

RANCANG BANGUN TUNGKU BIOMASSA DAN UNIT PENUKAR PANAS PADA ALAT PENGERING IKAN ENERGI SURYA

Hadi Surachman

Peneliti pada UPT-LSDE, BPPT Puspiptek Serpong

ABSTRACT

Using of biomass (sawdust) and unit of heat exchanger is very needed at fish dryer to be drying can take place continuously. Sawdust stove in form of drum of diameter 300 mm; high 400 mm and air hole 40 mm. Heat exchanger consist of 36 pipes, diameter 50 mm, and high 700 mm. From result of investigation with drying burden counted 44 kg tilapia mossambica fish, can be dried during 29 hours to moisture contents 16 %. Temperature in dryer room range from 29 - 59 °C. Efficiency mean stove value 16 % and value of effectiveness heat exchanger equal to 66 %.

ABSTRAK

Pemanfaatan biomassa (serbuk gergaji) dan unit penukar panas sangat diperlukan pada alat pengering ikan agar pengeringan dapat berlangsung secara kontinyu. Tungku serbuk gergaji berbentuk drum berukuran diameter 300 mm, tinggi 400 mm dan lubang udara 40 mm. Penukar panas terdiri atas 36 buah pipa berdiameter 50 mm, tinggi 700 mm. Dari hasil pengujian dengan beban pengeringan sebanyak 44 kg ikan nila, mampu dikeringkan selama 29 jam hingga kadar air 16 %. Suhu di ruang pengering berkisar antara 29 - 59 °C. Nilai efisiensi tungku rata-rata 16 % dan nilai efektifitas penukar panas sebesar 66 %.

PENDAHULUAN

Alat pengering ikan dengan menggunakan kolektor surya sebagai pemanas udara sudah banyak dimanfaatkan. Akan tetapi kelemahan yang tetap menjadi kendala adalah terbatasnya waktu pengeringan yang disebabkan fluktuasi radiasi surya. Alternatif lain yang diberikan adalah menggunakan alat pemanas tambahan pada alat pengering tersebut agar dapat berlangsung secara kontinyu. Umumnya menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakarnya. Sekarang ini, harga minyak tanah cenderung meningkat karena subsidi untuk sektor ini dikurangi oleh pemerintah. Sehingga perlu dicari alternatif sumber energi lain yang lebih murah. Berdasarkan alasan tersebut di atas pada penelitian ini dibuat sistem penukar panas dan tungku biomassa sebagai langkah diversifikasi sumber energi pada pengering ikan energi surya. Pemilihan biomassa sebagai pengganti minyak tanah didasarkan pada potensi energi biomassa di Indonesia yang cukup besar. Sumber biomassa terbesar berasal dari sektor kehutanan, pertanian dan perkebunan, dan diperkirakan potensi seluruh energi biomassa setara dengan 49.907,3 MW (Bakoren 1998). Di sisi lain konsep pengering energi surya tetap digunakan

mengingat potensi energi surya di Indonesia yang relatif baik. Radiasi surya harian rata-rata Indonesia adalah 4,825 kWh/m² (Bakoren 1998). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan efisiensi tungku dan efektifitas penukar panas hasil rancangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Jenis Penukar Panas

Jenis penukar panas yang sering digunakan antara lain model selongsong dan tabung (*shell and tube*). Suatu fluida mengalir di dalam tabung, sedang fluida yang satu lagi dialirkan melalui selongsong melintasi luar tabung. Sedangkan jenis yang lain adalah penukar panas aliran-silang, banyak digunakan dalam pemanasan dan pendinginan udara atau gas, dimana gas dialirkan menyilang berkas tabung, sedang fluida lain digunakan di dalam tabung untuk memanaskan atau mendinginkan.

Dalam penukar panas ini, fluida yang mengalir melintas tabung disebut arus campur (*mixed stream*), sedang fluida di dalam tabung disebut arus tak campur (*unmixed*). Gas itu dikatakan bercampur karena dapat bergerak bebas di dalam alat itu sambil menukar panas. Fluida yang satu lagi terkurung di dalam tabung saluran penukar panas dan tidak dapat bercampur selama proses perpindahan panas.

