Analisa Pengeringan Gabah Dengan Alat Pengering Tipe Bak (Batch Dryer)

Oleh :

Rizal Alamsyah[1], Kamaruddin Abdullah[2], dan Eriyatno[3]

ABSTRACT

A simulation approach in the form of mathematical model of rough rice drying in a batch dryer is a method which can be used to illustrate the rough rice dryer's performance without any prior experiment. Formulation of the drying models are based on energy and drying air mass balance with consideration of the properties of the air such as the heat of evaporation (h_{fg}), the specific heat of drying air (c_p) and the changes in the drying parameters such as drying constant (k) and the rough rice equilibrium moisture content (Me).

The result of the rough rice dryer's performance by simulation approached the result of the rough rice dryer's performance by empirical experiment.

ABSTRAK

Pendekatan simulasi dengan membentuk model matematik dari pengeringan gabah pada alat pengering tipe bak (*batch dryer*) merupakan suatu cara yang dapat menggambarkan penampilan alat pengering tanpa melakukan percobaan terlebih dahulu. Penurunan model pengeringan didasarkan atas keseimbangan energi dan massa udara pengering dengan memperhatikan sifat-sifat udara seperti panas laten penguapan (h_{fg}), panas jenis udara pengering (c_p), juga perubahan-perubahan parameter pengeringan seperti konstanta pengeringan (k) dan kadar air keseimbangan gabah (Me).

Penampilan pengeringan gabah hasil perhitungan ternyata mendekati karakteristik pengeringan gabah hasil pengamatan percobaan.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan suatu alat pengering tipe bak (batch dryer) khususnya di Indonesia masih banyak didasarkan atas metoda coba-coba (*trial and error*) dalam bentuk suatu prototipe alat pengering yang hasilnya hanya berlaku pada batas-batas yang diberikan. Dalam hal ini tidak bisa diduga sebelumnya karakteristik pengeringan yang terjadi pada alat pengering tersebut. Hal ini akan mengakibatkan pemborosan uang dan waktu untuk pembuatan suatu alat yang serasi untuk suatu jenis bahan tertentu.

Dengan tekhnik simulasi sebenarnya dapat diduga karakteristik pengeringan yang terjadi. Misalnya pada tingkat suhu pengeringan, debit aliran serta kelembaban relatip (RH) udara pengering tertentu, perubahan yang terjadi atas kadar air bahan (M) serta lama pengeringan gabah dengan tinggi tumpukan tertentu dapat diduga apabila data-data dasarnya seperti konstanta pengeringan (k), kadar air keseimbangan (Me) serta sifat-sifat fisik udara dan gabah ditentukan lebih dahulu. Dengan model matematik diperoleh kesempatan untuk menghitung secara lebih menyeluruh hasil-hasil yang akan diperoleh apabila terjadi perubahan parameter-parameter dalam proses pengeringan sehingga bisa ditampilkan suatu bentuk alat pengering dengan mekanisme proses pengeringan yang baik.

Dengan bantuan simulasi komputer sebenarnya dapat disajikan informasi yang akurat mengenai penampilan suatu alat pengering. Model matematik pengeringan biji-bijian gabah di sini diharapkan dapat memperlihatkan penampilan yaitu (1) perhitungan yang akurat selama pengeringan, (2) waktu penghitungan yang cepat, (3) sedikit menggunakan memori komputer, dan (4) dapat mengungkapkan karakteristik suatu alat pengering.

