

ISBN 978-602-14822-1-6

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INDUSTRI II

SEMINAR NASIONAL

SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI INDUSTRI II

MAKASSAR, 22 - 23 OKTOBER 2014

"Implementasi Ilmu dan Teknologi Industri
dalam Upaya Peningkatan Kualitas Hidup
Masyarakat dan Lingkungan "

Seminar Nasional

ATIM



Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Akademi Teknik Industri Makassar
Jln. Sunu No. 220 Makassar
Telp. 0411-449609, Fax. 0411-449867

Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) II 2014

*“Implementasi Ilmu dan Teknologi Industri dalam
Upaya Peningkatan Kualitas Hidup Masyarakat
dan Lingkungan”*

**Makassar, 22-23 Oktober 2014
Ball Room Hotel Swiss Belinn
Jl. Boulervard No. 55 Makassar**

Editor:

Dr. Idi Amin, ST., M.Si.
Merla, S.S., M.Hum.
Muslimin, ST.
Muh. Harsyid, ST.
Muh. Ma'arif Syamsirga

**Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Akademi Teknik Industri Makassar
Pusat Pendidikan dan Pelatihan Industri
Kementerian Perindustrian RI.**

(SNTI-F3)

DESAIN DAN UJI PERFORMANSI SISTEM PENGERINGAN MODEL RAK PENGERING ERK

Muhammad Tahir¹, Amiruddin², Leopold Oscar Nelwan³, I Dewa Made Subrata³
Universitas Negeri Gorontalo, Politeknik Gorontalo, Institut Pertanian Bogor
muhtahirlaw@gmail.com, amirudin_82@poligon.ac.id, lonelwan@yahoo.com

ABSTRAK

Sebuah sistem pengering surya efek rumah kaca (ERK) dengan rak telah didesain dan diuji untuk pengeringan kopra. Selain memanfaatkan energi surya, energi biomassa melalui tungku yang dilengkapi dengan penukar panas digunakan dalam sistem ini sebagai sumber panas utama. Pengujian kinerja dilakukan pada kondisi radiasi surya yang memadai dan kipas aksial dengan sumber energi listrik dioperasikan selama pengujian. Parameter yang diamati dalam pengujian mencakup radiasi surya, suhu dan kelembaban udara serta kadar air pada beberapa tingkatan rak. Proses pengeringan kopra sebanyak 250 kg dengan kadar air awal 42,7 – 18,4 % basis basah ditempuh dalam waktu 6,5 jam dan pengeringan alamiah (panas surya) selama 1-2 hari untuk memperoleh kopra kering dengan kadar air 6,4% basis basah. Rasio konsumsi energi surya, biomassa dan listrik masing-masing sebesar 13,9%, 70,4% dan 15,7% dengan efisiensi termal sistem pengeringan 22%. Konsumsi energi spesifik (KES) masih cukup tinggi; 31,42 MJ/kg sebagai rasio input energi terhadap satu satuan massa air yang diuapkan. Rata-rata suhu ruang pengeringan adalah 65 °C yang diperoleh dari laju pembakaran biomassa 3,8 kg/jam dan rata-rata iradiasi surya 548 W/m². Perbedaan suhu rata-rata antar titik pengukuran pada rak sebesar 2,5 °C sementara rata-rata perbedaan kadar airnya 0,4 % basis basah.

Kata kunci : Kopra, energi, desain terintegrasi, sistem pengeringan rak, mekanisme efek rumah kaca.

ABSTRACT

The drying system in this research as an integrated of tray model which designed in the green house effect mechanism had been tested. A completely design of drying system was found after installed it to the biomass furnace and heat exchanger as the main source of heat. Performance test of the drying was conducted under solar heat radiation influence and the need of electricity to create air circulation from axial fan. Drying process of 250 kg copra with initial water content of 42.7 - 18.4 % wet basis need time of 6.5 hours and 1-2 days drying naturally as only solar heat radiation influence to 6.4 % wet basis of the dried copra. The ratio of energy consumption of solar heat radiation, biomass energy and electricity were 13,9%, 70,4% and 15,7% respectively with thermal efficiency of drying system was 22%. There were high enough of specific energy consumption (SEC); 31.42 MJ/kg as the ratio of energy input to the unit mass of water evaporated. Temperature of drying system was 65 °C, obtained from 3.8 kg/hour biomass rate burning and 548 W/m² of solar irradiation. Temperature difference among the points of measurement on trays was 2.5 °C while the water content difference between the same points above was 0.4 % wet basis.

