

# Otopro

## JURNAL TEKNIK MESIN

Efektivitas Aki Basah dan Aki Kering Terhadap Beban Listrik pada Kendaraan Bermotor  
A. Grumany Wailandun, Ladiono

Pengelolaan Sampah dan Desain Komposter Aerob Skala Rumah Tangga (KRT)  
Mochamad Yadi

Pengaruh Shot Peening Terhadap Kekuatan Tarik Pada Paduan Al 2024-T3  
Sri Hartati

Analisis Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dengan Tingkat Resiko Sumber Bahaya Kecelakaan  
Arief Subekti

Penggunaan Catalytic Converter dengan Filter Butiran Zeolite dalam Upaya Penurunan Kadar Gas Buang CO dan HC pada Motor 4 Langkah  
Widiyanti

Eksperimental Karakteristik Pressure Drop pada Elbow 45° untuk Aliran Dua Fase Gas-Cairan  
Priyo Heru Adiwibowo

Optimasi Umur Pahat HSS untuk Proses Pemessinan Baja Melalui Manipulasi Besaran Sudut Bebas dan Sudut Ceram Ortogonal  
Dewanto

Analisa Kapasitas Produksi dalam Mengantisipasi Kenaikan Jumlah Permintaan di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Pabrik Tuban  
Umar Whini, Wahyu Dwi K.

Perancangan Kolektor Surya Tipe Plat Datar Sebagai Pengering Kerupuk  
Helmiizar

Otopro	Vol. 5	No. 2	Hlm. 95 - 195	Surabaya Mei 2010	ISSN 1858-411X
--------	--------	-------	------------------	----------------------	-------------------

## DAFTAR ISI

Efektivitas Aki Basah dan Aki Kering Terhadap Beban Listrik pada Kendaraan Bermotor A. Gummy Wailanduw, Ladiono .....	95-109
Pengelolaan Sampah dan Desain Komposter Aerob Skala Rumah Tangga (KRT) Mochamad Yadi.....	110-119
Pengaruh <i>Shot Peening</i> Terhadap Kekuatan Tarik Pada Paduan Al 2024-T3 Sri Hartati.....	120-125
Analisis Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dengan Tingkat Resiko Sumber Bahaya Kecelakaan Arief Subekti.....	126-134
Penggunaan Catalytic Converter dengan Filter Butiran Zeolite dalam Upaya Penurunan Kadar Gas Buang CO dan HO pada Motor 4 Langkah Widiyanti .....	135-144
Eksperimental Karakteristik Pressure Drop pada Elbow 45° untuk Aliran Dua Fase Gas- Cairan Priyo Heru Adiwibowo.....	145-153
Optimasi Umur Pabat HSS untuk Proses Pemesinan Baja Melalui Manipulasi Besaran Sudut Bebas dan Sudut Geram Ortogonal Dewanto .....	154-174
Analisa Kapasitas Produksi dalam Mengantisipasi Kenaikan Jumlah Permintaan di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Pabrik Tuban Umar Wiwi, Wahyu Dwi K.....	175-186
Perancangan Kolektor Surya Tipe Plat Datar Sebagai Pengering Kerupuk Helmizar .....	187-195

# PERANCANGAN KOLEKTOR SURYA TIPE PLAT DATAR SEBAGAI PENERING KERUPUK

Helmizar\*

e-mail: [Simbutunib@yahoo.com](mailto:Simbutunib@yahoo.com)

