

JRPB, Vol. 7, No. 1, Maret 2019, Hal. 34 - 42
DOI: 10.29303/jrpb.v7i1.93
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

STUDI PENGERINGAN BAMBU DENGAN PEMANFAATAN GAS BUANG (*FLUE GAS*) PEMBAKARAN GERABAH

A Study of Bamboo Drying by Utilizing Flue Gas of Pottery Burning

Taufikul Hadi^{1,*}, I Made Bendiyasa², Rahman Sudiyo²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama NTB

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Email^{*}: taufikul.hadi17@gmail.com

Diterima: November 2018

Disetujui: Februari 2019

ABSTRACT

The temperature of flue gas from pottery burning is still relatively high, which is around 200°C. It is expected that it can be utilized as a drying medium, for example to dry bamboo. In this study, drying medium used was hot air. The main objective of the study is to evaluate drying parameters which are expected to be applicable for drying bamboo with a flue gas medium from pottery. The dimensions of each bamboo sample were 45 cm length, 8 cm width, and 1 cm thickness. The initial weight of each sample was weighed then it was placed in the drying unit. Subsequently the hot air was flowed into the drying unit. The hot air temperatures used were 60°C, 80°C and 100°C. Every 30 minutes interval, as soon as the oven window was closed, the changes of the bamboo mass were recorded and the temperatures of the dry and wet thermometer were measured. The drying process was carried out until the mass of the bamboo samples were constant. In this study, two type of drying rate were observed, i.e., falling and constant rates. It was observed that constant drying rate was lasting for a short period. The drying bamboo was controlled by both water diffusion in the bamboo and water transfer from the bamboo surface. The effective water diffusion coefficients (D_{eff}) are 0.02 cm²/h for hot air of 60°C, 0.03 cm²/h for 80°C, and 0.08 cm²/h for 100°C.

Keywords: *effective diffusivity, flue gas, drying rate, bamboo drying*

ABSTRAK

Suhu gas buang dari hasil pembakaran gerabah relatif masih tinggi, suhunya masih sekitar 200°C. Gas buang hasil pembakaran gerabah ini diharapkan bisa dimanfaatkan sebagai media pengering, misalnya untuk mengeringkan bambu. Dalam penelitian ini, media pengeringan yang digunakan adalah udara panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung parameter-parameter pengeringan yang diharapkan dapat diterapkan pada pengeringan bambu dengan media gas buang dari pembakaran gerabah. Dimensi dari masing-masing sampel bambu adalah panjang 45 cm, lebar 8 cm dan ketebalan 1 cm. Berat awal masing-masing sampel ditimbang, kemudian sampel itu

dimasukkan ke dalam unit pengeringan. Selanjutnya udara panas dialirkan ke dalam unit pengering. Suhu udara panas yang digunakan adalah 60°C, 80°C dan 100°C. Setiap 30 menit, perubahan massa bambu dicatat dan suhu termometer bola kering dan termometer bola basah diukur. Pengeringan dilakukan sampai massa sampel bambu tidak berubah. Dalam penelitian ini, pengeringan bambu terbagi dalam dua periode yaitu periode laju menurun dan periode laju konstan. Teramati bahwa, laju pengeringan konstan berlangsung dalam waktu yang singkat. Laju pengeringan bambu dikontrol oleh difusi air di dalam bambu dan transfer massa air dari permukaan bambu ke udara. Koefisien difusivitas efektif air (D_{eff}) yang diperoleh adalah 0,02 cm²/jam untuk suhu udara panas pengering 60°C, 0,03 cm²/jam untuk 80°C dan 0,08 cm²/jam untuk 100°C.

Kata kunci: difusivitas efektif, gas buang, laju pengeringan, pengeringan bambu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kasongan merupakan sebuah dusun di wilayah Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang terkenal dengan hasil kerajinan gerabah. Industri gerabah ini merupakan salah satu sektor industri utama di Kasongan. Saat ini di Kasongan terdapat 581 unit usaha yang bergerak dalam industri gerabah, baik kecil maupun menengah (UKM) (Zaki, 2010). Salah satu diantaranya adalah Koperasi Usaha Bersama (KUB). Selain memproduksi gerabah, KUB ini juga merintis usaha dalam pengeringan bambu.

