

SISTEM PENGERING IKAN EFEK RUMAH KACA (ERK) BERENERGI SURYA TIPE KERUCUT TERPANCUNG¹⁾

(Solar Drying System for Fish with Application of Trapezoidal Green House Effect)

**Binsar Nababan, Kamaruddin Abdullah²⁾,
Armansyah H. Tambunan²⁾, dan A. Harsono Soepardjo²⁾**

ABSTRACT

Fish is a perishable product, and thereby needs a special treatment to prolong its shelf life. Traditionally, drying is a common treatment for the purpose, especially by using sun drying. This paper is devoted to the study of histiophoridae fish drying using a truneated trapezoidally shaped green house effect solar dryer in order to maximize the use of solar energy. The drying system used different size of racks and tray following the dimension of the structure so as to minimize empty space. The dryer was equipped with 25 watt DC blowers to remove the moist air. From two experimental runs, the results show that the system can properly dry the histiophoridae fish to its desired moisture content, which ranged from 30.08% (wb) to 32.80% (wb). Utilization of the truneated trapezoidally shaped green house effect solar dryer was found to be effective in enhancing the absorbtion of solar irradiation not only by the heat absorber but also by the products on speated the vertically arranged racks. Solar PV modules were used to power inlet exhaust fans as well as for temperature control. A PCM energy storage was also provided to provide heating during night time.

Keywords: fish drying, trapezoidal shape green house, solar drying, PCM heat storage, PV modul temperature control

PENDAHULUAN

Pengeringan ikan dapat dilakukan secara konvensional atau menggunakan alat pengering. Pada pengering konvensional, ikan digelar di atas wadah di alam terbuka yang diperkirakan dapat disinari matahari. Pengeringan konvensional tidak mempertimbangkan berbagai faktor, yaitu heterogenisasi panas yang diterima masing-masing bagian ikan yang dikeringkan sehingga pengeringan yang terjadi pada ikan tersebut tidak merata. Sebagai akibatnya, kandungan air yang terdapat dalam ikan yang dikeringkan dapat berbeda baik antarbagian maupun antarikan yang dikeringkan. Faktor higienis sulit dihindari dari kontaminasi debu dan kotoran lainnya, dan faktor teknis pengeringan seperti suhu, laju aliran udara, dan kelembaban sulit dikendalikan. Hal tersebut dapat menurunkan mutu hasil pengeringan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sistem pengering yang dapat dikontrol sesuai kebutuhannya.

¹⁾ Bagian dari disertasi penulis pertama, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB

²⁾ Berturut-turut Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing

Pengeringan secara mekanis yang menggunakan energi komersial tidak ekonomis karena harga energi yang semakin tinggi. Oleh karena itu, perlu diteliti dan dikembangkan sistem pengering dengan menggunakan energi alternatif. Penggunaan teknologi energi surya untuk pengeringan telah dikembangkan dan menunjukkan berbagai keunggulan ditinjau dari sisi ekonomi dan keramahan lingkungan. Akan tetapi, waktu penyinaran surya sangat terbatas, penyinaran tidak seragam sepanjang waktu dan dipengaruhi cuaca/iklim sehingga pengeringan tidak dapat dilakukan baik pada saat cuaca mendung/hujan maupun malam hari.