Penentuan Jumlah Pipa Penukar Panas

Penentuan jumlah pipa penukar panas dilakukan dengan menentukan terlebih dulu berapa suhu udara masukan dan keluaran yang diinginkan dan jumlah energi yang diperlukan untuk memanaskan udara. Selanjutnya dengan metode LMTD dapat ditentukan luas pindah panas yang diperlukan dengan mengetahui suhu udara di dalam pipa dan suhu udara setelah melewati pipa (Holman 1986).

$$A = \frac{Q_p}{U \times \Delta T_m} \dots\dots\dots (1)$$

dimana,

- Q_p : panas yang dibutuhkan,
- A : luas penukar panas (m²)
- U : koefisien pindah panas (W/m²°C)
- ΔT_m : log mean temperature difference

Metode NTU- Efektifitas

Metode efektifitas digunakan untuk mengetahui kemampuan penukar panas dalam memindahkan sejumlah panas tertentu. Efektivitas penukar-panas (*heat-exchanger effectiveness*) didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Efektifitas} = \epsilon = \frac{\text{perpindahan panas nyata}}{\text{perpindahan panas maksimum yang mungkin}}$$

perpindahan panas yang sebenarnya (*actual*) dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida-panas atau energi yang diterima oleh fluida-dingin. Untuk jenis penukar panas aliran silang dengan kondisi satu arus campur dan satu arus tak campur, efektifitas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Holman 1986) :

$$\epsilon = (1/C) \{ 1 - \exp[-C(1 - e^{-N})] \} \dots\dots\dots (2)$$

dengan syarat C_{maks} campur, C_{min} tak-campur

$$\epsilon = 1 - \exp\{-(1/C)[1 - \exp(-NC)]\} \dots\dots\dots (3)$$

dengan syarat C_{maks} tak-campur, C_{min} campur

Efisiensi Tungku

Efisiensi tungku merupakan perbandingan antara jumlah energi yang digunakan untuk meningkatkan suhu ruangan dengan energi yang diberikan oleh tungku pemanas termasuk di dalamnya efisiensi penukar panas, dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\eta_{tk} = \frac{Q_{he}}{Q_b} = \frac{m_u C_{p_u} (T_{in} - T_r)}{m_b C_v} \dots\dots\dots (4)$$

dengan

- m_u : massa udara [kg]
- C_{p_u} : panas jenis udara [kJ/kg °C]
- T_{in} : Suhu saat masuk penukar panas [°C]
- T_r : Suhu ruang [°C]
- M_b : massa serbuk gergaji [kg]
- C_v : Nilai kalor serbuk gergaji [kJ/kg], pengukuran

BAHAN DAN METODE

Bahan

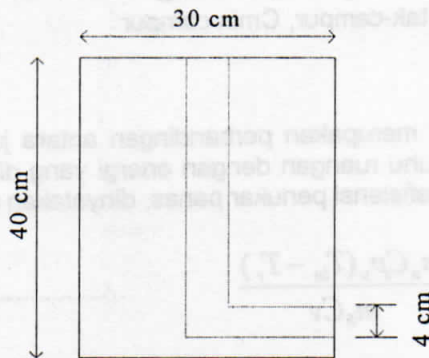
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengering energi surya biomassa dengan beban pengeringan 44 kg ikan nila basah yang telah direndam selama selama 12 jam dalam air garam dengan kadar garam 30 %. . Alat ukur yang digunakan antara lain piranometer tipe MS-42, KIPP & ZONNEN; termokopel tipe T (C-C), Pt100; oven pengering Ikeda Rika Model SS-204 DD; timbangan digital AND model EK-1200A ; data logger MAC 19 (scanning data per 2 detik); anemometer, SATO, SK27V, bom kalori meter.

