

STUDI EKSPERIMENTAL PENGERINGAN BUTIRAN JAGUNG DALAM PENGERING UNGGUN DIAM

J.P. Sitompul, Istadi^(*), N.S. Nugroho, dan R. Aghista

Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132

E-mail: johnner@termo.pauir.itb.ac.id

Abstract

This paper concerns with experimental study of deep-bed grain drying in a 0.75 meter diameter dryer-column. The experimental work were carried out in the range of drying conditions such as drying air flow rate (0.08 - 0.12 m/s), drying air temperature (50 - 70 °C), and thickness of bed layer (2.5 - 5 cm). The experimental data presents the dynamic of moisture content of corn grain corresponding with drying condition. The dynamic of moisture content has been analyzed for the variable condition to carry out drying of corn grain. The drying-rate curve was shown at the various drying-air temperatures. Furthermore, the experimental data will be used to validate the developed model. For the dry grain load of 12 kg, we need about 2.25, 2.8 and 4.2 hours of drying time for drying air temperature 70, 60, and 50 °C respectively. The experimental results show that this dryer can be used to accommodate the agricultural grain drying, especially for corn grain.

Keywords: deep-bed drying, corn grain, experimental study, drying rate curve

1. PENDAHULUAN

Teknologi pengeringan memegang peranan sangat penting dalam proses-proses industri khususnya yang berkaitan dengan pengawetan bahan, seperti: pertanian, keramik, kimia, makanan, farmasi, pulp dan kertas, mineral, polimer, dan tekstil. Jika butiran-butiran yang akan disimpan dalam waktu yang lama tersebut tidak dikeringkan, maka bahan akan berubah sifat atau rusak. Tujuan utama proses pengeringan adalah menurunkan kadar air bahan hingga mencapai kadar air yang aman untuk penyimpanan dan memerlukan biaya serta konsumsi energi yang minimal, tanpa mengurangi kualitas bahan tersebut. Pengeringan butiran berkadar air tinggi, dapat dilakukan baik dalam waktu lama pada suhu udara pengering yang rendah (pengeringan dengan tenaga matahari secara langsung) atau dalam waktu yang lebih pendek dengan udara bersuhu tinggi. Jika waktu pengeringan terlalu lama, dapat menyebabkan penjamuran dan pembusukan, apalagi jika dilakukan pada musim penghujan. Sebaliknya, temperatur yang terlalu tinggi bisa menyebabkan kerusakan baik secara fisik maupun kimia terhadap butiran tersebut (Istadi *et al.*, 1999). Penyimpanan produk-produk pertanian harus memenuhi beberapa persyaratan dalam rangka mempertahankan kualitasnya, terutama persyaratan kandungan air dan temperatur penyimpanan. Persyaratan-persyaratan kandungan air untuk berbagai produk pertanian berbentuk butiran dapat dilihat pada Tabel 1 (Hellevang, 1994).

Beberapa penelitian tentang pengeringan butiran (terutama produk pertanian) telah dan sedang dilakukan oleh beberapa peneliti dalam hal pengembangan model pengering dan model matematik proses pengeringan, antara lain: pengeringan butiran jagung dalam pengering *deep-bed* (Thompson *et al.*, 1968; Abid *et al.*, 1990; Courtois, 1997; Sitompul *et al.*, 2000a; Sitompul *et al.*, 2000b), pengeringan butiran hazelnut dalam pengering *deep-bed* (Lopez *et al.*, 1998b), pengeringan butiran *wheat* dalam pengering *deep-bed* (Giner *et al.*, 1996; Hawlader *et al.*, 1999) dan pemodelan pengeringan butiran yang mempunyai tahanan difusi yang tinggi (Palancz, 1985). Beberapa review literatur juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti tentang pemodelan dan simulasi komputer pengeringan butiran khususnya pengering *deep-bed* (Parry, 1985; Franca *et al.*, 1994). Kebanyakan model-model ini disusun berdasarkan pada prinsip perpindahan massa dan panas yang terjadi dalam

^(*) **Afiliasi tetap:** Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudarto, Semarang, Indonesia, 50239

proses pengeringan yang berbentuk persamaan diferensial parsial, dengan variabel tergantung kandungan air dan temperatur butiran, serta kelembaban dan temperatur udara pengering, baik satu dimensi maupun dua dimensi (Franca *et al.*, 1994; Sitompul *et al.*, 2000a; Sitompul *et al.*, 2000b; Sun *et al.*, 1997).