Berbagai tipe alat pengering telah diteliti dan dikembangkan para peneliti sebelumnya, yaitu alat pengering berenergi surya efek rumah kaca (ERK) tipe kubah dan tipe kubus baik rak statis, rak bergetar, maupun rak berputar. Walaupun hasil yang diperoleh relatif cukup baik, masih terlihat beberapa masalah yang perlu diperhatikan, yaitu iradiasi surya yang diterima masing-masing produk dalam rak ruang pengering tidak seragam. Hal ini terjadi karena rak di atasnya menghalangi rak di bawahnya. Pemasukan dan pengambilan produk yang dikeringkan harus masuk ke ruang pengering. Ruang pengering tidak dimanfaatkan secara optimal sehingga energi panas yang terperangkap dalam ruang pengering tidak semua dimanfaatkan. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini, digunakan alat pengering efek rumah kaca (ERK) tipe kerucut berenergi surya dan biomassa secara hibrid beserta penerapan sistem penyimpanan panas dan sistem kontrol ruang pengering. Alat pengering tipe kerucut ini menggunakan rak-rak dengan dimensi yang berbeda, diletakkan secara bertingkat dimulai dari yang besar sampai yang kecil sehingga rak di atasnya tidak menghalangi rak di bawahnya untuk menerima iradiasi surya yang masuk. Demikian juga, dimensi rak yang digunakan mengisi semua area yang ada dalam ruang pengering sehingga panas yang terperangkap dalam ruang pengering dapat dimanfaatkan secara optimal. Pemasukan dan pengambilan ikan yang dikeringkan dilakukan dari luar ruang pengering sehingga operator tidak terpanggang dengan panasnya ruang pengering. Keadaan ruang pengering dikontrol agar keadaan suhu, RH, dan laju udara pengering dapat dikendalikan. Dengan demikian, masalah yang timbul seperti dipaparkan di atas diharapkan dapat diatasi sehingga proses pengeringan dapat dilaksanakan secara terus-menerus sesuai dengan waktu yang diinginkan.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan performansi alat pengering efek rumah kaca tipe kerucut dengan penerapan sistem kontrol dan penyimpanan energi panas sehingga keadaan ruang pengering dapat dikendalikan dan proses pengeringan dapat diperpanjang dari lama penyinaran surya efektif. Penerapan sistem pengering ini juga dapat menghemat energi komersial. Manfaat penelitian ini dapat diterapkan masyarakat nelayan dan industri yang bergerak dalam produksi pengeringan, khususnya ikan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

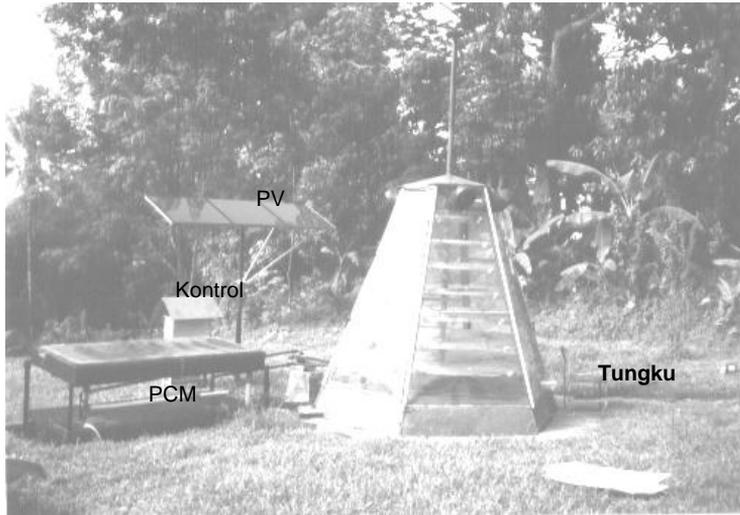
Penelitian dilakukan di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Leuwikopo, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Teknik Pengujian, Puslit KIM-LIPI, PUSPIPTEK, Serpong. Penelitian dilakukan mulai Februari 2004 sampai Desember 2005.

Bahan dan Alat

Pada penelitian ini, digunakan berbagai peralatan yang ada di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian Bengkel Metatron dan di Laboratorium Teknik Pengujian Puslit KIM-LIPI, PUSPIPTEK. Instrumentasi yang digunakan adalah pyranometer model MS-401, multimeter digital PT-830 B, termokopel CC, bomb kalorimeter, termometer Beckman, timbangan digital, timbangan bayi, dan alat pompa 450 watt/250 watt. Media penyimpan panas menggunakan parafin 5 kg dan air, bahan biomassa menggunakan kayu kamper dan maranti. Bahan yang dikeringkan adalah ikan tembang, pada Percobaan I sebanyak 75 kg dan pada Percobaan II sebanyak 95 kg.