Selama ini proses pengeringan bambu di KUB dilakukan secara alami, yaitu bambu langsung dijemur di bawah sinar matahari. Pengeringan dengan teknik ini memiliki banyak kelemahan, diantaranya penggunaan lahan untuk pengeringan relatif luas, waktu pengeringan relatif lama sehingga stok bahan yang dikeringkan juga harus cukup besar, bahan yang dijemur (bambu) dapat pecah atau melengkung karena panas matahari yang tidak merata, waktu pengeringan efektif hanya dapat dilakukan selama musim kemarau dan sangat bergantung pada cuaca.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa Kasongan merupakan pusat industri gerabah yang tentunya memiliki banyak tungku pembakaran yang menghasilkan gas buang (*flue gas*), dimana panas terbuang percuma dan hanya

membebani lingkungan. Berdasarkan hal tersebut muncul gagasan untuk memanfaatkan gas buang (*flue gas*) hasil pembakaran gerabah tersebut untuk proses pengeringan bambu. Bambu perlu dilakukan pengeringan sebelum dapat dijadikan sebagai bahan bangunan atau bahan kerajinan lainnya sebab bambu masih memiliki kadar air yang tinggi yaitu lebih dari 50%, sementara persyaratan kadar air bambu yang bisa dijadikan bahan bangunan atau bahan kerajinan kadar airnya maksimal 12%. Kadar air pada bambu sangat perlu untuk diturunkan untuk menghindari cacat pada saat proses pembuatan kerajinan dari bambu, seperti adanya cacat berupa bengkok, melengkung, dan menyusut. Untuk keperluan perancangan alat dan desain proses, perlu diketahui mekanisme pengeringan bambu, laju pengeringan, dan nilai difusivitas efektif (D_{eff}) air di dalam bambu.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan bambu dan mencari nilai parameter-parameter proses pengeringan bambu (D_{eff} , k_G dan H).

Landasan Teori

1. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dihitung menggunakan persamaan (1). Persamaan ini digunakan oleh (Son, *et al.*, 2011) pada studi mereka tentang karakteristik pengeringan alga.

$$R = \frac{m_{t+\Delta t} - m_t}{\Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

dengan m_t merupakan kadar air bambu yang dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

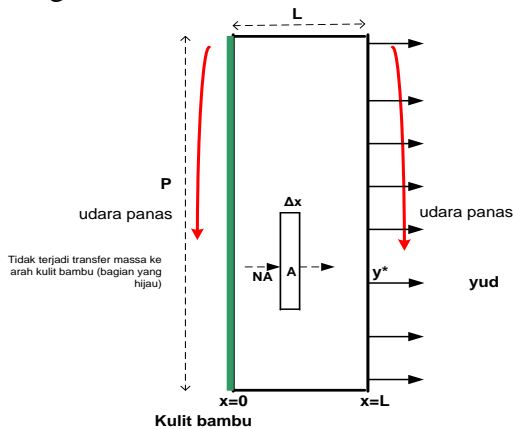
$$m_t = \frac{w_t - w_d}{w_d} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan w_t dan w_d berturut-turut adalah berat bambu pada berbagai waktu (g) dan berat kering bambu (g). Berat kering bambu (w_d) didapatkan dengan cara mengeringkan sampel bambu dari hasil eksperimen di dalam oven pengeringan dengan suhu 110°C-150°C sampai massa bambu tidak berubah.

2. Difusivitas

Model perpindahan masa air pada bahan diturunkan berdasarkan asumsi-asumsi: (1) bahan yang dikeringkan berbentuk *slab*/irisan lapisan tipis, tebal bahan jauh lebih kecil dibanding panjang dan lebar bahan, sehingga transfer hanya berlangsung satu arah; (2) sifat transfer dianggap seragam.

Bambu berbentuk *slab* panjang, memiliki ketebalan L, dengan konsentrasi air mula-mula C_{A0} dikeringkan dengan gas panas seperti gambar 1.



Gambar 1. Elemen Volum pada *Slab* Bambu ($P \gg L$)

Difusi air dalam bambu berpori dianggap mengikuti hukum Fick I (Tryebal, 1981):

$$N_A (g \text{ solut} / \text{waktu} / \text{luas}) = -D_{eff} \frac{\partial C_A}{\partial x} \dots(3)$$

Laju perpindahan air dari permukaan bambu ke udara:

$$N_A (g \text{ solut} / \text{waktu} / \text{luas}) = k_G (y^* - y_{ud}) \dots(4)$$

dengan k_G , y^* , dan y_{ud} masing-masing adalah koefisien transfer massa uap air dari permukaan bambu ($g/cm^2 \cdot jam$), kadar uap air di udara yang setimbang dengan kadar air di permukaan bambu ($g H_2O/g$ udara kering) dan kadar air pada udara pengering ($g H_2O/g$ udara kering).

