

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 5, No.2, Agustus 2017



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. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal 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. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: 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](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://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. 5 No. 2 Agustus 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof. Dr. Ir. Kamaruddin Abdullah, IPU. (Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Agus Buono, MSi, MKom (Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ery Suhartanto, ST.,MT (Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir.Hj. Nurpilihan Bafdal, MSc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M. Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Asri Widyasanti, STP.,M.Eng (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App., Sc., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP.,MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr.Ir. Sugiarto, MSi (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

---

*Technical Paper*

## **Uji Performansi Alat Pengering Efek Rumah Kaca Hybrid Tipe Rak Berputar untuk Bawang Merah (*Allium Cepa L.*)**

### *Performance Test of Rotary Tray Hybrid Green House Effect Solar Dryer for Shallot (*Allium Cepa L.*)*

Dyah Wulandani, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Email: dyahwulandani@yahoo.com

Leopold Oscar Nelwan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Email: lonelwan@yahoo.com

Sri Endah Agustina, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Email: endah@perdana-consulting.co.id

#### **Abstract**

*Drying is the most important step of shallot processing before it is consumed. Generally, the farmer dried shallot by spreading it on the ground under the sun, however sun drying could not be implemented at rainy season, therefore the mechanical dryer is necessary. The research introduced the rotary tray hybrid green house effect (GHE) solar dryer for shallot drying. The objective of the study was to test the performance of the rotary rack of the GHE hybrid solar dryer for shallot drying. Three drying experiments has been done to got the performance of the Rotary rack type-hybrid GHE solar dryer. The dryer has drying efficiency of 20.8 % and the energy consumed of 12.1 MJ/kg vapor evaporated. Base on the cost analysis, it was obtained that the drying cost was Rp 1,013,- per kg fresh shallot. The shallot drying bussiness is feasible with payback period of 4 years. Volatile reducing substances (VRS) of dried shallot was 31.1  $\mu\text{g eq/g}$  which has no significant decrease compared with fresh shallot. GHE solar dryer -hybrid of solar and biomass energy- utilization for shallot drying is still useful when the solar irradiation is unavailable for sun drying. It could reduce losses caused of decay of shallot.*

**Keywords:** *dryer, Green House Effect, shallot, rotary tray*

#### **Abstrak**

Pengeringan merupakan tahap proses pengolahan bawang sebelum siap dikonsumsi. Secara umum petani menjemur bawang merah di bawah sinar matahari. Pada saat musim penghujan, penjemuran langsung tidak mungkin dilakukan, oleh karena itu dibutuhkan pengering mekanis. Pengering Efek Rumah Kaca (ERK) energi hibrid biomassa-surya tipe rak berputar merupakan salah satu pilihan. Untuk itu tujuan penelitian ini adalah untuk menguji performansi pengering ERK hibrid untuk mengeringkan bawang merah (*Allium Cepa L.*). Tiga buah percobaan pengeringan telah dilakukan untuk mendapatkan performansi pengering ERK hibrid tipe rak berputar. Pengering ERK hibrid tipe rak berputar memiliki tingkat efisiensi pengeringan 20.8 % dan nilai konsumsi energy pengeringan yang rendah yaitu 12.1 MJ/kg uap. Berdasarkan analisis biaya, diperoleh biaya pokok pengeringan sebesar Rp 1,013,- per kg bawang merah segar. Usaha pengeringan bawang merah akan kembali modal pada tahun ke-4. *Volatile reducing substances (VRS)* bawang merah kering adalah 31.1  $\mu\text{g ek/g}$ , penurunannya sangat kecil dibandingkan dengan nilai VRS bawang segar. Pada kondisi dimana surya tidak tersedia untuk melakukan metode pengeringan dengan penjemuran, maka penggunaan pengering ERK hibrid berenergi surya dan biomassa dapat menekan kerugian yang diakibatkan oleh kebusukan.

**Kata kunci:** pengering, Efek Rumah Kaca, rak berputar, bawang merah

*Diterima: 23 Mei 2016; Disetujui: 26 Mei 2017*

## Pendahuluan

Bawang merah merupakan komoditi pertanian yang memiliki banyak manfaat, yakni selain sebagai bumbu masak, juga menjadi obat herbal yang saat ini menjadi *trend* bagi sebagian besar masyarakat kota sesuai dengan slogan *back to nature*. Setelah dipanen, bawang merah harus segera dikeringkan untuk mencegah kerusakan akibat pembusukan oleh mikroba. Metode pengeringan yang umumnya dilakukan petani selama ini adalah penjemuran langsung di bawah sinar matahari. Permasalahan yang dialami petani bawang merah dalam pengeringan bawang dengan metode ini adalah pada saat sinar surya tidak mencukupi atau bahkan tidak tersedia sepanjang hari, sehingga petani tidak dapat mengeringkan bawang hasil panennya. Permasalahan lain adalah bahwa penjemuran memerlukan tenaga manusia dan areal yang besar, selain itu perubahan iklim yang sangat ekstrim yang terjadi sejak tahun 2003 hingga saat ini menyebabkan petani sulit dalam memperkirakan terjadinya musim kemarau dan musim penghujan, sehingga saat panen bawang merah tiba, bisa terjadi pada musim penghujan. Curah hujan yang tinggi di daerah Brebes dan Cirebon sebagai sentra bawang merah di Pulau Jawa, sebesar 3204-4150 mm per tahun menjadi kendala bagi petani untuk mengeringkan dengan penjemuran langsung sehingga menyebabkan kerugian besar bagi petani bawang merah akibat kebusukan bawang merah karena tidak dapat dikeringkan dengan baik (Anonim, 2008; Anonim, 2014).