Metodologi

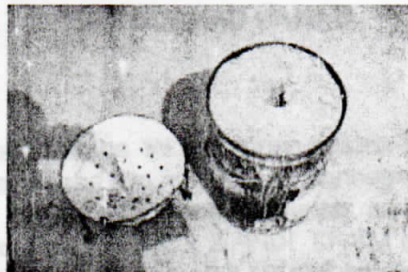
Metodologi dalam penelitian ini adalah studi pustaka, melakukan perancangan tungku serbuk gergaji dan penukar panas, fabrikasi dan pengujian. Pengujian dihentikan jika kadar air ikan mencapai hingga 15 %. Proses pengeringan dimulai dari pk 08.00 – pk 23.00 WIB.

Perancangan Tungku

Bentuk rancangan tungku menggunakan bentuk drum (Johannes, 1984). Akan tetapi pada rancangan ini dilengkapi dengan pemecah api, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. Tungku rancangan



Gambar 2. Tungku hasil rancangan dan pemecah api

Perancangan Penukar Panas

Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan data sbb :

Laju Volumetrik udara (m_u) = 0.45 kg/s

Suhu Udara Dingin (melintasi pipa)

Masuk (T_{d1}) = 30 °C

Keluar (T_{d2}) = 50 °C

ΔT = 20 °C

C_p = 1006 J/kg °C

Sehingga,

$Q_p = m_u \times C_p \times \Delta T$ = 9054 Watt

Suhu Udara Panas (di dalam pipa)

Masuk (T_{p1}) = 300 °C

Keluar (T_{p2}) = 175 °C

U = 10 W/m² °C⁽⁵⁾

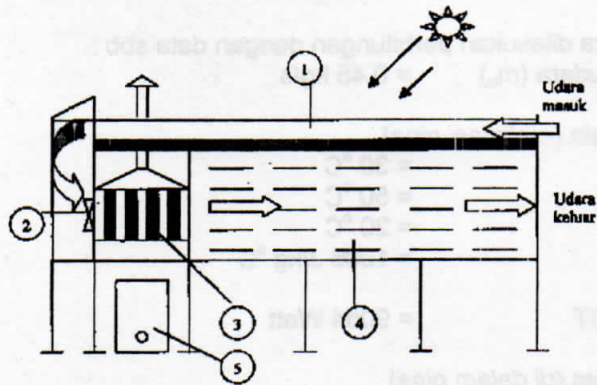
$$\Delta T_m = \frac{[T_{d2} - T_{p2}] - [T_{d1} - T_{p1}]}{\ln\{[T_{d2} - T_{p2}] - [T_{d1} - T_{p1}]\}}, \quad \Delta T_m = 188.28 \text{ °C}$$

Sehingga dapat diperoleh luas penukar panas :

$$A = \frac{Q_p}{U \times \Delta T_m} = 4.8 \text{ m}^2$$



Gambar 3. Penukar panas hasil rancangan

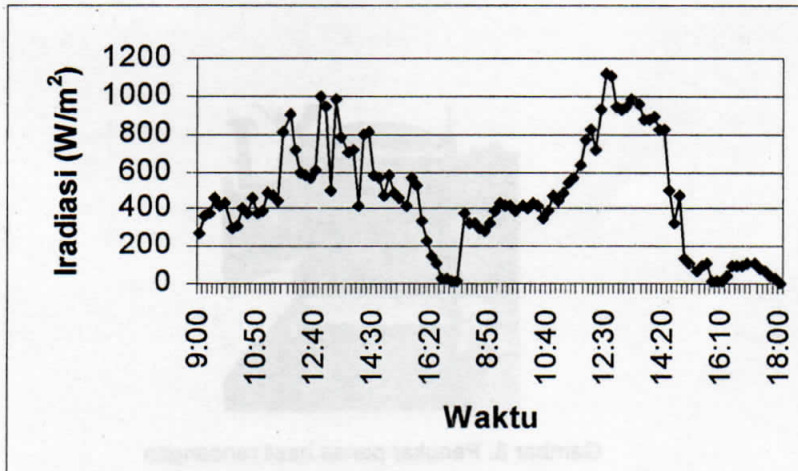


Keterangan : 1.Kolektor ; 2. Kipas ; 3. Penukar panas ; 4. Ruang pengering ; 5.Tungku pemanas