Penelitian dilakukan bertahap, yaitu Tahap I melakukan rancang-bangun alat pengereng ERK tipe kerucut, sistem kontrol, dan sistem penyimpan energi panas, selanjutnya dilakukan uji fungsi dan uji performansi. Alat pengereng ERK tipe kerucut yang dirancang bangun meliputi ruang pengereng, penyerap dan pengumpul panas, sistem penyimpan panas, tungku, penukar panas, dan sistem kontrol ruang pengereng. Bentuk alat pengereng ERK tipe kerucut adalah segi enam beraturan dengan ukuran sisi alas 150 cm dan sisi atas 50 cm; tinggi tegak 127 cm dan panjang sisi miring 300 cm dari permukaan tanah. Rak tempat ikan dikeringkan terdiri dari tujuh tingkat berbentuk lingkaran statis yang dapat diputar pada saat memasukkan dan mengambil hasil pengeringan. Rak disusun mulai yang paling besar terletak dekat absorber dasar bangunan dan yang paling kecil di atas dekat atap bangunan. Dasar bangunan segi enam beraturan ditutup rapat dan di tengah-tengah bangunan terdapat cerobong yang dihubungkan langsung dengan penukar panas dari tungku pembakar biomassa. Sebagai penyerap dan pengumpul panas digunakan polikarbonat berbentuk segi enam beraturan yang diletakkan sebagai dinding, pintu, dan atap ruang pengereng. Tungku terbuat dari drum berdiameter 48 cm dengan tinggi 80 cm. Salah satu sisi drum dilubangi dan disambung dengan penukar panas yang berhubungan langsung dengan ruang pengumpul panas dari pembakaran biomassa di dasar bangunan alat pengereng. Sisi atas dapat dibuka dan ditutup, untuk memasukkan bahan biomassa ke dalam tungku. Di sisi bawah tungku dibuat lubang-lubang dan di sisi samping dibuat pintu sebagai jalur masuk udara ke dalam tungku. Untuk sirkulasi udara dan mempercepat laju aliran udara ruang pengereng digunakan *blower* DC 3 unit dengan daya masing-masing 25 watt. Sistem PV digunakan untuk membangkitkan energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan blower dan sistem kontrol.

Penyimpan panas dibuat dengan prinsip *PCM (phase change materials)*. Perangkat penyimpan panas terdiri dari media penyimpan panas, yaitu parafin, kolektor, bak penampung, penukar panas, dan pompa. Parafin dibentuk bola-bola dan dibungkus dengan *aluminium foil*. Kolektor berbentuk empat persegi panjang ditutup dengan polikarbonat dan dasar kolektor terbuat dari triplek dan dilapisi dengan isolator dan di atasnya dibubuhi plat hitam sebagai dudukan pipa penukar panas. Pipa penukar panas dari kolektor langsung berhubungan dengan bak penampung. Di dalam bak penampung terdapat pipa penukar panas yang berhubungan dengan ruang pengereng. Gambar lengkap alat pengereng yang dirancang bangun disajikan pada Gambar 1.



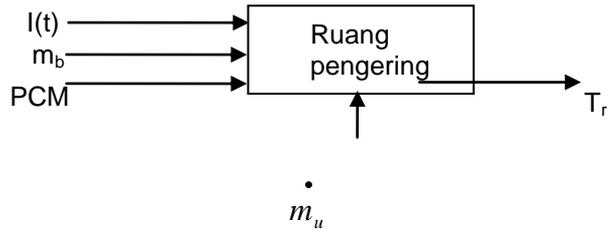
Gambar 1. Gambar lengkap alat pengering efek rumah kaca tipe kerucut yang digunakan

Metode

Penentuan kadar air awal ikan dilakukan dengan metode oven pada suhu 102°C selama 18 jam (*ASEA standards*). Pengeringan produk diawali dengan penimbangan ikan yang akan dikeringkan pada masing-masing rak ruang pengering dan yang di lingkungan. Pada setiap rak dan lingkungan diambil sampel beberapa gram dari produk baik yang digelar dalam rak maupun lingkungan, kemudian ditimbang pada selang waktu yang ditentukan. Parameter yang diamati meliputi suhu ruang pengering ($^{\circ}\text{C}$), suhu produk ($^{\circ}\text{C}$), suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$), laju aliran udara (m/det), RH (%), suhu parafin masuk dan keluar kolektor ($^{\circ}\text{C}$), suhu bak penampung ($^{\circ}\text{C}$), iradiasi surya sesaat (mV), penurunan bobot sampel ikan (g) setiap selang waktu yang ditentukan, bobot biomassa (kg) yang dimasukkan ke tungku dan sisa biomassa yang tidak terbakar, serta lama pembakaran biomassa. Nilai kalor biomassa ditentukan dengan menggunakan alat ukur bomb kalorimeter tipe adiabatik.

