

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 6, No. 3, Desember 2018



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota PERTETA tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam invited paper yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, review perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, technical paper hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta research methodology berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 3 Desember 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr. (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS. (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Ir. Loekas Susanto, MS., Ph.D. (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Prof.Dr.Ir. Muhammad Idrus Alhamid (Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia), Prof.Dr.Ir. Sobir, M.Si. (Departemen Agronomi dan Hortikultura (AGH), Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr. (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr. Radi, STP., M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Evi Savitri Iriani M.Si. (Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (Institut Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta), Dr.Ir. Ridwan Rachmat, M.Agr. (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Leopold Oscar Nelwan, STP., M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Slamet Widodo, STP., M.Sc. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Muhamad Yulianto, ST., MT. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Nora H. Pandjaitan, DEA. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Chusnul Arif, STP., M.Si. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Wilson Palelingan Aman, STP., M.Si. (Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian, Universitas Negeri Papua), Andri Prima Nugroho, STP., M.Sc., Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada), Asna Mustofa, STP., MP. (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung) Agus Ghautsum Ni'am, STP., M.Si. (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Uji Performansi Prototipe Alat Pengering Kopra Memanfaatkan Panas Buang PLTU Berbahan Bakar Arang Tempurung Kelapa

Performance Test Prototype Copra Dryer by Utilizing Exhaust Heat from Coconut Shell Charcoal Fired Power Plant

Dedi Suntoro, Puslitbangtek Ketengalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM. Email: dedisunt@yahoo.com

Subhan Nafis, Puslitbangtek Ketengalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM. Email: subhan_nafis@yahoo.co.id

Hablinur Al-Kindi, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian, Bogor. Email: angintimur88@gmail.com

Abstract

The exhaust heat of steam power plant has considerable energy potential that can be recovered for various processes, one of which is for the drying of materials. The purpose of this research is to know the performance of a copra dryer by utilizing exhaust heat from coconut shell charcoal fired power plant which has been developed by P3TKEBTKE. Copra dryers consisting of a fan, heat exchangers, and a drying chamber are installed on the boiler combustion flue gas duct as the heat source. This research was conducted by varying fan speed at 2.2 m/s and 3.7 m/s. The results show the drying room temperature between 36-130°C, are not equally distributed. The test results with the air flow rate of 4.14 m³/m shows the average temperature of 72.18°C drying copra final moisture content 17.72%, the drying rate of 4.72%, energy consumed 55.97 MJ/kg, thermal efficiency 20,90% and drying efficiency of 4.83%. While the test results with an air flow rate of 6.97 m³/m shows better results with an average temperature of 68.13°C drying copra final moisture content 16.05%, the drying rate of 5.1%, energy consumed 32.47 MJ/kg, thermal efficiency 55.57% and drying efficiency of 8,25%..

Keywords: exhaust heat, performance, dryer, copra

Abstrak

Panas buang PLTU memiliki potensi energi yang cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai proses, salah satunya untuk pengeringan bahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja alat pengering dengan memanfaatkan panas buang dari PLTU berbahan bakar arang tempurung kelapa yang telah dikembangkan oleh P3TKEBTKE. Alat pengering tipe rak yang terdiri dari komponen kipas, heat exchanger, dan ruang pengering dipasang pada saluran gas buang pembakaran boiler sebagai sumber panasnya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan variasi laju alir udara 4.14 m³/m dan 6.97 m³/m. Hasil pengujian dengan laju alir udara 4,14 m³/m menunjukkan rata-rata suhu pengeringan 72.18°C kadar air kopra akhir 17.72%, laju pengeringan 4.72%, kebutuhan energi untuk menguapkan air dari produk kopra adalah 55.97 MJ/kg, efisiensi termal pengering 20.90%, dan efisiensi sistem pengeringan 4.83%. Sedangkan hasil pengujian dengan kecepatan 3.7 m/s menunjukkan hasil lebih baik dengan rata-rata suhu pengeringan 68.13°C kadar air kopra akhir 16.05%, laju pengeringan 5.1%, kebutuhan energi untuk menguapkan air dari produk kopra adalah 32.47 MJ/kg, efisiensi termal pengering 55.57%, dan efisiensi sistem pengeringan 8.25%.

Kata Kunci: panas buang, unjuk kerja, pengering, kopra

Diterima; 03 November 2017; Disetujui:1 Agustus 2018

Pendahuluan

Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), tidak semua energi hasil pembakaran diubah menjadi energi listrik namun sebagian terbuang ke lingkungan. PLTU memiliki efisiensi termal 33-40%, dimana sekitar 46-48% kehilangan panasnya terjadi di kondenser dan 11-12% kehilangan panas melalui gas buang (Ion, 2013). Panas buang PLTU memiliki suhu tinggi 230°C - 480°C dan dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai proses, salah satunya untuk pengeringan bahan (Anonim, 2006).

