensi maksimum 18,64% dan hasil air destilasi 0,161 liter air/m<sup>2</sup>.jam dengan dengan arang butiran sedang (diameter 6 mm), tebal arang 1 cm dan tinggi air 2 cm Secara umum, penggunaan arang dapat direkomendasikan pada peralatan destilasi air untuk mendapatkan kualitas air yang lebih baik

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kopertis Wilayah V atas bantuan dana melalui DIPA tahun anggaran 2007.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## **Referensi**

Badran, O.O., (2007), Experimental Study Of The Enhancement Parameters On A Single Slope Solar Still Productivity, Desalination, 209, pp 136–143

Kunze, H. H.,(2001), A New Approach To Solar Desalination For Small- And Medium-Size Use In Remote Areas, Desalination, 139, pp 35–41

Naim, M.M.; Mervat, A.; Kawi, A. E., (2002), Non-Conventional Solar Stills Part 1. Non-Conventional Solar Stills With Charcoal Particles As Absorber Medium, Desalination, 153, pp 55–64

Naim, M.M.; Mervat, A.; Kawi, A. E., (2002), Non-Conventional Solar Stills Part 2. Non-Conventional Solar Stills With Energy Storage Element, Desalination, 153, pp 71–80

Nijmeh, S.; Odeh, S.; Akash, B., (2005), Experimental And Theoretical Study Of A Single-Basin Solar Still In Jordan, International Communications in Heat and Mass Transfer, 32, pp 565–572

---