2. PENURUNAN MODEL MATEMATIK

A. Asumsi

Pada penggunaan model matematik pengeringan ini terdapat beberapa asumsi yaitu :

1) Kadar air gabah awal seragam
2) Tidak ada kehilangan energi atau kebocoran panas
3) Udara mengalir serentak secara kontinyu
4) Tidak ada perbedaan suhu atau kadar air suatu lapisan dan pada saat yang sama
5) Tidak dilakukan pengadukan
6) Perhitungan perpindahan panas dan massa hanya dilakukan terhadap udara dan gabah di dalam bak pengering

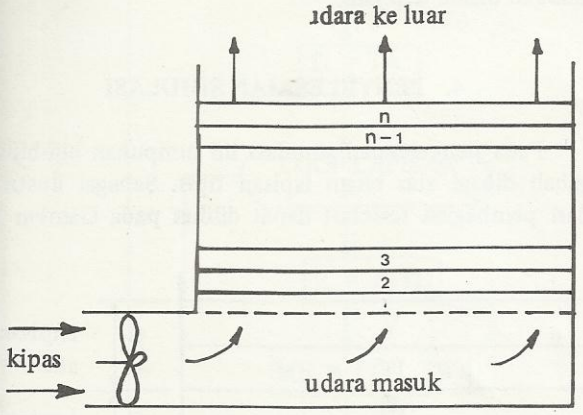
1) Staf peneliti pada Balai Penelitian Makanan, Minuman, dan Fitokimia, Balai Besar Industri Hasil Pertanian (BBIHP).

2) Staf pengajar pada jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Tekhnologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

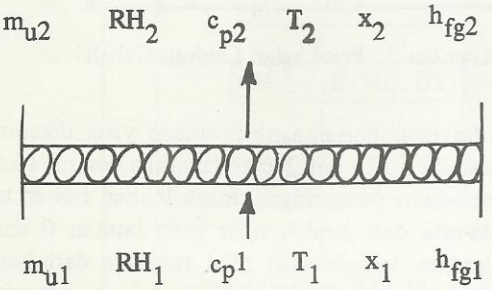
3) Staf pengajar pada jurusan Tekhnologi Industri, Fakultas Tekhnologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

B. Model Simulasi Pengeringan

Model simulasi pengeringan didasarkan atas udara yang melalui lapisan tipis biji gabah (*thin layer*) seperti terlihat pada gambar 1. Model simulasi pengeringan diperoleh dari hasil analisa keseimbangan energi yang masuk, yang keluar, dan yang dikandung oleh gabah itu sendiri. Dalam hal ini biji-bijian gabah yang dikeringkan terdiri atas beberapa lapisan tipis sehingga kondisi udara keluaran suatu lapisan tipis merupakan kondisi masukan pada lapisan gabah yang berada di atasnya dan seterusnya.



(a)



(b)

Gambar 1. Lapisan Tipis (*Thin Layer*) Biji-bijian Gabah

Laju pengurangan kadar air gabah sebagai suatu lapisan tipis dalam waktu tertentu dapat didekati dengan rumus (Henderson and Perry, 1966) :

$$\frac{M - Me}{Mo - Me} = e^{-kt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Bila persamaan (1) dideferensialkan terhadap t (waktu) akan menghasilkan persamaan :

$$\frac{dM}{dt} = -k\,(M - Me) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Perubahan konstanta pengeringan (k) didekati dengan persamaan k hasil penelitian Nishiyama (1982) :

$$k = \exp\,(8.350 - 4449)/(T + 273.15) \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Dalam hal ini T adalah suhu bola kering udara pengering dalam tumpukkan biji gabah pada suatu saat (^oC). Sedangkan perubahan kadar air keseimbangan gabah (Me) didekati dengan persamaan Me hasil penelitian Thahir (1979) :

$$Me = 21.8372 - 1.4089\,(T - Tw) + 0.0412\,(T - Tw)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Pada persamaan (4), Tw merupakan suhu bola basah udara pengering dalam tumpukan biji gabah pada suatu waktu (^oC).

Prinsip yang digunakan dalam menentukan suhu udara pengering dalam tumpukan biji gabah selama waktu pengeringan berdasarkan udara yang melalui lapisan tipis biji gabah seperti terlihat pada Gambar 1 b.

