

PENGARUH PENGERINGAN KONVEKSI (*CONVECTIVE DRYING*) TERHADAP KECEPATAN PENGERINGAN KAYU

Diman Sihole¹

ABSTRACT

Natural wood drying or traditional drying by using solar energy be cause it is very cheap and easy to get, is usually used in Indonesia. Because Indonesia is in the tropical region, the air condition is humid with temperatur 18 – 30°C and relative humidy around 60-80% then it is not advantage to do a natural wood drying system. To reaching the wood water content 12 % is very difficult and need very long time, thus kiln dryer existence is very important to replace the natural drying system.

Convective drying is usually used as a one alternative to dry the wood in the and medium furniture industries, because this drying system is relative easy to be performed and cheap. This drying system is called conventional Drying (Conventional kiln dryer).

For obtaining a convective drying model it's influence on the wood drying rate, then in this research, to be performed the measurements of the air velocity, wood width and slit distance with constant temperature, the obtaining result is by increasing the air velocity, wood width and slit distance them, the convective drying is increasing.

Keywords: *Wood drying rate, Convective drying*

INTISARI

Pengeringan kayu secara alami atau pengeringan tradisional dengan menggunakan energi matahari karena sangat murah dan mudah didapat banyak dilakukan di Indonesia terutama pada pertukangan kayu kecil, karena Indonesia terletak di daerah tropis kondisi udara lembab dengan temperatur 18 – 30 derajat Celsius dan kelembaban relatif berkisar 60 – 80% tidak menguntungkan dilakukan system pengeringan kayu secara alami, karena untuk mencapai kadar air kayu 12% sangat sulit dan dibutuhkan waktu yang relatif panjang. Sehingga keberadaan mesin pengering buatan (*Kiln Dryer*) diperlukan untuk menggantikan sistem pengeringan secara alami.

Pengeringan konveksi (*convective drying*) sering digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengeringkan kayu pada industri furnitur kecil dan menengah, karena pengeringan ini relatif mudah dibuat dan murah. Sistem pengeringan ini disebut juga dengan sistem pengeringan konvensional (*Conventional Kiln Dryer*). Untuk mendapatkan suatu model pengeringan konveksi dan pengaruhnya terhadap kecepatan pengeringan kayu, maka dalam penelitian ini dilakukan pengukuran kecepatan udara, tebal kayu dan jarak celah pada suhu konstan. Hasil yang didapatkan adalah semakin tinggi kecepatan udara, tebal kayu dan jarak celah semakin tinggi kecepatan pengeringan konveksi

Kata kunci: Laju pengeringan kayu, Pengeringan konveksi

PENDAHULUAN

Sistem pengeringan kayu (*Timber Drying*) merupakan proses terpenting dalam proses produksi mebel pada industri furnitur, yang tujuan utamanya adalah meningkatkan mutu kayu dan mempermudah pengerjaan berikutnya. Pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air kayu hingga mencapai 10%, karena produk furnitur menuntut kemutlakan pengeringan kayu dengan kadar air maksimum berkisar antara 8% - 12% (Kollmann, 1984).

Pengeringan kayu secara alami atau pengeringan tradisional banyak dilakukan di Indonesia terutama pada pertukangan kayu kecil, karena energi matahari sangat murah dan mudah didapat. Kondisi di Indonesia yang lembab karena terletak di daerah tropis dengan temperatur 18° - 30° C dan kelembaban relatif berkisar 60% - 80%, sangat tidak menguntungkan dilakukannya sistem pengeringan kayu secara alami. Karena untuk mencapai kadar air kayu 12% sangat sulit dan dibutuhkan waktu yang re-

¹ Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin, ISTA, Yogyakarta

latif panjang. Sehingga keberadaan mesin pengering buatan (*Kiln Dryer*) diperlukan untuk menggantikan sistem pengeringan secara alami atau tradisional.