Tabel 1. Kandungan air maksimum yang diperbolehkan selama penyimpanan untuk beberapa produk pertanian (dalam % b.k.) (Hellevang, 1994)

Jenis Produk Pertanian	Waktu Penyimpanan Singkat (< 6 bulan)	Waktu Penyimpanan lama (> 6 bulan)
Jewawut	14	12
Jagung	15,5	13
<i>Edible Beans</i>	16	13
<i>Millet</i>	10	9
<i>Oats</i>	14	12
<i>Rye</i>	13	12
<i>Sorghum</i>	13,5	13
Gandum	14	13

Dalam makalah ini akan ditunjukkan beberapa karakteristik pengeringan butiran jagung dalam pengering unggun diam, seperti: profil temperatur dan kelembaban absolut udara keluar pengering, dan kandungan air rerata butiran sebagai fungsi waktu. Dari beberapa profil yang diperoleh maka kita dapat memperkirakan waktu pengeringan yang diperlukan untuk mencapai kandungan air butiran yang diinginkan dengan kondisi pengeringan tertentu. Dalam makalah ini juga ditampilkan kurva laju pengeringan pada berbagai temperatur udara masuk.

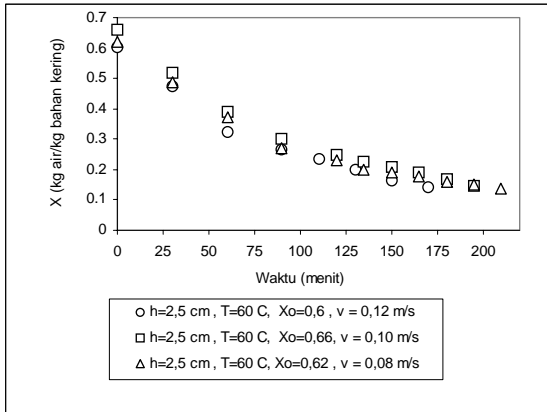
2. BAHAN DAN METODE

Alat pengering yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kolom pengering, blower udara, dan pemanas listrik. Udara panas dimasukkan dari bagian bawah pengering pada temperatur tertentu sesuai dengan variabel. Bahan butiran yang akan dikeringkan dimasukkan dari bagian atas pengering. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah butiran jagung yang akan dikeringkan dan udara pengering. Sebelum butiran jagung dimasukkan ke dalam pengering, bahan perlu direndam terlebih dahulu dalam air selama kurang lebih 6 jam (sampai kadar air tertentu), kemudian ditiriskan.

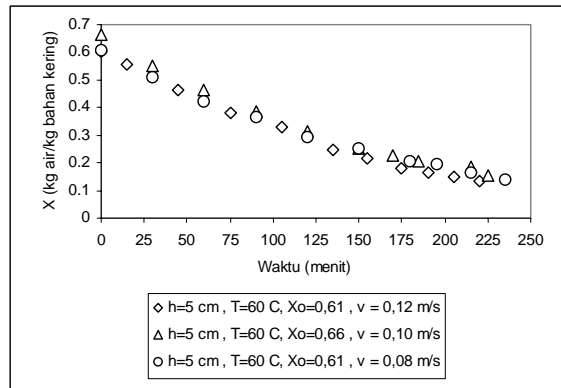
Udara pengering dialirkan ke pengering dengan bantuan blower, dilewatkan terlebih dahulu dalam pemanas listrik. Setelah udara mencapai temperatur yang diinginkan sesuai variabel, kemudian butiran basah dimasukkan ke dalam pengering dengan ketinggian unggun tertentu. Berat bahan ditimbang setiap waktu-waktu tertentu untuk mengetahui perubahan kadar airnya. Hal ini dilakukan hingga kandungan air bahan kira-kira mencapai 14 - 15 % basis kering. Variasi temperatur udara pengering masuk yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 50, 60, 70 °C, sedangkan variasi ketinggian unggun adalah 2,5 cm dan 5 cm dengan beban pengeringan butiran 13 kg dan 25 kg bahan kering. Variasi laju alir yang dilakukan adalah 0,08 - 0,12 m/s (0,04 - 0,055 m³/s). Temperatur bola kering dan bola basah diukur di bagian udara masuk dan keluar dari unggun butiran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

