

T1-TI 08

PENGERINGAN JAGUNG PADA PENERING UNGGUN TERFLUIDAKAN DAN SIMULASI PEMBESARAN KE SKALA INDUSTRI

Drying Corn in Fluidized Bed and Scale-Up in Industrial Scale

Suherman Suherman, Dyah Hesti Wardhani, Andri Cahyo Kumoro
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia

*Email: suherman@undip.ac.id

ABSTRACT

An industrial-scale fluid bed dryer for corn was developed by scale-up lab-scale experimental data using two phase fluid bed model. The lab-scale batch fluid bed dryer was used to determine the drying curve of the corn (X_{in} 0.43 kg/kg dry base). The experimental works was performed by varying inlet air temperature ($^{\circ}\text{C}$): 55; 65; 75. The drying rate curves as a function of moisture content showed only decreasing drying rate period. A very good agreement between the measured and simulation results of the profile of moisture content in solids was produced by simulator. Then, a simulation of continuous fluidized bed dryer for corn with dimension 5 m of length and 1.5 of width. The simulation was successfully conducted by varying the influence of mass solid flow rate 0.1; 0.2; 0.4 tons/h, height of bed 0.25; 0.50; 0.75 m, and air temperature 55; 65; 75 $^{\circ}\text{C}$ on drying process. Keywords: corn, drying, fluid bed, simulation, modelling.

ABSTRAK

Pengering unggun fluidisasi skala industri untuk jagung telah dikembangkan melalui proses pembesaran data eksperimen skala laboratorium. Pengering fluidisasi batch skala laboratorium digunakan untuk menentukan kurva pengeringan jagung (X_{in} 0,43 kg/kg, basis kering). Eksperimen dilakukan dengan variasi suhu udara pengering ($^{\circ}\text{C}$): 60; 70; 80. Kurva laju pengeringan versus kadar air menunjukkan hanya ada periode laju pengeringan menurun. Hasil validasi simulator menunjukkan kesesuaian sangat baik mengenai profil kadar air padatan antara hasil simulasi dan pengukuran. Selanjutnya, simulasi pengering unggun fluidisasi kontinyu skala industri dengan dimensi panjang 5 m dan lebar 1,5 m. Simulasi berhasil dilakukan dengan melakukan variasi pengaruh laju alir padatan 0.1; 0.2; 0.4 ton/jam, tinggi bed 0.25; 0.50; 0.75 m, dan suhu udara pengering 55; 65; 75 $^{\circ}\text{C}$ terhadap proses pengeringan.

Kata kunci: jagung, pengeringan, unggun fluidisasi, simulasi, pemodelan.

PENDAHULUAN

Selama ini, UKM Jagung mengeringkan produknya dilakukan secara tradisional, dimana jagung dijemur di bawah sinar matahari sampai kadar air berkisar 9-11 % selama 7-8 hari. Penjemuran dapat dilakukan di lantai, dengan alas anyaman bambu atau dengan cara diikat dan digantung. Proses pengeringan ini sangat tergantung cuaca, kapasitas

produksi terbatas, kualitas jagung rendah dan kurang higienis. Sehingga perlu segera dicarikan solusi perancangan alat pengering yang murah dan mudah pengoperasiannya.

Menurut standar SNI 3920:2013 mengenai kualitas jagung, kadar air maksimum di jagung adalah 14% (basis basah), atau 16% (basis kering). Sementara itu, kandungan air jagung baru dipanen bervariasi antara 33 - 40 % basis kering (Soponronnariti dkk, 1997). Pada kondisi ini dan dibawah cuaca panas dan humid, *aspergillus flavus* sangat mudah menginfeksi dan tumbuh di biji jagung kemudian memproduksi racun aflatoksin (Wongurai dkk, 1992), sehingga jagung seharusnya segera dikeringkan sampai kadar 22 - 23% dalam waktu 1-2 hari (Prachayawarakorn dkk, 1995). Aflatoksin ini sangat beracun bagi manusia dan hewan. Serangan jamur ini dapat menurunkan daya kecambah, mengubah warna, menimbulkan bau apek, menyebabkan susut bobot, mengubah kandungan kimia atau nutrisi, serta menyebabkan kontaminasi mikotoksin. Sementara itu, pengeringan jagung dengan suhu terlalu tinggi menimbulkan kerusakan lain seperti perubahan warna, keriput, melepuh, kembung, bengkak, atau stres retak.