Pengeringan konveksi (*convective drying*) sering digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengeringkan kayu pada industri furnitur kecil dan menengah, karena pengeringan ini relatif mudah dibuat dan murah. Sistem pengeringan ini disebut juga dengan sistem pengeringan konvensional (*Conventional Kiln Dryer*). Atas dasar pemikiran untuk mendapatkan suatu model pengeringan konveksi dan pengaruhnya terhadap kecepatan pengeringan kayu, maka perlu diadakan penelitian secara eksperimental dengan beberapa variasi variabel-variabel yang mempengaruhinya (Blasi, 1998).

Spesimen kayu uji yang digunakan adalah kayu Pinus. Sedangkan pengeringan kayu dilakukan secara pengeringan konvensional (pengeringan konveksi) dengan temperatur udara pengering dijaga konstan.

Pengeringan adalah proses simultan transfer energi/panas dan massa yang terjadi pada suatu bahan (Fyhr dan Rasmuson, 1996). Selain faktor internal dari kayu sendiri, faktor eksternal transfer panas berpengaruh secara signifikan pada total waktu pengeringan. Faktor-faktor eksternal tersebut adalah : temperatur, kelembaban, aliran udara, kondisi bahan, kontak antara udara panas dengan bahan basah (Perry dan Green, 1997). Secara umum faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengeringan kayu (Budianto, 1996) adalah : faktor kayu meliputi jenis kayu dan struktur pori-pori kayu, ketebalan kayu, kadar air kayu awal (*initial moisture content*), kadar air akhir kesetimbangan (*equilibrium moisture content*) dan kadar air akhir (*final moisture content*), faktor penyusunan kayu (*Stacking*) sehubungan dengan ukuran tebal ganjal dan cara penyusunan dalam oven dan faktor ruang oven meliputi sirkulasi udara dalam ruang, panas energi yang dipasok dan kelembaban relatif.

Suranto (2002) melakukan penelitian pengaruh diameter lubang pada pusat kayu dan kondisi pengeringan ter-

hadap penyusutan dan tegangan pengeringan pada kayu sugi (*Cryptomeria Japonica*) dalam pengering udara konveksi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin kecil diameter lubang mengakibatkan kadar air akhir semakin rendah, tetapi penyusutan tangensial, penyusutan radial dan panjang retak serta tegangan pengeringan semakin besar.

Secara definitif kadar air merupakan perbandingan antara berat substansi air yang ada di dalam kayu dan berat substansi kayu itu sendiri (dalam kondisi kering mutlak). Secara matematis dirumuskan :

$$C(\%) = \frac{w_b - w_o}{w_o} \times 100\% \dots(1)$$

Formulasi kadar air kayu dasar kering berdasarkan kadar air kayu terukur, yaitu:

$$X = \frac{C}{1 - C} \left[\frac{\text{kg air}}{\text{kg kayu kering}} \right] \dots\dots\dots(2)$$

Keadaan air yang terdapat di dalam kayu sendiri terdiri atas dua macam yaitu air bebas (*unboundwater*) dan air terikat (*boundwater*). Air bebas yaitu air yang terdapat dalam rongga-rongga sel. Air bebas ini paling mudah dan lebih dahulu keluar. Air bebas umumnya tidak mempengaruhi sifat dan bentuk kayu kecuali berat kayu. Sedang air terikat yaitu air yang berada dalam dinding-dinding sel kayu, sehingga sulit untuk dilepaskan. Zat cair pada dinding sel inilah yang berpengaruh pada sifat-sifat kayu (penyusutan). Jika air bebas telah keluar dan masih tertinggal air terikat, dikatakan kayu telah mencapai titik jenuh serat (*fiber saturated point*).

Dari uraian diatas terlihat bahwa kebasahan atau kekeringan kayu berkaitan dengan banyak atau sedikitnya kandungan air dari dalam kayu dan hal tersebut selalu diekspresikan oleh kadar air kayu. Berikut tingkat kebasahan atau kekeringan kayu berdasarkan kadar air kayu: kayu jenuh air (lebih besar dari 100%), kayu segar (30% -100%), kayu berkondisi titik jenuh serat (25% - 30%), kayu kering angin (17% - 20%), kayu kering tanur (5% - 15%) dan kayu kering mutlak(0%).