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi radiasi matahari sebagai pengering selama ini dilakukan secara konvensional, yaitu dengan memaparkan bahan yang akan dikeringkan (misalnya ikan, kerupuk, dll) langsung dibawah terik matahari. Proses pengeringan semacam ini memakan waktu yang relative lama, sebagai contoh pada pengeringan kerupuk setidaknya memakan waktu hingga 2 hari ketika cuaca sedang. Masalah lain yang muncul adalah produk yang dikeringkan menjadi tidak higienis, dimana lalat kerap hinggap di kerupuk, dan juga kotor karena debu. Dalam perkembangan waktu muncul tuntutan agar supaya proses pengeringan kerupuk menjadi lebih cepat, dan juga kerupuk yang lebih higienis. Bertitik tolak dari tuntutan tersebut, maka pada penelitian ini dirancanglah alat pengering kerupuk yang memanfaatkan energi matahari berupa kolektor panas tipe plat datar. Alat ini dirancang dengan kapasitas kerupuk sebanyak 5 kg. Hasil dilapangan menunjukkan alat pengering ini mampu mengeringkan kerupuk dan siap digoreng sebanyak 5 kg selama 1,7 jam (6200s). Sebagai pembanding, jika dikeringkan secara konvensional, maka kerupuk sebanyak 5 kg ini menjadi kering dan siap digoreng selama 2 hari (24 jam)

**Kata Kunci:** energi radiasi matahari, pengering, kerupuk, kolektor surya

## ABSTRACT

*The using of Solar energy radiation as dryer was done through conventional way, i.e by flattng the goods (fish, chips, etc) directly under the shine of the sun. This kind of drying process consume much time, as example at drying of the chips need 2 day at sunny weather. Another problem is the product become unhygienic, because of the flies and dust. At present, it is needed drying process faster and hygienic. Based on this demand, the objective of this research is to design chips dryer equipment using solar energy. This equipment is a flat plate heat collector using solar energy. This equipment designed for 5 kg chips. The result show that this dryer equipment can dry 5 kg chips for 1.7 hours (6200s). As comparison by using conventional method its consume 2 days (24 hours).*

**Keywords:** Solar energy radiation, dryer, chips, solar collector

---

\* Dosen Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

## Pendahuluan

Semakin hari, kebutuhan akan energi semakin meningkat. Akan tetapi energi yang sudah tersedia semakin berkurang. Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi radiasi matahari adalah sebagai pengering. Pada penelitian ini bahan yang akan dikeringkan adalah kerupuk. Pengeringan kerupuk secara konvensional membutuhkan waktu sekitar 24 jam. Tuntutan skala industri menginginkan proses pengeringan yang lebih singkat.

Pada penelitian ini dirancang alat pengering kerupuk yang mengoptimalkan pemanfaatan energi surya, sehingga waktu pengeringan menjadi lebih singkat. Untuk memaksimalkan energi radiasi matahari sebagai pengering kerupuk maka digunakan suatu perangkat untuk mengumpulkan energi radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi kalor yang digunakan untuk menguapkan air yang dikandung oleh kerupuk, sehingga didapat kerupuk yang kering dan siap digoreng.

## Teori Penunjang

### Prinsip Dasar Pengeringan

Pengeringan adalah proses memindahkan air dari bahan ke udara sekitarnya. Metode pengeringan secara garis besar dilakukan dengan dua cara, yaitu:

#### 1. Pemanasan bahan

Energi panas diberikan ke dalam bahan, sehingga kandungan air di dalam bahan berubah bentuk menjadi uap. Uap air dari

bahan tersebut selanjutnya dibawa oleh udara di sekitarnya.

#### 2. Menurunkan kelembaban nisbi udara sekitar.

Kelembaban nisbi udara dapat diturunkan dengan berbagai cara, misalkan dengan pemanasan, pendinginan, ataupun penurunan tekanan. Dengan berkurangnya tekanan nisbi udara sekitar, maka tekanan uap air bahan lebih besar dari pada tekanan uap air udara sekitar. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

Alat pengering kerupuk yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan prinsip pengeringan dengan kombinasi kedua metode tersebut. Pemanasan udara sekitar kolektor surya dengan memanfaatkan energi matahari, mengakibatkan kelembaban nisbi udara didalam kolektor surya akan turun. Hal ini akan menyebabkan terjadi aliran uap air dari kerupuk ke udara, akibatnya akan terjadi proses pengeringan kerupuk. Panas yang diterima oleh kerupuk dari kolektor surya secara konduksi akan menyebabkan kandungan air didalam kerupuk berubah bentuk menjadi uap dan mengalir keluar dari kerupuk, sehingga akan didapat kerupuk yang kering.

