

KARAKTERISTIK PENGERINGAN BENIH CABAI MERAH SECARA KEMOREAKSI DENGAN KAPUR API

CHEMOREACTION DRYING CHARACTERISTICS OF RED CHILLI SEED USING QUICKLIME

Elisa Julianti¹⁾, Soewarno T. Soekarto²⁾, Purwiyatno Hariyad³⁾,
Atjeng M. Syarif³⁾

Abstract

Chemoreaction drying using quicklime (CaO) was done to determine the drying characteristics of red chilli seed. Ratio of quicklime (CaO) and red chilli seed was 3 : 1, and moisture content were determined by oven method. Drying rate was analyzed by mathematical model of thin layer drying.

On the drying rate curve, there were 4 different drying rates periode, i.e. periode (1) : quick drying rate, periode (2) : a very quick drying rate, periode (3) : drying process at slow rate and (4) : the very slow drying process. There was a very significant relationship between the drying rate and the bound water fraction in the red chilli seed. The water removed from red chilli seed on the first periode was unbound water, on the second periode was tertiary bound and some of secondary bound water, on the third periode was secondary bound water and on the fourth periode was primary bound water.

Keywords : *Drying characteristic, Quicklime, chemoreaction drying, red chilli seed, drying rate.*

Abstrak

Pengeringan kemoreaksi dengan

kapur api (CaO) dilakukan untuk menentukan karakteristik pengeringan benih cabai merah. Perbandingan antara kapur api (CaO) dengan benih cabai merah yang digunakan adalah 3 : 1, dan kadar air ditentukan dengan menggunakan metode oven. Analisis laju pengeringan dilakukan dengan menggunakan model matematik pengeringan lapis tipis.

Dari kurva laju pengeringan yang diperoleh, terdapat 4 periode laju pengeringan, yaitu: periode (1): laju pengeringan cepat, periode (2) dengan laju pengeringan sangat cepat, periode (3) laju proses pengeringan berjalan lambat dan periode (4) dengan laju pengeringan berjalan sangat lambat. Terdapat hubungan yang jelas antara periode laju pengeringan dengan fraksi air ikatan pada benih cabai merah. Air yang dikeluarkan pada periode (1) adalah air bebas, pada periode (2) air ikatan tersier dan sebagian air ikatan sekunder, pada periode (3) air ikatan sekunder dan pada periode (4) air ikatan primer.

Kata kunci : karakteristik pengeringan, kapur api, pengeringan kemoreaksi, benih cabai merah, laju pengeringan

PENDAHULUAN

Proses pengeringan hasil pertanian adalah suatu proses pengeluaran atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan sampai kadar air keseimbangan dengan udara lingkungan atau sampai

¹⁾ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian USU

²⁾ Jurusan TPG FATETA IPB

³⁾ Jurusan Mekanisasi Pertanian FATETA IPB

kadar air tertentu dimana jamur, enzim dan serangga yang bersifat merusak tidak dapat aktif lagi (Hall, 1957, Henderson and Perry, 1976).

Pengeringan kemoreaksi adalah pengeringan dengan menggunakan bahan penyerap uap air (adsorben) tetapi melalui mekanisme reaksi kimia antara uap air dari bahan yang dikeringkan dengan adsorben yang disebabkan karena reaktivitas adsorben yang tinggi terhadap air. Kapur api merupakan bahan penyerap uap air yang mengandung CaO sebagai bahan aktif. CaO akan bereaksi secara kimia dengan uap air yang terdapat di dalam bahan yang dikeringkan sehingga kadar air bahan akan berkurang.

Pengeringan menyangkut perpindahan massa (uap) dari bahan dan energi panas ke bahan secara simultan (Hall, 1957). Proses pindah panas yang terjadi dari lingkungan sekitar bahan akan menguapkan air di permukaan bahan. Air dapat dipindahkan ke permukaan produk dan kemudian diuapkan, atau secara internal pada sebuah antarmuka uap dan cair, kemudian dibawa sebagai uap ke permukaan (Okos *et al.*, 1992).

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan mempunyai arti penting, dimana laju pengeringan akan menggambarkan bagaimana kecepatan pengeringan itu berlangsung. Laju pengeringan dinyatakan dengan berat air yang diuapkan per satuan berat kering per jam (Muljohardjo, 1987).