Penelitian ini dilakukan dalam rangka untuk memberikan solusi atas permasalahan di atas dengan mengembangkan alat pengering yang

menggunakan tenaga surya dan biomassa sebagai sumber energy yang ramah lingkungan dan mudah diperoleh di sekitar lokasi sentra bawang. Pengering bawang yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pengembangan dari pengering tipe rak berputar untuk produk kapulaga yang telah diteliti sebelumnya (Wulandani *et al.*, 2009). Pada umumnya pengeringan bawang merah tidak menggunakan rak, melainkan bawang merah berdaun digantung pada para-para. Beberapa modifikasi dan perbaikan terutama pada bagian rak dilakukan agar sesuai dengan kondisi operasi pengeringan bawang merah. Untuk itu tujuan penelitian ini adalah melakukan uji performansi pada alat pengering ERK hibrid tipe rak berputar untuk pengeringan bawang merah. Hasil penelitian ini berupa informasi kehandalan pengering ERK hibrid tipe rak berputar yang diharapkan dapat dimanfaatkan bagi petani atau pedagang bawang merah dalam mengeringkan bawang merah.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

Bahan yang dikeringkan dalam penelitian ini adalah bawang merah segar berdaun varietas Bima, yang dipanen di kebun bawang di Koperasi Bawang (Koperasi Serba Usaha Mitra Nusantara Jaya), di Desa Ender, Kecamatan Pangenan, Kabupaten Cirebon Jawa Barat. Gambar 1 memperlihatkan bawang merah segar dan bawang merah setelah dikeringkan. Kayu jeunjing digunakan sebagai bahan bakar untuk energi pengeringan. Air yang dipanaskan oleh tungku pembakaran kayu dialirkan ke dalam pipa penukar panas sebagai media



(a)



(b)

Gambar 1. Bawang untuk bahan percobaan; (a) Bawang merah segar berdaun.  
(b) Bawang merah kering berdaun.

pemindah panas ke udara pengering di dalam ruang pengering.

Alat yang digunakan adalah pengering berenergi surya, biomassa dan listrik tipe rak berputar (Wulandani *et al.*, 2009) dengan beberapa modifikasi disain. Dua buah alat pengering yaitu model pengering (tipe 1) dan prototipe pengering (tipe 2) digunakan untuk mengeringkan bawang pada penelitian ini. Model pengering (tipe 1) berupa pengering dengan dimensi 1 m x 0.9 m x 1.1 m, dan berkapasitas maksimum 30 kg bawang merah, memiliki sebuah silinder berdiameter 0.8 m sepanjang 0.7 m yang dapat diputar secara mekanik dengan bantuan motor listrik, sebagai rangka untuk menempatkan produk yang dikeringkan. Silinder pengering ini digerakkan dengan motor penggerak 40 watt kecepatan putaran 1 rpm. Pemanas tambahan terdiri dari tangki air dengan elemen pemanas 1000 watt.

Pengering kedua (tipe 2) adalah pengering dengan ukuran yang lebih besar yaitu berupa bangunan transparan berdimensi 2.3 m x 1.3 m x 1.9 m, dengan kapasitas maksimum untuk mengeringkan 200 kg bawang merah berdaun (Gambar 2). Seperti halnya pengering tipe 1, pengering tipe 2 merupakan bangunan ber dinding transparan yang terdiri tiga ruangan yang saling berhubungan. Masing-masing ruang memiliki 1 rangka silinder dan pipa-pipa paralon sebagai tempat menggantung bawang merah berdaun, 1 buah pemanas tambahan, 1 buah kipas 60 W untuk memindahkan panas dari penukar panas, 1 buah kipas 20 W yang dipasang di bagian outlet pengering dan 1 buah kipas 20 W yang dipasang di bagian atas ruang pengering yang berfungsi untuk menyeragamkan udara pengering. Silinder dapat diputar secara manual dengan tenaga 1 orang dewasa. Pompa air digunakan untuk sirkulasi sedangkan radiator merupakan pemindah panas dari air yang dipanaskan oleh tungku dengan bahan bakar kayu.

Peralatan ukur yang digunakan adalah oven pengering (tipe SS-204D Ikeda Scientific Co. Ltd.), hybrid recorder, termokopel (tipe CC) dengan diameter 0.3 mm, *digital electronic balanced* (Excellent DJ A1000 max 1000 g, skala terkecil 0.1 g), timbangan analog (skala terkecil 10 g), gelas ukur, jangka sorong, stopwatch, meteran ukur, adiabatic bomb-calorimeter (tipe OSK NKEN no 9941), anemometer (Kanomax 6011), piranometer (tipe MS 61 EKO Instrument), tool kit, meteran, baki dan cawan sampel, pisau dan telenan.