Jumlah energi panas yang dibawa udara adalah :

$$q_1 = m_{u1}\, c_{p1}\, (T_1 - T_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Bila kecepatan volumetrik udara yang masuk adalah V m^3/detik dan ρ adalah kerapatan udara (kg/m^3), maka persamaan (5) menjadi

$$q_2 = V.\rho.c_{p1} \cdot \Delta T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Menurut Henderson dan Perry (1966) jumlah air yang diuapkan per satuan waktu (Wm) adalah sama dengan perubahan kadar airnya (dM/dt) dikalikan dengan berat keringnya (Wd), sehingga

$$Wm = Wd\,.\,dM/dt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air pada biji gabah adalah :

$$q_2 = Wm\, h_{fg} = Wd\ dM/dt\ h_{fg} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Berdasarkan analisa keseimbangan energi maka besarnya energi panas yang diberikan udara (q1) sama besarnya dengan energi panas yang digunakan untuk penguapan (q_2), sehingga :

$$V\rho c_p\ \Delta T = Wd\ \ dM/dt\ h_{fg} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Karena $V\rho$ tidak lain adalah aliran udara G (kg/detik) maka persamaan (9) menjadi :

$$G\ c_p\ \Delta T = Wd\ \ dM/dt\ h_{fg} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

$$\Delta T = \frac{Wd\ \ dM/dt\ h_{fg}}{G\ c_p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Di dalam penelitian ini nilai G diasumsikan tetap sedangkan c_p dan h_{fg} berubah sesuai dengan perubahan suhu udara pengering di dalam tumpukan biji gabah. Persamaan untuk c_p dan h_{fg} menurut Nishiyama dan Hara (1982) adalah sebagai berikut :

$$h_{fg} = 2500 - 2.37 \quad \ldots\ldots (12)$$

$$c_p = 1.005 + 1.82\,x \quad \ldots\ldots (13)$$

$$x = 0.622\,p/(1-p) \quad \ldots\ldots (14)$$

$$p = Ps(Tw) - (T - Tw)/1510 \quad \ldots\ldots (15)$$

$$Ps(Tw) = \exp\,(11.97 - 3997.6)/(Tw + 234) \quad \ldots (16)$$

$$Ps(T) = \exp\,(11.97 - 3997.6)/(T \,.\, 234) \quad \ldots\ldots (17)$$

Ps(Tw) adalah tekanan uap air jenuh pada suhu Tw (atm), Ps(T) adalah tekanan uap air jenuh pada suhu T (atm), dan P adalah tekanan uap air (atm). Karena proses pengeringan berlangsung secara adiabatis maka nilai Ps(Tw) dianggap tetap.

Persamaan untuk menentukan kelembaban relatip udara pengering antar lapisan biji gabah pada suatu saat adalah :

$$RH = p/Ps(T) \quad \ldots\ldots (18)$$

3. PERLAKUAN PERCOBAAN PENGERINGAN

A. Perlakuan

Untuk mendapatkan karakteristik pengeringan sebenarnya maka dilakukan percobaan pengeringan di laboratorium Processing Bangsal Percontohan Pengolahan Hasil Pertanian (BPPHP)–IPB–Bogor. Perlakuan yang diberikan adalah pengeringan tumpukan biji-bijian gabah varietas Krueng aceh dengan berat gabah awal 478 kg, kadar air gabah awal 21.6% (basis basah), ketebalan tumpukan 24 cm, dan lama pengeringan 10 jam. Sedangkan kondisi pengeringan yang diberikan adalah :

a) suhu udara pengering : 40°C
b) Laju aliran udara pengering : 20 m^3/menit
c) kelembaban relatip (RH) udara pengering : 43%

B. Alat

1) Alat pengering tipe bak (*batch dryer*) merek Yamamoto tipe PD–7B buatan Jepang dengan spesifikasi sebagai berikut :

   kapasitas : 700 kg
   tipe kipas : axial
   diameter kipas : 380 mm
   putaran : 1800 – 2100 rpm
   tipe pembakaran : automatic refueling
   konsumsi bahan bakar : max. 2.6 liter/jam

2) Alat pencatat suhu (recorder) udara pengering dalam tumpukan biji gabah merek Chino buatan Jepang dengan ketepatan ± 0.25%

3) Alat pengukur kadar air gabah merek Kett model PB–1K yang digunakan untuk mengukur kadar air gabah.

4) Alat pencatat RH udara pengering (*plenum*) dan bagian atas biji-bijian gabah (*exhaust air*) merek Chino dengan ketepatan ± 2%

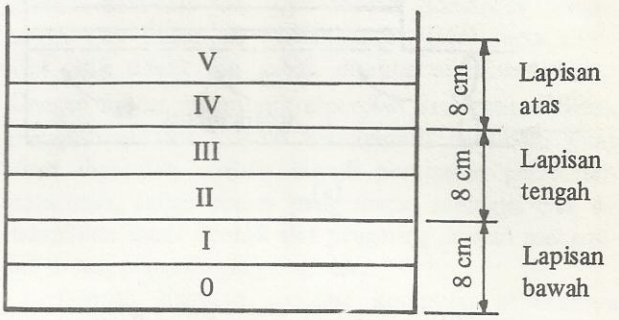
5) Hygrometer tusuk untuk mengukur RH udara pengering dalam tumpukan biji gabah.

6) Termometer Asman untuk mengukur suhu bola kering dan bola basah udara sekeliling.

Pengukuran dengan menggunakan alat-alat di atas dilakukan dalam tiap jam.

4. PENYELESAIAN SIMULASI

Pada penyelesaian simulasi ini tumpukan biji-bijian gabah dibagi atas enam lapisan tipis. Sebagai ilustrasi dari pembagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

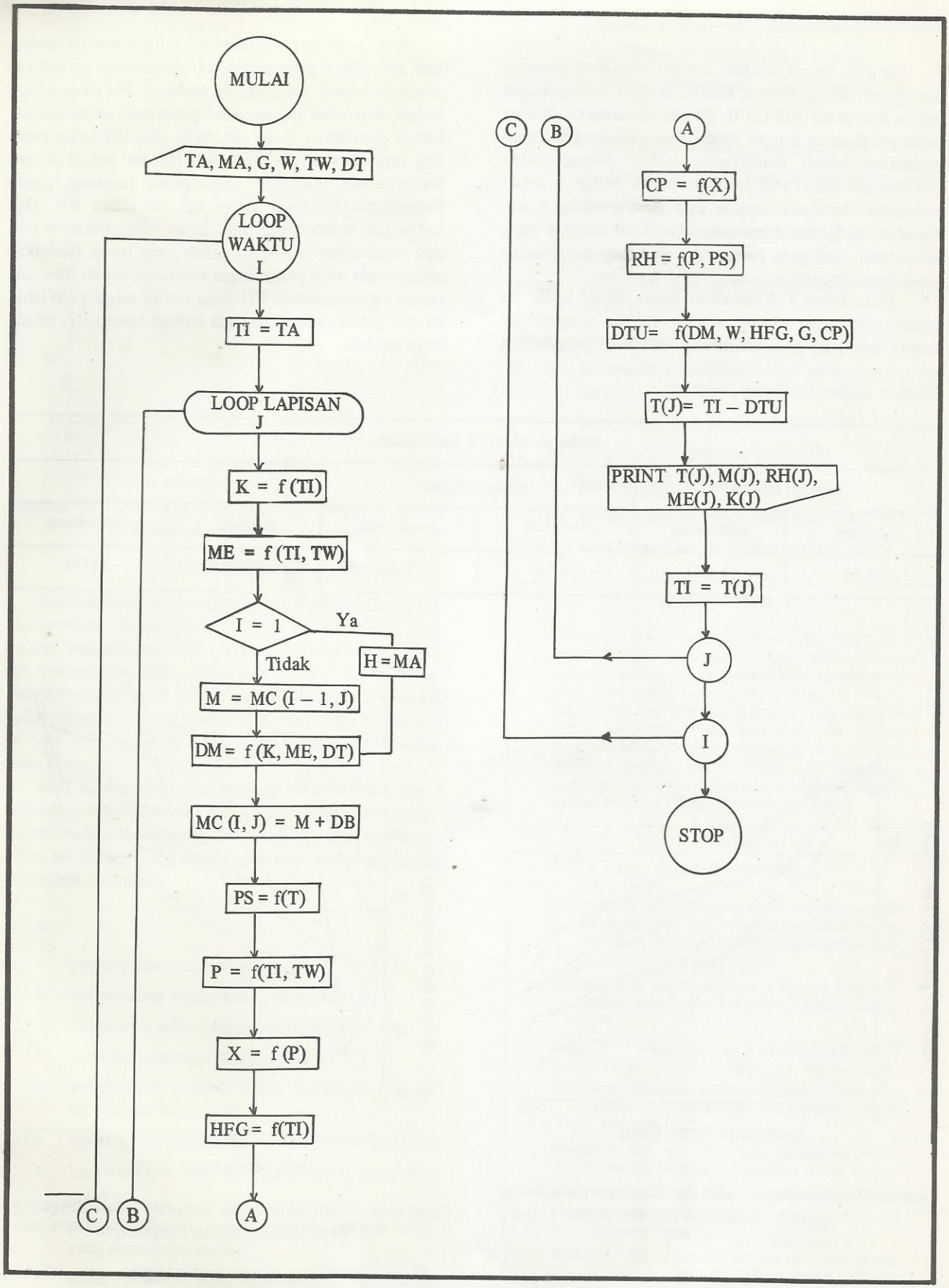


Gambar 2. Pembagian Lapisan Gabah

Berdasarkan persamaan-persamaan yang dikemukakan terdahulu maka untuk mendapatkan besarnya kadar air gabah selama pengeringan untuk lapisan bawah ialah nilai rata-rata dari jumlah nilai pada lapisan 0 dan I, untuk lapisan tengah ialah nilai rata-rata dari jumlah nilai pada lapisan II dan III, dan untuk lapisan atas ialah nilai rata-rata dari jumlah nilai pada lapisan IV dan V.

Sedangkan untuk mengetahui nilai RH dan suhu udara pengering dalam tumpukan gabah selama pengeringan untuk lapisan bawah ialah nilai suhu udara yang ke luar dari lapisan 0, untuk lapisan tengah ialah nilai suhu udara yang ke luar dari lapisan II, dan untuk lapisan atas ialah nilai suhu udara yang ke luar dari lapisan IV

Pada penyelesaian simulasi ini input kondisi pengeringannya disamakan dengan kondisi pengeringan yang diberikan pada percobaan pengeringan. Sebelum dilakukan pengolahan komputer terlebih dahulu dibuat bagan alir (*flow chart*) dari penyelesaian simulasi seperti terlihat pada Gambar 3. Adapun yang merupakan input penyelesaian simulasi pengeringan adalah suhu bola kering udara pengering (TA), suhu bola basah udara pengering (TW), kadar air gabah awal (MA), aliran udara pengering (G), dan berat gabah awal (W).



Gambar 3. Bagan Alir (*flow chart*) Simulasi Pengeringan Gabah

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

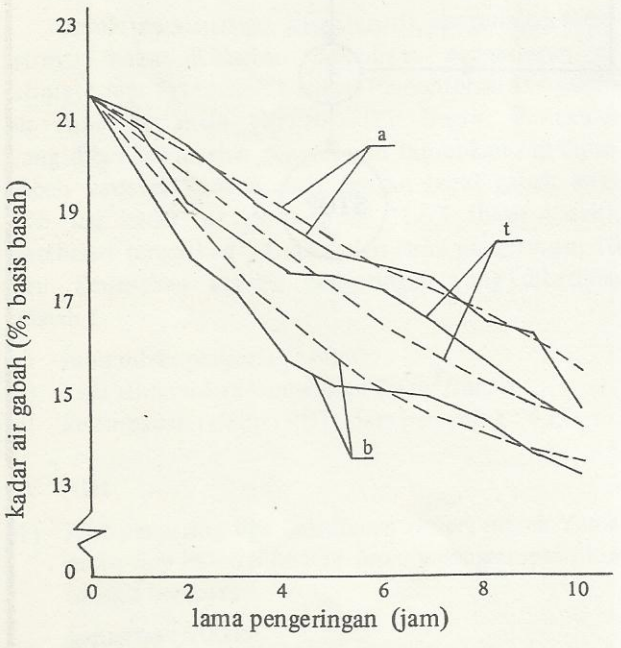
Simulasi ini dilakukan dengan membuat program komputer dalam bahasa BASIC dengan menggunakan micro komputer APPLE II. Di sini diasumsikan bahwa suhu gabah sama dengan suhu udara pengering di dalam tumpukan gabah (Nishiyama, 1983). Selang waktu perhitungan (Δt) ditentukan untuk setiap 5 menit sedangkan ketebalan lapisan tipis masing-masing 4 cm. Gambar 4, 5, dan 6 menunjukkan hasil simulasi yang dinyatakan oleh garis putus-putus dan hasil pengamatan percobaan dinyatakan oleh garis bersambung.

Pada Tabel 1 di bawah ini dapat dilihat kadar air gabah akhir yang dicapai setelah 10 jam pengeringan antara data hasil simulasi dengan data hasil pengamatan percobaan.

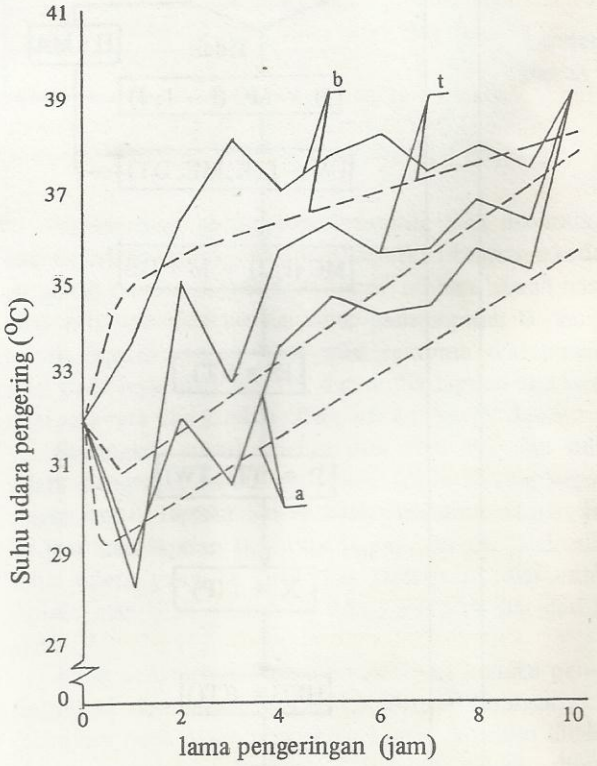
Baik pada kurva kadar air, suhu udara pengering, dan RH udara pengering hasil pengamatan percobaan mendekati hasil perhitungan simulasi. Fenomena yang terjadi dari hasil pengamatan percobaan menunjukkan bahwa perubahan kadar air, suhu, dan RH udara penering terjadi secara berfluktuasi. Hal ini terjadi karena faktor udara sekeliling berpengaruh terhadap proses pengeringan terutama dalam hal suhu dan RH. Dari kurva RH udara pengering dapat disimpulkan bahwa saat pembalikan biji-bijian gabah yang harus dilakukan adalah pada awal pengeringan karena pada saat itu udara pengering mempunyai RH yang cukup tinggi pada lapisan atas gabah sedangkan pada lapisan bawah RH relatip lebih rendah.

Tabel 1. Kadar Air Gabah Akhir

kadar air akhir, % basis basah					
lapisan bawah		lapisan tengah		lapisan atas	
simulasi	percobaan	simulasi	percobaan	simulasi	percobaan
13.25	13.07	14.44	14.33	14.60	14.00



Gambar 4. Perubahan kadar Air Rata-rata pada Ketiga Lapisan dalam bak (lapisan tengah t, atas a dan bawah b)



Gambar 5. Perubahan Suhu Rata-rata Udara Pengering pada Ketiga Lapisan Pengeringan