Pengeringan merupakan salah satu proses penurunan kandungan air suatu bahan. Tujuan pengeringan adalah untuk penyimpanan bahan dalam jangka waktu yang lama atau digunakan pada proses lainnya (Syaiful dan Hargono, 2009). Proses pengeringan yang umum dilakukan oleh petani di Indonesia adalah dengan penjemuran. Cara ini memiliki banyak kelemahan, selain dibutuhkan lahan yang luas, juga terjadi kontaminasi produk oleh debu, kotoran dan polusi, dan ketergantungan pada kondisi iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (P3TKEBTKE) telah mengembangkan alat pengering dengan memanfaatkan panas buang PLTU biomassa skala laboratorium berkapasitas daya 10 kW. Alat pengering tersebut dapat mengeringkan bahan pertanian atau perkebunan tanpa harus bergantung pada panas matahari, ramah lingkungan, tidak memerlukan tempat, dan terhindar dari debu dan kotoran (Al-kindri *et al.*, 2015).

Salah satu jenis bahan pertanian/perkebunan yang dihasilkan dalam jumlah besar di Indonesia adalah kelapa (Junaidi *et al.*, 2011)(Tesda, 2006). Pengeringan daging buah kelapa menghasilkan produk yang disebut dengan kopra (Guarte *et al.*, 1996). Junaidi *et al.* (2011) melakukan pengembangan alat pengering kopra jenis *tray dryer* dengan bahan bakar minyak tanah. Hasil penelitiannya menunjukkan suhu rata-rata ruang pengering adalah 65°C, waktu pengeringan 14 jam, kadar air kopra 6-7%, laju pengeringan 1.06 kg/jam dan efisiensi pengeringan 19.33%. Triyono *et al.* (2008) melakukan rancang bangun pengering kopra



Gambar 1. Daging buah kelapa.

tipe rak berbahan bakar biomassa. Hasil pengujian menunjukkan suhu rata-rata pengering mencapai 60°C, waktu pengeringan 16-18 jam, kadar air kopra 14%, laju pengeringan 2.41 kg per jam, dan efisiensi penggunaan energi 6.51%. Qurthubi (2010) melakukan perancangan dan pengujian alat pengering kopra tipe *tray dryer* dengan menggunakan media uap air. Hasil penelitiannya menunjukkan waktu pengeringan 8 jam dan kadar air kopra yang dihasilkan 5.26%.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi unjuk kerja alat pengering kopra dengan memanfaatkan panas buang PLTU skala laboratorium berbahan bakar arang tempurung kelapa di P3TKEBTKE.

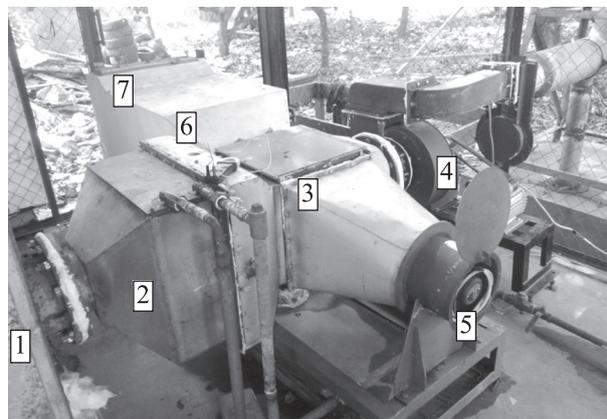
Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Bahan yang dikeringkan dalam penelitian ini adalah daging buah kelapa dalam yang diperoleh dari pasar tradisional. Kelapa dibeli masih dalam keadaan utuh dengan batok kelapa, kemudian dibelah menjadi dua bagian diambil daging buahnya seperti terlihat pada Gambar 1.

Alat pengering tipe rak hasil desain sendiri terdiri dari tiga komponen utama yaitu kipas, *heat exchanger* dan ruang pengering. Pengering ini menggunakan kipas jenis aksial merk CKE dengan daya 30 watt. *Heat exchanger* (HE) yang digunakan bertipe *cross flow*. Dimensi HE 30.4 cm x 30.4 cm x 30.4 cm dan terdapat 97 pipa yang terbuat dari tembaga dengan panjang pipa 30.4 cm dan ukuran diameter luar dan diameter dalam masing-masing 15.88 cm dan 13.88 cm. Ruang pengering terbuat dari bahan *stainless steel* di bagian dalam dan seng bagian luar. Terdapat insulator berupa rockwool di bagian tengahnya. Terdapat 4 rak dimana jarak antar rak 12 cm dengan ketebalan 5 mm. Dimensi ruang pengering adalah 75 cm x 50 cm x 55.5 cm.