### Perlakuan Percobaan

Percobaan pengeringan bawang menggunakan model pengering ERK hybrid (pengering Tipe 1) dilakukan 1 kali dengan kapasitas 15 kg bawang merah berdaun. Percobaan dengan menggunakan prototipe pengering (pengering Tipe 2) dilakukan 2 kali, masing-masing dengan kapasitas 150 kg

dan 180 kg bawang merah berdaun. Sebagai pembanding, dilakukan penjemuran langsung dengan kapasitas 10 kg bawang merah berdaun.

Percobaan pengeringan dilakukan di Laboratorium Lapang Siswadi Soepardjo Leuwikopo, IPB dan analisis parameter hasil uji performansi dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

### Parameter pengukuran unjuk kerja mesin pengering terdiri dari:

#### **Suhu ruang pengering, suhu produk, suhu outlet dan suhu udara lingkungan**

Suhu ruang pengering ( $^{\circ}\text{C}$ ) adalah suhu udara rata-rata yang dapat dicapai mesin selama proses pengeringan. Pengambilan data suhu selama proses pengeringan berlangsung (pagi, siang dan malam hari) secara periodik yaitu setiap jam sekali.

#### **Waktu pengeringan dan laju pengeringan**

Waktu pengeringan didasarkan pada waktu total yang dibutuhkan untuk mengeringkan daun bawang hingga kadar air akhir mencapai 30%, atau secara fisik ditandai dengan tampilan daun bawang yang berubah warnanya dari hijau segar menjadi menjadi coklat keputihan, pucat dan kering. Sedangkan daging bawang diharapkan tidak kurang dari 80% bb. Laju pengeringan ( $L_p$ ) adalah banyaknya air yang diuapkan per satuan waktu atau perubahan kadar air bahan dalam satu satuan waktu seperti dinyatakan dalam Persamaan 1.

$$L_p = \frac{M_2 - M_1}{t} \quad (1)$$

Dimana:  $M_1$  = Kadar air awal bahan (%bk) sebelum dikeringkan,  $M_2$  = kadar air akhir bahan (%bk) dan  $\Delta t$  = interval waktu pengeringan.

#### **Kebutuhan energi untuk pengeringan**

Kebutuhan energi pengeringan ( $Q$ ) seperti dinyatakan dalam Persamaan 2 (Abdullah,



Gambar 2. Prototipe pengering bawang merah (dimensi 2.3 m x 1.3 m x 1.9 m).

1994) adalah input energi yang diperlukan untuk mengeringkan produk.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

$$Q_1 = m_p C_{p_p} (T_{p2} - T_{p1}) \quad (3)$$

$$Q_2 = m_u H_{fg} \quad (4)$$

Dimana:  $m_p$  = massa produk (kg),  $C_{p_p}$  = panas jenis produk (kJ/kg°C),  $T_{p2}$  = suhu produk awal (°C) dan  $T_{p1}$  = suhu produk akhir (°C),  $m_u$  = massa air yang diuapkan (kg) dan  $H_{fg}$  didekati dengan nilai panas laten penguapan air bebas (kJ/kg°C).

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

Kebutuhan energi untuk mengeringkan setiap kg air yang diuapkan dari produk yaitu rata-rata energi yang diperlukan untuk mengeringkan bahan dari kadar air saat bahan segar sampai kadar air akhir yang diinginkan per kilogram air yang diuapkan dari bahan, yang ditunjukkan oleh Persamaan 5 (Abdullah, 1994).

$$ES = Q_s/m_u \quad (5)$$

$$Q_s = Q_m + Q_b + Q_p \quad (6)$$

$$Q_m = I A t \quad (3.6) \quad (7)$$

$$Q_b = m_{bb} H_{bb} \quad (8)$$

$$Q_p = P t \quad (3.6) \quad (9)$$

Dimana:  $m_u$  = massa air yang diuapkan (kg),  $I$  = radiasi surya ( $W/m^2$ ),  $A$  = luas permukaan bidang penyinaran surya pada pengering ( $m^2$ ),  $m_{bb}$  = konsumsi bahan bakar (kg),  $H_{bb}$  = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg), dan  $P$  = daya listrik (W).

### **Efisiensi termal dan efisiensi system pengeringan**

Dengan menggunakan basis Persamaan 7, diperoleh efisiensi termal ( $\eta_t$ ) adalah rasio energy untuk menaikkan suhu ruang pengering terhadap energy yang dibutuhkan selama pengeringan berlangsung (Persamaan 10). Dengan menggabungkan Persamaan (2), (3) dan (4) diperoleh efisiensi system pengeringan ( $\eta_p$ ) adalah rasio energy untuk menaikkan suhu bahan dan menguapkan air dari bahan terhadap energy yang dibutuhkan untuk proses pengeringan berlangsung (Persamaan 11), (Abdullah, 1994).

$$\eta_t = \frac{m_u C_{p_u} (T_{u2} - T_{u1}) t \quad 3.6}{Q_m} \quad (10)$$

$$\eta_p = \frac{Q}{Q_s} 100\% \quad (11)$$

Dimana:  $m_u$  = laju massa udara pengering (kg/dt),  $C_{p_u}$  = panas jenis udara pengering (kJ/kg°C),  $T_{u2}$  = suhu udara pengering (°C) dan  $T_{u1}$  = suhu udara sebelum dipanaskan = suhu lingkungan (°C).