Kayu mempunyai sifat higroskopik, yaitu dapat menyerap atau melepaskan air atau kelembaban. Kelembaban kayu sangat dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu udara pada suatu saat. Kadar air dalam kayu akan meningkat bila udara di sekitar kayu sangat lembab (proses adsorpsi) atau kadar air akan ter evaporasi keluar bila udara di sekitar kayu lebih kering (proses desorpsi). Makin lembab udara di sekitarnya makin tinggi pula kelembaban kayu atau sebaliknya hingga tercapai keseimbangan dengan lingkungannya. Kandungan air pada kayu semacam ini dinamakan kadar air kesetimbangan (EMC = *Equilibrium Moisture Content*).

Transfer massa secara difusi biasanya dapat dianggap sebagai proses transfer yang terjadi pada tahap ke- Kondisi awal dan kondisi batas menjadi :
Kondisi awal : $Y = Y_{A0}(z)$ pada $t = 0, 0 < z < L$

Kondisi batas : $Y = 0$ pada $t > 0, z = 0$ dan $Y = 0$ pada $t > 0, z = L$

Penyelesaian transfer massa transien ini mirip dengan penyelesaian persamaan transfer panas konduksi (Nasrallah, dan Perre, 1988) yaitu :

$$Y = \frac{2}{L} \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left(\frac{n\pi z}{L}\right) e^{-(n\pi/2)^2} \int_0^L Y_0 \sin\left(\frac{n\pi z}{L}\right) dz \dots (5)$$

dimana x_D adalah *relative time ratio*, $D_{AB} t / x_1^2$ dan $x_1 = L/2$

Solusi analitik distribusi kadar air kayu adalah :

$$\frac{C_A - C_{A,s}}{C_{A0} - C_{A,s}} = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{n\pi z}{L}\right) e^{-(n\pi/2)^2 x_D}$$

$n = 1, 3, 5, \dots (6)$

Sedang laju difusi per satuan luas, $N_{A,z}$ berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$N_{A,z} = -D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial z} \dots (7)$$

Sehingga persamaan menjadi

$$N_{A,z} = \frac{4D_{AB}}{L} (C_{A,s} - C_{A0}) \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\frac{n\pi z}{L}\right) e^{-(n\pi/2)^2 x_D}$$

$n = 1, 3, 5, \dots (8)$

Jika D_{AB} adalah koefisien kayu konstan, maka difusi melalui sebuah slab dengan ketebalan z adalah integrasi persamaan (7), yaitu :

$$N_{A,z} = \frac{D_{AB} (C_{A1} - C_{A0})}{z} \dots (9)$$

patan menurun, yaitu bila gerakan air internal merupakan faktor penentu kecepatan pengeringan. Hukum kedua Pick tentang difusi satu dimensi digunakan sebagai model matematika transfer massa.

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \dots (3)$$

Kondisi awal : $C_A = C_{A0}(z)$ pada $t = 0, 0 \leq z \leq L$

Kondisi batas : $C_A = C_{As}$ pada $t > 0, z = 0$

$C_A = C_{As}$ pada $t > 0, z = L$

Kadar air dijabarkan dalam bentuk non dimensional yaitu dalam bentuk

$Y = (C_A - C_{As}) / (C_{A0} - C_{As})$, maka persamaan diferensial parsial menjadi :

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = D_{AB} \frac{\partial^2 Y}{\partial z^2} \dots (4)$$

Dengan mengkonversikan kadar air kayu terukur menjadi kadar air kayu dasar kering, maka distribusi kadar air tiap waktu dapat dihitung sepanjang slab kayu dapat ditentukan.

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui nilai kadar air dalam setiap sample digunakan persamaan (1):

$$C(\%) = \frac{w_b - w_o}{w_o} \times 100\%$$

Diketahui :

Berat segar Untuk A1 (W_s) = 11.030 gram - Berat kering tanur untuk A1

(W_o) = 8.84 gram

$$C(\%) = \frac{11.030 - 8.84}{8.84} \times 100\% = 24.773\%$$

dengan cara yang sama dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 1 Nilai rata-rata kadar air

Keadaan kayu	Nilai rata-rata kadar air (%)		
	A	B	C
Berat segar	27.37	46.09	61.88
Sebelum pengeringan	27.15	46.01	61.59
Sesudah pengeringan	24.65	42.76	59.40
Kering tanur	1	1	1

Untuk menghitung konsentrasi air digu-

$$X = \frac{C}{1-C} \left[\frac{\text{kg air}}{\text{kg kayu kering}} \right]$$

$$= \frac{0.24773}{1-0.24773} \left[\frac{Kgair}{Kgakayukering} \right]$$

$$= 0.329 \left[\frac{Kgair}{Kgakayukering} \right]$$

Nilai ini menunjukkan bahwa kandungan air dalam 1 kg kayu kering sebesar 0.329 kg. Nilai ini adalah nilai konsentrasi air untuk kayu segar.

Dengan cara yang sama dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 2. Rata-rata nilai konsentrasi air

Keadaan kayu	Rata-rata nilai konsentrasi air (Kg air / Kg Kayu kering)		
	A	B	C
Berat segar	0.382	0.957	2.081
Sebelum pengeringan	0.380	0.953	2.050
Sesudah pengeringan	0.332	0.830	1.820

Laju difusi dihitung dengan menggunakan persamaan (7):

$$N_{A,z} = \frac{D_{AB} \cdot (C_{As} - C_{A0})}{z}$$

$$= \frac{0.26 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} (0.329 \text{ kg})}{0.01 \text{ m}}$$

$$= 8.554 \times 10^{-4} \text{ kg m} / \text{s}$$

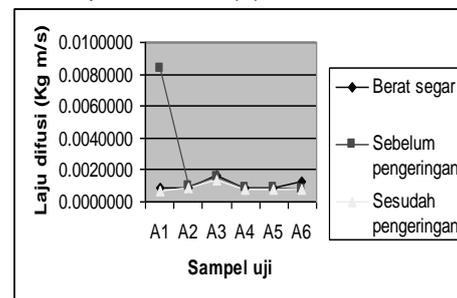
Dengan cara yang sama dapat dibuat tabel sbb:

Tabel 1.3. Laju rata-rata difusi

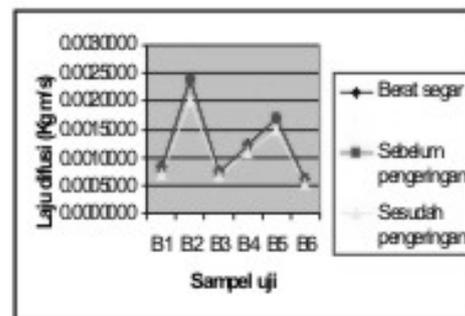
Keadaan kayu	Rata-rata laju difusi (Kg m/s)		
	A	B	C
Berat segar	0.0010475	0.0012437	0.0018034
Sebelum pengeringan	0.0022481	0.0012361	0.0016966
Sesudah pengeringan	0.0008632	0.0010766	0.001576

Dari hasil analisa laju difusi terbesar terdapat dalam sampel C, namun jika dilihat pada kondisi awal sampel C mempunyai nilai kandungan air yang jauh lebih besar dari pada sampel yang lainnya. Sehingga jika diprosentasikan dengan kondisi awal maka sesungguhnya laju difusi yang terbaik adalah pada sampel A (Sampel A 86,91%, Sampel B 86,73%, dan Sampel C 87,46%).