Keywords: Copra, energy, integrated design, tray drying system, green house effect mechanism.

PENDAHULUAN

Salah satu pengering tipe hibrid yang banyak di kembangkan adalah mekanisme efek rumah kaca dengan kombinasi sumber panas surya dan biomassa. Pengering jenis ini memiliki keuntungan dari segi biaya operasional pembangkitan panas yang rendah karena memanfaatkan ketersediaan energi surya dan biomassa yang melimpah di negara tropis. Penggunaan sumber energi panas dengan sistem kombinasi dimaksudkan untuk mengatasi kondisi ketersediaan sinar surya yang terpengaruh oleh cuaca. Cuaca mendung, hujan dan saat malam hari menyebabkan tidak tersedianya energi surya sehingga perlu digantikan oleh sumber energi lain seperti biomassa. Upaya meminimalkan penggunaan energi berbiaya mahal dan memaksimalkan penggunaan energi yang murah untuk proses pengeringan yang optimum adalah konsep yang akan diterapkan pada sistem pengeringan yang akan didesain.

Pemanfaatan peralatan pengering di daerah Gorontalo berlangsung seiring dengan upaya peningkatan pendapatan masyarakat pada sektor pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan. Komoditas pada sektor tersebut umumnya memerlukan proses pengeringan seperti gabah, jagung, kacang tanah, cengkeh, panili, kopi, kopra, kakao, silase dan wafer pakan ternak serta ikan, rumput laut. Proses pengeringan dalam hal ini diperlukan untuk memperoleh mutu komoditas sesuai tuntutan mutu perdagangan sekaligus menghindarkan komoditas dari kerusakan pasca panen. Pengusahaannya dapat berupa unit pengolahan skala kecil (*Small Processing Unit*) sejenis pabrik skala kecil yang mengolah hasil pertanian dan perikanan menjadi produk akhir yang siap dijual di supermarket [3].

Komoditas hasil pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan tersebut pada kenyataannya memiliki ragam karakteristik baik bentuk, ukuran dan sifat reologi bahan. Pemahaman terhadap sifat bahan tersebut selanjutnya diimplementasikan dalam bentuk desain sistem pengeringan dan wadah bahan. Sistem pengeringan akan mengintegrasikan faktor fisik dalam bentuk ketersediaan sumber energi yang dibutuhkan dan yang mampu disediakan oleh lingkungan secara kontinu dan ekonomis. Sedangkan wadah bahan akan mengintegrasikan bentuk, ukuran dan sifat reologi yang mendukung proses pengeringan bahan secara optimal dalam sistem pengeringan yang didesain.

Sistem pengeringan kemudian diwujudkan dalam melangsungkan proses pengeringan komoditas yang berbeda-beda karakteristiknya. Pengeringan dengan model rak akan disesuaikan dengan karakteristik komoditas yang akan dikeringkan. Pada kegiatan ini juga dilakukan instalasi sistem pembangkit panas berupa tungku biomassa dan penukar panas (*heat exchanger*) terintegrasi yang merupakan hasil desain kegiatan sebelumnya [9]. Pengujian sistem pengeringan selanjutnya ditujukan untuk memperoleh gambaran performansi sistem secara utuh dalam mengeringkan berbagai komoditas hasil pertanian yang dalam pengujian tahap awal ini menggunakan kopra.