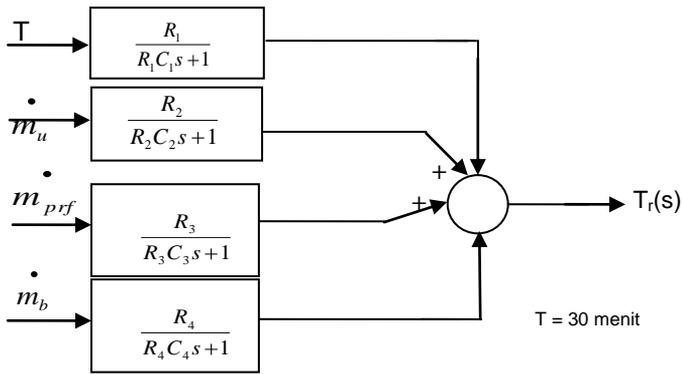
Sebelum proses pengeringan dimulai, terlebih dahulu *blower* dioperasikan sekitar 15 menit untuk mengeluarkan uap air yang ada dalam udara ruang pengering, kemudian alat pengeringan dioperasikan. Bila suhu ruang pengering lebih tinggi daripada suhu kerja, *blower* beroperasi untuk menghomogenkan suhu ruang pengering dan mengeluarkan uap air dari ikan beserta udara pengering ke lingkungan. Jika suhu ruang pengering lebih rendah daripada suhu kerja, penyimpanan panas mendistribusikan panas ke ruang pengering. Pada saat suhu parafin sekitar 33°C , panas didistribusikan dari pembakaran biomassa sehingga suhu ruang pengering dapat memenuhi suhu yang diharapkan.

Verifikasi sistem pengering dilakukan dengan menggunakan model keseimbangan energi, kemudian dari persamaan keseimbangan energi tersebut diturunkan persamaan untuk verifikasi atau simulasi dengan metode numerik dan transformasi Laplace.



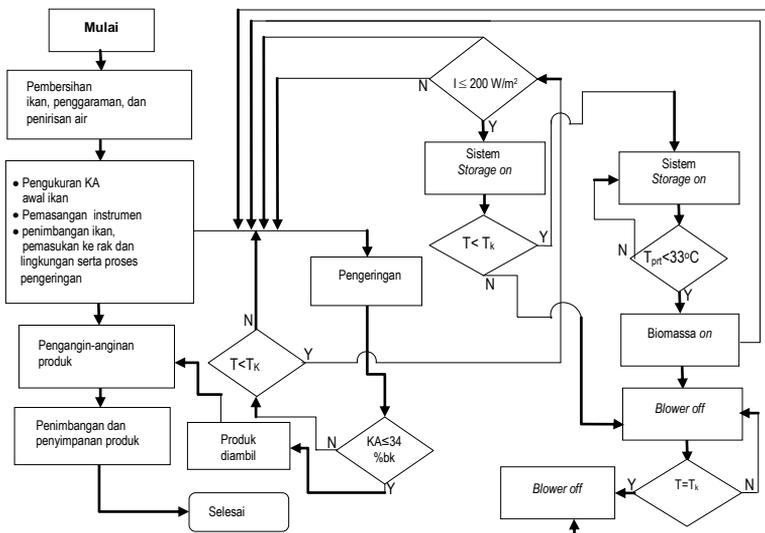
Gambar 2. Skema sistem pengering

Diagram blok fungsi alih sistem pengering ERK tipe kerucut terpancung dipaparkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok fungsi alih