Kesetimbangan air pada permukaan bambu dan di udara dapat didekati dengan hukum Henry yang berbentuk :

$$y^* = H \cdot C_A \dots\dots\dots(5)$$

dengan y^* adalah kadar uap air di udara yang setimbang dengan kadar air di permukaan bambu (C_A), dan H adalah tetapan keseimbangan Henry.

Neraca massa solute dalam elemen volum (gambar 1):

Rate of input – *Rate of output* = *Rate of accumulation*

$$\left(-D_{eff} \cdot (luas) \cdot \frac{\partial C_A}{\partial x} \right) \Big|_x - \left(-D_{eff} \cdot (luas) \cdot \frac{\partial C_A}{\partial x} \right) \Big|_{x+\Delta x} = (luas) \cdot \Delta x \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial x} \Big|_{x+\Delta x} - \frac{\partial C_A}{\partial x} \Big|_x = \frac{1}{D_{eff}} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$\lim \Delta x \rightarrow 0$:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial C_A}{\partial x} \right) = \frac{1}{D_{eff}} \frac{\partial C_A}{\partial t} \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} = \frac{1}{D_{eff}} \frac{\partial C_A}{\partial t} \dots(6)$$

Initial conditions:

$$t = 0, \quad 0 < x < L$$

$$C_A(x, 0) = C_{A0} \dots\dots\dots(7)$$

Boundary conditions:

$t > 0, \quad x = 0$, dianggap tidak ada transfer massa air dari kulit bambu, sehingga:

$$C_A(0, t) = \text{tertentu}, \text{ dan nilai } \frac{\partial C_A}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0 \dots\dots(8)$$

$t > t, \quad x = L$

$C_A(L, t) =$ terjadi perpindahan massa antar phase,

$$-D_{eff} \frac{\partial C_A}{\partial x} \Big|_{x=L} = k_G (y^* - y_{ud}) \dots\dots\dots(9)$$

Penyelesaian persamaan (6) diselesaikan dengan pendekatan numeris dengan (Matlab 7.0). Target dari perhitungan ini adalah mencari nilai difusivitas efektif (D_{eff}) air dalam bambu dengan menyelesaikan persamaan (6) dengan bantuan persamaan (5), (7), (8) dan (9) dengan mengevaluasi nilai *sum of square of error* (SSE).

$$SSE = \sum(C_{A\ data} - C_{A\ hitung})^2 \dots\dots\dots (10)$$

Nilai (D_{eff}) yang dianggap benar adalah yang memberikan nilai SSE yang minimum.

Pengaruh suhu pengeringan terhadap nilai D_{eff} dihubungkan dengan model persamaan Arrhenius (Arumuganathan, dkk; 2008) sebagai berikut:

$$D_{eff} = D_o \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \dots\dots\dots (11)$$

dengan: D_{eff} = difusivitas efektif air (cm^2/jam), D_o = konstanta (dihitung sebagai intersep pada y axis), E_a = energi aktivasi (KJ/mol), R = konstanta gas ideal (8,314 KJ/mol.K), T = suhu mutlak (K).

METODE PENELITIAN

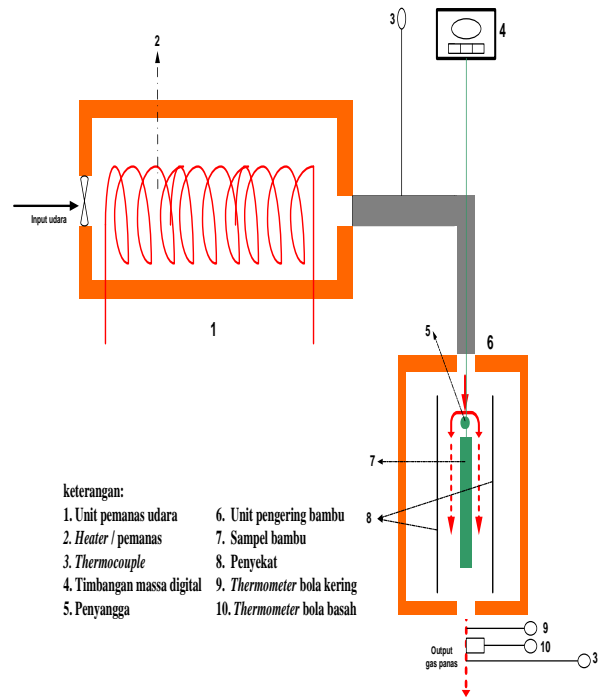
Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu wulung yang diperoleh dari pedagang di Jalan Raya Bantul km 7, Bantul, Yogyakarta.