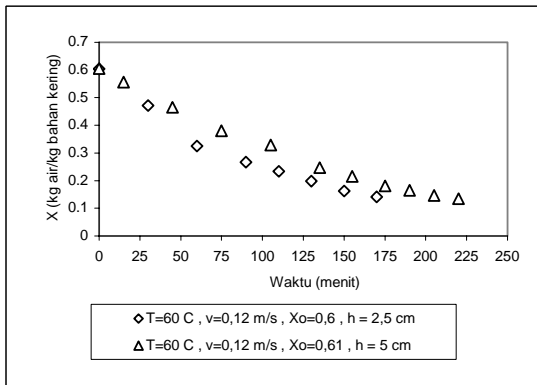
Kinerja proses pengeringan bahan padat berbentuk butiran dalam unggun diam dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain temperatur dan laju alir udara masuk unggun butiran, ketinggian unggun butiran, kadar air awal bahan serta besarnya beban pengeringan butiran (*grain drying load*). Beberapa pengaruh tersebut dipelajari dalam penelitian ini untuk pengeringan sistem unggun diam (*deep-bed*).



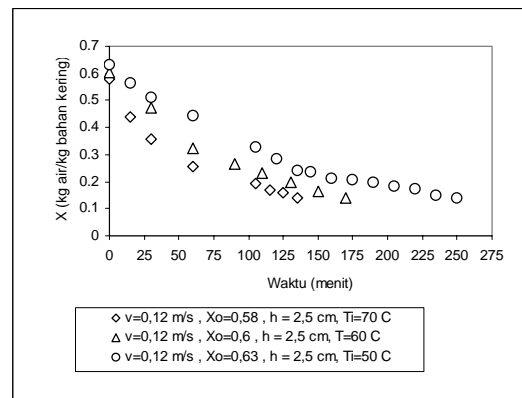
Gambar 1. Pengaruh laju alir udara pengering terhadap kurva pengeringan pada ketinggian unggun 2,5 cm dan temperatur udara 60 °C



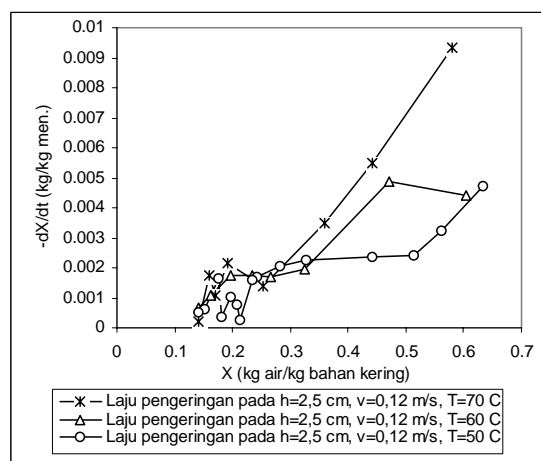
Gambar 2. Pengaruh laju alir udara pengering terhadap kurva pengeringan pada ketinggian unggun 5 cm dan temperatur udara 60 °C



Gambar 3. Pengaruh ketinggian unggun butiran terhadap kurva pengeringan pada laju alir udara 0,12 m/s dan temperatur udara 60 °C



Gambar 4. Pengaruh temperatur udara pengering masuk terhadap kurva pengeringan pada laju alir udara 0,12 m/s dan ketinggian unggun 2,5 cm



Gambar 5. Kurva laju pengeringan pada laju alir udara 0,12 m/s dan ketinggian unggun 2,5 cm untuk berbagai temperatur udara masuk