Gambar 2 menunjukkan alat pengering yang dipasang pada saluran gas buang PLTU Biomassa. Udara panas hasil pembakaran biomassa arang tempurung kelapa digunakan untuk memanaskan air menjadi uap panas untuk memutar turbin dan generator.



Gambar 2. Alat pengering yang terpasang pada saluran gas buang PLTU Biomassa.

Sebelum dibuang ke lingkungan, udara panas tersebut dimanfaatkan untuk pengeringan. Udara panas hasil pembakaran biomassa tempurung kelapa dari boiler lewat saluran gas buang masuk kedalam HE akibat hisapan dari *Induced Draft (ID) fan boiler*. Kipas pengering menghembuskan udara lingkungan ke HE dan masuk ke dalam ruang pengering. Udara yang masuk ke dalam ruang pengering merupakan udara bersih yang telah terpanasi oleh HE. Sistem pemanasan tersebut biasa disebut dengan sistem pemanasan tidak langsung atau *indirect heating system*.

Peralatan ukur yang digunakan adalah timbangan digital (AND GF3000) digunakan untuk mengukur berat sampel daging kelapa sebelum dan sesudah di keringkan, oven (Memmert) digunakan untuk mengeringkan daging kelapa untuk mengetahui kadar air awal, desikator untuk menyimpan kopra dan membawa ke ruang timbangan digital, anemometer untuk mengukur kecepatan udara kipas pengering, *voltage regulator* untuk mengatur kecepatan kipas pengering dengan cara mengatur tegangan listrik, termokopel untuk mengukur suhu di ruang pengering dan saluran gas buang, data akuisisi (Keyence NR255) digunakan untuk menyimpan data pengukuran suhu di ruang pengering, dan termohygrrometer untuk mengukur suhu di ruang pengering dan udara ambient.

Prosedur Pengujian

Pengujian prototype pengering dengan memanfaatkan gas buang PLTU meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapan bahan yang akan dikeringkan, yaitu daging buah kelapa. Buah kelapa dibagi menjadi dua bagian kemudian daging buah dicongkel dari tempurungnya. Daging kelapa selanjutnya dimasukkan ke dalam rak-rak ruang pengering seperti ditunjukkan oleh Gambar 3 untuk dikeringkan dalam satu kali tahap pengeringan
2. PLTU berbahan bakar arang tempurung kelapa dinyalakan, sehingga gas buang melewati *heat exchanger* alat pengering.
3. Kipas pengering dinyalakan kemudian diatur laju alir udara masuknya dengan menggunakan

voltage regulator. Pengujian dilakukan dengan laju alir udara 4.14 m³/m pada tegangan 100 Volt dan 6.97 m³/m pada tegangan 220 volt.

4. Pada setiap selang waktu satu jam, diambil sampel daging kelapa (diberi tanda dengan kain berwarna seperti pada Gambar 3) di tiap-tiap rak untuk diukur kadar airnya.
5. Pengukuran dilakukan terhadap suhu udara ambient, suhu ruang pengering, suhu gas buang masuk, suhu gas buang keluar, kadar air awal sampel kopra, kadar akhir sampel kopra dan total waktu pengeringan.

Paramater pengukuran unjuk kerja mesin pengering terdiri dari:

Suhu ruang pengering

Suhu udara ruang pengering di rak 1, rak 2, rak 3 dan rak 4 diukur selama proses pengeringan. Suhu pengeringan sangat berpengaruh terhadap proses pengeringan kopra.

Kadar air kopra

Untuk menentukan kadar air kopra dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Mohanraj dan Chandrasekar, 2008):

$$M_{wb} = \frac{[w_0 - w_t]}{w_0} \times 100 \quad (1)$$

Dimana: M_{wb} = kadar air kopra yang dikeringkan (%bb), W_0 = berat kopra kering (kg), W_t = berat kopra dengan kadar air 0% (kg)

Laju pengeringan

Laju pengeringan dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Mohanraj dan Chandrasekar, 2008):

$$DR = \frac{dM}{dt} = -k (M_t - M_e) \quad (2)$$

Dimana: $DR = \frac{dM}{dt}$ = drying rate (laju pengeringan), k = konstanta pengeringan, M_t = kadar air kopra (%bb), M_e = kadar air kesetimbangan kopra dengan udara pengering (%bb)



Gambar 3. Ruang Pengering.