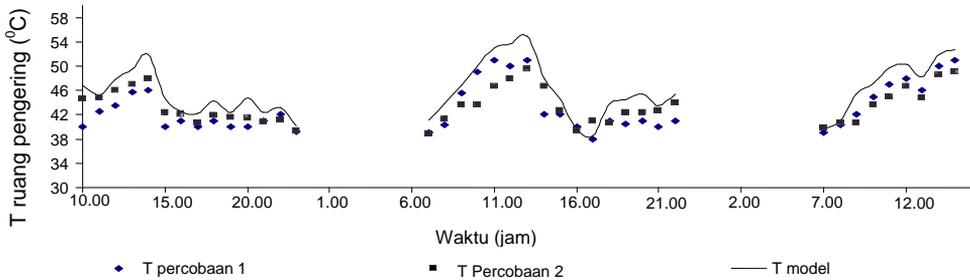
Diagram alir proses pengeringan ikan tembang dipaparkan pada Gambar 4



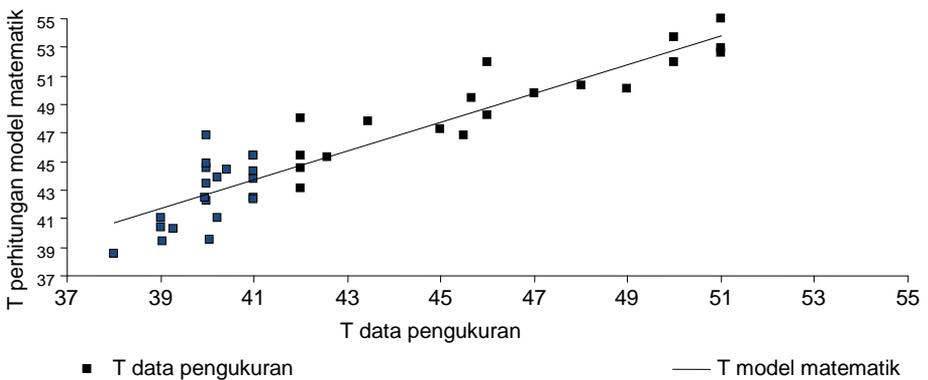
Gambar 4. Diagram alir proses pengeringan ikan tembang

HASIL DAN PEMBAHASAN

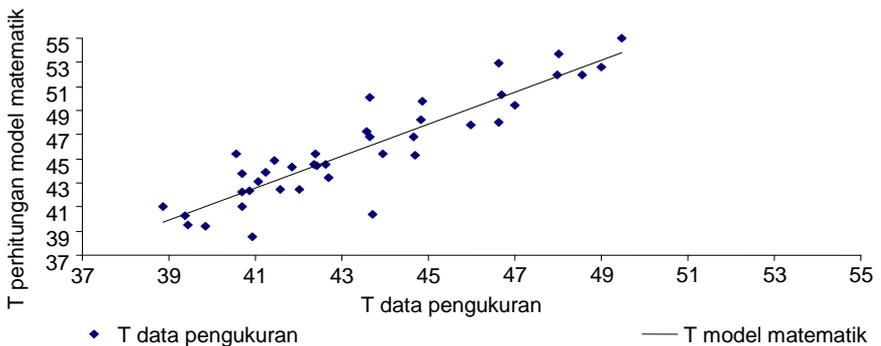
Setelah rancang bangun sistem pengering ERK tipe kerucut beserta berbagai percobaan dilakukan, dapat dipaparkan sebagian hasil yang diperoleh. Salah satu hasil simulasi dan verifikasi suhu ruang pengering yang diperoleh dengan menggunakan model matematik yang diturunkan dari persamaan keseimbangan energi dipaparkan pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 5. Profil perhitungan model matematik dengan hasil pengukuran di lapangan