METODE PENELITIAN

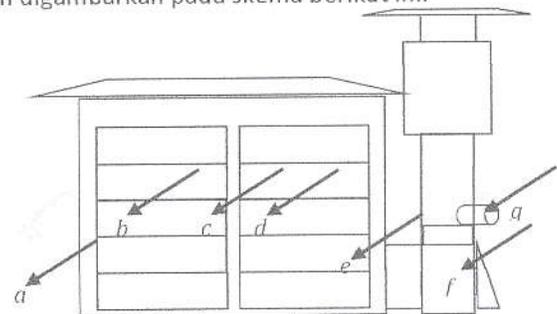
Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode desain, instalasi dan konstruksi, metode uji fungsional serta metode uji performansi sistem pengeringan. Pada metode desain dilakukan perekaan unit yang belum tersedia menjadi suatu wujud yang dapat diintegrasikan ke unit pembangkit panas yang telah didesain. Unit dimaksud meliputi bangunan pengering transparan, wadah pengeringan bahan model rak yang dapat bergerak dan berpindah.

Metode instalasi dan konstruksi serta uji fungsional mencakup seni pemasangan dan akurasi agar semua unit berfungsi sebagai sebuah sistem pengeringan. Akurasi instalasi menentukan faktor kebocoran panas dan ketepatan pergerakan wadah bahan yang fleksibel serta aliran udara yang tepat mengenai bahan yang dikeringkan. Metode uji fungsional dilakukan pada kondisi tanpa beban pengeringan agar setiap mekanisme sistem yang didesain berjalan lancar. Kepastian tidak adanya kemacetan pada saat pengeringan dengan komoditas sangat penting agar tidak menimbulkan bahan yang tersedia tidak terproses dengan semestinya.

Metode uji performansi sistem dilakukan dengan beban pengeringan dan perangkat instrumen untuk pengumpulan data. Pengukuran parameter meliputi iradiasi surya, suhu, kelembaban udara, kadar air bahan dan laju aliran udara. Denah titik pengukuran sistem pengeringan digambarkan pada skema berikut ini.

Keterangan:

- a. Udara lingkungan
- b. Udara depan (dekat pintu; jauh dari sumber panas)
- c. Bahan (kopra yang dikeringkan)
- d. Udara tengah ruangan
- e. Udara hembusan kuat (dekat sumber panas)
- f. Tungku pembakaran
- g. Asap buangan



Gambar 1. Denah titik pengukuran temperatur

Metode analisis dan induksi meliputi perhitungan iradiasi surya, listrik, biomassa, laju pengeringan bahan, energi total pengeringan, energi total sistem, energi berguna dan efisiensi penggunaan energi.

a. Energi Surya, kJ

$$Q_S = 3.6 I_h A_p (\sigma \alpha) t \tag{1}$$

b. Energi Listrik, kJ

$$Q_L = 3.6 V i t \tag{2}$$

c. Energi Biomassa (tongkol jagung dan tempurung kelapa), kJ

$$Q_B = m b . N k b \tag{3}$$

d. Laju pengeringan bahan, %basis basah/jam

$$\frac{dW}{dt} = \frac{W_i - W_t}{\Delta t} \tag{4}$$

e. Energi Total Pengeringan, kJ

$$Q_{TP} = \frac{q_u}{v} (h_3 - h_1) \times 3600 \quad (5)$$

f. Energi Total Sistem, kJ

$$Q_{TS} = Q_B + Q_S + Q_L \quad (6)$$

g. Energi Berguna, kJ

1. Panas yang diterima udara pengering

$$Q_{Ud} = \frac{q_u}{v_u} C_{pu} (T_r - T_l) \times 3600 \quad (7)$$

2. Panas untuk menaikkan suhu bahan

$$Q_{Sp} = m_{Oj} C_{pj} (T_r - T_j) \quad (8)$$

3. Panas untuk menguapkan air bahan

$$Q_{Uap} = Q_{TP} - (Q_{Sp} + Q_{Ud}) \quad (9)$$

4. Panas untuk menaikkan dan menguapkan air bahan

$$Q_{SpUap} = Q_{Sp} + Q_{Uap} \quad (10)$$

h. Efisiensi Penggunaan Energi, %

$$\eta_T = \frac{Q_{TS}}{Q_S + Q_B} \times 100\% \quad (11)$$

i. Komsumsi Energi Spesifik (KES), J/kg

$$KES = \frac{Q_{TS}}{m_{uap}} \quad (12)$$

Simbol :

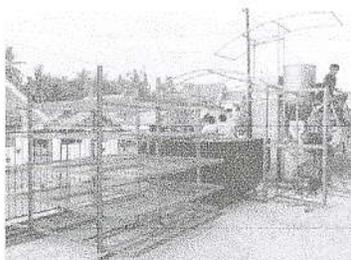
I_h	= total iradiasi surya harian (Wh/m ²)	v	= volume jenis udara (m ³ /kg)
A_p	= luas permukaan pengering (m ²)	h_3	= entalpi akhir (kJ/kg)
$\sigma\alpha$	= transmisivitas & absorpsivitas dinding	h_1	= entalpi awal (kJ/kg)
$t, \Delta t$	= lama waktu proses (jam)	C_{pu}	= panas jenis udara (kJ/kg°C)
V	= tegangan terpakai alat (Volt)	T_r	= suhu udara ruang pengering (°C)
i	= arus rata-rata nominal alat (Amp)	T_l	= suhu udara lingkungan (°C)
m_b	= massa tongkol jagung (kg)	T_j	= suhu bahan (°C)
N_{kb}	= nilai kalor bahan (kJ/kg)	C_{pj}	= panas jenis bahan (kJ/kg°C)
W_i	= kadar air awal (%basis basah)	M_{oj}	= massa awal bahan (kg)
W_t	= kadar air akhir (%basis basah)	M_{uap}	= massa air diuapkan selama - pengeringan (kg)
q_u	= debit udara (m/detik)		

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL DESAIN

Struktur Pengering Efek Rumah Kaca dan Rak Pengeringan

Sistem pengeringan yang didesain pada kegiatan ini adalah pengering efek rumah kaca (ERK) yang dikonstruksi dari besi kotak, besi siku dengan dinding berbahan polikarbonat, plat seng dan pengencang mur baut serta paku keling (*rivet*). Tinggi struktur bangunan pengering ERK; 2,2 meter, panjang dan lebar 2,1 meter. Pintu di bagian muka dengan landasan rel tempat rak keluar masuk ruang pengeringan. Pada bagian belakang dilengkapi pengarah udara panas pengering yang terbuat dari seng plat. Udara panas berasal dari sistem pembangkit panas tungku biomassa dan penukar panas (*heat exchanger*). Kerangka rak sebanyak 2 buah dan memiliki ukuran yang sesuai dengan ukuran ruang pengering ERK. Kerangka rak dikonstruksi dari besi UNP (*U Normal Profile*) dan besi siku serta roda besi. Sedangkan rak bahan terbuat dari besi kotak dengan kawat rang.

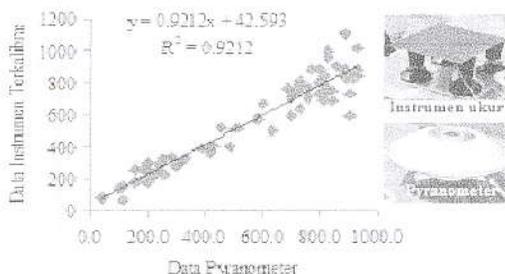


Gambar 2. Instalasi unit sistem pengeringan dengan kerangka dan rak pengeringan bahan

Dimensi panjang satu buah kerangka rak berukuran 2 m, lebar 0,94 m dan tinggi 2 m. Sedangkan satu buah rak berukuran panjang 0,92 m dan lebar 0,60 m. Model pengeringan rak ini ditujukan untuk bahan atau hasil pertanian dan perikanan yang berbentuk lempeng dan untai. Contoh bahan yang dapat dikeringkan dengan model rak adalah daging kelapa, irisan buah pisang, irisan ubi jalar dan ubi kayu, irisan ikan dan rumput laut.

Instrumen Ukur Radiasi Surya dan Suhu Udara

Desain instrumen pengukur radiasi surya menggunakan model plat penyerap panas mengasilkan model regresi linier dengan nilai R^2 sebesar 0,921. Model ini menunjukkan hubungan antara besaran iradiasi surya harian yang terukur dengan suhu lingkungan dan suhu plat penyerap panas tersebut. Penggunaan desain model ini adalah untuk mengatasi keterbatasan prosedur izin penggunaan alat ukur pyranometer pada lokasi pengujian yang relatif terpencil. Model persamaan iradiasi surya yang dihasilkan adalah $18,09T_p + 20,09(T_p - T_{lingk}) - 555,452$. Gambar berikut menunjukkan proses kalibrasi alat ukur pyranometer dengan desain instrumen yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik kalibrasi instrumen ukur radiasi surya

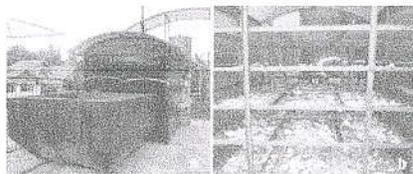
Desain alat ukur suhu udara berbasis termokopel dilakukan untuk memperoleh rekaman suhu secara digital dan *multichannel* untuk 5 titik pengukuran bersifat tertutup (lokasi sulit tercapai secara manual) dan pada pengukuran titik tengah bahan (daging kelapa). Sedangkan *display* nya menggunakan Authonic dengan perantara multiflekser untuk pengukuran lebih dari 5 titik.



Gambar 4. Pengukuran basis termokopel (a,b), multiflekser (c), dan authonic *display* (d)

Instalasi dan Pengujian Sistem Pengeringan

Instalasi sistem pengeringan meliputi unit pembangkit panas (penukar panas, tungku biomassa dan penampung bahan bakar), unit pengering efek rumah kaca, unit rak dengan landasan rel. Instalasi ini menginte-



Gambar 5. Sistem pengeringan siap uji (a), model rak dalam pengering (b).

grasikan semua unit desain meliputi unit penampung bahan bakar, tungku biomassa, penukar panas (*heat*

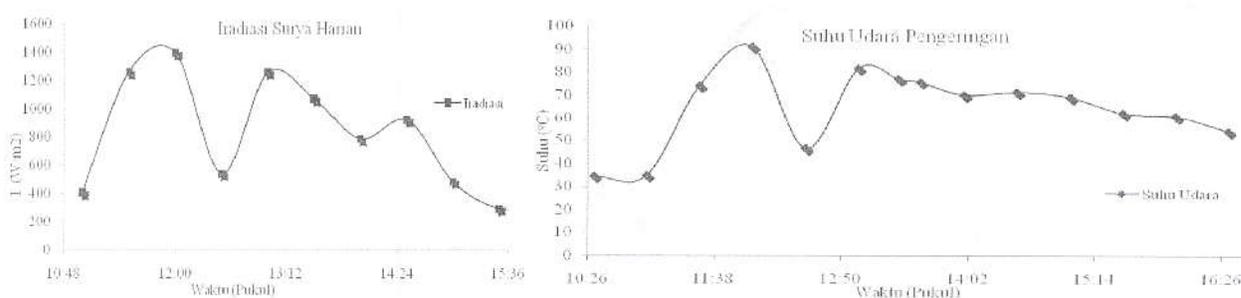
exchanger), ruang pengering efek rumah kaca dan model pengeringan rak. Semua unit terintegrasi membentuk sistem pengering serbaguna yang berfungsi dengan komoditas yang dikeringkan. Setelah pengerjaan kerangka selesai, dilanjutkan dengan pemasangan dinding polikarbonat membentuk sistem pengeringan siap uji.

PEMBAHASAN

Kegiatan desain menghasilkan sistem pengeringan meliputi bangunan pengering transparan, model pengeringan rak yang dapat bergerak di atas landasan rel dengan kapasitas hingga 750 kg, sistem instrumen *multichannel* dengan termokopel, sensor SHT75 dan termometer alkohol serta instalasi terintegrasinya dengan sistem pembangkit panas tungku dan penukar panas.

Uji fungsional terhadap masing-masing unit pengering menunjukkan fungsi yang baik untuk melangsungkan proses pengeringan komoditas yang dicobakan yakni kopra. Pemilihan komoditas kopra mengingat bahan baku yang melimpah untuk dijadikan kopra kering dan produk samping berupa sabuk dan tempurung kelapa sekaligus dijadikan bahan bakar jenis terbarukan. Komoditas ini juga memiliki karakteristik yang dapat diuji pada model pengeringan rak. Pengeringan model rak dilakukan dengan mengatur ketebalan secara terbatas mengikuti pola lapisan tipis pada luasan sekitar 4 m² dengan 5 tingkat susunan rak. Proses pemuatan dan pembongkaran bahan yang dikeringkan dilakukan diluar ruang pengering dengan cara menarik dan mendorong rak pengeringan tersebut di atas landasan rel. Desain ini dilakukan untuk menciptakan suasana yang nyaman bagi operator dari kegerahan saat ruangan sudah memiliki suhu udara yang panas.

Pemilihan pengeringan jenis bangunan berdinding transparan dengan mekanisme efek rumah kaca adalah untuk tetap mengakomodasi pengeringan alamiah yang memanfaatkan panas radiasi surya harian yang melimpah di negara tropis seperti Indonesia. Keunggulan sistem ini dari jenis pengeringan konvensional adalah pemanfaatan luasan lahan yang relatif sempit dan terhindar dari gangguan alam seperti hujan dan serangan burung. Selain itu dengan model ini terbentuk selisih suhu secara alamiah antara ruang pengeringan dengan lingkungan berkisar 2 - 4 °C. Instalasi sistem pengeringan secara terpadu dengan unit pembangkit panas tungku biomassa dan penukar panas merupakan upaya mengatasi kendala alam seperti mendung dan hujan bahkan pengeringan tetap dapat dilangsungkan pada malam hari. Gambar 6 memperlihatkan perubahan iradiasi surya terhadap waktu selama pengujian. Pengamatan terhadap iradiasi surya dengan interval 30 menit pada hari pengujian dengan cuaca cerah dan suhu udara lingkungan rata-rata 33 °C diperoleh nilai rata-rata sebesar 548 W/m². Iradiasi surya kumulatif harian dalam pengujian ini sebesar 4.618 Wh/m² atau 4,6 kWh/m². Sebagai bahan pertimbangan besarnya iradiasi surya kumulatif per hari di Indonesia adalah 4,5 kWh/m² untuk kawasan barat Indonesia dan 5,1 kWh/m² untuk kawasan timur Indonesia [2]. Dengan rata-rata luas penampang alat pengering yang menerima radiasi surya 17,64 m² maka energi surya yang bermanfaat bagi pengeringan sebesar 25,5 kWh. Besaran nilai ini dipengaruhi oleh sifat daya tembus panas dinding polikarbonat merek solarlite dengan nilai 48,29% [7] dan sifat memantul bahan sekitar 3%.



Gambar 6. Grafik iradiasi surya harian dan suhu udara pengujian sistem pengeringan

Penggunaan energi surya, biomassa (tongkol jagung dan tempurung kelapa) dan listrik sebagai input pada proses pengujian sistem pengeringan dengan komoditas kopra memiliki perbandingan masing-masing 13,9%, 70,4% dan 15,7% sebagaimana tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Jenis, nilai dan persentase konsumsi energi

Jenis Energi	Nilai Konsumsi (kJ)	Nilai Konsumsi (kW)	Persentase kW (%)
Surya	596.427,9	25,5	13,9
Biomassa	1.140.500,0	129,1	70,4
Listrik	671.628,7	28,7	15,7
Total	2.408.556,6	183,3	100

Dari suhu udara lingkungan rata-rata sebesar 33 °C, suhu udara pengering rata-rata yang terhembus adalah 70 °C dan suhu rata-rata udara ruang pengeringan sebesar 65 °C, suhu panas bahan yang terekam melalui termokopel besarnya adalah 63 °C. Suhu bahan ini menunjukkan panas pada titik tengah yang secara logis dapat dijelaskan bahwa kadar air bahan dan sifat material bahan memiliki sifat mendinginkan dan adanya sifat tahanan tertembus panas. Dengan demikian terbentuk slop penurunan suhu dari udara pengering ke ruangan pengering hingga ke lapisan dalam daging kelapa (kopra). Sebaran suhu yang terbentuk di dalam ruang pengering adalah suhu udara terhembus 70 °C, suhu udara pada titik dekat sumber panas (belakang) 66,9 °C, suhu udara pada titik tengah ruangan 65 °C, dan suhu udara pada titik terjauh (depan) 62 °C.

Perubahan kadar air bahan yang dikeringkan dari berat awal kopra 250 kg dengan kadar air 42,7 %basis basah hingga kadar air akhir rata-rata sebesar 18,4 %basis basah dalam waktu 6 jam 30 menit. Berat akhir kopra yang telah dikeringkan sebesar 175,73 kg dengan berat kandungan air yang diuapkan adalah 74,27 kg. Adapun kisaran kadar air pada beberapa titik dalam ruang pengeringan adalah 17,9 – 18,6 %basis basah. Sedangkan laju rata-rata pengeringan sebagai bentuk sifat bahan dalam proses pengeringan diperoleh sebesar 39,8 %bb/jam. Pengeringan lebih lanjut dilakukan secara alami dengan meletakkan kopra tersebut tetap di dalam rak pada ruang pengeringan. Kadar air akhir rata-rata setelah 1-2 hari pengeringan diperoleh sebesar 6,4 %basis basah.

Perhitungan energi total pengeringan menghasilkan nilai 395.141 kJ. Energi berguna berupa panas yang diterima udara pengering sebesar 381.230 kJ, panas untuk menaikkan suhu bahan 940 kJ dan panas untuk menguapkan air bahan 13.911 kJ. Efisiensi termal sistem pengeringan sebesar 22% dengan konsumsi energi spesifik (KES) sebagai jumlah energi yang diterima dibandingkan dengan satu satuan massa air yang diuapkan adalah 31.417 kJ/kg.

Beberapa literatur yang mengkaji aspek efisiensi peralatan pengering dalam kaitannya dengan bahan antara lain [1] yang mengembangkan dan mengevaluasi alat pengering kopra jenis *tray dryer* dengan nilai 19,33%. Dengan rata-rata suhu udara pengering 65 °C berbahan bakar minyak tanah, kopra dari kadar air awal 53,18% hingga 6,84% dengan kapasitas 30 kg ditempuh dalam waktu 14 jam. Pengujian rancangan alat pengering kopra berbahan bakar biomassa (kayu dan tempurung kelapa) dengan kapasitas sekitar 160 kg dengan nilai efisiensi penggunaan energi 6,51% dalam waktu 16 – 18 jam per periode [10]. Sedangkan perbandingan konsumsi energi pada sistem pengering efek rumah kaca-hibrid dan *in-store dryer (ISD)* terintegrasi untuk jagung pipilan adalah 10,4%, 72,8% dan 16,4% untuk jenis energi surya, biomassa dan listrik dengan nilai KES 5.96 dan 7,96 MJ/kg uap air [5]. Perbandingan pengeringan dengan energi surya murni melalui sistem kolektor radiasi surya untuk pengeringan tandan kosong sawit buangan pengolahan minyak sawit adalah sekitar 66 jam tanpa henti (9 hari) dengan radiasi rata-rata berkisar 293-733 W/m² untuk menurunkan kadar air dari 79-4,18 % basis basah [6].

KESIMPULAN

Beberapa aspek penting yang menjadi kesimpulan adalah sistem pengeringan yang didesain antara lain model rak dengan kapasitas mencapai 750 kg kopra basah. Pengujian yang dilakukan pada model rak dengan berat awal bahan 250 kg menjadi berat akhir 175,73 kg dengan 74,27 kg uap air. Pengujian dengan suhu udara pengeringan rata-rata 65 °C menurunkan kadar air dari 42,7 - 18,4 %basis basah dalam waktu 6 jam 30 menit. Pengeringan lanjutan secara alamiah untuk mencapai kadar air akhir yang dipersyaratkan untuk kopra sebesar 6,4 % basis basah memerlukan waktu sekitar 1-2 hari. Sebaran suhu antar titik pengukuran memiliki perbedaan rata-rata 2,5 °C dengan beda kadar air rata-rata antar titik yang sama 0,4% basis basah. Konsumsi energi surya 596.427,9 kJ, biomassa 1.140.500,0 kJ dan listrik 671.628,7 kJ dengan laju pembakaran tempurung 3,8 kg/jam dan rata-rata iradiasi surya 548 W/m² serta nilai efisiensi termal sistem pengering 22%. Sedangkan konsumsi energi spesifik (KES) sebagai jumlah energi yang diterima dibandingkan dengan satu satuan massa air yang diuapkan sebesar 31.417 kJ/kg. Energi total pengeringan 395.141 kJ dengan energi berguna 381.230 kJ. Sedangkan energi untuk memanaskan bahan 940 kJ dan untuk menguapkan air bahan 13.911 kJ.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktur DP2M DIKTI atas dana hibah pekerti yang diberikan dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Anderson. Pengembangan dan evaluasi teknis alat pengering kopra jenis *tray dryer*. *Jurnal Teknik Mesin* 3:61-70. 2006.
- [2] Energi dan Sumber Daya Mineral. Pemanfaatan Energi Surya di Indonesia. Tersedia. <http://www.esdm.go.id/berita/56-artikel/3347-pemanfaatan-energi-surya-di-indonesia.html>. 17 Oktober 2013.
- [3] A. Kamaruddin. *Teknologi berbasis sumber energi terbarukan untuk pertanian*. IPB Press, Bogor. 2007.
- [4] L.O. Nelwan. *Pengeringan Kakao dengan Energi Surya Menggunakan Rak Pengering dengan Kolektor Tipe Efek Rumah Kaca*. Thesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 1997.
- [5] L.O. Nelwan, D. Wulandani, T. W. Widodo dan R. Paramawati. Konsumsi energi dan biaya pokok pengeringan sistem pengering efek rumah kaca dan in-store dryer (ISD) terintegrasi untuk jagung pipilan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian – Yogyakarta, 18-19 November 2008*.
- [6] F. Sulaiman, N. Abdullah, dan Z. Aliasak. Solar Drying System for Drying Empty Fruit Bunches. *Journal of Physical Science* 24(1):75–93. 2013
- [7] Solarlite Table Diagram. Polycarbonate Solarlite. Available. <http://www.Ciptaprima-perkasa.com/produk-234-polycarbonate-solarlite.html>. 26 September 2013.
- [8] M. Tahir, I.D.M. Subrata dan Y.A. Purwanto. Desain kendali laju aliran udara dan sistem pengumpan bahan-bakar biomassa berbasis fuzzy pada pengering ERK-Hybrid. *Jurnal Enjiniring Pertanian* VIII(2):95-104. 2010.
- [9] M. Tahir, Y. Bait dan R. Kasim. Uji performansi desain terintegrasi tungku biomassa dan penukar panas. *Agritech* 33(2):219–225. 2013.
- [10] S. Triyono, A. Haryanto dan R.S. Haryati. Rancang bangun dan uji kinerja alat pengering kopra tipe rak berbahan bakar biomassa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian – Yogyakarta, 18-19 November 2008*.