Kebutuhan energi untuk pengeringan

Kebutuhan energi pengeringan (Q) adalah input energi yang diperlukan untuk mengeringkan produk dinyatakan dalam persamaan (Abdullah, 1994):

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3)$$

$$Q_1 = m_p C_{p_p} (T_{p2} - T_{p1}) \quad (4)$$

$$Q_2 = m_u h_{fg} \quad (5)$$

$$Q_3 = m_u C_{p_u} (T_{p2} - T_{p1}) \quad (6)$$

Dimana: m_p = massa produk (kg), C_{p_p} = panas jenis produk (kJ/kg°C), T_{p2} = suhu produk akhir (°C), T_{p1} = suhu produk awal (°C), m_u = massa air yang diuapkan (kg), h_{fg} = nilai panas laten penguapan air (kJ/kg), C_{p_u} = panas jenis air (kJ/kg°C)

Kebutuhan energi untuk menguapkan 1 kg air dari produk (ES)

Kebutuhan energi untuk mengeringkan setiap kg air yang diuapkan dari produk dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Abdullah, 1994):

$$ES = Q_s / m_u \quad (7)$$

$$Q_s = Q_{gb} + Q_p \quad (8)$$

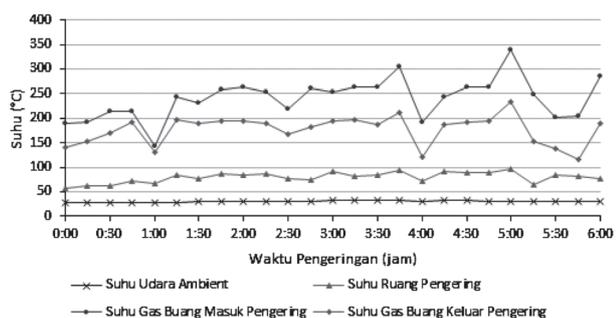
$$Q_{gb} = \dot{m}_{gb} C_{p_{gb}} (T_{gb1} - T_{gb2})t \quad (9)$$

$$Q_p = Pt3.6 \quad (10)$$

Dimana: m_u = massa air yang diuapkan (kg), \dot{m}_{gb} = laju alir gas buang (kg/jam), $C_{p_{gb}}$ = panas jenis gas buang (kJ/kg°C), T_{gb1} = suhu gas buang masuk pengering (°C), T_{gb2} = suhu gas buang keluar pengering (°C), t = waktu pengeringan (jam), P = daya listrik (W)

Efisiensi termal dan efisiensi sistem pengeringan

Efisiensi termal (η_t) adalah rasio antara energi untuk menaikkan suhu ruang pengering terhadap energi yang dibutuhkan selama pengeringan berlangsung. Efisiensi sistem (η_p) pengeringan adalah rasio energi untuk menaikkan suhu bahan dan menguapkan air dari bahan terhadap energi yang dibutuhkan untuk proses pengeringan berlangsung (Abdullah, 1994).



Gambar 4. Suhu udara ambient, gas buang, dan ruang pengering untuk laju alir udara 4.14 m³/m.

$$\eta_t = \frac{\dot{m}_u C_{p_u} (T_{u2} - T_{u1}) t}{Q_{gb}} \quad (11)$$

$$\eta_p = \frac{Q}{Q_s} \quad (12)$$

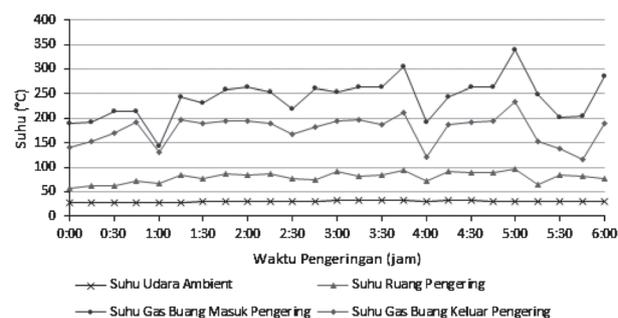
Dimana: \dot{m}_u = laju massa udara pengering (kg/jam), C_{p_u} = panas jenis udara pengering (kJ/kg°C), T_{u2} = suhu udara pengering (°C), T_{u1} = suhu udara sebelum dipanaskan = suhu lingkungan (°C), t = waktu pengeringan (jam)

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran suhu gas buang pembangkit masuk dan keluar alat pengering, suhu udara ambient dan suhu udara keluar ruang pengering ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4 untuk laju alir udara 4.14 m³/m dan Gambar 5 untuk laju alir udara 6.97 m³/m. Berdasarkan kedua grafik tersebut suhu gas buang berfluktuasi antara 141-340°C dengan rata-rata suhu 240.48°C untuk laju alir udara 4.14 m³/m dan 242.96°C untuk laju alir udara 6.97 m³/m. Suhu gas buang berfluktuasi karena sifat jenis bahan bakar tempurung kelapa yang tidak seragam dan jenis alat pembakaran pada pembangkit yang menggunakan jenis fixbed sehingga proses pembakaran tidak berlangsung secara kontinu.