Pengaruh laju alir udara pengering masuk terhadap dinamika kandungan air bahan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berturut-turut untuk ketinggian unggun 2,5 cm dan 5 cm pada temperatur udara pengering 60 °C. Pengaruh laju alir udara ini tidak begitu signifikan pada sistem ini, Hal ini mungkin disebabkan oleh terlalu dekatnya variasi laju alir yang diambil atau mungkin memang sebenarnya tidak signifikan pengaruhnya. Menurut beberapa peneliti, pengeringan butiran-butiran hasil pertanian memang tidak begitu dipengaruhi oleh laju alir udara pengering masuk (Lopez *et al.*, 1998a). Dalam hal ini laju pengeringan atau laju perpindahan air dikendalikan oleh difusi air internal di dalam butiran dan tidak dikendalikan oleh difusi atau penguapan air dipermukaan. Pada ketinggian unggun 2,5 cm diperlukan waktu pengeringan 2,8 jam, 3,25 jam dan 3,5 jam berturut-turut untuk laju alir 0,12 m/s, 0,1 m/s dan 0,08 m/s dan temperatur udara 60 °C. Sedangkan untuk ketinggian unggun 5 cm diperlukan waktu pengeringan 3,7 jam, 3,75 jam dan 3,9 jam berturut-turut untuk laju alir 0,12 m/s, 0,1 m/s dan 0,08 m/s pada temperatur udara 60 °C.

Pengaruh ketinggian unggun butiran terhadap dinamika kandungan air bahan dapat dilihat pada Gambar 3 untuk temperatur udara 60 °C dan laju alir udara 0,12 m/s. Jika ketinggian unggun semakin besar maka beban pengeringan butiran (*grain drying load*) juga makin besar pula, sehingga waktu yang digunakan untuk mengeringkan bahan juga makin lama. Dalam pengeringan ini untuk ketinggian unggun 2,5 cm mempunyai beban pengeringan 13 kg bahan kering, sedangkan untuk ketinggian unggun 5 cm mempunyai beban pengeringan 25 kg bahan kering untuk butiran jagung. Pada temperatur udara ini diperlukan waktu pengeringan 2,8 jam dan 3,7 jam berturut-turut untuk ketinggian unggun 2,5 cm dan 5 cm.

Pengaruh temperatur udara masuk terhadap dinamika kandungan air bahan dapat dilihat pada Gambar 4 untuk laju alir udara 0,12 m/s dan ketinggian unggun 2,5 cm. Temperatur udara pengering mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kurva pengeringan. Temperatur udara pengering mempunyai pengaruh besar terhadap temperatur bahan dan mempengaruhi besarnya difusivitas air dalam butiran jagung disamping dipengaruhi oleh kadar airnya. Temperatur ini juga mempengaruhi besarnya sifat-sifat fisik bahan yang kemudian mempengaruhi besarnya koefisien perpindahan massa antara permukaan bahan dan udara pengering. Dalam pengeringan ini laju pengeringan dikendalikan oleh temperatur udara pengering masuk. Semakin tinggi temperatur udara masuk maka waktu pengeringan yang diperlukan akan semakin singkat. Seperti terlihat pada Gambar 4 bahwa untuk temperatur 50, 60, dan 70 °C berturut-turut diperlukan waktu pengeringan kurang lebih 4,2, 2,8 dan 2,25 jam. Kurva laju pengeringan pada berbagai temperatur udara masuk dapat dilihat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi temperatur udara masuk maka secara relatif semakin tinggi pula besarnya laju pengeringan pada kondisi pengeringan yang sama.

4. KESIMPULAN

Proses pengeringan bahan padat berbentuk butiran dalam pengering unggun diam (*deep-bed*) dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain temperatur dan laju alir udara masuk unggun butiran, ketinggian unggun butiran, kadar air awal bahan serta besarnya beban pengeringan butiran (*grain drying load*).