### **Kadar air bahan dan rendemen pengeringan**

Kadar air bahan selama proses pengeringan berubah menurun dan dihitung berdasarkan penurunan berat bahan yang diukur setiap jam, sejak awal pengeringan hingga produk menjadi kering. Kadar air awal dan kadar air akhir bahan diukur menggunakan metode oven. Rendemen pengeringan dihitung berdasarkan berat bahan sebelum masuk ke dalam alat pengering dengan berat bahan setelah kering. Rendemen pengeringan dapat juga ditentukan berdasarkan perhitungan kadar air awal dan kadar air akhir bahan.

### **Mutu produk yang dikeringkan**

Mutu produk yang dikeringkan dengan mesin pengering diharapkan lebih baik dari mutu produk yang dikeringkan secara konvensional/dijemur. Mutu bawang merah dinyatakan oleh nilai kadar airnya dan nilai VRS (*volatile reducing substance*) sebelum dan sesudah pengeringan. Penentuan VRS menggunakan metode iodimetrik dengan titrasi  $Na_2S_2O_3$  dan persamaan 12 (Farber dan Ferro, 1956).

$$Volatile\ reducing\ substance\ (VRS) = \{(bl-a) \times N \times 1000\} / b \quad (12)$$

Dimana :

VRS = *Volatile Reducing Substance* ( $\mu g$  ek/g)

bl = jumlah larutan  $Na_2S_2O_3$  titrasi blanko (ml)

a = jumlah larutan  $Na_2S_2O_3$  titrasi contoh (ml)

b = berat contoh (g)

N = normalitas larutan  $Na_2S_2O_3$  (N)

### **Analisis Biaya Pengeringan**

Perhitungan biaya pengeringan didasarkan pada parameter biaya pokok (PC) pengeringan dan analisis waktu pengembalian modal (*payback periode analysis*) serta analisis titik impas seperti ditunjukkan pada Persamaan 13, 14, 15 dan 16 (Blank and Tarquin, 2012).

$$PC = (FC + VC) / c \quad (13)$$

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF \left( \frac{P}{A}, i, t \right) \quad (14)$$

$$NCF = cash\ inflow - cash\ outflow \quad (15)$$

$$B/C = P / (FC + VC) \quad (16)$$

Dimana:  $P$  = initial investment;  $B$  = keuntungan;  $C$  = biaya;  $FC$  = biaya tetap;  $VC$  = biaya tidak tetap;  $c$  = kapasitas produksi;  $i$  = suku bunga bank;  $t$  = tahun;  $NCF$  = *annual net cash flow*.

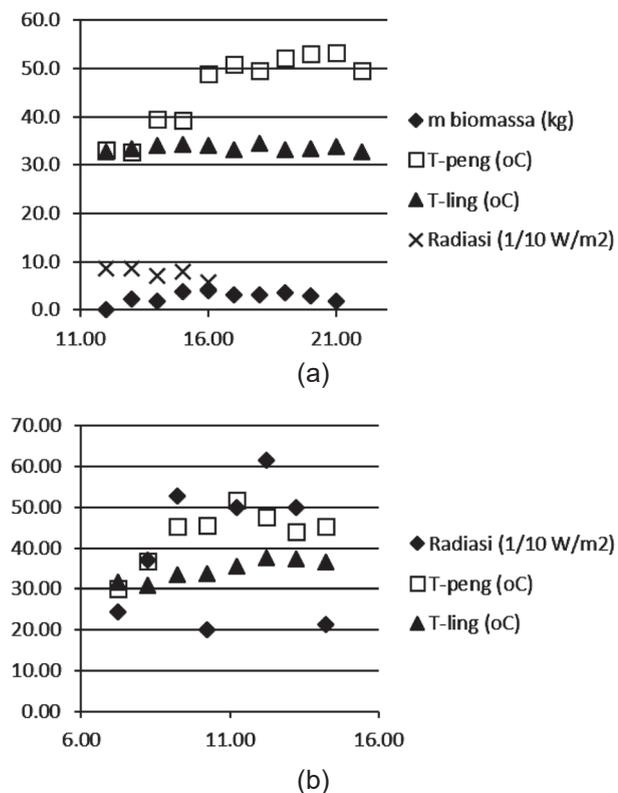
**Hasil dan Pembahasan**

**Kondisi Udara Pengering dan Suplai Energi**

Kondisi udara lingkungan sangat berpengaruh terhadap udara di dalam ruang pengering. Pada cuaca cerah, sinar surya cerah (Gambar 3b), suhu udara yang dapat dicapai di dalam ruang pengering 5 °C hingga 10 °C lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara lingkungan. Radiasi surya sangat mempengaruhi suhu udara pengering.

Percobaan pengeringan saat hujan dan saat malam hari dilakukan untuk mengetahui kehandalannya bila digunakan saat musim penghujan, dimana pada saat tersebut, bawang masih bisa dikeringkan meskipun tidak tersedia sinar surya. Pada Gambar 3a, siang hari diliputi mendung dan hujan pada sore harinya, sehingga diperlukan tambahan energi biomassa dari pembakaran kayu bakar untuk mempertahankan suhu pada kisaran 40 °C hingga 50 °C.

Berdasarkan Persamaan 5, kebutuhan energi untuk pengeringan pada system ini masih tinggi yaitu rata-rata 12.1 MJ/kg air yang diuapkan, masih lebih besar dibandingkan mesin pengering industri besar (Mujumdar, 2006) yaitu 6 MJ/kg uap air. Penggunaan energy biomassa untuk mengeringkan bawang masih tinggi, karena pada saat tidak tersedia sinar surya energy biomassa harus dapat menaikkan suhu udara lingkungan yang relatif lebih



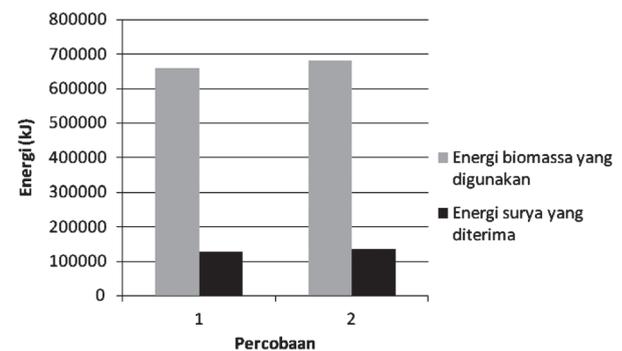
Gambar 3. Sebaran suhu udara pengering, suhu lingkungan, iradiasi surya dan biomassa yang diumpankan sebagai sumber energi selama sehari dalam proses pengeringan (percobaan 2) pada hari kedua (a) dan hari ketiga (b).

rendah dari pada saat tersedianya sinar surya. Seperti terlihat pada Gambar 3, beda antara suhu siang dan malam dapat mencapai 4 °C. Besarnya energi biomassa yang perlu diberikan ke dalam alat pengering dapat mencapai 5 kali lipat dibandingkan dengan energy surya, untuk mendapatkan suhu udara pengering yang sama (Gambar 4). Nilai energi biomassa ini dipengaruhi oleh efisiensi sistem tungku dan sistem penukar panas sebagai alat pemindah energy dari pembakaran biomassa. Energi biomassa saat ini masih murah, namun ketersediaannya sudah semakin sulit, oleh karena itu disain tungku dan penukar panas dan system pemindah panas oleh kipas sangat penting dalam rangka untuk menekan pasokan energy biomassa.

**Efisiensi Pengeringan dan Konsumsi Energi per Kg Air yang Diuapkan Produk**

Kehandalan performa pengering didasarkan pada efisiensi sistem pengeringan dan nilai konsumsi energi untuk menguapkan per satuan massa air yang diuapkan oleh produk. Hasil uji performansi pengeringan bawang di lapang baik pada pengering tipe 1 (model) dan pengering tipe 2 (prototipe) disajikan pada Tabel 1.

Kehandalan pengering dinyatakan dalam nilai efisiensi pemerangkapan panas (efisiensi termal) dan efisiensi pengering serta nilai konsumsi energy untuk menguapkan 1 kg air dari produk. Pengering ini memiliki efisiensi termal sebesar rata-rata sebesar 23.6% dan efisien pengeringan rata-rata 20.8%. Nilai efisiensi ini sedikit lebih besar dibandingkan dengan efisiensi pengeringan irisan bawang merah dengan pengering tipe konvektif dalam rumah kaca yakni sebesar 20% pada cuaca cerah selama 19 jam penyinaran surya (Kadam, 2011). Namun masih lebih rendah dibandingkan pengering bersuhu tinggi, yaitu sekitar 30% hingga 60 % (Mujumdar, 2006). Nilai efisiensi pengeringan dapat ditingkatkan dengan memperbesar kapasitas maksimum pengering atau dengan mengeringkan produk hanya pada siang hari. Pengeringan pada malam hari sangat mengkonsumsi energi biomassa, karena beban pemanasan yang sangat



Gambar 4. Konsumsi energi biomassa dan surya dalam proses pengeringan menggunakan Pengering Tipe 2.

Tabel 1. Data hasil analisis uji kinerja pengering bawang merah.

No	Keterangan	Satuan	Hasil Percobaan			
			1*	2*	3*	4*
1	Massa awal bawang merah	kg	15.0	150.0	180.0	10.0
2	Massa akhir bawang merah	kg	8.4	86.9	108.0	6.0
3	Kadar air awal bawang merah	%bb	89.5	89.8	90.0	89.8
4	Kadar air akhir bawang merah	%bk	81.3	82.4	83.5	82.0
5	Rendemen pengeringan	%	56.2	58.0	60.6	56.7
6	Rendemen bawang (tanpa daun)	%	51.7	53.3	55.8	52.1
7	Bulk density	kg/m <sup>3</sup>	173.0	173.0	173.0	173.0
8	Lama pengeringan	jam	35.0	40.0	42	48
9	Laju pengeringan	%bk/jam	11.9	10.3	9.4	8.9
10	Suhu ruang pengering	°C	44.3	44.5	45.0	36.4
11	Suhu lingkungan	°C	36.4	32.0	33.0	36.4
12	Radiasi surya	W/m <sup>2</sup>	409	434	430	434
13	Kebutuhan energi untuk proses pengeringan	kJ	16523	158710	181580	10088
14	Energi biomassa yang digunakan	kJ	0	659034	681759	0
16	Energi surya yang diterima	kJ	26529	126133	134227	224236
17	Energi listrik yang digunakan	kJ	131040	17064	17496	0
18	Efisiensi termal	%	15.6	24.2	23.9	0
19	Efisiensi pengeringan	%	10.5	19.8	21.8	4.5
20	Konsumsi energi untuk menguapkan air dari bahan	MJ/kg uap air	24.0	12.7	11.6	56.1

Keterangan: \* 1 : Percobaan pengering tipe 1  
 2 dan 3 : Percobaan pengering tipe 2  
 4 : Penjemuran di lantai pengering

tinggi dibandingkan pada siang hari. Pada malam hari bawang cukup diangin-anginkan di dalam ruang pengering.

Rendemen pengeringan bawang 59.3 %, artinya jumlah air yang diuapkan hampir mencapai setengah dari berat awal bawang segar. Massa daun bawang kering hanya 8% dari bawang kering ikatan, jadi dari 150 kg bawang segar berdaun akan dihasilkan 75 kg bawang satuan (setelah daun bawang dipotong dari umbi). Pengeringan bawang merah terjadi sangat lambat, ditandai dengan nilai laju pengeringan yang sangat kecil 10% bk/jam. Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bawang dari saat segar hingga daun cukup kering menggunakan pengering ERK hibrid adalah 6 hari (40 jam), sedangkan menggunakan lantai jemir pengeringan bawang memerlukan waktu 7 hari (48 jam).

#### Kadar Air Produk

Bawang merah yang dikeringkan dengan cepat dapat mempengaruhi mutunya. Tujuan pengeringan bawang merah sebenarnya adalah mempertahankan kadar air pada umbi tetap mendekati kondisi segar, sehingga kadar air umbi hampir tidak berubah dibandingkan saat segar. Oleh karena itu pengeringan hanya ditujukan untuk menurunkan kadar air pada daun bawang dan

kulit bawang 1 hingga 2 lapisan kulit umbi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air umbi bawang segar 89.9% bb dan umbi bawang kering 82.4 % bb. Kadar air masing-masing komponen bawang saat kondisi segar dan kondisi kering hasil penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 2. Perubahan kadar air produk segar dan produk kering yang sangat signifikan adalah pada bagian daun umbi bawang, yaitu dari 68.6 % bb menjadi 22.7 % bb dan kadar air kulit pada 1 hingga 2 lapis umbi, yaitu 39.2 % bb menjadi 29.7 % bb. Menurut Djali, 2009, proses pengeringan bawang merah bertujuan untuk mengurangi kadar air terutama pada kulit umbi, hingga kadar air rata-rata bawang 65%. Kulit umbi bawang yang basah dapat menyebabkan tumbuhnya tunas dan akar atau kebusukan karena tumbuhnya mikroba pembusuk, sehingga mempengaruhi warna, bau, rasa dan nutrisi. Daun bawang dan kulit umbi yang kering berfungsi untuk menutupi jalan keluarnya zat volatile yang sangat mempengaruhi aroma dan rasa bawang merah segar serta menahan kebusukan. Daun umbi yang dipotong saat masih segar akan membuka jalan keluarnya zat volatile tersebut. Daun umbi bawang yang tidak segera dikeringkan akan cepat membusuk dan mengkontaminasi umbi bawang. Oleh karena itu, bawang segar lepas panen harus segera dikeringkan. Pengering ERK hibrid energi

Tabel 2. Kadar air pada tiap bagian bawang merah (% bb).

No.	Bagian bawang merah	Segar	Kering
1.	Kulit umbi	39.2	29.7
2.	Umbi segar tanpa kulit	89.8	82.4
3.	Daun umbi	68.5	22.7
4.	Bawang merah (umbi, kulit dan daun)	83.8	75.5

biomassa dan surya tipe rak berputar menjadi solusi karena dapat dipergunakan secara kontinyu baik siang maupun malam, baik cuaca cerah maupun mendung atau hujan.

### Nilai *Volatile Reducing Substances* (VRS) Bawang Merah

*Volatile reducing substances* (VRS) merupakan salah satu parameter untuk menentukan mutu bawang merah. Bawang merah mengandung minyak atsiri, sebagai senyawa yang mudah menguap termasuk di dalamnya senyawa yang menyebabkan mata pedih bila terkena gas/uapnya, juga mengandung senyawa phenol kalium, serat, asam-asam amino dan vitamin C. Secara umum, kandungan zat-zat *volatile* yang menentukan aroma bawang dinyatakan dalam VRS.

Hasil pengukuran kandungan VRS bawang merah segar dan setelah dikeringkan tidak mengalami perubahan secara nyata, yaitu masing-masing sebesar 34.5  $\mu\text{g ek/g}$  dan 31.1  $\mu\text{g ek/g}$ . Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan VRS pengeringan vakum bawang merah irisan dengan tekanan 200 mbar pada suhu 60 °C yaitu sebesar 26  $\mu\text{g ek/g}$  (Astuti, 2008). Bawang merah yang dikeringkan sesegera mungkin setelah panen dapat mempertahankan kandungan aroma pada nilai VRS 70.2  $\mu\text{g ek/g}$  (Mota, 2010).

Penanganan bawang segar lepas panen memegang peranan penting dalam mempertahankan kualitas bawang merah. Beberapa ikatan bawang merah segar yang tidak segera dikeringkan setelah panen, daunnya mengalami pembusukan sebelum dikeringkan. Kebusukan daun pada bawang segar sangat berpengaruh nyata terhadap mutu bawang merah, ditandai dengan nilai VRS bawang sebesar 9.5  $\mu\text{g ek/g}$ . Setelah dilakukan proses pengeringan, nilai VRS bawang menurun hingga 0.6  $\mu\text{g ek/g}$ .

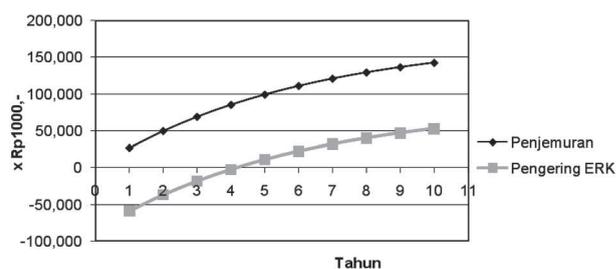
### Analisis Ekonomi Pengeringan Bawang Merah

Pedagang dan petani bawang merah selama ini terbatas menggunakan lahan bekas tanam bawang untuk mengeringkan bawang. Sehingga secara ekonomi mereka tidak memerlukan lahan baru untuk pengeringan. Namun kendala yang terjadi jika sinar surya tidak tersedia dalam jangka waktu yang lama, maka bawang bisa membusuk kecuali segera didinginkan dalam lemari pendingin bersuhu

rendah (6 °C). Penggunaan alat pengering dapat memberikan solusi, oleh karena itu perlu adanya analisis biaya untuk mengetahui kelayakan usaha pengeringan bawang menggunakan pengering mekanis. Gambar 5 berikut menunjukkan perbandingan analisis biaya untuk usaha pengeringan bawang menggunakan pengering ERK tipe rak berputar dan penjemuran konvensional di atas bekas lahan tanam.

Titik impas usaha pengeringan menggunakan pengering ERK hybrid terjadi pada tahun ke 4 dengan biaya pokok pengeringan yang dihasilkan adalah Rp 1,013,- per kg bawang segar. Namun dengan penjemuran, tidak perlu adanya investasi alat, dengan asumsi lahan penjemuran disewa dengan pembiayaan Rp 500,000,- per bulan, sehingga pada tahun ke-1, pengeringan bawang dengan metode penjemuran langsung di bawah matahari sudah mengalami titik impas. dengan biaya pokok pengeringan sebesar Rp 220,- per kg bawang segar. Dengan asumsi harga bawang segar panen Rp 12,000,- dan bawang kering Rp 25,000,- per kg, total keuntungan yang diperoleh pada usaha pengeringan bawang menggunakan pengering ERK hybrid adalah Rp 216,650,000,- selama 10 tahun atau rata-rata Rp 1,800,000,- per bulan. Meskipun keuntungan yang diperoleh lebih kecil jika dibandingkan dengan metode penjemuran, berdasarkan analisis titik impas dengan metode NPV dan B/C ratio, diperoleh kesimpulan bahwa usaha pengeringan menggunakan alat pengering ERK tipe rak berputar layak dilakukan, karena diperoleh nilai NPV positif dan B/C lebih dari 1.

Berdasarkan analisis sensitifitas, perubahan harga bawang sangat berpengaruh terhadap kelayakan usaha. Harga bawang di atas merupakan batas marjinal. Jika harga bawang merah segar berada di atas harga Rp 12,800,- dengan harga penjualan bawang kering tetap (Rp 25,000,-), maka usaha pengeringan tidak layak dilakukan. Atau jika harga bawang segar basah tetap Rp 12,000,-, maka dengan harga bawang kering di bawah Rp 23,500,- per kg, usaha pengeringan dengan pengering ERK hybrid tidak layak dilakukan. Namun demikian jika kerugian bawang yang busuk akibat cuaca yang tidak mendukung untuk dilakukan penjemuran diperhitungkan, maka penggunaan pengering



Gambar 5. Grafik nilai NPV pada usaha pengeringan menggunakan pengering ERK dan penjemuran.

dapat menekan kerugian dibandingkan dengan penjemuran langsung di hamparan lahan bawang.