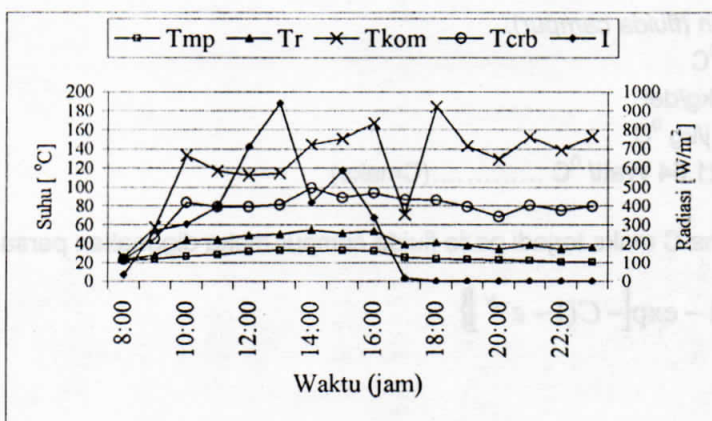
Gambar 4. Sistem pengering energi surya-biomassa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran



Gambar 5. Radiasi surya selama pengujian



Keterangan : Tmp (suhu sebelum melewati penukar panas), Tr (su ruang pengering), Tkom (suhu di dalam tungku), Tcrb (suhu di cerobong), I (radiasi surya)

Gambar 6. Data pengukuran

Dari hasil pengukuran, suhu ruang pengering (Tr) berkisar antara 29 – 59 °C. Perbedaan antara Tr dengan suhu sebelum melewati penukar panas (Tmp) rata-rata 14,71 °C.

Efektifitas Penukar Panas

Untuk menentukan persamaan mana yang digunakan dalam menentukan nilai efektifitas penukar panas perlu dilakukan perhitungan nilai C berdasarkan data pengukuran. Pada perhitungan nilai efektifitas penukar panas ini digunakan data pada percobaan selama 1 jam pengukuran dengan selang waktu 10 menit.

Dari perhitungan diperoleh C untuk fluida tak campur (panas) sebesar 0.44 dan C fluida campur (dingin) sebesar 441, nilai C minimum terjadi pada fluida tak campur sehingga digunakan persamaan 2. Dengan suhu masuk pada fluida panas antara 129 °C – 179 °C dan fluida dingin antara 32 °C – 35 °C diperoleh nilai efektifitas penukar panas sebesar 62.80 % sampai 66.98 %. Contoh perhitungannya sebagai berikut :

Koefisien pindah panas menyeluruh (U) = 3.8 W/m² °C
 Luas permukaan penukar panas (A) = 4.8 m²

Fluida panas (fluida tak campur) :

$T_h = 176 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $m_h = 0.013 \text{ kg/det}$
 $C_{p_h} = 1020 \text{ j/kg } ^\circ\text{C}$
 $m_h C_{p_h} = 33.38 \text{ Watt/ } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{Cmin})$

Makalah Teknis

Fluida dingin (fluida campur):

$$T_c = 33.38 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_c = 0.517 \text{ kg/det}$$

$$C_{p_c} = 1006 \text{ j/kg }^\circ\text{C}$$

$$m_c C_{p_c} = 521.54 \text{ Watt/ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots(\text{Cmaks})$$

Karena C maks terjadi pada fluida campur maka digunakan persamaan (2) :

$$\epsilon = (1/C) \{ 1 - \exp[-C(1 - e^{-N})] \}$$

dengan,

$$N = \frac{UA}{C_{\min}} ; C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$$

$$\epsilon = \left(\frac{1}{\frac{33.38}{521.54}} \right) \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{33.38}{521.54} \left(1 - e^{-\frac{(3.8)(3.7)}{33.38}} \right) \right] \right\} , \quad \epsilon = 0.669$$

Efisiensi Tungku

Perhitungan ini dilakukan setiap 10 menit.