Kinerja pengering biji-bijian dipengaruhi oleh kondisi udara sekitarnya. Bila kondisi udara pengering berubah maka penampilan pengeringan juga akan berubah. Kinerja pengeringan dapat diketahui melalui pengeringan lapisan tipis yaitu pengeringan terhadap satu lapis biji, dimana semua biji dalam lapisan tersebut mendapat lingkungan udara pengering yang sama dan konstan (Henderson and Perry, 1976).

Untuk menganalisa laju pengeringan pada model pengeringan lapis tipis,

Geankoplis (1983) membuat persamaan sebagai berikut:

$$\frac{M - M_e}{M_o - M_e} = Ae^{-kt} \dots\dots\dots 1)$$

atau :

$$\ln \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \ln A - kt \dots\dots\dots 2)$$

dimana:

- M = kadar air bahan (% b.k)
- M_e = kadar air keseimbangan bahan (% b.k.)
- M_o = kadar air awal bahan (% b.k.)
- A = koefisien yang tergantung pada bentuk partikel atau jenis bahan (m²)
- k = konstanta pengeringan
- t = waktu pengeringan (detik)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola dan laju pengeringan benih cabai dengan menggunakan kapur api.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB dan laboratorium Teknologi Pangan dan Gizi IPB dari bulan Januari hingga September 2001.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur api (CaO) yang diperoleh dari Pabrik Kapur Djaya di Desa Cibadak, Kecamatan Ciampea, Kabupaten Bogor, serta biji cabai merah. Cabai merah yang digunakan untuk diambil bijinya adalah cabai merah keriting yang diperoleh dari pasar induk Cimanggu Bogor. Biji cabai diperoleh dengan cara mengekstraksi biji secara manual dan bagian buah yang diambil bijinya adalah bagian tengah. Sebelum dikeringkan, biji cabai diukur kadar air awalnya dengan menggunakan metode oven (AOAC, 1995).

Alat yang digunakan berupa lemari pengering, oven, desikator, thermometer,

thermohigrometer, neraca analitik dan timbangan Sartorius.

Alat pengering yang digunakan dalam penelitian ini adalah lemari pengering yang kedap terhadap gas, panas maupun uap air. Dinding dan pintu lemari terdiri atas tiga lapis, yaitu bagian luar terbuat dari tripleks, sedangkan bagian dalam dilapisi dengan isolator berupa *styrofoam* dan *fiber glass*. Alat ini terdiri atas rak adsorben yang terletak di bagian atas dan bawah serta rak untuk bahan yang akan dikeringkan di bagian tengah.

Benih cabai yang telah diketahui kadar air awalnya, dikeringkan dengan menggunakan lemari pengering dan kapur api. Lemari pengering terlebih dahulu diisi dengan kapur api sebanyak 4 kg dan dibiarkan selama 24 jam agar RH di dalam lemari pengering menjadi rendah dan stabil, kemudian kapur api dikeluarkan. Setelah itu dimasukkan kapur api di rak kapur dan benih cabai yang akan dikeringkan di rak benih. Banyaknya kapur api yang dimasukkan adalah dengan perbandingan antara benih dan CaO 1 : 3.

Pengamatan yang dilakukan adalah kadar air awal benih dan perubahan kadar air benih setiap selang waktu tertentu, dengan metoda tidak langsung hingga diperoleh kadar air yang konstan yang ditandai dengan tidak terjadinya perubahan berat benih. Pengukuran lain adalah suhu kapur, suhu ruangan dan RH pengeringan serta suhu dan RH lingkungan.

Analisis yang digunakan adalah analisis laju pengeringan berdasarkan rumus pada persamaan 2, yaitu:

$$\ln \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \ln A - kt$$

Secara grafis, persamaan ini akan membentuk garis lurus bila diplotkan nilai $\ln (M - M_e / M_o - M_e)$ sebagai sumbu Y dan waktu pengeringan (t) sebagai sumbu X. Dari persamaan ini nilai konstanta pengeringan (k) dapat ditentukan dengan melihat besarnya gradien garis pada grafik

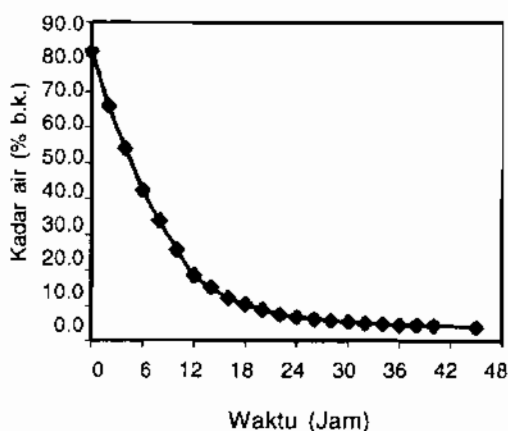
yang terbentuk. Nilai k ini merupakan indikasi terhadap laju pengeringan produk, semakin besar nilai k menunjukkan bahwa laju pengeringan tersebut semakin cepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pola Penurunan Kadar Air Benih selama Pengeringan