Kajian analisis biaya pengeringan bawang merah telah dilakukan oleh Alamsyah *et al.* (2003). Biaya pokok yang diperoleh jauh lebih kecil dari analisis biaya yang dilakukan pada penelitian ini. Biaya pengeringan matahari adalah Rp 104/kg dengan lama pengeringan 7-10 hari, sedangkan dengan pengeringan buatan adalah Rp 207.4/kg dengan lama pengeringan 18.3 jam (Alamsyah *et al.*, 2008). Perbedaan mendasar adalah waktu analisis pada penelitian Alamsyah dilakukan pada tahun 2008, sehingga kondisi perekonomian pada saat itu sangat berbeda terhadap perekonomian saat analisis dalam penelitian ini dilakukan yaitu tahun 2014.

### Simpulan dan Saran

Penelitian ini telah menghasilkan informasi berupa teknologi pengeringan bawang merah menggunakan pengering efek rumah kaca (ERK) hibrid tipe rak berputar secara vertikal. Uji kinerja pengering untuk menampilkan kehandalan pengering dalam mengeringkan bawang merah telah dilakukan dan diperoleh efisiensi termal 24% dan efisiensi pengeringan sebesar 20.8%. Pengering ERK hibrid tipe rak berputar ini mengkonsumsi energy untuk menguapkan per kg air dari bawang merah sebesar 12,1 MJ/kg. Umbi bawang merah kering memiliki kadar air sebesar 82.4% dengan rendemen sebesar 59.3 % dan memiliki mutu bawang merah sangat baik ditandai dengan perubahan nilai VRS yang kecil (dari 34  $\mu\text{g}$  ek/g saat bawang segar menjadi 31  $\mu\text{g}$  ek/g saat bawang kering). Pengeringan bawang merah sesegera mungkin setelah dipanen sangat menentukan mutu bawang (nilai VRS), karena mutu bawang akan sangat turun jika daun bawang membusuk akibat tidak segera ditangani dengan proses pengeringan.

Berdasarkan analisis biaya, dengan asumsi tertentu, maka usaha pengeringan bawang merah menggunakan alat pengering layak dilakukan. Biaya pokok pengeringan dengan alat pengering ERK masih sangat tinggi yaitu Rp 1,013,- per kg bawang segar dibandingkan dengan biaya pokok pengeringan dengan metode penjemuran konvensional yaitu Rp 220,- per kg bawang segar. Berdasarkan analisis sensitivitas, perubahan harga bawang sangat nyata mempengaruhi kelayakan usaha. Namun penggunaan pengering ERK hibrid tipe rak berputar dapat menekan kerugian apabila kondisi cuaca tidak memungkinkan untuk melakukan penjemuran.

### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditjen DIKTI atas pendanaan yang telah diberikan pada penelitian ini melalui skema dana DIPA IPB, Tahun anggaran 2013, Kode mak : 2013. 089. 521219.

### Daftar Pustaka

- Abdullah, K., Tamrin, F. Wenur, dan D. Wulandani, 1994. Optimisasi dalam perencanaan alat pengering hasil pertanian dengan energy surya. Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing I. Ditjen DIKTI. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan RI. IPB. Bogor.
- Anonim. 2008. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah, Kabupaten Brebes 2008-2012. Pemerintah Daerah Kabupaten Brebes. Brebes.
- Anonim. 2014. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah, Kabupaten Cirebon 2014-2019. Pemerintah Daerah Kabupaten Cirebon. Cirebon.
- Alamsyah, R., G. Pohan dan R.S. Herman. 2008. Kajian penerapan alat pengering bawang merah di sentra produksi Brebes - Jawa tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. Jurnal Riset Industry online, Vol. 2(1): 24 -34
- Astuti, S.M. 2008. Teknik pengeringan bawang merah dengan cara perlakuan suhu dan tekanan vakum. Buletin Teknik Pertanian. Vol. 13 No. 2: (79-82)
- Blank, L. dan A. Tarquin. 2012. Engineering Economic. 7<sup>th</sup> ed. Mc. Graw Hill Co. New York.
- Djali, M. 2009. Penangan Pra dan Pasca Panen Bawang Merah. Unpad Press.
- Farber L dan Ferro M. 1956. Volatile Reducing Substance and Volatile Nitrogen Compounds in Relation to Spoilage in Canned Fish. J.Food Technology 10: (303-304)
- Kadam, D.M., D.D. Nangare, R. Singh and S. Kumar. 2011. Low-cost greenhouse technology for drying onion (*Allium cepa* L.) slices. Journal of Food Process Engineering. Vol. 34. No. 1. (67-82)
- Mota, C.L., C. Luciano, A. Dias, M.J. Barroca and R.P.F. Guine. 2010. Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. Food and Bioproducts processing. Vol. 88. No. 2-3: (115-123)
- Mujumndar, A.S. 2006. Handbook of Industrial Drying.
- Wulandani, D., Y.A. Purwanto, S.E. Agustina dan P. Widodo. 2009. Pengembangan alat pengering Efek Rumah Kaca (ERK) Hybrid tipe rak berputar untuk penyeragaman aliran udara. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian IPB. Bogor. 2009. Buku 6. 22-23 Desember 2009: (790-799).