Karakteristik utama pengeringan jagung dan pengaruhnya terhadap kualitas adalah: (i) perpindahan air di dalam biji jagung dipengaruhi oleh difusi internal (Soponronnariti, dkk, 1997); (ii) suhu udara pengering sangat mempengaruhi laju pengeringan, laju udara pengering kurang signifikan mempengaruhi laju pengeringan, sedangkan relative humiditas (RH) udara pengering tidak signifikan mempengaruhi laju pengeringan (Soponronnariti, dkk, 1997); (iii) semakin tinggi suhu udara pengeringan dan semakin rendah kadar air pada biji jagung, maka prosentase retak biji jagung semakin besar (Soponronnarit, dkk, 1999); (iv) distribusi air di dalam biji jagung tidak dalam bentuk flat atau tidak seragam (Tolaba, dkk, 1999); (v) perendaman biji jagung ke dalam larutan ethyl oleate dan potassium carbonate meningkatkan laju pengeringan (Doymaz dan Pala, 2003); (vi) semakin tinggi suhu udara pengeringan maka kadar starch jagung akan semakin rendah (Haros, dkk, 2003; Malumba dkk, 2009); (vii) simulasi pengeringan jagung dengan bantuan mikrowave akan meningkatkan laju pengeringan jauh lebih cepat dibandingkan hanya secara panas konvektif (Bihercz, dkk, 2007); (viii) proses pengeringan dengan cara dua tahap memberikan peningkatan kualitas biji jagung dan efisiensi pengeringan (Jittanit, dkk, 2010); (ix) simulasi pengeringan secara intermittent akan menurunkan prosentase stress retak biji jagung dan meningkatkan efisiensi energi pengering (Takhari, 2011); (x) koefisien perpindahan panas konvektif pengeringan biji jagung sebesar $1,04 \text{ W/m}^2\text{C}$ (Sahdev, dkk, 2013). Berdasarkan data kinetika dan termodinamika ini, maka jenis pengering yang paling cocok untuk jagung ini adalah pengering fluidisasi (Soponronnariti, dkk, 1997; Tolaba, dkk, 1999; Doymaz dan Pala, 2003; Haros, dkk, 2003; Malumba dkk, 2009; Jittanit, dkk, 2010). Pemilihan jenis pengering unggul fluidisasi karena memiliki laju pengeringan sangat cepat, kendali suhu sangat baik, kualitas produk seragam, kapasitas produksi yang tinggi, biaya inventasi murah, dan pengoperasian alat mudah (Law dan Mujumdar, 2006; Suherman, 2007; Groenewold dan Tsotsas, 2007; Suherman, dkk, 2013).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan studi penurunan kurva pengeringan jagung partikel tunggal dari data eksperimen pengering unggun terfluidakan. Selanjutnya data ini digunakan untuk proses scale-up alat pengering skala industri.

BAHAN DAN METODE

Eksperimen dilangsungkan menggunakan pengering unggun fluidisasi (FBD) skala laboratorium (lihat Gambar 1). Kurva pengeringan diturunkan dari hasil pengukuran humiditi udara masuk dan udara keluar menggunakan humiditi meter. Unggun fluidisasi terbuat dari besi untuk bagian bawah dan gelas untuk bagian atas dengan diameter dalam 150 mm dan panjang 300 mm. Udara dari lingkungan ditarik oleh blower. Laju alir udara diukur menggunakan anemometer dan diatur menggunakan valve keluaran blower. Udara masuk ke unggun fluidisasi melewati alat pemanas. Plat distributor berpori ditempatkan dibawah unggun fluidisasi. Udara yang terdistribusi secara homogen mengalami kontak dengan partikel padatan di unggun fluidisasi. Selanjutnya, udara keluar dari unggun melalui bagian atas.