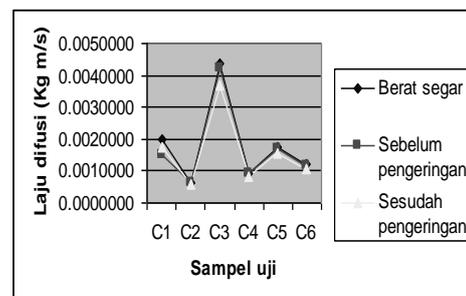
nakan persamaan (2):



Gambar 1. Grafik laju difusi air dengan lama pengeringan 30 menit pada sample uji A

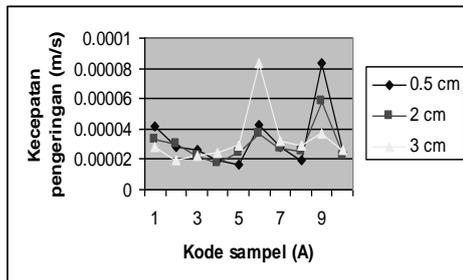


Gambar 2. Grafik laju difusi air dengan lama pengeringan 30 menit pada sample uji B

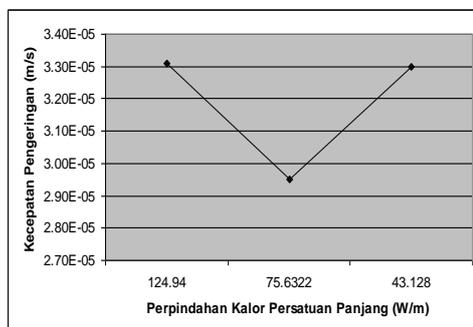


Gambar 3. Grafik laju difusi air dengan lama pengeringan 30 menit pada sample uji C

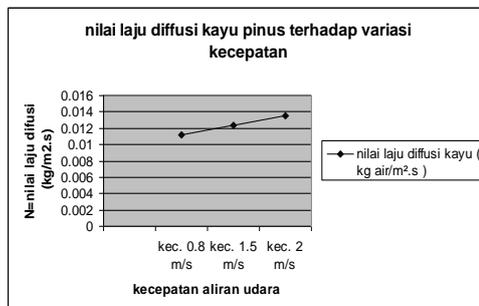
Dari grafik berikut menunjukkan bahwa nilai kecepatan pengeringan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan laju difusi dan semakin tebal celah yang diberikan proses perpindahan kalor secara konveksi semakin tidak baik, dari gambar tersebut terlihat yang paling baik adalah dengan celah sebesar 0,5 cm.



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan pengeringan terhadap tebal kayu sampel A adalah dengan tebal celah 0,5 cm.



Gambar 5. Grafik hubungan perpindahan kalor persatuan panjang terhadap kecepatan pengeringan



Gambar 6. Grafik hubungan kecepatan udara panas terhadap laju difusi

KESIMPULAN.

Tebal Celah yang diberikan pada proses pengeringan sangat membantu

dalam mempercepat pengeringan, dalam penelitian ini yang paling baik dengan tebal celah adalah 0,5 cm

Semakin tinggi kecepatan aliran udara panas, semakin tinggi perpindahan kalor atau proses pengeringan semakin cepat

DAFTAR PUSTAKA

- Blasi, C.D., 1998, Multiphase Moisture Transfer in High - temperature Drying of Wood Particles, *Chemical Engineering Science*, Vol. 53, No. 2, 353-366.
- Budianto, A.D., 1996., *Sistem Pengeringan Kayu*, Pendidikan Industri kayu Atas Semarang, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fyhr, C and Rasmuson, A., 1996, Mathematical Model of Steam Drying of Wood Chips and Other Hygroscopic Porous Media, *AIChE Journal*, Vol. 42, No. 9, 2491-2502.
- Kollmann and Cote, 1984, *Principles of Wood Science and Technology, Volume I: Solid Wood*, John Wiley and son, New York.
- Nasrallah, S.B. and Perre, P., 1988, Detailed Study of a Model of Heat and Mass Transfer During Convective Drying of Porous Media, *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 31, No. 5, 957-967.
- Perry, R.B. and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, USA.
- Suranto, Y., 2002, *Pengaruh Diameter Lubang pada Pusat Kayu dan Kondisi Pengeringan terhadap Pengerutan dan Tegangan Pengeringan pada Kayu Sugi (Cryptomeria Japonica D.Don) dalam Pengeringan Udara Konvektif*, Thesis S2, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,.