### A. Pengeringan Dengan Energi Surya

Alat pengeringan dengan menggunakan energi surya, dilakukan dengan cara mengumpulkan energi surya dan mengkonversikannya menjadi energi panas. Pada dasarnya ada beberapa cara mengumpulkan dan konversi energi surya dalam penerapan

pengeringan, diantara cara cara tersebut adalah:

1. secara tradisional, dimana bahan yang akan dikeringkan diletakkan dalam satu wadah yang dihamparkan diatas permukaan tanah di alam terbuka yang dapat disinari surya secara langsung. Keadaan pengeringan yang demikian, menyebabkan berbagai kerugian, diantaranya kehilangan energi panas sangat besar, hasil yang didapat kurang higienis.
2. cara lain yaitu dengan meletakkan bahan pada suatu wadah yang dimasukkan ke dalam suatu bangunan tertutup yang sekaligus berfungsi sebagai penyerap energi panas (absorber). Cara ini merupakan salah satu cara pengumpulan energi surya yang relative baik, dengan kehilangan panas relative kecil. Panas yang diterima, dikonversikan secara efektif dan terperangkap dalam bangunan tersebut sehingga pendistribusian panas dalam ruang pengering melalui mekanisme pindah panas dapat lebih efektif. Dengan demikian kehilangan panas ke lingkungan selama proses pengeringan dapat diminimalisir.

### B. Absorptivitas, Reflektivitas dan Transmittivitas

Bila seberkas radiasi menimpa suatu permukaan, sebagian radiasi akan dipantulkan dan sebagian lagi akan menembus medium tersebut. Selama menembus medium, radiasi akan terus mengalami pengurangan. Apabila tidak ada radiasi yang diteruskan maka berarti radiasi yang menembus medium diserap oleh medium tersebut. Maka medium ini dikatakan buram atau medium yang tidak tembus cahaya. Sebaliknya jika

tidak ada pengurangan radiasi dalam medium, maka seluruh radiasi diteruskan oleh medium, dikatakan sebagai medium transparan. Suatu sifat diantara kedua medium tadi adalah semitransparan dimana radiasi yang jatuh pada medium itu akan diserap dan diteruskan. Fraksi radiasi yang dipantulkan disebut reflektansi ( $\rho$ ), fraksi radiasi yang diserap disebut absorptansi ( $\alpha$ ) dan fraksi radiasi yang diteruskan disebut transmitansi ( $\tau$ ). Hukum kekekalan energi untuk benda semi transparan dinyatakan dengan Frank P. Incropera, and David P. DeWitt [1]:

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

.....  
.....(1)

Untuk suatu permukaan buram dinyatakan dengan :

$$\rho + \alpha = 1$$

.....  
.....(2)

Suatu permukaan buram yang tidak memantulkan radiasi disebut sebagai *blackbody* atau benda hitam. Suatu benda hitam dikatakan sebagai penyerap sempurna, oleh sebab itu benda hitam adalah suatu konsep ideal permukaan.

### C. Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya plat datar adalah suatu permukaan khusus alat penukar panas dimana perpindahan panas radiasi memegang peranan yang sangat penting. Pada kolektor surya plat datar, energi radiasi matahari diubah menjadi energi panas.

Kolektor surya plat datar dirancang untuk penggunaan energi pada temperatur moderat. Untuk keperluan temperatur kerja yang lebih tinggi, digunakan kolektor konsentrasi. Pada umumnya kolektor surya plat datar digunakan untuk pemanas air, pemanas ruang, pengkondisian udara dan proses

pengeringan. Kolektor ini tidak memerlukan alat pengarah matahari, jadi posisi kolektor relative tetap. Oleh karena itu secara mekanik, kolektor surya plat datar konstruksinya sederhana dan perawatannya lebih mudah.