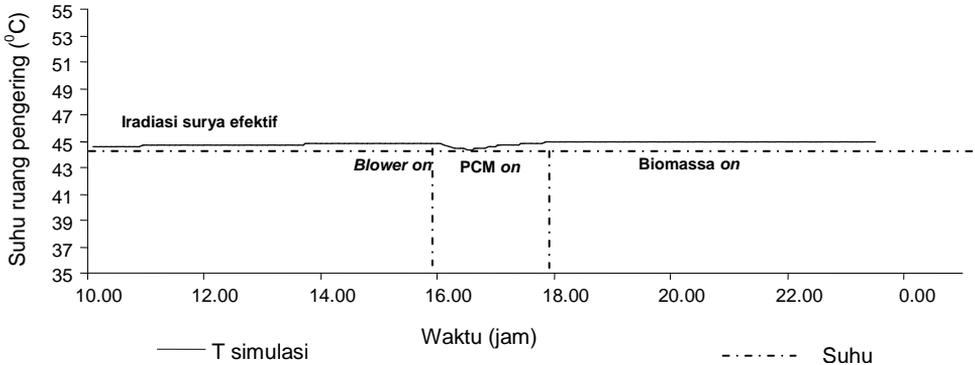


Gambar 6. Profil verifikasi perhitungan model matematik dengan data Pengukuran I, $R^2 = 0.854$



Gambar 7. Profil verifikasi perhitungan model matematik dengan data Pengukuran II, $R^2 = 0.8179$

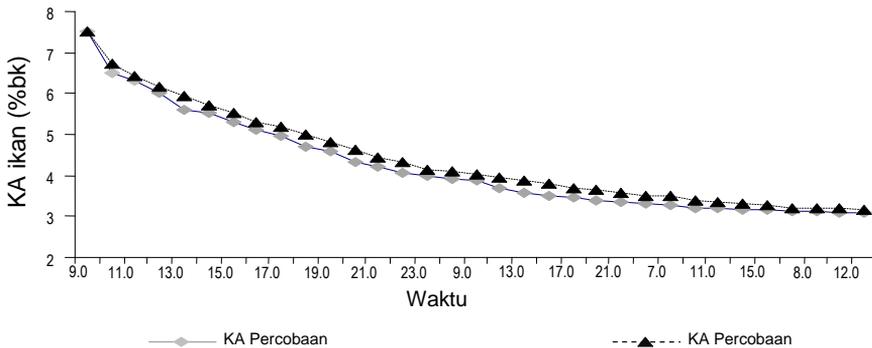
Pada Gambar 7, terlihat bahwa profil suhu ruang pengering yang terjadi berfluktuasi dengan suhu minimum 38°C dan maksimum 52°C. Hal ini dapat diatasi dengan menaikkan laju aliran udara dalam ruang pengering. Peningkatan laju aliran udara dilakukan dengan cara menambah satu unit *outlet blower* dengan daya 25 watt. Hasil simulasi penambahan *outlet* tersebut seperti disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Profil suhu ruang pengering, berurutan dengan perubahan laju aliran udara.

Pada Gambar 8, terlihat bahwa saat suhu plat naik berurutan dengan kenaikan iradiasi surya, suhu ruang pengering naik. Pada saat suhu ruang pengering lebih besar dari 45°C, laju aliran udara diperbesar dengan mengoperasikan *blower* sehingga suhu ruang pengering turun. Demikian juga, pada saat ruang pengering terus turun, panas didistribusikan dari penyimpan panas sehingga suhu ruang pengering secara perlahan-lahan naik. Pada saat suhu penyimpan panas turun, distribusi panas beralih dari penyimpan panas ke pembakaran biomassa sehingga kenaikan suhu ruang pengering terus berlanjut sampai suhu yang diinginkan. Pada simulasi ini suhu ruang pengering diharapkan 44°C. Dari hasil simulasi diperoleh suhu rata-rata ruang pengering 46.27°C dengan deviasi 0.82.

Profil penurunan kadar air ikan yang terjadi selama proses pengeringan dilakukan disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Profil kadar air ikan rata-rata

Gambar 9 memperlihatkan profil penurunan kadar air ikan yang terjadi selama proses pengeringan yang terdiri dari tiga tahapan penurunan, yaitu tahapan penurunan kadar air cepat yang terjadi pada awal proses pengeringan, tahapan penurunan kadar air lambat pada saat proses pengeringan sudah berlangsung beberapa lama, dan tahapan penurunan kadar air sangat lambat pada saat kadar air menuju keseimbangan sampai akhir proses pengering. Pada Percobaan I kadar air akhir ikan yang diperoleh adalah kisaran 30.08 (%bk) hingga 31.62 (%bk); pada Percobaan II diperoleh kisaran 30.08 (%bk) hingga 32.80 (%bk). Sebagian data hasil pengukuran dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran berbagai peubah