Gambar 1. Pengering fluidisasi skala laboratorium

Kadar air dalam padatan dihitung dengan persamaan sebagai berikut;

$$X(t) = X_0 - \frac{\dot{M}_g}{M_{s,dry}} \int_{t=0}^t (Y_{out}(t) - Y_{in}(t)) dt, \quad (1)$$

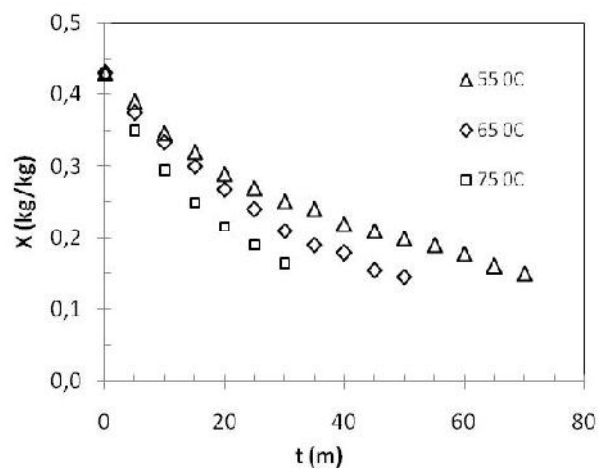
sedangkan laju pengeringan

$$\dot{m} = \frac{\dot{M}_g}{M_{s,dry}} \frac{\rho_p d_p}{6} (Y_{out}(t) - Y_{in}), \quad (2)$$

Dalam eksperimen ini menggunakan material jagung dengan diameter partikel 3,4 mm dan densitas bulk 720 kg/m^3 . Jagung dengan kadar air mula-mula 0,43 basis kering. Pengukuran kadar air menggunakan metoda gravimetri dengan cara dikeringkan menggunakan oven pada suhu $112 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Setiap akhir eksperimen, kadar air jagung diukur lagi menggunakan metoda ini sebagai basis pengecekan kadar air hasil penghitungan menggunakan rumus persamaan nomor 1. Sebanyak 200 g jagung basah dimasukkan ke dalam unggun pengeringan. Selanjutnya dikeringkan dengan melakukan variasi suhu pengering 55 , 65 dan $75 \text{ }^\circ\text{C}$.

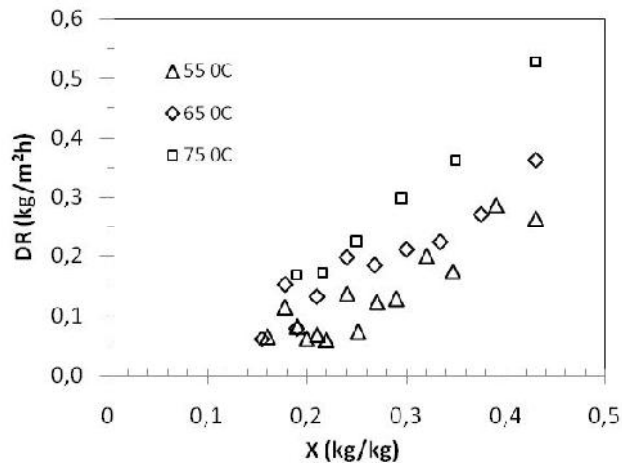
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Pengeringan



Gambar. 2 Kurva Pengeringan Jagung pada beberapa suhu berbeda

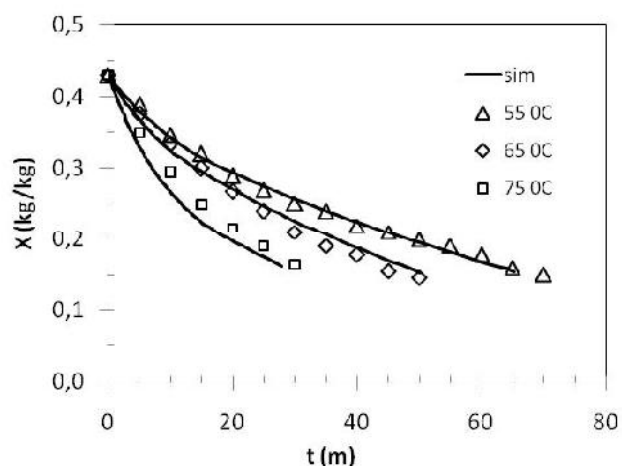
Gambar 2 menunjukkan kurva pengeringan jagung pada tiga kondisi suhu yang berbeda. Terlihat bahwa dengan semakin tinggi suhu udara pengeringan maka penurunan kadar air semakin cepat. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi suhu, maka difusivitas uap air di dalam partikel semakin besar. Selain itu, pada awal proses pengeringan, terjadi penurunan kadar air yang cepat, dan seiring dengan waktu maka penurunan kadar air semakin lambat. Proses pengeringan dihentikan saat kadar air di bawah 0,16 (standar kualitas jagung). Dengan semakin tinggi suhu udara pengering, maka pencapaian kadar air di bawah 0,16 semakin cepat.