Udara :

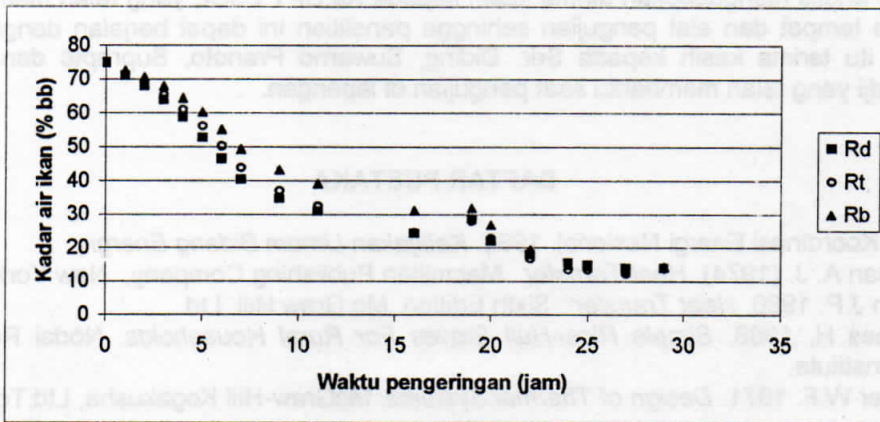
$$m_{ud} = 550 \text{ kg} ; C_{p_{ud}} = 1.006 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} ; T_{in} = 29.64 \text{ }^\circ\text{C} ; T_{out} = 33.54 \text{ }^\circ\text{C}$$

Biomassa :

$$m_b = 0.67 \text{ kg} ; C_v = 18495 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Efisiensi tungku} = \frac{m_{ud} \cdot C_{p_{ud}} (T_{in} - T_{out})}{m_b \cdot C_v} \times 100 \% = 16.11 \%$$

Penurunan kadar air ikan



Keterangan : Rd (rak depan), Rt (rak tengah), Rb (rak belakang)

Gambar 7. Penurunan kadar air ikan selama pengeringan

Konsumsi Energi

Dari hasil pengujian besarnya kontribusi energi dapat dilihat pada tabel 2. Jumlah biomassa yang digunakan 84 kg selama 21 jam.

Tabel 1. Konsumsi energi

Energi	Jumlah (MJ)	Prosentase (%)
Surya	171,9	9,83
Serbuk gergaji	1553,58	88,86
Listrik	22,96	1,31
Total	1748,44	100

KESIMPULAN

Efektifitas sebesar 66,9 % menunjukkan bahwa pertukaran panas yang terjadi cukup efektif. Sehingga unit penukar panas ini dapat digunakan sebagai media penukar panas pada sistem pengering surya-biomassa. Dari hasil percobaan dan pengukuran diperoleh efisiensi tungku rata-rata 16,30 %. Untuk mendapatkan efisiensi yang optimal perlu dilakukan optimasi terhadap desain penukar panas dan sistem isolasi tungku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ka.UPT LSDE yang telah memberikan fasilitas tempat dan alat pengujian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Selain itu terima kasih kepada Sdr. Diding, Suwarno Pranoto, Suprpto dan Mastur Pramudji yang telah membantu saat pengujian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Koordinasi Energi Nasional. 1998. *Kebijakan Umum Bidang Energi*
Chapman A. J. (1974). *Heat Transfer*. Macmillan Publishing Company, New York.
Holman J.P. 1986. *Heat Transfer*. Sixth Edition. Mc Graw Hill, Ltd.
Johannes H, 1988. *Simple Rice Hull Stoves For Rural Households*. Nodai Research Institute.
Stoecker W.F. 1971. *Design of Thermal Systems*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.Tokyo.

Tabel 1. Konsumsi energi

Energy	Jumlah (MJ)	Persentase (%)
Suaya	171,9	9,85
Gasok gergaji	1502,58	88,80
Laruk	22,98	1,31
Total	1797,46	100