Keterangan	Percobaan I		Percobaan II	
	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Suhu ruang pengering				
Maksimum	52	^o C	48	^o C
Minimum	38	^o C	38	^o C
Rata-rata	42.87	^o C	43.99	^o C
Laju aliran udara ruang pengering	0.01-0.3	m/det	0.01-0.4	m/det
Kelembaban nisbi (RH)	78-90	%	72-92	%
Kadar air ikan	30.08-31.62	%bk	30.08-32.80	%bk
Besar energi yang dibutuhkan ikan/kg	2.74255	mJ	2.16517	mJ
Massa produk yang dikeringkan	75	Kg	95	Kg
Lama pengeringan	36.5	jam	40	jam
Laju pengeringan	0.08-2.12	% bk/jam	0.08-1.82	% bk/jam
Perpanjangan pengeringan dari lama penyinaran efektif	-		6	jam

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- (1) Suhu ruang pengering yang diperoleh pada Percobaan I berfluktuasi dengan kisaran 38^oC-52^oC dan Percobaan II dengan kisaran 38^oC-48^oC. Rata-rata suhu dan RH ruang pengeringan pada Percobaan I adalah 42.87^oC, RH% dan pada Percobaan II 43.99% dan RH%. Laju aliran udara ruang pengering pada Percobaan I adalah 0.01-0.3 m/det dan pada Percobaan II 0.01-0.4 m/det. Kadar air akhir ikan pada Percobaan I adalah 30.08 (%bk)-31.62 (%bk) dan pada Percobaan II 30.08(%bk)-32.80 (%bk).
- (2) Fluktuasi suhu ruang pengering yang terjadi dapat diminimumkan dengan penerapan sistem kontrol.
- (3) Lama pengeringan pada Percobaan I adalah 36.5 jam dan pada Percobaan II 40 jam. Perpanjangan proses pengeringan dari lama penyinaran surya efektif adalah 6 jam.
- (4) Besar energi yang diperlukan untuk mengeringkan ikan tembang per kg adalah 2.205991 mJ.

Saran

- (1) Untuk meningkatkan kestabilan suhu ruang pengering, hendaknya diterapkan pengaturan keseimbangan laju aliran udara dengan masukan energi panas ke ruang pengering.

- (2) Untuk meningkatkan kinerja system penyimpanan panas, hendaknya dibuat bola-bola parafin dengan mesin sehingga diperoleh bentuk bola-bola dan bobotnya seragam.
- (3) Penutup bak air hendaknya dibuka sebagian kecil agar kehilangan energi panas ke lingkungan dapat diminimumkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DIKTI-Hibah Pascasarjana 2005 atas bantuan biaya penelitian yang diberikan dan PUSLIT KIM – LIPI atas izin menggunakan fasilitas peralatan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 2002, Fish drying using solar energy. Regional Workshop on Drying Technology, Bangkok April 22-26, 2002. Bangkok: ASEAN Sub-committee on Non-conventional Energy Research.
- Anonim. 1999. ASAE Standards, Standard Engineering Practices Data, Adopted and Published by American Society of Agricultural Engineers.
- Anonim. 1992. Standar Nasional Indonesia (SNI 01-271). Jakarta: Pusat Standar Nasional.
- Anonim. 1981. Standar Nasional Indonesia, SPI-KAN-PPK-V. Jakarta: Pusat Standar.
- Bala, B.K. and Mondol, M.R.A. 1999. Experimental investigation on solar drying of fish using solar tunnel drier. Bali, Indonesia: Proceeding of the First Asian Australian Drying Conference.
- Dyah, W. 1997. Analisis pengeringan pada alat pengering kopi (*Coffea sp*) efek rumah kaca berenergi surya [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana.
- Eko, A.R. 2003. Kinerja sistem pengering kombinasi tipe efek rumah kaca berenergi surya, angin, dan biomassa pada pengering ikan teri [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian.
- Nelwan, L.O. 1977. Pengeringan kakao dengan energi surya menggunakan rak pengering dengan kolektor tipe efek rumah kaca [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana.