SIMULASI PENGERINGAN GABAH PADA RUANG PENGERING SEMI SILINDER MENDATAR

Drying Simulation of Rough-Rice in a Horizontal-Semi Cylindrical Plenum (Drying-Bed)

Atjeng M. Syarief[1]

Abstract

Simulation technique was used to determine the drying characteristic of rough-rice in a horizontal-semi cylindrical plenum (drying-bed). The mathematical model simulation used in study was a set of partial differential equation. In order to verify the validity of the simulation technique, the experimental tests were run to provide data to be compared with the simulation results. The experimentation was conducted using rough-rice samples at two levels of drying temperatures, 50°C and 45°C. The results indicate that the mathematical model predicts the characteristics of the actual rough-rice drying very closely that the differences are statistically no significant, although there are little bit (=95%) difference between the simulation technique and the test run results. These are true not only for the drying air temperature data but also for the moisture content data as well.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengeringan komoditas hasil pertanian, terutama biji-bijian merupakan salah satu usaha untuk mengawetkan atau mengamankan hasil pertanian. Di Indonesia, pengeringan hasil pertanian pada umumnya dilaksanakan dengan cara penjemuran di bawah sinar matahari.

Masalah yang timbul pada penjemuran adalah sampainya sinar matahari ke permukaan bumi tergantung pada keadaan cuaca sehingga cara penjemuran tidak setiap saat dapat dilakukan. Selain itu cara penjemuran kurang efisien untuk pengeringan karena memerlukan waktu yang lama, memerlukan lamporan yang luas dan hasil pengeringan yang bermutu relatif rendah dan tidak seragam. Masalah lain dalam penjemuran adalah besarnya presentase kehilangan gabah yang mencapai 6.6% (Purwadaria, 1988)

Untuk mendapatkan mutu hasil pengeringan yang baik dan sekaligus penampilan alat pengering yang optimum, perlu diketahui karakteristik pengeringan suatu alat pengering. Cara yang digunakan untuk mempelajari karakteristik pengeringan adalah dengan melakukan percobaan, baik skala laboratorium atau skala sebenarnya. Percobaan perlu dilakukan berulang-kali tergantung parameter yang diamati sehingga membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Untuk menghemat waktu dan biaya, karakteristik pengeringan dapat dipelajari dengan simulasi sebagai pengganti percobaan.

Metoda simulasi memerlukan sejumlah persamaan yang menggambarkan fenomena pengeringan suatu alat pengering dan biasanya diselesaikan secara numerik sehingga memerlukan bantuan komputer. Sedangkan untuk menguji

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

kehandalan model simulasi, maka hasil simulasi perlu dibandingkan dengan percobaan langsung di lapangan atau di laboratorium.

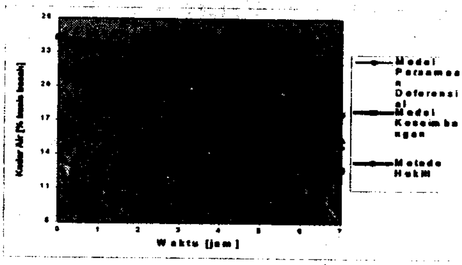
Simulasi pengeringan gabah untuk alat pengering tipe bak telah dilakukan oleh Nugroho (1986) yang menggunakan model persamaan diferensial dan model keseimbangan. Purwanto (1987) melakukan simulasi pengeringan gabah dengan metoda Hukill, sedangkan team dari King Mongkut's Institute of Technology, Thailand (Anonymus, 1987) melakukan smulasi pengeringan dengan menggunakan model pseudo kesetimbangan.

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi pengeringan gabah dengan ruang pengering semi silinder mendatar. Kelebihan ruang pengering semi silinder mendatar adalah mempunyai bidang pengeringan yang relatif lebih luas, sehingga tumpukan bahan lebih tipis. Dengan tumpukan yang lebih tipis maka variasi kadar air di dalam tumpukan selama pengeringan menjadi lebih kecil.

Penelitian ini bertujuan untukmengembangkan model simulasi pengeringan gabah pada ruang pengering semi silinder mendatar dan menguji keabsahan model dengan melakukan validasi model

Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

Simulasi pengeringan gabah telah dilakukan oleh Nugroho (1986), dengan model persamaan diferensial dan keseimbangan, serta oleh Purwanto (1987) dengan metoda Hukill. Perbandingan kadar air hasil simulasi dan hasil percobaan tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar air hasil simulasi dan hasil percobaan (Nugroho,1986 dan Purwanto,1987)

Dari Gambar 1 ini dapat diketahui bahwa hasil dari model persamaan diferensial lebih mendekati hasil percobaan, tetapi dua model yang lain tidak menunjukkan kesesuaian hasil-hasilnya. Hal tersebut disebabkan model keseimbangan dan metoda hukill merupakan penyederhanaan model persamaan diferensial, sehingga model persamaan diferensial lebih mendekati keadaan yang sebenarnya.

PENDEKATAN TEORITIS

Model pengeringan lapisan tebal biji-bijian diturunkan berdasarkan keseimbangan panas dan masa Ada empat persamaan yang dapat diturunkan berdasarkan keseimbangan panas dan massa, yaitu persamaan-persamaan yang menyatakan : keseimbangan entalpi udara, keseimbangan entalpi biji-bijian, keseimbangan kelembaban udara, dan kadar air biji-bijian (Brooker et al, 1974).

Keseimbangan Entalpi Udara

$$\frac{\partial T}{\partial r} = \frac{-h_k A'(T-\theta)\pi r L}{Q_a \rho_a (c_a + c_v H)} \quad (1)$$

Keseimbangan Entalpi Biji Bijian

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \left(\frac{h_k\ A'(T-\theta)}{\rho_p\ (c_p + c_w M)}\right) - \left(\frac{(h_{fg} + c_v\ (T-\theta))}{\rho_p\ (c_p + c_w\ M)\ \pi\ r\ L} \times Q_a\ \rho_a (\partial H/\partial r)\right) \tag{2}$$

Keseimbangan Kelembaban Udara

$$\frac{\partial H}{\partial r} = \frac{\rho_p \pi\ r\ dr\ L}{Q_a\ \rho_a}\ (\partial M/\partial t) \tag{3}$$

Kadar Air Biji Bijian (Thahir, 1986)

$$MR = 0.1058040 \exp(-1577.96\ X) + 0.263316 \exp(-77.4948X) + 0.63088 \exp(-89361\ X) \tag{4}$$

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$$

$$X = K.t$$

$$K = \exp(7.6489\text{-}4903.02/\theta_{abs})$$

$$M_e = 17.616 \exp(-0.0526\ (T_{bk} - T_{bb}))/100$$

Empat persamaan tersebut dapat diselesaikan secara numerik . Penjabaran cara lebih lanjut dan algoritmanya dimuat pada bagian di bawah ini.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di dua tempat. Pembuatan program, proses dengan komputer dan pencetakan hasil komputer dilakukan di Laboratorium komputer, Lembaga Bahasa dan Komputasi, Universitas Djuanda Bogor. Sedangkan untuk verifikasi model dilakukan percobaan di Pilot Plan,.PAU Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilaksanakan dari Bulan September sampai dengan Desember 1999

Bahan Dan Alat

Bahan yang digunakan adalah gabah kering panen varietas cisadane dengan bobot 30 kg dan kadar air 26-27% basis basah, yang didapat dari daerah Ciampea, Bogor. Alat-alat yang digunakan adalah Experimental Dryer Model yang telah dimodifikasi, termometer air raksa, kett moisture tester, velometer dan komputer.

Pemecahan Model Simulasi

Perhitungan dilakukan dengan cara membagi tumpukan gabah menjadi lapisan-lapisan tipis .Pemecahan persamaan 1 sampai dengan persamaan 4 dilakukan dengan tehnik finite difference.

Persamaan pengeringan lapisan

Persamaan 1 diubah menjadi

$$T_{r+\Delta r,t+\Delta t} = \frac{T_{r,t+\Delta t}\ (2\ Q_a \rho_a\ (c_a + c_v\ H_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t}\ - h_k a'\Delta r\pi rL) + \theta_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t}\ 2h_k a'\Delta r\pi rL)}{2\ Q_a\ \rho a\ (c_a + c_v\ H_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t}) + h_k\ a'\Delta r} \tag{5}$$

Persamaan 2 diubah menjadi

$$\theta_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} = \theta\theta_{r,+\frac{1}{2}\Delta r,t} + \frac{hk\ a'\Delta t\ (T_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t} - \theta_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t})}{\rho_p (c_p + c_p\ M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t})\ \Delta r\pi rL} - \frac{h_{fg} + (c_v\ \ (T_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t} - \theta_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t}))(Q_a \rho_a (H_{r+\Delta r,t} - H_{r,t}))\ \Delta t}{\rho_p\ (c_p + c_p\ M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t})\ \Delta r\pi rL} \tag{6}$$

Persamaan 3 diubah menjadi

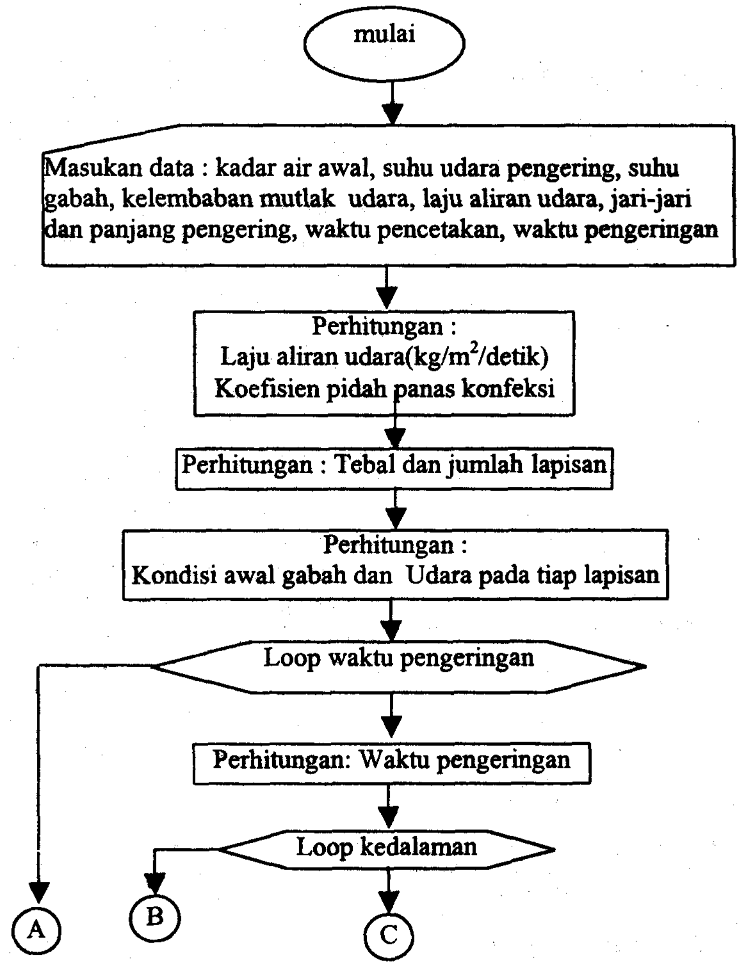
$$H_{r+\Delta r,t+\Delta t} = H_{r,t+\Delta t} + \frac{\rho_p \pi rL\ \Delta r}{Q_a \rho_a\ \Delta t}\ (M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} - M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t}) \tag{7}$$

tipis merupakan fungsi suhu dan kelembaban mutlak, sehingga dari persamaan 4 didapat :

$$M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} = M_e + MR/(M_o - M_e)$$

$$M_{r+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} = M_e + \{0.1058040 \exp(-1577.96\,K\,(t+\Delta t)) + 0.263316 \exp(-77.4948K(t+\Delta t)) + 063088 \exp(-89361K(t+\Delta t))\}/(M_o - M_e)$$

Pemecahan persamaan 5-8 dilakukan dengan bantuan program komputer bahasa BASIC. Bagan alir program komputer terdapat pada Gambar 2.



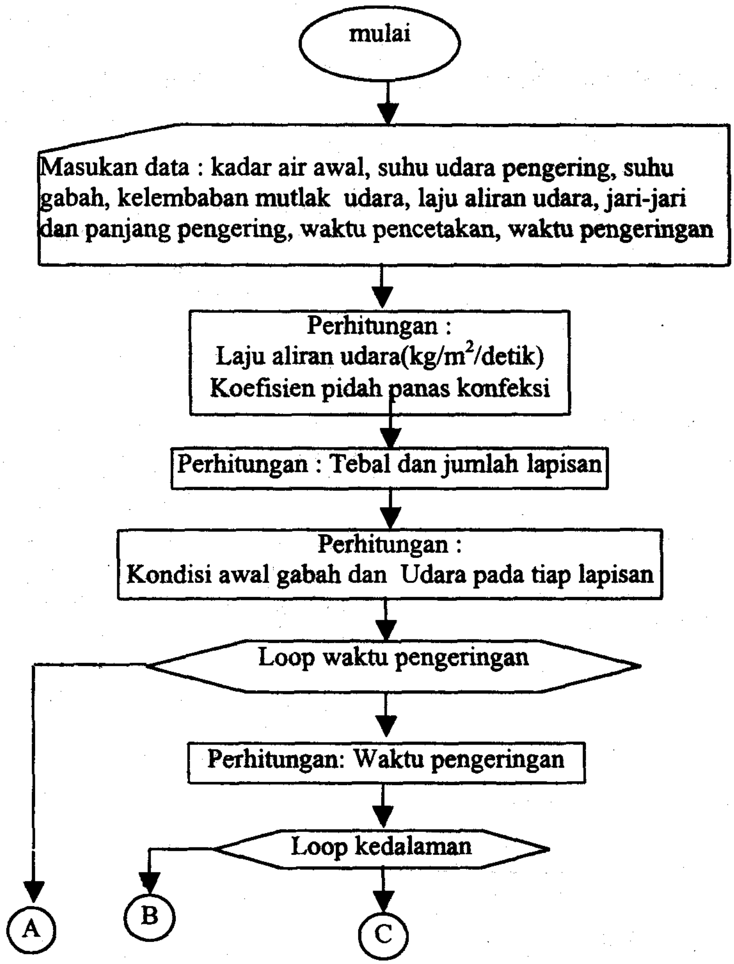
Gambar 2. Bagan alir program komputer untuk simulasi pengeringan gabah

tipis merupakan fungsi suhu dan kelembaban mutlak, sehingga dari persamaan 4 didapat :

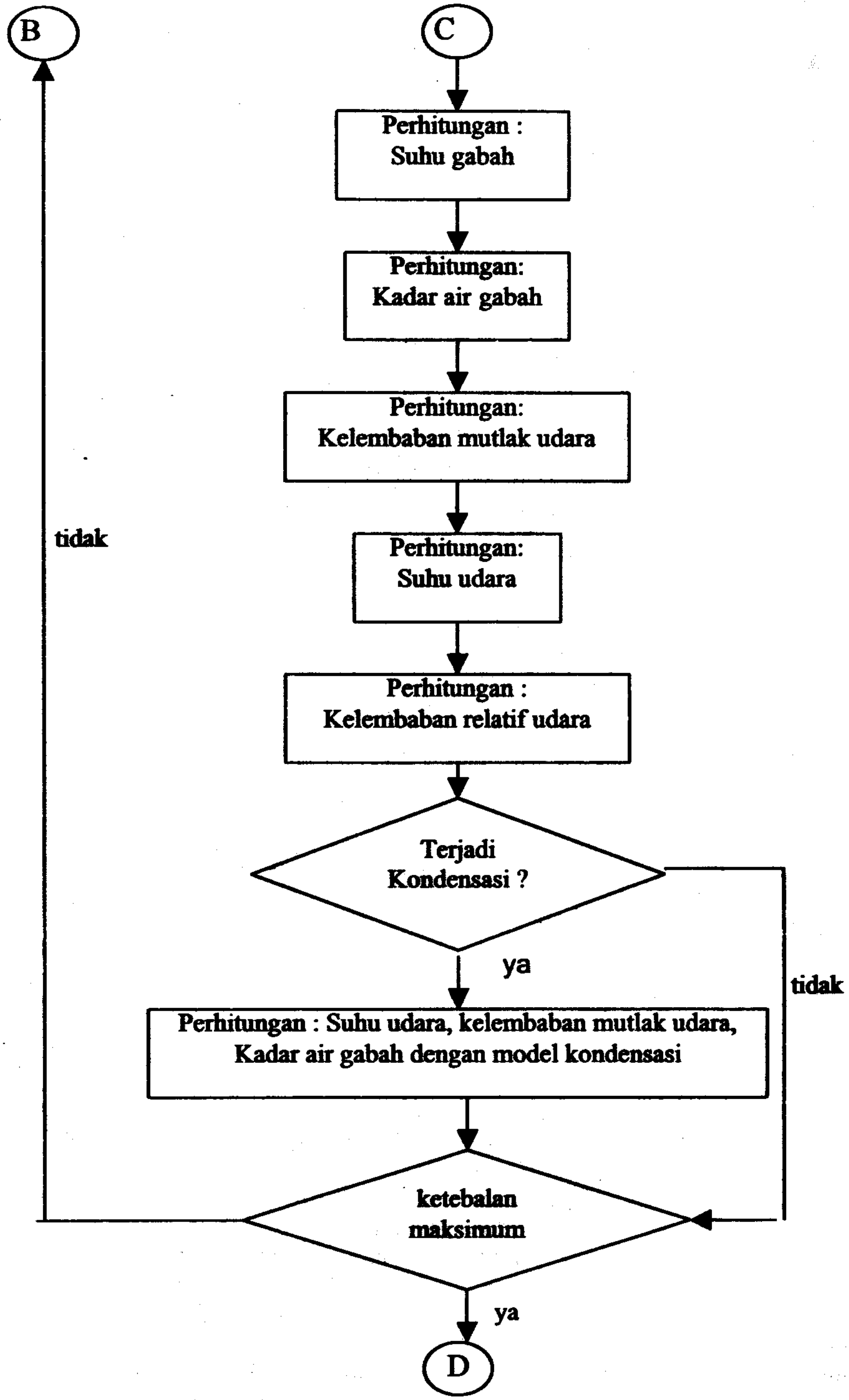
$$M_{t+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} = M_e + MR/(M_o - M_e)$$

$$M_{t+\frac{1}{2}\Delta r,t+\Delta t} = M_e + \{0.1058040 \exp(-1577.96\,K\,(t+\Delta t)) + 0.263316 \exp(-77.4948K(t+\Delta t)) + 063088 \exp(-89361K(t+\Delta t))\}/(M_o - M_e)$$

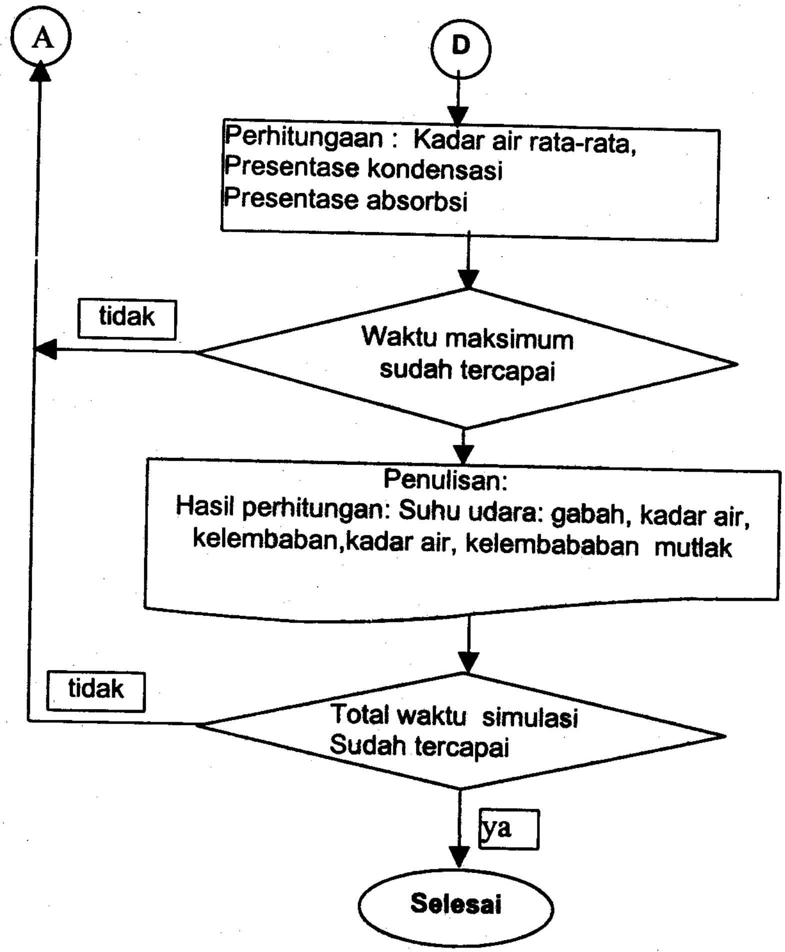
Pemecahan persamaan 5-8 dilakukan dengan bantuan program komputer bahasa BASIC. Bagan alir program komputer terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir program komputer untuk simulasi pengeringan gabah



Gambar 2. (lanjutan)



Gambar 2. (Lanjutan)

Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan percobaan langsung menggunakan *Experimental Dryer Model*. Parameter yang diamati adalah perubahan kadar air dan suhu udara pengering dalam tumpukan pada setiap jam. Pengamatan dilakukan pada dasar tumpukan, bagian dalam tumpukan dan bagian atas tumpukan.

Untuk menguji kesahihan model, kadar air dan suhu udara hasil pengamatan dibandingkan dengan hasil simulasi dan dilakukan regresi linier sehingga didapat hubungan

$$Y = a + bX$$

dimana

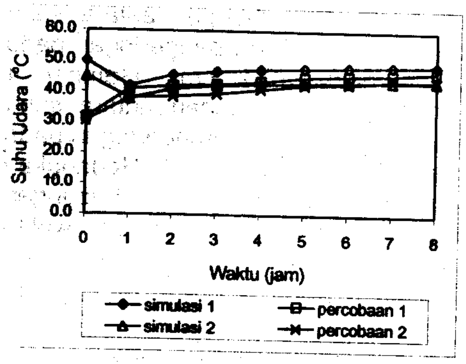
Y adalah hasil percobaan

X adalah hasil simulasi ,

a dan b koefisien regresi

Untuk menguji nilai a dan b dilakukan uji t untuk regresi yaitu

$$t_a = \frac{a\,S_x\sqrt{n(n-1)}}{S_e\sqrt{\sum X_i^2}} \quad \text{dan} \quad t_b = \frac{(b-1)\,S_x\sqrt{(n-1)}}{S_e}$$



Gambar 5. Hubungan antara waktu dan suhu udara dalam tumpukan pada Ketebalan 4-5 cm.

Dari adanya perbedaan suhu udara pengering antara hasil simulasi dan percobaan dilakukan analisis statistika yang hasilnya tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis statistika untuk menguji perbedaan antara suhu udara pengering simulasi dan percobaan

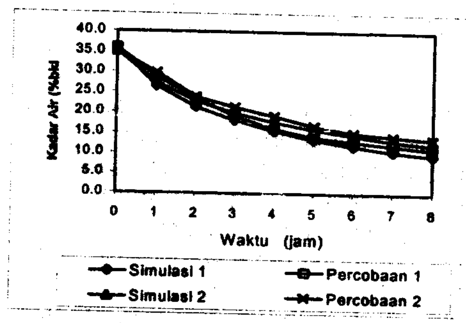
Percobaan	Ketebalan (cm)	t_a	t_b	t tabel	Kesimpulan
	0-1	0.768	-1.12	2.365	Tidak berbeda
1	2-3	2.013	-1.61	2.365	Tidak berbeda
	4-5	0.734	-0.56	2.365	Tidak berbeda
	0-1	-0.429	0.37	2.365	Tidak berbeda
2	2-3	3.122	-3.57	2.365	Berbeda
	4-5	3.928	-4.24	2.365	Berbeda

Dari Tabel 2. di atas dapat dilihat bahwa percobaan 2 pada ketebalan 2-3 cm dan 4-5 cm memberikan hasil yang berbeda antara simulasi dan percobaan. Sedangkan percobaan yang lain menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antar simulasi dan percobaan.

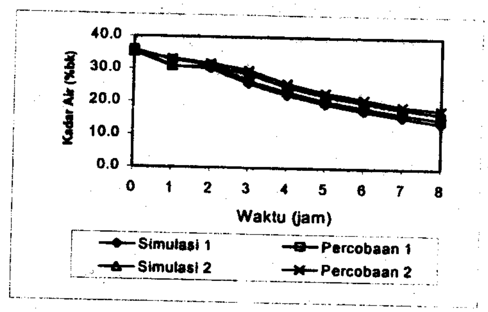
Perbedaan antara hasil simulasi dan percobaan, terutama pada jam 0, diakibatkan antara lain karena pengaruh pemberian nilai awal T, yaitu pada saat simulasi dimulai suhu udara pada setiap ketebalan (0-6 cm) dianggap sama dengan suhu udara pengering (plenum). Kondisi seoerti itu sebenarnya tidak sesuai dengan kenyataan, karena berarti udara pengering dianggap langsung mengisi ruangan pada tumpukan.

Kadar Air Gabah

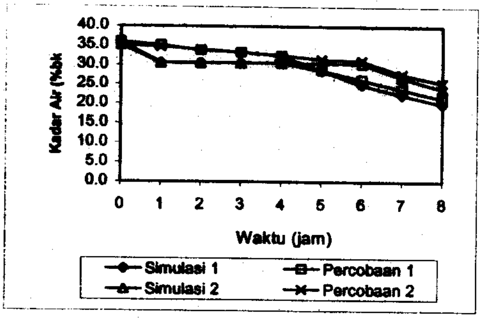
Hubungan antara kadar air (basis kering) dengan waktu pengeringan yang diperoleh dari hasil simulasi dan percobaan dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara kadar air dengan waktu pengeringan pada bagian dasar (0-1 cm), Gambar 7 menunjukkan hubungan antara kadar air dengan waktu pengeringan pada bagian tengah (2-3 cm), Sedangkan Gambar 8 menunjukkan hubungan antara kadar air dengan waktu pengeringan pada bagian atas (4-5 cm).



Gambar 6. Hubungan antara waktu dan kadar air gabah dalam tumpukan atas (0-1 cm)



Gambar 7. Hubungan antara waktu dan kadar air gabah dalam tumpukan pada ketebalan 2-3 cm



Gambar 8. Hubungan antara waktu dan kadar air gabah dalam tumpukan pada ketebalan 4-5 cm

Dari hubungan antara kadar air dengan waktu pengeringan yang dipeoleh, ternyata hasil simulasi selalu lebih kecil dibandingkan dengan hasil percobaan. Perbedaan yang paling besar antara kadar air simulasi dan percobaan terdapat jam pertama, karena dengan simulasi penurunan kadar air pada jam pertama adalah yang paling besar. Adanya perbedaan tersebut disebabkan model penduga kadar air untuk pengeringan lapisan tipis meyimpang 0.00284 dari pemecahan eksaknya (Thahir, 1986).