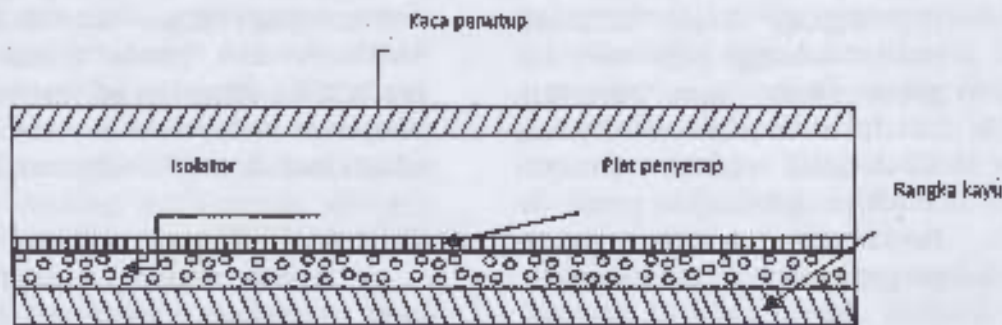
**1. Bagian-Bagian Utama Kolektor Surya Plat Datar**

Menurut Kristanto P [2] secara umum kolektor surya plat datar terdiri atas bagian-bagian utama sebagai berikut:

- a. Pelat penyerap, berfungsi untuk menyerap energi radiasi yang diteruskan penutup transparan. Bahan plat yang digunakan adalah tembaga, baja atau aluminium, yaitu logam yang memiliki konduktivitas tinggi. Biasanya permukaan plat dicat hitam buram untuk meningkatkan kemampuan serapnya. Apabila yang digunakan adalah pelat tembaga atau baja maka

dapat diberi lapisan khusus yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan sekaligus meminimumkan emisi.

- b. Kaca penutup, berupa kaca yang dapat meneruskan sebagian besar energi radiasi. Fungsinya adalah untuk mengurangi kehilangan panas konveksi ke sekeliling. Bahan yang digunakan umumnya kaca atau bisa juga plastic. Penutup bisa terdiri dari satu atau beberapa lapis kaca.
- c. Isolator, yaitu alat penyekat terbuat dari bahan dengan sifat konduktivitas rendah. Sesuai dengan namanya, fungsinya sebagai penyekat untuk meminimalkan kehilangan panas pada bagian bawah kolektor.
- d. Rangka kayu atau kotak penyangga, berfungsi sebagai tempat atau wadah kolektor. Susunan kolektor surya plat datar umumnya ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian Kolektor Surya Pelat Datar

**2. Persamaan Kesetimbangan Energi**

Persamaan kesetimbangan laju energi panas pada kolektor termal dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$q_u = q_i - q_l \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :  $q_u$  = energi yang dipakai (J/s),  
 $q_i$  = energi yang masuk (J/s)  
 dan  
 $q_l$  = energi yang hilang (J/s).

**a. Laju energi panas yang masuk**

Laju energi panas yang masuk pada kolektor termal energi surya (J/s) dipengaruhi oleh  $I_r$  jumlah intensitas radiasi rata-rata matahari pada permukaan ( $\text{watt/m}^2$ ),  $A_p$  luas plat penyerap kolektor termal ( $\text{m}^2$ ), dan hasil kali transmissivitas kaca penutup dengan absorpsivitas plat penyerap ( $\tau \cdot \alpha$ ),

sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$q_1 = A_p \cdot I_r \cdot (\tau \cdot \alpha) \dots\dots\dots(4)$$

**b. Laju energi panas yang digunakan**

Laju energi panas yang keluar dari kolektor termal energi surya dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$q_u = m \cdot h_{fg} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana : m = massa air yang dikandung kerupuk (kg)

$h_{fg}$  = Entalpi air pada tekanan 1 atmosfer (kJ/kg)

Sedangkan untuk mengetahui energy yang diperlukan tiap detik adalah :

$$\dot{Q} = \frac{q_u}{t} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana t = Waktu pengeringan (s)

Untuk mengetahui fraksi massa air rata-rata yang dikandung kerupuk bisa diketahui dari eksperimen dengan pengeringan biasa kerupuk dibawah permukaan matahari secara biasa kemudian di hitung dengan persamaan:

$$x = \frac{B_b - B_k}{B_b} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana x = fraksi massa air rata-rata yang dikandung kerupuk

$B_b$  = massa basah kerupuk (kg)

$B_k$  = massa kering kerupuk (kg)

Berat air yang dikandung kerupuk bisa didapat dengan mengalikan fraksi massa air rata-rata yang dikandung kerupuk dengan berat basah kerupuk yang akan direncanakan pada alat pengering.

$$m = x \cdot B_b \dots\dots\dots(8)$$

Dimana x = fraksi massa air rata-rata yang dikandung kerupuk

$B_b$  = massa basah kerupuk (kg)

**Hasil, Analisis, dan Pembahasan**

Perancangan kolektor surya tipe plat datar sesuai dengan keperluan akan alat tersebut, yakni sebagai pengering kerupuk. Oleh sebab itu sebelum merancang kolektor sebagai alat pengering maka harus ditentukan dahulu kapasitas kerupuk yang akan dikeringkan agar dapat diketahui energy yang diperlukan untuk menguapkan air yang dikandung kerupuk. Setelah diketahui energy yang diperlukan, maka dapat dirancang dimensi dari kolektor surya sesuai dengan energy yang dibutuhkan.

Spesifikasi bahan seperti yang ditunjukkan oleh table 1 berikut :

**Tabel 1. Spesifikasi Kolektor surya plat datar**

No	Data kolektor	Spesifikasi
1	Plat penyerap	Aluminium
	a) Tebal	0.6 mm
	b) Absorbsivitas	0.88
2	Penutup Kolektor	Kaca Bening
	a) Tebal	5 mm
	b) Transmisivitas	0.54
3	Isolator	Glasswool
	a) Tebal	2.5 cm
	b) Konduktivitas Panas	0.038 w/m°C

Untuk melakukan perancangan pada penelitian ini, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mencari fraksi massa air yang dikandung kerupuk  
fraksi massa air yang dikandung kerupuk dapat dihitung dengan persamaan 7

$$B_0 = 0.7 \text{ kg}$$

$$B_k = 0.5 \text{ kg}$$

$$x = \frac{0.7 \text{ kg} - 0.5 \text{ kg}}{0.7 \text{ kg}}$$

$$x = 0.286$$

Setelah diketahui fraksi massa air yang dikandung kerupuk, maka dapat dihitung  $m$  kerupuk yang dikalikan dengan kapasitas kerupuk basah yang diinginkan, dengan persamaan 8:

$$m = x \cdot B_0$$

$$m = 0.286 \cdot 5 \text{ kg}$$

$$m = 1.428571 \text{ kg}$$

- Menghitung energi yang diperlukan untuk menguapkan air yang dikandung kerupuk

Langkah selanjutnya adalah mencari enthalpy air pada tekanan 1 atmosfer dan  $100^\circ\text{C}$  pada property vap buku Termodinamika oleh Michael J Moran and Shapiro [3], hasil yang didapat suhu adalah  $h_{fg} = 2258 \text{ kJ/kg}$ . Maka langkah selanjutnya adalah menentukan energi yang diperlukan untuk menguapkan air yang dikandung kerupuk. Dari persamaan 5 maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$q_u = m \cdot h_{fg}$$

$$q_u = 1.428571 \text{ kg} \cdot 2258 \text{ kJ/kg}$$

$$q_u = 3225.714 \text{ kJ}$$

$$q_u = 3225714 \text{ j}$$

Setelah diketahui energi yang diperlukan kerupuk, maka langkah selanjutnya adalah tentukan terlebih dahulu waktu pengeringan, kemudian

energy yang diperlukan kerupuk dibagi dengan waktu pengeringan. Dalam penelitian kali ini waktu yang diinginkan adalah 6200 s (1.7 jam), maka didapatkan energi yang diperlukan tiap detik berdasarkan persamaan 6 :

$$\dot{Q} = \frac{q_u}{t} = \frac{3225714 \text{ j}}{6200 \text{ s}}$$

$$\dot{Q} = 520.2765 \text{ j/s}$$

- Perhitungan dimensi kolektor surya

Setelah diketahui Energi yang diperlukan untuk pengeringan kerupuk, maka langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi dari kolektor agar energi yang dibutuhkan oleh kolektor untuk menyerap kadar air yang dikandung kerupuk dapat terpenuhi. Analisis energi dilakukan pada 2 control volume, yaitu pada kaca dan pada pelat penyerap (absorber). Intensitas radiasi matahari rata-rata adalah  $I_r = 776.7143 \text{ w/m}^2$  <http://www.wikipedia.htm> [4].

control volume pada kaca :



Gambar 2. Control Volume pada kaca

Berdasarkan control volume pada kaca, maka dapat ditentukan  $q_t$  :

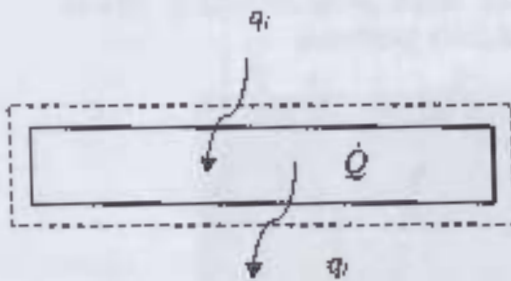
$$q_t = I_r \cdot \tau$$

$$q_t = 776.7143 \cdot 0.54$$

$$q_t = 419.4257 \text{ w/m}^2$$



control volume pada pelat :



Berdasarkan control volume pada plat, maka dapat dihitung dimensi kolektor surya sebagai berikut:

Gambar 3. Control Volume pada Pelat Penyerap (absorber)

$$\dot{Q} = q_u \cdot A_p$$

$$q_u = q_i - q_o$$

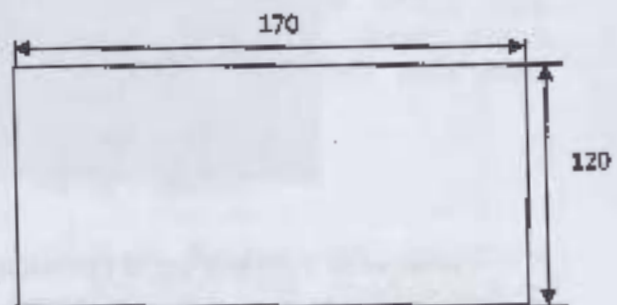
$$\dot{Q} = A_p (q_i - q_o)$$

$$\dot{Q} = A_p \left( q_{sun} \cdot \alpha - K \cdot \frac{T_d - T_i}{L} \right)$$

$$520,2765 \text{ J/s} = A_p \left( 419,4257 \text{ w/m}^2 \cdot 0,88 - 0,038 \text{ w/m}^\circ\text{C} \cdot \frac{100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}}{0,025 \text{ m}} \right)$$

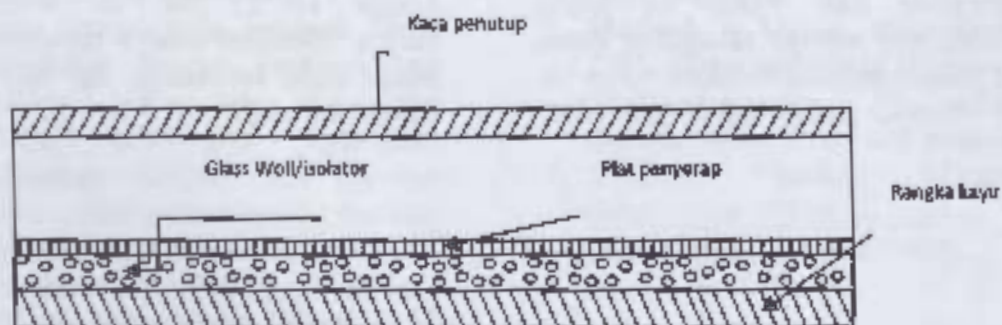
$$A_p = 1,98 \text{ m}^2$$

Sehingga dapat dirancang suatu kolektor surya berdasarkan kebutuhan energy yang diperlukan kerupuk untuk menguapkan air yang dikandung. Sehubungan dengan hal tersebut maka pada perancangan kolektor surya ini dibuat dimensi 170 cm x 120 cm, dimana hasil perkalian panjang dan lebar kolektor tersebut akan menghasilkan luas sebesar 2.04 m<sup>2</sup>.



Gambar 4. Control Volume pada Pelat Penyerap (absorber)

sketsa kasar potongan tengah dari bagian2 kolektor surya dirancang adalah seperti pada gambar 5 :



Gambar 5. Bagian-bagian Kolektor Surya Pelat Datar

Dari analisis perancangan maka dapat dibuat sebuah kolektor surya plat datar yang difungsikan sebagai

pengering kerupuk. Gambar jadi dari kolektor surya yang dirancang seperti terlihat pada gambar 6



(a)



(b)



(c)

**Gambar 6.** Kolektor surya plat datar (a) Tampak atas (b) Tampak Samping (c) Tampak Belakang

Gambar 7 adalah data temperature yang diukur pada kolektor. Pengambilan data temperatur dilakukan dengan cara meletakkan thermometer didalam kolektor. Peningkatan temperature dari waktu ke waktu menunjukkan adanya akumulasi panas yang terjadi didalam kolektor surya ini. Data diambil mulai dari pukul 08.00

WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB. Dari gambar terlihat pada pukul 13.00 temperatur dari kolektor paling tinggi hingga mencapai  $110^{\circ}\text{C}$ . Pada pukul 14.00 suhu kolektor mulai menurun hingga  $108^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan karena intensitas cahaya matahari yang sudah mulai berkurang, dan hari mulai menjelang sore.



Gambar 7. Grafik kenaikan temperature kolektor tiap jam

Setelah melakukan pengambilan data temperatur, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian performa kolektor langsung menggunakan kerupuk. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengeringan kerupuk. Pada saat penimbangan kerupuk basah, massa kerupuk adalah 5 kg dan setelah dikeringkan maka massa kerupuk turun hingga 3.57 kg dalam keadaan kering dan siap digoreng. Data ini menunjukkan bahwa air yang diuapkan oleh kolektor adalah sebesar 1.43 kg. Proses pengeringan ini berlangsung selama sekitar 1,5 jam. Lamanya waktu pengeringan yang hanya memakan waktu 1,5 jam menunjukkan alat ini bekerja dengan baik, sebagai pembanding jika dikeringkan langsung dibawah terik matahari, maka proses pengeringan memakan waktu 2 hari atau 24 jam.

Dari data di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. waktu pengeringan kerupuk yang dibutuhkan dengan menggunakan Kolektor surya tipe plat datar selama 1,5 jam sedangkan dengan cara konvensional membutuhkan waktu dua hari atau sekitar 24 jam.
2. Dimensi dari kolektor surya yang telah dirancang adalah 170 cm x 120

cm dengan kaca penutup yang memiliki ketebalan 5 mm dan pelat penyerap terbuat dari aluminium dengan tebal 0.6 mm serta isolator yang terbuat dari glasswool dengan konduktivitas thermal  $0.038 \text{ w/m}^2\text{C}$

3. Suhu Kolektor surya tipe plat datar yang terbaik adalah pada pukul 13.00 dimana matahari berada pada puncaknya sehingga energy yang diserap kolektor surya secara maksimal juga terjadi pada pukul 13.00

#### Daftar Pustaka

1. Frank P. Incropera, and David P. DeWitt, 1996. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4<sup>th</sup> edition, Canada: John Wiley and Sons Inc.
2. Kristanto P, 2002, "Perancangan Kolektor Surya sebagai Pemanas", *Jurnal Teknik Mesin Universitas Petra Surabaya*
3. Michael J Moran and Shapiro, 1995. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 3<sup>rd</sup> edition, Canada: John Wiley and Sons Inc.
4. E-jurnal; "Radiasi Matahari" <http://www.wikipedia.htm> (dikunjungi 02 januari 2010)