Gambar. 3 Kurva Laju Pengeringan Jagung pada beberapa suhu berbeda

Gambar. 3 menunjukkan kurva laju pengeringan jagung pada tiga kondisi suhu yang berbeda. Terlihat bahwa dengan semakin tinggi suhu udara pengeringan, maka laju pengeringan semakin cepat. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi suhu, maka difusivitas uap air di dalam partikel semakin besar. Selain itu, terlihat bahwa pengeringan jagung tidak memiliki laju pengeringan konstan. Artinya bahwa dalam pengeringan jagung sangat dipengaruhi oleh difusi internal uap air di dalam partikel. Hasil penelitian ini sesuai dengan data eksperimen Soponronnariti, dkk, (1997).

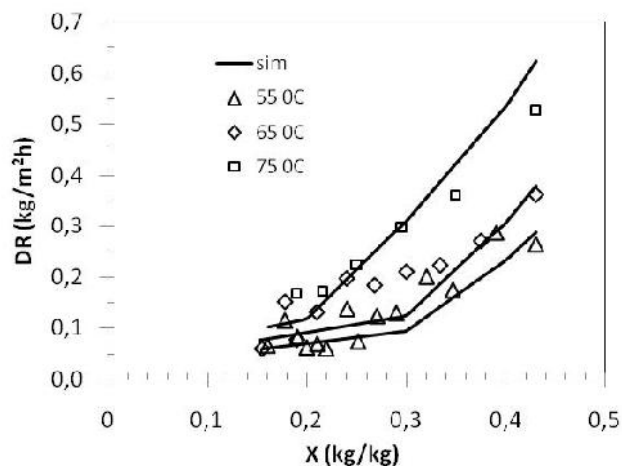
Validasi Simulator



Gambar. 4 Kurva pengeringan perbandingan antara data eksperimen dan hasil simulasi

Proses validasi simulator dilakukan dengan proses fitting antara data eksperimen dengan data hasil penghitungan simulasi pada tiga kondisi suhu yang berbeda (55, 65, and 75 °C). Proses ini juga disebut sebagai proses penurunan derivasi pengeringan partikel tunggal dari

data pengeringan intergral. Dalam proses ini menggunakan simulator fluidized bed dryer simulator (FLUBED) yang ditulis dalam bahasa pemograman Visual Basic Programming Language di MS Excel. Simulator bisa digunakan, jika data simulasi mendekati dengan data eksperimen. Gambar 4 menunjukkan kesesuaian yang sangat baik antara hasil simulasi dan data eksperimen. Dalam proses validasi ini diasumsikan X_{cr} jagung sebesar 0.5.



Gambar. 5 Kurva laju pengeringan perbandingan antara data eksperimen dan hasil simulasi