Berdasarkan data penurunan kadar air benih cabai merah selama proses pengeringan kemoreaksi dengan perbandingan antara kapur api dan benih 3 : 1, maka dapat dibuat grafik penurunan kadar air Vs waktu seperti Gambar 1. Kadar air menurun dari kadar air awal (M_o) 44.9% b.b. (81.6 % b.k.) sampai kadar air keseimbangan (M_e) sebesar 3.7% b.b atau 3.8 % b.k. Pola laju penurunan kadar air benih cabai merah berbentuk asimtotik terhadap kadar air keseimbangan (M_e).

Pada awal proses pengeringan, kurva penurunan kadar air tampak tajam dan selanjutnya kurva penurunan semakin mendatar menuju kadar air keseimbangan (M_e). Setelah 8 - 18 jam pengeringan penurunan kadar air mulai berkurang dan pada jam ke-18 hingga jam ke-27 penurunan kadar air sudah berlangsung



Gambar 1. Grafik pola penurunan kadar air (% b.k.) benih cabai merah terhadap waktu selama pengeringan kemoreaksi dengan perbandingan kapur dan benih 3 : 1.

secara lambat. Dari jam ke-27 hingga jam ke-45, penurunan kadar air berlangsung sangat lambat.

2. Analisis Laju Pengeringan Kemoreaksi

Laju pengeringan adalah perubahan kadar air dari bahan yang dikeringkan sebagai fungsi dari waktu. Proses pengeringan bahan dapat digambarkan sebagai suatu rangkaian dari beberapa tahapan proses dimana laju pengeringan memegang peranan yang penting (Barbosa-Canovas and Vega Mercado, 1996). Analisis laju pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan model matematika pengeringan lapis tipis terhadap waktu pengeringan dan juga dengan melihat terjadinya penurunan kadar air terhadap waktu pengeringan ($-dM/dt$).

a. Laju Pengeringan terhadap Waktu Pengeringan

Untuk mengetahui tingkat laju pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi, maka digunakan model matematik pengeringan lapis tipis seperti pada persamaan (1) dan (2).

Penggunaan persamaan 2 sebagai model untuk analisis laju pengeringan didasarkan pada asumsi bahwa RH dan suhu ruang pengering selama proses pengeringan berlangsung tetap, dan bahan yang digunakan sangat tipis sehingga pengaruh difusi air dalam bahan yang dikeringkan dapat diabaikan.

Pada proses pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi dengan kapur api, suhu pengeringan dapat dianggap relatif konstan yaitu berkisar pada suhu 28°C, tetapi RH dalam sistem berfluktuasi terutama pada awal pengeringan. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai RH dapat dianggap relatif konstan setelah 8 jam proses pengeringan. Oleh karena itu analisis laju pengeringan dilakukan pada data setelah 8 jam proses pengeringan dan diasumsikan fluktuasi RH dengan tingkat perubahan yang tidak terlalu besar

sehingga dapat diabaikan.

Dengan menggunakan persamaan (2), dan berdasarkan data penurunan kadar air selama proses pengeringan, maka jika dibuat plot antara $\ln(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ Vs waktu akan dihasilkan kurva seperti pada Gambar 2. Hasil analisis laju pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi dapat dilihat pada Tabel 1. Selama proses pengeringan kemoreaksi, terdapat empat periode laju pelepasan kandungan air dari benih cabai seperti terlihat pada Gambar 2. Periode pertama yaitu dari 0-8 jam, laju pengeringan berlangsung cepat. Periode kedua dari jam ke-8 samapai jam ke 16 dengan laju pengeringan berlangsung sangat cepat. Periode ketiga dimulai dari jam ke-16 sampai jam ke-33, laju proses pengeringan berjalan lambat dan periode keempat dari jam ke-33 dan berakhir pada jam ke-42 laju proses pengeringan berjalan sangat lambat.