Tabel 3. Hasil analisis statistika untuk menguji perbedaan kadar air antara simulasi dan percobaan

erco-aan	Ketebalan (cm)	t_a	t_b	t tabel	Kesimpulan
	0-1	2.268	0.444	2.306	Tidak berbeda
	2-3	2.181	0.587	2.306	Tidak berbeda
	4-5	0.411	0.178	2.306	Tidak berbeda
	0-1	2.088	0.445	2.306	Tidak berbeda
	2-3	1.305	-0.183	2.306	Tidak berbeda
	4-5	0.606	-0.241	2.306	Tidak berbeda

Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan antara kadar air hasil simulasi dan percobaan semua kondisi percobaan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1) Tidak ada perbedaan nyata antara suhu udara pengering hasil simulasi dan percobaan pada percobaan 1 (suhu plenum 50(C, kadar air awal 0.359) pada setiap lapisan dan pada percobaan 2 (suhu plenum 45(C, kadar air awal 0.351) pada lapisan bawah.
2) Ada perbedaan antara suhu udara pengering hasil simulasi dan percobaan pada percobaan 2 (suhu plenum 45(C, kadar air awal 0.351) pada lapisan tengah dan atas.
3) Tidak ada perbedaan nyata antara kadar air hasil simulasi dan percobaan pada percobaan 1 (suhu plenum 50(C, kadar air awal 0.359) dan pada percobaan 2 (suhu plenum 45^{o}C), kadar air awal 0.351) pada tiap lapisan.
4) Kadar air hasil simulasi selalu lebih kecil dari percobaan.

Saran

1) Penelitian lebih lanjut dengan skala lapangan yang lebih besar dan pengaruh panjang ruang pengering terhadap keseragaman laju udara pengering pada tiap titik, perlu dilakukan
2) Perubahan bentuk semi silinder menjadi semi elips menarik untuk dikaji lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Amar Ma'ruf, staf pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Djuanda, atas bantuannya selama melakukan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

Afif, K. 1988. Peluang Berhasilnya Pengeringan Padi dan Palawija di Daerah Jatiluhur. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Anonymus. 1987. Drying in Bulk Storage of High Moisture Grains in The Kingdom of Thailand. King Mongkut's of Technology Thonbury. Bangkok. Thailand.

Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema and C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The Avi Publ. Co. Inc. Westport, USA.

Henderson, S.M. and R.L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. The Avi Publ. Co. Inc. Westport, USA.

Purwadaria, H.K. 1988. Perkembangan mutakhir dalam teknologi pasca panen padi. Makalah dalam Seminar Teknologi Pasca Panen Padi 19-20 September 1988.

Purwanto, Y.A. 1987. Analisis Pengeringan Gabah dan Alang-alang dengan Metoda Hukill. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Nishiyama. 1982. Deep layered grain drying simulation. J of The Fac of Agriculture vol 16(1). Iwate University.

Nugroho, A.S. 1996. Rancangan dan Uji Teknis Ruang Pengering Gabah untuk Wkatu Darurat. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Nugroho, E.A. 1986. Simulasi Pengeringan Gabah. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Sukatma. 1984. Rancangan dan Uji Teknis Ruang Pengering Gabah Tipe Bak Mendatar. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Sutjipto, S. 1993. Rancangan dan Uji Teknis Ruang Pengering Gabah Tipe Bak Vertikal Berkisi-kisi Ganda. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Thahir, R. 1986. Analisis Pengeringan Gabah Berdasarkan Model Silindris. Disertasi. Program Studi Keteknikan Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

DAFTAR SIMBOL

A : Luas permukaan, m2
A' : Luas permukaan spesifik, m2/m3
Ga : Laju aliran udara per luas kg/detik/ m2
H : Kelembaban mutlak, kg air/kg udara kering
K : Koefisien pengeringan, detik-1
L : Panjang ruang pengering, m
M : Kadar air (basis kering), desimal
Qa : Laju aliran udara, m/detik
T : suhu udara, (C
Tbb : Suhu bola basah, (C
ca : Panas jenis udara kering, J/kg(C
cp : Panas jenis udara gabah, J/kg(C
cv : Panas jenis uap air, J/kg(C
cw : Panas jenis air, J/kg(C
hk : Koesien pindah panas konveksi W/kg(C
Hfgk: Panas laten penguapan, J/kg
r : Jari-jari ruang pengering, m
t : Waktu, detik
θ : Suhu gabah, (C
ρ : Massa jenis, kg/ m3
ε : Porositas, desimal