Alat

Unit pemanas udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tipe air conditioning laboratory unit*, nomor seri A573/52410 P.A. Hilton Ltd., negara pembuat Inggris. Sedangkan unit pengering bambu, peneliti rakit sendiri di bengkel teknik dengan memperhitungkan efisiensi panas yang terbuang tidak lebih dari 10%. Peneliti melengkapi unit pengering dengan isolasi agar panas tidak terbuang dan beberapa peralatan instrumen yang dipinjamkan oleh Laboratorium Pusat Antar unit (PAU) UGM.

Gambaran alat penelitian disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian Pengering Bambu

Variabel Penelitian

1. Variabel terikat: jenis bambu yang digunakan bambu wulung.
2. Variabel yang bebas: suhu, kelembaban udara, dan waktu pengeringan bambu.

Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium, pengeringan bambu ini disimulasikan. Gas buang (*flue gas*) yang digunakan sebagai media pengeringan bambu berasal dari udara yang dipanaskan.

Analisis Dan Evaluasi Data

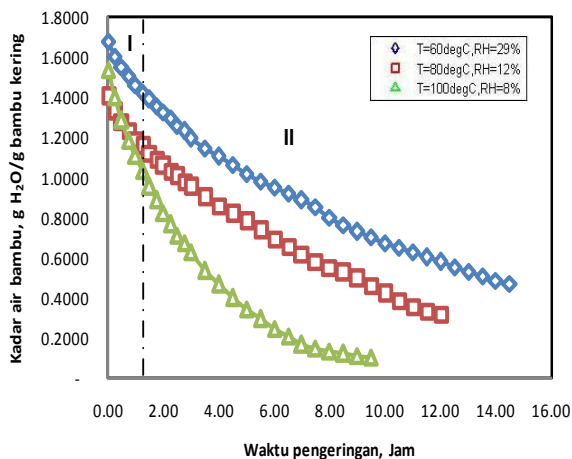
Massa bambu diperoleh dari pengukuran menggunakan timbangan digital pada setiap interval waktu tertentu. Suhu gas pengering diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan *termocouple*. Termometer bola basah dan termometer bola kering digunakan untuk mencari kelembaban relatifnya. Dari

data tersebut di atas selanjutnya dianalisis dengan bantuan program aplikasi Matlab untuk mendapatkan nilai-nilai parameter pengeringan D_{eff} , k_G , dan H .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Penurunan Kadar Air Bambu

Karakteristik penurunan kadar air bambu selama proses pengeringan dapat dilihat pada gambar 3. Penurunan kadar air bambu persatuan waktu pada tahap awal (tahap I) lebih besar dibandingkan dengan tahap akhir (tahap II) pengeringan. Tahap I merupakan tahapan terjadinya pengeringan air yang ada di permukaan bambu, sedangkan tahap II merupakan perpindahan massa air dari dalam bambu ke permukaan bambu. Semua kurva cenderung non-linier dengan kadar air cenderung mendekati konstan untuk jangka waktu pengeringan yang sangat lama.



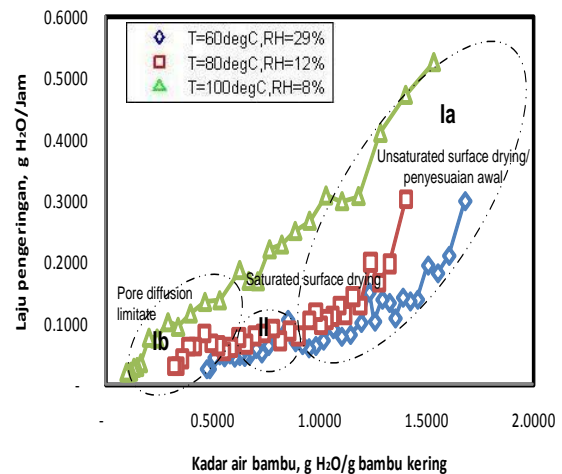
Gambar 3. Hubungan Waktu Pengeringan dan Kandungan air.

Data yang tersaji pada gambar 3 sangat *smooth* karena kondisi operasi dijaga stabil. Kondisi operasi yang stabil dicapai karena oven pengering tidak pernah dibuka tutup selama proses pengeringan berlangsung. Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu udara pengeringan maka penurunan kadar air akan semakin cepat dan kandungan air

setimbang semakin kecil. Banyak literatur menunjukkan kecenderungan yang serupa ketika mengeringkan beberapa produk pertanian seperti pada pengeringan lapisan tipis limbah ikan menjadi tepung ikan (Ristawani, 2012) dan pada pengeringan kakao (Hii, *et al*; 2008).

Laju Pengeringan Bambu

Laju pengeringan adalah banyaknya massa air yang dipindahkan dari bambu ke udara pengering persatuan waktu, dihitung dengan persamaan (1) dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa periode pengeringan bambu terdiri dari dua periode yaitu periode laju pengeringan menurun (Ia dan Ib) dan periode laju pengeringan konstan (II). Pada awal pengeringan, laju pengeringan lebih cepat pada suhu udara pengering tinggi dibandingkan dengan suhu udara pengering yang rendah.



Gambar 4. Hubungan Kadar Air dan Laju Pengeringan.

Periode laju pengeringan menurun pertama (Ia) merupakan periode penyesuaian awal. Periode penyesuaian awal ini terjadi karena suhu di sekitar lapisan cairan pada permukaan bambu lebih besar dibandingkan dengan suhu bola basah udara pengering yang mengalir pada saat proses pengeringan.

Dengan berjalannya proses pengeringan (sepanjang Ia), suhu lapisan cairan berangsur turun hingga mencapai suhu yang sama dengan suhu bola basah. Setelah ini tercapai, maka laju pengeringan akan berlangsung konstan.

Periode laju pengeringan konstan (II), periode ini terjadi karena temperatur kesetimbangan sudah tercapai di mana suhu lapisan cairan pada permukaan bambu sama dengan suhu bola basah udara pengering sehingga mengakibatkan laju perpindahan air dari dalam bambu ke permukaan bambu sama dengan laju penguapan uap air dari permukaan bambu ke udara. Periode laju pengeringan konstan ini terjadi dalam waktu yang singkat.

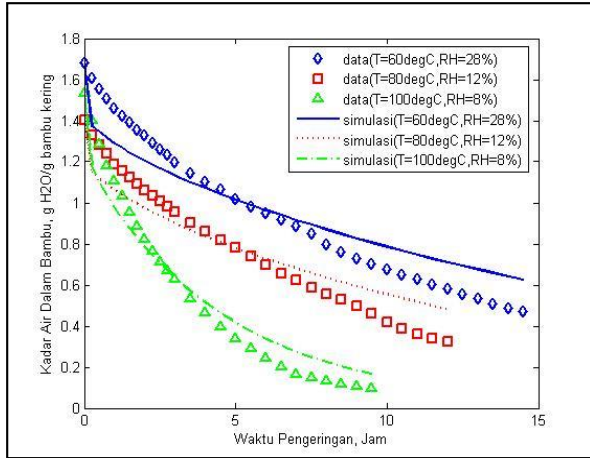
Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi pengeringan dengan $T = 60^{\circ}\text{C}$; $\text{RH} = 29\%$, maka laju pengeringan menurun yang pertama (Ia) terjadi sejak awal pengeringan yaitu 0 sampai 5,25 jam pengeringan dengan laju pengeringannya 0,2998 sampai 0,0821 g H₂O/jam, sedangkan laju konstan (II) terjadi pada 5,75 sampai 6,75 jam pengeringan dengan laju sebesar 0,0609 gr H₂O/jam, kemudian dilanjutkan dengan laju pengeringan yang ke dua (Ib) terjadi sejak 7,25 sampai 14,25 jam pengeringan dengan laju pengeringan menurunnya 0,0567 sampai 0,0262 g H₂O/jam. Untuk lebih ringkasnya disajikan dalam tabel 1 untuk kondisi pengeringan yang lain.

Tabel 1. Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan.

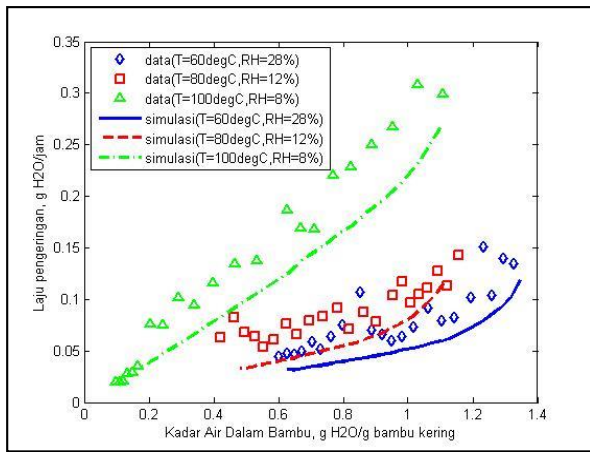
N ^o	Kondisi Pengerin gan	Pengeringan menurun pertama (Ia)	Pengeringan Konstan (II)	Pengeringan menurun pertama (Ib)
1	T = 60°C RH=29%	Terjadi sejak 0 sampai 5,25 jam pengeringan dengan laju dari 0,2998 sampai 0,0821 g H ₂ O/jam	Terjadi pada 5,75 sampai 6,75 jam pengeringan laju yang konstan 0,0609 g H ₂ O/jam	Terjadi sejak 7,25 sampai 14,25 jam pengeringan dengan laju dari 0,0567 sampai 0,0262 g H ₂ O/jam
2	T = 80°C RH=12%	Terjadi sejak 0 sampai 3 jam pengeringan dengan laju dari 0,3005 sampai 0,4300 g H ₂ O/jam	Terjadi pada 3,5 sampai 5 jam pengeringan laju yang konstan 0,0716 g H ₂ O/jam	Terjadi sejak 5,5 sampai 12 jam pengeringan dengan laju dari 0,0578 sampai 0,0305 g H ₂ O/jam
3	T = 100°C RH=8%	Terjadi sejak 0 sampai 2,25 jam pengeringan dengan laju dari 0,5255 sampai 0,2207 g H ₂ O/jam	Terjadi pada 2,5 sampai 3 jam pengeringan laju yang konstan 0,1692 g H ₂ O/jam	Terjadi sejak 3,5 sampai 9,5 jam pengeringan dengan laju dari 0,1376 sampai 0,0201 g H ₂ O/jam

Terakhir periode laju pengeringan menurun (Ib), laju pengeringan semakin menurun karena jumlah titik-titik kering (*dry spots*) pada permukaan bambu semakin banyak sehingga jumlah massa air yang berpindah per luas permukaan kotor (*gross surface area*) dari bambu ke udara pengering itu menjadi semakin berkurang. Menurut beberapa penelitian sebelumnya proses pengeringan hasil pertanian, kebanyakan terjadi pada laju periode menurun (Kumar, dkk., 2012).

Gambar 5 dan gambar 6 menampilkan perbandingan antara hasil percobaan dengan hasil simulasi. Kurva yang diperoleh berdasarkan data yang didapat dari percobaan dengan data hasil simulasi dengan bantuan aplikasi Matlab.



Gambar 5. Hubungan Waktu Pengeringan dan Kadar Air untuk Hasil Percobaan dengan Hasil Simulasi



Gambar 6. Hubungan Kadar Air dan Laju Pengeringan untuk Hasil Percobaan dengan Hasil Simulasi

Dari gambar 5 menampilkan hasil pendekatan yang cukup baik terhadap model laju pengeringan dan difusivitas efektif (D_{eff}) yang diajukan. Hal ini terlihat dari gambar 5. yang menunjukkan kecenderungan yang sama antara nilai data yang diperoleh dari percobaan dengan hasil simulasi tentang penurunan kadar air bambu seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan. Dimana semakin lama waktu pengeringan maka kadar air dalam bambu akan semakin berkurang.

Walaupun pada gambar 5 menunjukkan kecenderungan yang sama antara nilai data percobaan dengan nilai hasil simulasi tentang

penurunan kadar air seiring bertambahnya waktu pengeringan, tetapi bila dilihat lebih teliti nilai antara hasil percobaan dan nilai hasil simulasi terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hasil dari simulasi menunjukkan nilai selalu di bawah prediksi seperti yang bisa dilihat pada gambar 6. Hal ini terjadi karena dalam simulasi tidak memperhitungkan difusi air ke arah axialnya.

Perlu diketahui bambu merupakan bahan *non-isotropik* artinya bahan yang memiliki kekuatan/elastisitas yang tidak merata ke semua arah sehingga difusivitas air dari dalam bambu tidak terdistribusi secara merata. Kecepatan difusivitas ke arah axial (memanjang) jauh lebih besar dibandingkan difusi air ke arah radial (searah jari-jari) dan tangensial (melingkar). Kecepatan difusivitas air ke arah axial 5 bisa 10-100 kali lebih besar dari arah radialnya, ini disebabkan oleh keberadaan serat yang mengarah ke arah axial yang dianggap berfungsi sebagai pembuluh kapiler yang menjadi jalannya difusi air.