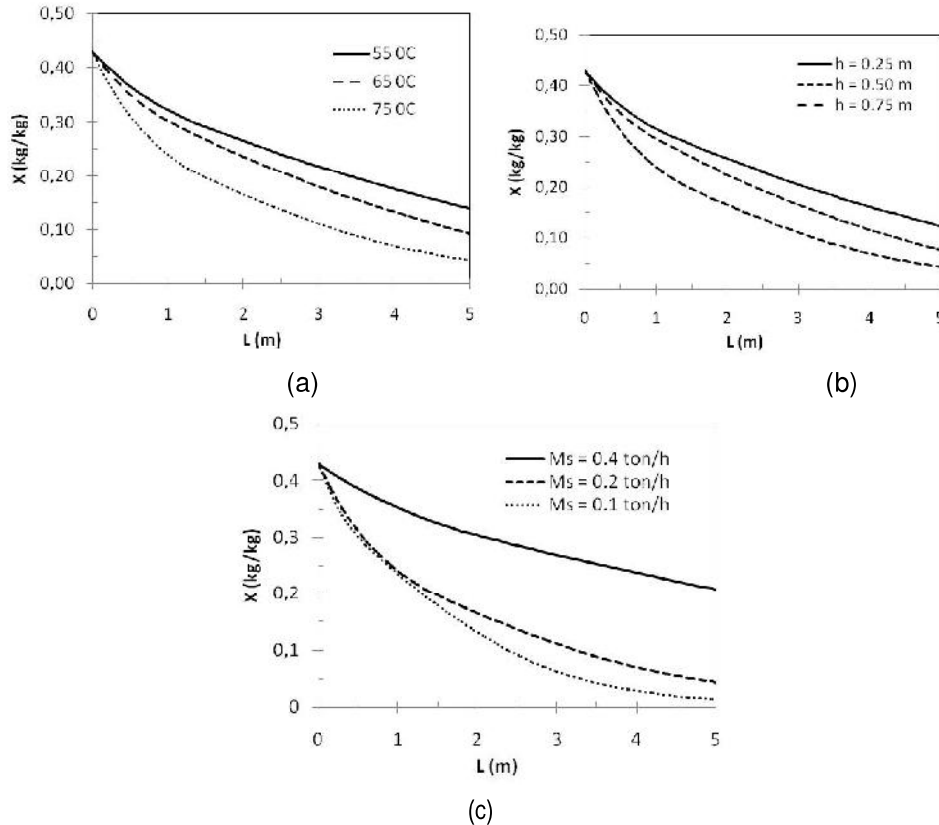
Gambar 5 menunjukkan proses validasi dalam bentuk perbandingan antara data eksperimen dan hasil simulasi dalam bentuk kurva laju pengeringan memberikan kesesuaian yang sangat baik.

Simulasi Desain Pengering Kontinyu

Selanjutnya adalah simulasi desain pengering kontinyu untuk skala pabrik (UKM). Tabel 1 menunjukkan parameter desain pengering fluidisasi kontinyu untuk jagung. Dalam simulasi ini, pengaruh tiga kondisi operasi untuk proses pengeringan akan diteliti, yaitu laju alir massa jagung, ketinggian unggun, dan suhu udara pengering.

Tabel 2. Parameter Desain pengering fluidisasi kontinyu untuk jagung

	Parameter	Nilai
Pengering	Panjang (m)	5
	Lebar (m)	1,5
Jagung	Laju alir (ton/j)	0,1; 0,2; 0,4
	Kandungan air (kg/kg)	0,43
	Tinggi unggun (m)	0,25; 0,50; 0,75
Udara	Laju alir (m³/h)	50000
	Suhu (°C)	55; 65; 75
	Humiditi (g/kg)	18



Gambar 6. Simulasi pengering fluidisasi kontinu untuk jagung; (a) pengaruh suhu, (b) pengaruh tinggi unggun, (c) pengaruh laju alir jagung

Gambar 6 (a) menunjukkan pengaruh suhu udara pengering pada proses pengeringan sangat signifikan. Peningkatan suhu udara pengering akan lebih cepat menurunkan kadar air di jagung, karena meningkatnya difusi air. Gambar 6 (b) menunjukkan pengaruh ketinggian unggun terhadap proses pengeringan juga signifikan. Meningkatnya ketinggian unggun akan menurunkan laju pengeringan, sehingga kadar air sisa di padatan semakin tinggi. Akhirnya, Gambar 6 (c) menunjukkan pengaruh laju aliran massa jagung pada proses pengeringan juga signifikan. Meningkatnya laju alir massa padatan akan menurunkan laju pengeringan karena meningkatkan beban pengeringan untuk menguapkan uap air di jagung.