Pengaruh laju alir udara pengering masuk adalah tidak begitu signifikan, sedangkan pengaruh temperatur udara pengering masuk dan ketinggian unggun atau besarnya beban pengeringan butiran adalah signifikan terhadap dinamika kadar air butiran selama pengeringan. Temperatur udara pengering masuk mempunyai pengaruh yang paling besar. Laju pengeringan dikendalikan oleh temperatur udara pengering masuk. Waktu pengeringan yang diperlukan pada ketinggian unggun 2,5 cm dan laju alir udara 0,12 m/s untuk temperatur 70, 60, dan 50 °C adalah berturut-turut kurang lebih 2,25, 2,8 dan 4,2 jam. Semakin tinggi temperatur udara masuk maka semakin tinggi pula besarnya laju pengeringan bahan pada kondisi pengeringan yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dewan Riset Nasional (RUT 7.1) atas dana penelitian yang diberikan untuk melaksanakan riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abid, M., R. Gibert, dan C. Laguerie, 1990, An Experimental and Theoretical Analysis of The Mechanisms of Heat and Mass Transfer During The Drying of Corn Grains in a Fluidized Bed, *Int. Chem. Eng.*, Vol. 30, No. 4, hal. 632-642.
2. Courtois, F., 1997, Dynamic Modelling of Drying to Improve Processing Quality of Corn, *PhD Thesis*, ENSIA-INRA, France, <http://www.ensia.inra.fr/~courtois/papers/PhD/PhD.html>.
3. Franca, A.S., M. Fortes, dan K. Haghghi, 1994, Numerical Simulation of Intermittent and Continuous Deep-Bed Drying of Biological Materials, *Drying Technology*, Vol. 12, No. 7, hal. 1537-1560.
4. Giner, S.A., R.H. Mascheroni, dan M.E. Nellist, 1996, Cross-Flow Drying of Wheat. A Simulation Program With A Diffusion-Based Deep-Bed Model and A Kinetic Equation for Viability Loss Estimation, *Drying Technology*, Vol. 14, No. 7-8, hal. 1625-1671.
5. Hawlader, M.N.A. dan S.J. Chowdhury, 1999, Moisture Migration in A grain Column Subjected to Forced Convection and Temperature Gradient, *Proc. of The First Asian-Australian Drying Conference (ADC '99)*, Bali, Indonesia, hal. 136 - 143.
6. Hellevang, K.J., 1994, *Grain Drying*, <http://ndsuext.nodak.edu/extpubs/plantsci/smgrains/ae701-1.htm>.
7. Istadi, J.P. Sitompul, dan S. Sasmojo, 1999, Pengeringan Butiran Jagung Tipe Deep-Bed: Pemodelan dan Simulasi, *Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 1999*, ITB, Bandung, hal. VI.47 - VI.54
8. Lopez, A., M.T. Pique, J. Boatella, dan A. Ferran, 1998a, Drying Characteristics of The Hazelnut, *Drying Technology*, 16(3-5), hal. 627-649.
9. Lopez, A., P. Virseda, G. Martinez, dan M. Llorca, 1997, Deep Layer Malt Drying Modelling, *Drying Technology*, Vol.15, No.5, hal.1499-1526.
10. Lopez, A., Pique, M.T., dan Romero, A., 1998b, Simulation on Deep Bed Drying of Hazelnuts, *Drying Technology*, Vol. 16, No. 3-5, hal.651-665.
11. Palancz, B., 1985, Modelling and Simulation of Heat and Mass Transfer in A Packed Bed of Solid Particles Having High Diffusion Resistance, *Comp. and Chem. Eng.*, Vol. 9, No. 6, hal. 567-581.
12. Sitompul, J.P., and Istadi, 2000a, Alternating Direction Implicit Method for Solving Equation of 2-D Heterogeneous Model of Deep-Bed Grain Drying, *Proceedings Institut Teknologi Bandung*, Supplement of International Conference On Fluid and Thermal Energy Conversion 2000, Bandung, Indonesia, Vol. 32, No.1, pp. 425-433.
13. Sitompul, J.P., and Istadi, 2000b, Deep-Bed Drying of Corn In A Large Diameter Column: Modelling and Experimental Studies, *Proceeding of 12th International Drying Symposium (IDS) 2000*, Netherlands, Paper No. 224 (accepted).
14. Sun, D.W., dan J.L. Woods, 1997, Simulation of The Heat and Moisture Transfer Process During Drying in Deep Grain Beds, *Drying Technology*, Vol. 15, No.10, hal. 2479-2508.
15. Thompson, T.L., R.M. Peart, dan G.H. Foster, 1968, Mathematical Simulation of Corn Drying - A New Model, *Trans. of The ASAE*, Vol. 11, No. 4, hal. 582-586.