Alasan tidak diperhitungkannya difusi arah axial dalam simulasi pada penelitian ini karena bambu memiliki buku-buku disetiap ruasnya yang dianggap bisa menghambat difusi air ke arah axial sehingga airnya tidak bisa keluar dari dalam bambu. Untuk itu maka difusivitas arah radial menjadi jalan bagi air untuk mendifusi keluar dari dalam bambu seperti yang dilakukan dalam simulasi penelitian ini.

Difusivitas Efektif Air di dalam Bambu

Perhitungan D_{eff} dalam bambu dilakukan dengan menyelesaikan persamaan (6) dengan bantuan persamaan (7), (8) dan (9) dengan Matlab 7.0 untuk mengevaluasi nilai dari SSE. Nilai dari tetapan-tetapan tersebut diperoleh pada nilai SSE yang paling minimum, dengan parameter-parameter yang dievaluasi adalah D_{eff} , k_G , dan H .

Tabel 2. Difusivitas Efektif Air pada Bambu

T (°C)	Konstanta			Kesalahan relatif (%)
	D_{eff} cm ² /jam	k_G g/cm ² .jam	H	
60	0,02	0,18	21,3	26
80	0,03	0,13	16,3	23
100	0,08	1,22	10,5	19

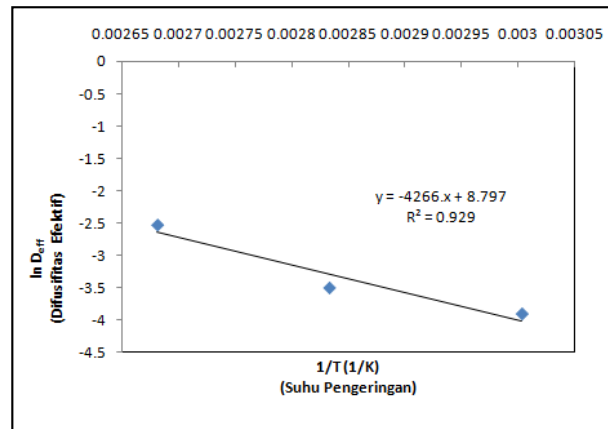
Kisaran D_{eff} di dalam bambu pada tabel 1 sudah sesuai dengan nilai D_{eff} untuk produk pertanian (Hii, *et al*; 2008).

Berdasarkan tabel 2 untuk periode laju menurun pada ketebalan bambu yang sama, menunjukkan semakin tinggi suhu pengeringan maka nilai D_{eff} semakin besar. Nilai D_{eff} tertinggi didapatkan pada suhu 100°C. Suhu udara pengering sangat mempengaruhi perpindahan kadar air di dalam bambu. Nilai D_{eff} tidak akan konstan tetapi selalu berubah dengan bervariasinya suhu pengeringan. Selain itu nilai D_{eff} juga selalu berubah seiring dengan semakin lamanya waktu pengeringan. Fenomena ini disebabkan selama proses pengeringan kondisi bahan yang dikeringkan akan berubah baik struktur maupun komposisinya. Perubahan ini juga akan mempengaruhi transfer massa di dalam bambu. Melihat kecenderungan meningkatnya nilai D_{eff} dengan naiknya suhu udara pengeringan menunjukkan hal yang sama pada model pengeringan kakao (Hii, *et al*; 2008), dan pengeringan lapisan tipis limbah ikan menjadi tepung ikan (Ristawani, 2012).

Dalam penelitian ini tidak dapat diketahui pengaruh ketebalan bambu terhadap nilai D_{eff} . Karena dalam penelitian ini hanya menggunakan ketebalan bambu yang seragam yaitu 1 cm. Namun dalam beberapa penelitian lain seperti yang dilakukan oleh (Maskan, dkk., 2002) dan (Ristawani, 2012), pada suhu tetap semakin tebal bahan yang dikeringkan nilai D_{eff} semakin besar. Alasan yang dapat menjelaskan D_{eff} pada bahan yang lebih tebal nilai D_{eff} lebih besar dibandingkan dengan bahan yang tipis merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan struktur

jaringan bahan. Pada saat proses pengeringan berlangsung, struktur jaringan bahan yang memiliki tebal lebih besar mengalami banyak perubahan dan cenderung menjadi kompleks dibandingkan dengan bahan yang memiliki ketebalan yang sangat tipis. Hal inilah yang menyebabkan bahan yang lebih tebal proses pengeringannya sangat lambat sehingga nilai D_{eff} menjadi lebih besar.

Hubungan antara D_{eff} dengan suhu (T) pengeringan mengikuti model persamaan Arrhenius dengan menghubungkan $\ln (D_{eff})$ dengan $1/T$ seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Antara Difusivitas Efektif dan Suhu Pengeringan.

Nilai energi aktivasi (E_a) yang didapatkan dalam percobaan ini adalah 35,47 KJ/mol. Nilai energi aktivasi (E_a) yang didapatkan dalam penelitian ini masuk dalam kisaran nilai energi aktivasi (E_a) pada beberapa hasil pertanian yaitu antara 12,32 KJ/mol – 51,26 KJ/mol (Senadeera, *et al.*, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Secara keseluruhan periode laju pengeringan pada pengeringan bambu ini dibagi dua yaitu periode laju menurun dan periode laju konstan. Periode laju pengeringan konstan jauh lebih singkat dibandingkan periode laju pengeringan menurun.

2. Laju pengeringan bambu dikontrol oleh difusi air dari dalam bambu dan transfer massa air dari permukaan bambu ke udara.
3. Semakin tinggi suhu pengeringan maka laju pengeringan semakin besar dan cepat.
4. Nilai parameter-parameter pengeringan yang diperoleh D_{eff} (cm^2/jam), k_G ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{jam}$) dan H adalah berturut-turut: 0,02; 0,18 dan 21,39 untuk kondisi udara pengering $T = 60^\circ\text{C}$ dan $\text{RH} = 28\%$
0,03; 0,13 dan 16,30 untuk kondisi udara pengering $T = 80^\circ\text{C}$ dan $\text{RH} = 12\%$
0,08; 1,22 dan 10,56 untuk kondisi udara pengering $T = 100^\circ\text{C}$ dan $\text{RH} = 8\%$
5. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memperkirakan laju pengeringan bambu dengan gas buang pembakaran gerabah yang sebenarnya.

Saran

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat, sebaiknya gas buang yang digunakan dalam penelitian adalah gas buang dari hasil pembakaran gerabah bukan dari gas buang buatan.
2. Sebelum pengeringan bambu dilakukan, sebaiknya bambu terlebih dahulu diseleksi berdasarkan jenis, ketebalan, dan diusahakan bambu memiliki umur yang seragam agar nanti pada saat proses pengeringan tidak mengalami cacat pengeringan seperti melengkung, bengkok dan pecah-pecah di ujung.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada jenis bambu yang berbeda untuk membandingkan laju pengeringan dan Difusivitas efektif (D_{eff}) airnya.

- Hii, C. L., Law, C. L., Cloke, M., & Suzannah, S. (2009). Thin Layer Drying Kinetics of Cocoa and Dried Product Quality. *Jurnal Biosystem Engineering*, 102: 153-161.
- Kumar, N., Sarkar, B. C., & Sharma, H. K. (2012). Mathematical Modelling of Thin Layer Hot Air Drying of Carrot Pomace. *Jurnal Food Sci Technol*, 49: 33 – 34.
- Maskan, A., Kaya, S., & Maskan, M. (2001). Hot Air and Sun Drying of Grape Leather (Pestil). *Journal of Food Engineering*, 54: 81 - 88.
- Ristawani. (2012). *Pengaruh Suhu, Ketebalan Dan Perbedaan Jumlah Penggilingan Pada Pengeringan Lapisan Tipis Limbah Ikan Menjadi Tepung Ikan*. TESIS, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Senadeera W., Bhandari, B. R., Young, G., and Wijesinghe, B. (2003). Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying. *Journal of Food Engineering*, 84: 277 – 283.
- Soon, S. M., Rhim, J. W., & Lee, J. H. (2011). Dehydration Characterisycics of Maesaengi (*Capsosiphon Fulvescens*) in Hot-Air Drying. *Journal Food Sci. Biotechnol*, 20(2): 549 – 553.
- Treybal, R. E. (1981). *Mass Transfer Operations*. Singapore: McGraw-Hill International Book Company.
- Zaki, M. (2010). *Penggunaan Briket Batubara Sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Proses Pembakaran Gerabah Di Kasongan*. TESIS, Universitas Gadjah Mada.

DAFTAR REFERENSI

- Arumuganathan, T., Manikantan, M.K., Rai, R.D., Ananda, K.S., & Khare, V. (2008). Mathematical Modelling of Drying Kinetics of Milky Mushroom In Fluidized Bed Dyer. *Journal International Agrophysics*, 23: 1 - 7.