KESIMPULAN

Pengering fluidisasi batch skala laboratorium telah berhasil menurunkan kurva pengeringan jagung. Simulator pengering unggun fluidisasi telah berhasil memprediksi data eksperimen pengeringan dengan sangat baik. Simulasi desain pengering fluidisasi kontinu untuk pengeringan jagung telah berhasil dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bihercz G, J. Beke, and Z. Kurjak, 2007, Simulation of drying process of corn kernels during microwave and convective treatment, *Asia-Pac. J. Chem. Eng.*, 2: 75–82
- Doymaz I, M. Pala, 2003, The Thin-Layer Drying Characteristics of Corn, *Journal of Food Engineering*, 60, 125–130
- Groenewold, H. and E. Tsotsas, 2007, Drying in Fluidized Beds with Immersed Heating Elements. *Chemical Engineering Science* 62: pp. 481-502.
- Haros M., M. P. Tolaba, C. Suarez, 2003, Influence of Corn Drying on Its Quality for the Wet-Milling Process, *Journal of Food Engineering*, 60, 177–184
- Haros M., M. P. Tolaba, C. Suarez, 2003, Influence of Corn Drying on Its Quality for the Wet-Milling Process, *Journal of Food Engineering*, 60, 177–184
- Jittanit W., G. Szrednicki, and R. Driscoll, 2010, Corn, Rice, and Wheat Seed Drying by Two-Stage Concept, *Drying Technology*, 28: 807–815
- Law C.L. dan AS. Mujumdar, 2006, Fluidized Bed Dryers, dalam *Handbook of Industrial Drying*. A. S. Mujumdar (Ed.). 3rd edition. Taylor & Francis, pp. 174-199
- Malumba P, S. Janas, T. Masimango, M. Sindic, C. Deroanne, F. Béra, 2009, Influence of drying temperature on the wet-milling performance and the proteins solubility indexes of corn kernels, *Journal of Food Engineering*, 95, 393–399
- Prachayawarakorn. S., Soponronnarit. S., Nathakaranakule, A. dan Inchan, S.. 1995, Controlling Aflatoxin Contamination in Maize Stored under Tropical Conditions, *Proceedings of 17th ASEAN Technical Seminar on Grain Post-Harvest, Technology, Lumut, Malaysia*
- Sahdev R.K., C.R. Saroha, and M. Kumar, 2013, Convective Heat Transfer Coefficient For Indoor Forced Convection Drying Of Corn Kernels, *Int. J. Mech. Eng. & Rob. Res.*
- Soponronnarit S, S. Wetchacama, T. Swasdisevi, P. Chotijukdikuld, 1999, Effects of Drying, Tempering And Ambient Air Ventilation On Quality And Moisture Reduction of Corn, *Drying Technology*, 17(6), 1227-1238
- Soponronnariti S., A. Pongtornkulpanich, dan S. Prachayawarakorn, 1997, Drying Characteristics of Corn in Fluidized Bed Dryer, *Drying Technology*. 15(5). 1603-1615
- Suherman, 2007, *Drying Kinetics of Granular and Powdery Polymers*. ISBN: 978-3-939665-63-2. Docupoint Verlag, Magdeburg, Germany.
- Suherman, T.K.B. Fajar, dan A.M. Praba, 2013, Derivation of Single Particle Drying Kinetics of Tapioca Flour, *Advance Journal of Food Science and Technology* 5(5): 565-570
- Takhar PS, D.E. Maier, O.H. Campanella, G. Chen, 2011, Hybrid mixture theory based moisture transport and stress development in corn kernels during drying: Validation and simulation results, *Journal of Food Engineering*, 106, 275–282
- Tolaba M.P., R.J. Aguerre, C. Suárez, 1999, Drying Simulation of Corn With Tempering, *Drying Technology*. 17(6). 1081-1093
- Tolaba M.P., R.J. Aguerre, C. Suárez, 1999, Drying Simulation of Corn With Tempering, *Drying Technology*. 17(6). 1081-1093

Wongurai, A., Tsuruta, O. dan Arai, K., 1992, Water Activity of Thai Maize and Growth of *Aspergillus Flavus*. Research Report of Maize Quality Improvement Research Centre Project. 7 - 9.