Hasil pengukuran suhu ruang pengering ditunjukkan oleh Gambar 6 untuk laju alir udara 4.14 m³/m dan Gambar 7 untuk laju alir udara 6.97 m³/m. Berdasarkan grafik suhu udara ruang pengering pada Gambar 6 dan Gambar 7, distribusi suhu udara didalam ruang pengering tidak merata. Suhu udara rak diatas lebih tinggi dibanding dengan rak dibawah. Selisih antara suhu udara rak atas dengan rak dibawahnya cukup tinggi antara 6.7-27.4°C atau rata-rata terjadi perbedaan suhu 16% antar rak. Hal ini disebabkan oleh aliran udara panas yang masuk ruang pengering cenderung langsung keluar lewat saluran output udara pengering yang posisinya berada di atas (Nafis et al, 2015)(Al-Kindi et al, 2015).

Suhu udara ruang pengering dengan laju alir udara 4.14 m³/m cenderung lebih tinggi dibanding saat laju alir udara 6.97 m³/m. Kecepatan udara yang lebih rendah mengakibatkan perpindahan panas yang lebih baik pada alat pengering sesuai dengan penelitian



Gambar 5. Suhu udara ambient, gas buang, dan ruang pengering untuk laju alir udara 6.97 m³/m.

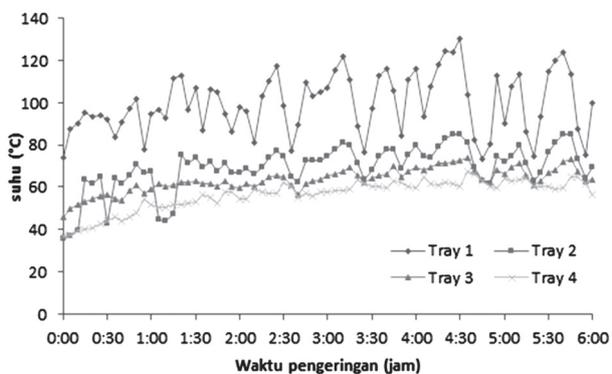
sebelumnya oleh Walujodjati (2009) dan Nafis *et al* (2015). Suhu ruang pengering tidak merata antara 36°C sampai dengan 130°C. Suhu pengeringan kopra maksimal sebaiknya 90°C untuk menjaga kualitas kopra yang dihasilkan tetap baik (Guarte *et al*, 1996). Berdasarkan data hasil pengukuran, suhu ruang pengering melampaui suhu yang diijinkan saat pengujian dengan menggunakan laju alir udara 4.14 m³/m khususnya terjadi pada rak 1 dengan suhu rata-rata 99°C. Suhu rata-rata ruang pengering untuk laju alir udara 4.14 m³/m adalah 72.18°C, sedangkan untuk laju alir udara 6.97 m³/m adalah 68.13°C. Pada pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m pada menit ke-30 sampai dengan menit ke-50 terjadi penurunan suhu karena boiler pembangkit mengalami masalah sehingga dimatikan akibatnya suhu gas buang pembangkit turun.

Penurunan kadar air kopra selama waktu pengeringan ditunjukkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9 Berdasarkan data pengujian, kadar air kopra mengalami penurunan seiring dengan waktu pengeringan. Rak yang berada di atas mengalami penurunan lebih tinggi dibanding rak yang ada dibawahnya. Penurunan kadar air air sangat dipengaruhi oleh suhu pengeringan seperti yang terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Duarte *et al* (1996), dimana semakin tinggi suhu pengeringan, penurunan kadar air semakin tinggi dan waktu pengeringan juga semakin cepat. Pengeringan juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang

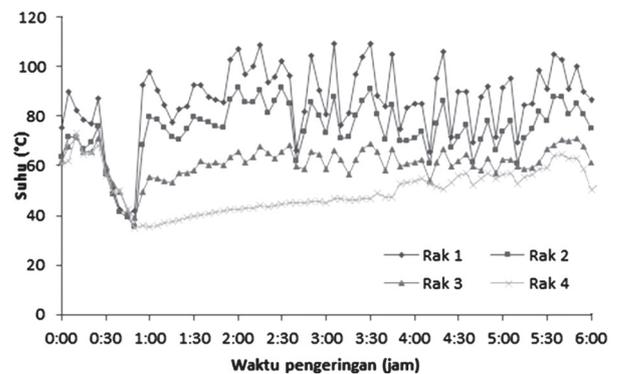
masuk ke ruang pengering, semakin cepat maka akan membawa uap air dari permukaan bahan semakin cepat.

Kadar air rata-rata kopra yang dihasilkan dari proses pengeringan terhadap waktu pengeringan untuk pengujian dengan laju alir udara 4.14 m³/m dapat didekati dengan persamaan $y = -4.8766x + 43.88$. Sedangkan untuk pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m dapat didekati dengan persamaan $y = -4.9284x + 42.48$. Berdasarkan hasil pengujian selama 6 jam kadar air kopra rata-rata yang dihasilkan belum mencapai yang dipersyaratkan oleh SNI 01-3946-1995 yaitu 5%bb (Sulaeman dan Rusyadi, 2013). Oleh karena itu dengan pendekatan dua persamaan tersebut maka dapat diprediksi untuk mencapai kadar 5%bb, pengujian dengan laju alir udara 4.14 m³/m membutuhkan waktu pengeringan 7.9 jam dan pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m membutuhkan waktu pengeringan 7.6 jam.

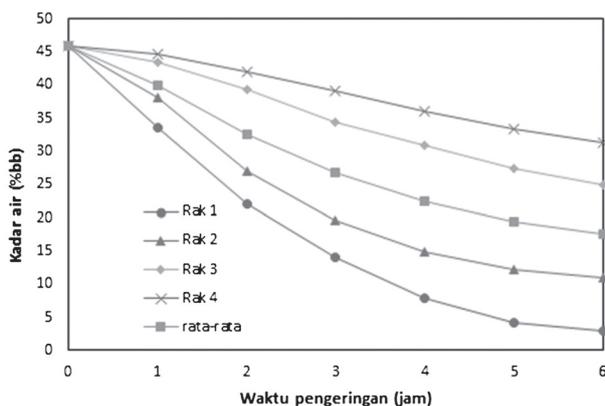
Laju pengeringan kopra ditunjukkan oleh Gambar 10 dan Gambar 11. Laju pengeringan dengan laju alir udara 4.14 m³/m awalnya lambat kemudian mencapai puncaknya pada jam ke-2 setelah itu cenderung turun. Hal ini disebabkan pada awal pengujian suhu di ruang pengering yang belum panas seperti terlihat pada Gambar 6. Pada pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m, suhu ruang pengering di awal sudah tinggi antara 60-80°C sehingga laju pengeringan diawal sudah berlangsung cepat. Pada pengujian keduanya laju pengeringan kopra melambat seiring



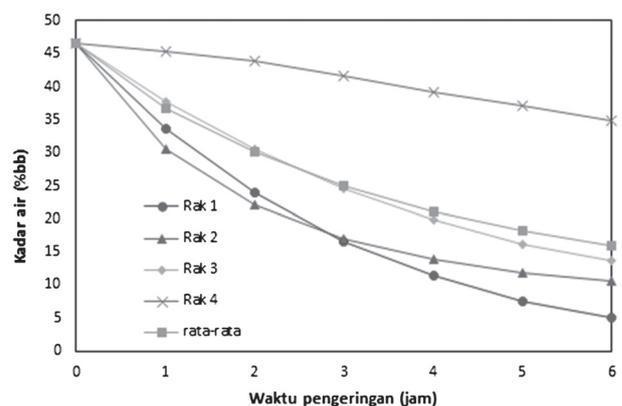
Gambar 6. Suhu ruang pengering (laju alir udara 4.14 m³/m).



Gambar 7. Suhu ruang pengering (laju alir udara 6.97 m³/m).



Gambar 8. Kadar air kopra selama waktu pengeringan (laju alir udara 4.14 m³/m).



Gambar 9. Kadar air kopra selama waktu pengeringan (laju alir udara 6.97 m³/m).

Tabel 1. Hasil analisis uji kinerja pengering kopra.

No	Keterangan	Satuan	Hasil pengujian	
			a*	b*
1	Massa awal kopra	kg	16.6	16.6
2	Massa akhir kopra	kg	10.89	10.55
3	Kadar air awal kopra	%bb	45.94	46.64
4	Kadar air akhir kopra	%bb	17.62	16.05
5	Lama pengeringan	Jam	6	6
6	Laju pengeringan	%bb/jam	4.72	5.1
7	Suhu ruang pengering	°C	72.18	68.13
8	Suhu lingkungan	°C	30.35	27.61
9	Kebutuhan energi untuk proses pengeringan	kJ	15428	16201
10	Energi gas buang yang digunakan	kJ	319142	195751
11	Energi listrik yang digunakan	kJ	293.76	648
12	Efisiensi termal	%	20.90	55.57
13	Efisiensi pengeringan	%	4.83	8.25
14	Kebutuhan energi untuk menguapkan air dari bahan	MJ/kg uap air	55.97	32.47

Keterangan: *a: Laju alir udara 4,14 m³/m

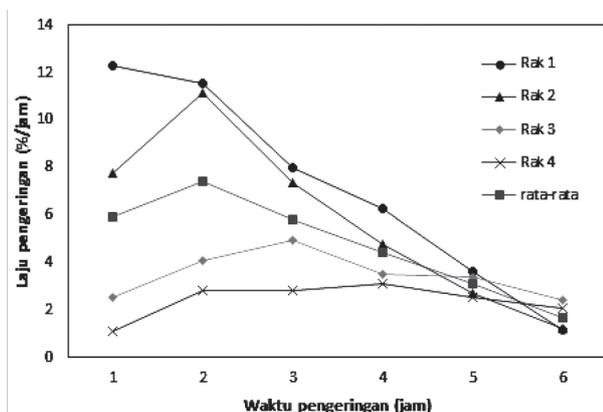
*b: Laju alir udara 6,97 m³/m

dengan waktu pengeringan. Pada awal pengeringan kopra masih mengandung kadar air yang cukup tinggi, dimana permukaan kopra masih berlangsung penguapan air bebas.

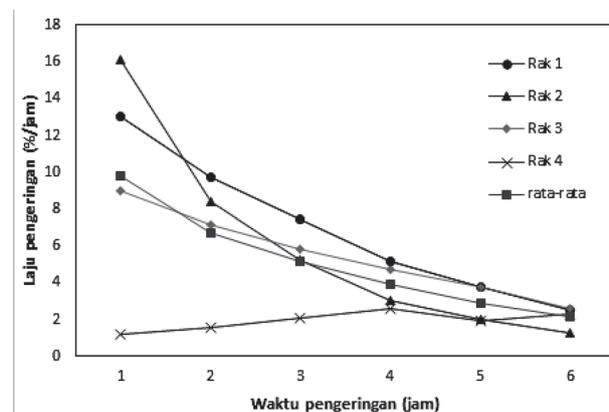
Berdasarkan hasil pengujian, laju pengeringan maksimal mencapai 16.09%bb/jam saat laju alir udara 4.14 m³/m. Laju pengeringan rata-rata untuk laju alir udara 4.14 m³/m adalah 4.72%bb/jam dan untuk laju alir udara 6.97 m³/m adalah 5.1%bb/jam. Dibandingkan dengan pengeringan dengan yang dilakukan dengan tenaga surya (Mohanraj dan Chandrasekar, 2008), laju pengeringan alat pengering ini lebih tinggi. Jika dibandingkan dengan laju pengeringan tipe rak dengan bahan bakar Hasil perhitungan kebutuhan energi untuk pengeringan, kebutuhan energi untuk menguapkan 1 kg air dari produk, efisiensi termal, dan efisiensi sistem pengeringan sesuai dengan persamaan 3 sampai

dengan persamaan 12 ditunjukkan oleh Tabel 1. Untuk pengujian dengan laju alir udara 4.14 m³/m, kebutuhan energi untuk menguapkan 1 kg air dari produk kopra adalah 55.97 MJ/kg, efisiensi termal pengering 20.90%, dan efisiensi sistem pengeringan 4.83%. Sedangkan untuk pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m, kebutuhan energi untuk menguapkan 1 kg air dari produk kopra adalah 32.47 MJ/kg, efisiensi termal pengering 55.57%, dan efisiensi sistem pengeringan 8.25%. Jika dibandingkan dengan alat pengering kopra dengan sistem pemanasan langsung melalui pembakaran biomassa, prototipe alat pengering ini memiliki efisiensi pengeringan yang lebih baik (Triyono et al, 2008). Efisiensi termal dan efisiensi pengering lebih baik jika distribusi suhu di dalam ruang pengering merata.

Simpulan dan Saran



Gambar 10. Laju pengeringan kopra untuk laju alir udara 4.14 m³/m



Gambar 11. Laju pengeringan kopra untuk laju alir udara 6.97 m³/m.

Berdasarkan hasil pengujian prototipe alat pengering maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa panas buang PLTU biomasa dapat digunakan untuk mengeringkan kopra dengan suhu rata-rata ruang pengering 68.13°C untuk laju alir udara tinggi dan 72.18°C untuk laju alir udara rendah. Distribusi suhu udara ruang pengering belum merata bervariasi antara 36-130°C dengan perbedaan antar rak sebesar 16% sehingga kadar air kopra yang dihasilkan juga tidak sama. Untuk memperoleh kadar air kopra 5%bb sesuai standar SNI diperlukan waktu pengeringan dengan menggunakan prototipe alat pengering kurang lebih selama 7.9 jam. Berdasarkan hasil pengujian, laju alir udara yang lebih tinggi meningkatkan laju pengeringan, menurunkan kebutuhan energi untuk menguapkan air dari bahan, meningkatkan efisiensi termal, dan meningkatkan efisiensi sistem pengeringan. Hasil pengujian dengan laju alir udara 4.14 m³/m, laju pengeringan sebesar 4.72%bb/jam, kebutuhan energi untuk menguapkan air dari produk kopra adalah 55.97 MJ/kg, efisiensi termal pengering 20.90%, dan efisiensi sistem pengeringan 4.83%. Sedangkan untuk pengujian dengan laju alir udara 6.97 m³/m, laju pengeringan 5.1%bb/jam, kebutuhan energi untuk menguapkan air dari produk kopra adalah 32.47 MJ/kg, efisiensi termal pengering 55.57%, dan efisiensi sistem pengeringan 8.25%.

Berdasarkan data pengukuran suhu ruangan, perlu dilakukan modifikasi di ruang pengering agar distribusi suhu di ruang pengering merata sehingga kadar air kopra yang dihasilkan juga seragam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral atas pendanaan yang telah diberikan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdullah, K., Tamrin, F. Wenur, dan D. Wulandari, 1994. Optimasi dalam perencanaan alat pengering hasil pertanian dengan energi surya. Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing I. Ditjern DIKTI. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI, IPB, Bogor
- Al-Kindi, H., Y.A. Purwanto, dan D. Wulandari, 2015. Analisis Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang. *Jurnal Keteknikan Pertanian* Vol. 3 No.1.
- Anonim, 2006. Pemanfaatan Limbah Panas. Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia. UNEP (United Nations Environment Programme) www.energyefficiencyasia.org.
- FlueGasesPropertiesTable. www.pipeflowcalculations.com.
- Guarte, R.C., W. Muhlbaeur, and M. Kellert, 1996. Drying characteristic of copra and quality of copra and coconut oil. *Postharvest Biology and Technology* 9: 361-372
- Ion, D., 2013. Energy Balance of a Coal-Fired Plant in Condensing Operation. *Advances in Environment Technologies, Agriculture, Food and Animal Sciences*
- Junaidi, Bukhari dan Maimuzar, 2011. Pengembangan dan Evaluasi Teknis Alat Pengering Kopra Jenis Tray Dryer. *Poli Rekayasa* Volume 7 No. 1
- Mohanraj, M. dan P. Chandrasekar, 2008. Comparison of Drying Characteristics and Quality of Copra Obtained in a Forced Solar Drier and Sun drying. *Journal of Scientific and Industrial Research* Vol. 67, pp. 381-385.
- Nafis, S., D. Suntoro, dan A.I. Firmansyah, 2015. Analisis Aliran Fluida Alat Pengering Produk Pertanian memanfaatkan Panas Buang Tungku Boiler PLT-Biomassa. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan* Vol.14 No. 1: 55-70
- Qhurtubi, A., 2010. Persancangan dan Pengujian Alat Pengering Kopra dengan Tipe Cabinet Dryer untuk Kapasitas 6 kg Per-Siklus. Skripsi Jurusan Teknik Mesin USU
- Sayful, M., dan Hargono. 2009. Profil suhu pada proses pengeringan produk pertanian dengan simulasi computational Fluid dynamics (CFD). *Reaktor* Vol. 12(3): 195-202.
- Sulaeman dan M. Rusyadi, 2013. Analisa Efisiensi Rooftop Solar Copra Dryer Dengan Susunan Kolektor Secara Seri. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 3, No.2: 70-77
- Tesha, 2006. Utilization of Brine Water for Copra Drying in Lahendong Geothermal Field, Indonesia. *The United Nations University: Geothermal Training Programme Report*
- Triyono, S., A. Haryanto, dan R.S. Haryati, 2008. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Pengering Kopra Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa. *Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung*.
- Walujodjati, A., 2009. Pengaruh Kecepatan Fan Terhadap Temperatur Perpindahan Panas Aliran Udara dalam Pipa dengan Fluks Panas Permukaan Konstan. *Momentum* Vol. 5 No. 2:46-49.

Halaman ini sengaja dikosongkan