Dalam analisis regresi laju pengeringan benih cabai merah, periode pertama tidak dapat dianalisis, karena tidak memenuhi asumsi berlakunya rumus persamaan (2), karena RH udara pengering masih dalam keadaan berubah-ubah. Dengan demikian maka hanya periode ke-2, 3 dan 4 yang memenuhi asumsi dari berlakunya rumus, sehingga diperoleh 3 buah persamaan garis lurus. Persamaan regresi periode (2) $Y_2 = 0.358 - 0.1643x$ ($R = 0.9926$), periode (3) $Y_3 = -0.1994 - 0.1259x$ ($R=0.9875$), dan periode (4) $Y_4 = -1.9847 - 0.0719x$ ($R = 0.9983$). Dari persamaan ini, diperoleh 3 konstanta (b) serta kadar air (M) dan waktu kritikal atau peralihan periode, yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Nilai kadar air kritikal (M_e) merupakan kadar air peralihan yaitu kadar air pada titik awal pada masing-masing garis lurus. M_2 adalah kadar air awal garis lurus periode (2), M_3 adalah kadar air awal garis lurus periode (3) dan M_4 adalah kadar air awal garis lurus periode (4). Waktu kritikal (t_c) yang diperoleh juga sebanyak 3 buah, yaitu waktu peralihan dari periode satu ke

periode berikutnya. Nilai-nilai tersebut diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut:

Pada titik potong pada garis periode 2 dan 3, maka $Y_2 = Y_3$

$$0.358 - 0.1643x_2 = -0.1994 - 0.1259x_3$$

$$0.0384x_{2-3} = 0.5574$$

$$x_{2-3} = 14.5$$

Nilai x adalah waktu (t), sehingga x_{2-3} yang merupakan titik potong dari garis Y_2 dan Y_3 adalah waktu peralihan dari periode (2) ke periode (3). Untuk mengetahui besarnya nilai M_3 atau kadar air kritikal pada periode ke-3, maka nilai x_{2-3} ini dimasukkan ke persamaan garis $Y_{2'}$ sehingga diperoleh nilai M_3 sebagai berikut:

$$Y_2 = 0.358 - 0.1643x, \text{ dan nilai } x = 14.5$$

$$Y_2 = -2.0269$$

$$Y_2 = \ln \frac{(M - M_e)}{(M_o - M_e)} = -2.0269$$

$$\text{sehingga } \frac{(M - M_e)}{(M_o - M_e)} = 0.1317$$

dengan nilai $M_e = 3.8\%$ b.k. dan nilai $M_o = 81.6\%$ b.k., maka diperoleh nilai M_2 yaitu :

$$\frac{(M - 3.8)}{(81.6 - 3.8)} = 0.1317$$

$$M - 3.8 = 10.2495$$

$$M = 14.0\% \text{ b.k.}$$

Jadi titik potong peralihan antara periode (2) dan periode (3) adalah pada kadar air awal periode (3) sebesar 14.0% b.k. Cara menghitung titik peralihan pada periode

Tabel 1. Data laju pengeringan menurut model Geankoplis (1983) pada pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi

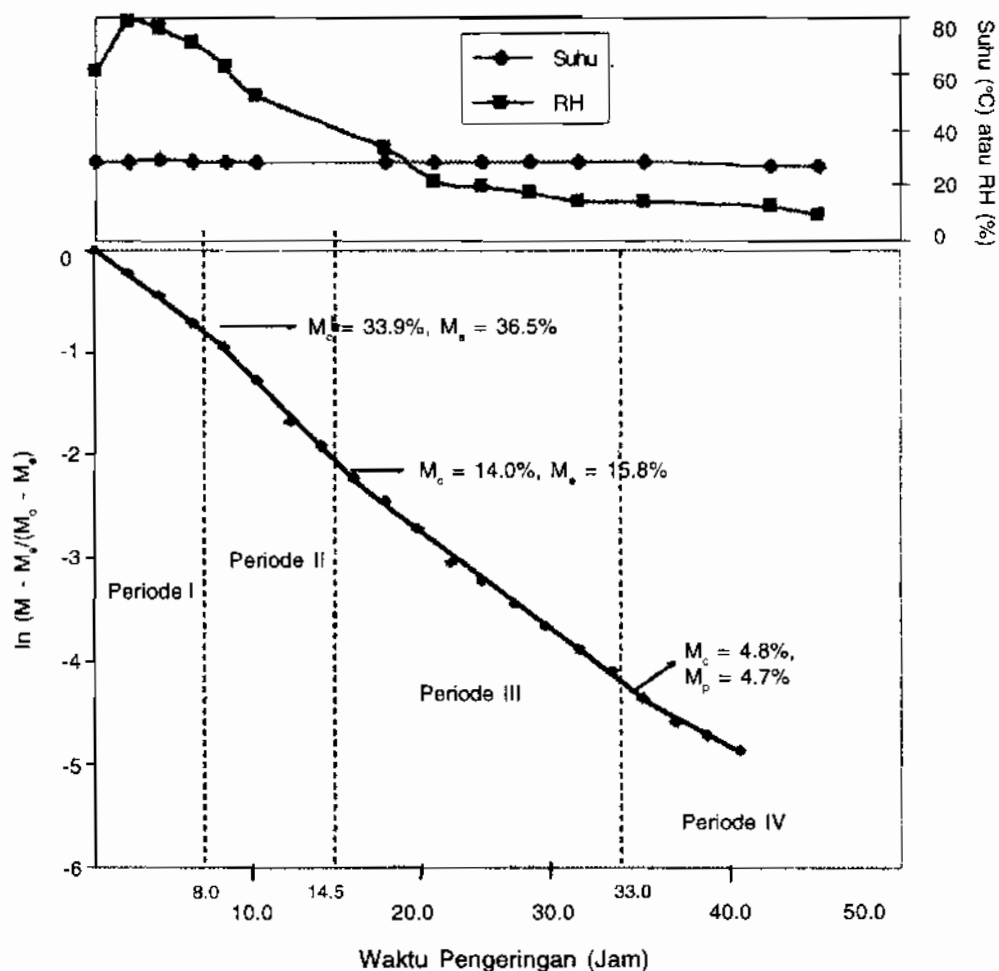
Waktu (jam)	Kadar Air (% b.k.) [M]	-dM/dt (%bk/jam)	(M-M _e)/(M _o -M _e) [A]	ln [A]
0	81.60	0.00	1.0000	0
2	66.00	7.80	0.7995	-0.22379
4	54.00	6.00	0.6452	-0.43813
6	42.30	5.85	0.4949	-0.70348
8	33.90	4.20	0.3869	-0.94962
10	25.70	4.10	0.2815	-1.26765
12	18.50	3.60	0.1889	-1.66629
14	15.30	1.60	0.1478	-1.91179
16	12.30	1.50	0.1093	-2.21408
18	10.60	0.85	0.0874	-2.43722
20	9.00	0.80	0.0668	-2.70548
22	7.50	0.75	0.0476	-3.04581
24	6.90	0.30	0.0398	-3.22274
26	6.30	0.30	0.0321	-3.43785
28	5.80	0.25	0.0257	-3.66099
30	5.40	0.20	0.0206	-3.88414
32	5.10	0.15	0.0167	-4.09178
34	4.80	0.15	0.0129	-4.35414
36	4.60	0.10	0.0103	-4.5728
38	4.50	0.05	0.0090	-4.71082
40	4.40	0.05	0.0077	-4.86497
45	3.80	0.12	0.0000	-

Tabel 2. Hasil analisis regresi laju pengeringan benih cabai merah pada pengeringan kemoreaksi

Parameter	Garis Linier Periode I	Garis Linier Periode II	Garis Linier Periode III	Garis Linier Periode IV
b_i	-	-0.1643	-0.1259	-0.0719
a_i	-	0.358	-0.1994	-1.9847
t_c (jam)	-	8.0	14.5	33.0
M_c (% bk)	81.6	33.9	14.0	4.8
Kapasitas Air Terikat*)		36.5	15.8	4,7

M_c = kadar air peralihan periode; I, II, III, IV = periode pengeringan

*) Julianti *et al.*, (2003)



Gambar 2. Grafik pola laju pengeringan benih cabai merah terhadap waktu pada pengeringan kemoreaksi

thermohigrometer, neraca analitik dan timbangan Sartorius.

Alat pengering yang digunakan dalam penelitian ini adalah lemari pengering yang kedap terhadap gas, panas maupun uap air. Dinding dan pintu lemari terdiri atas tiga lapis, yaitu bagian luar terbuat dari tripleks, sedangkan bagian dalam dilapisi dengan isolator berupa *styrofoam* dan *fiber glass*. Alat ini terdiri atas rak adsorben yang terletak di bagian atas dan bawah serta rak untuk bahan yang akan dikeringkan di bagian tengah.

Benih cabai yang telah diketahui kadar air awalnya, dikeringkan dengan menggunakan lemari pengering dan kapur api. Lemari pengering terlebih dahulu diisi dengan kapur api sebanyak 4 kg dan dibiarkan selama 24 jam agar RH di dalam lemari pengering menjadi rendah dan stabil, kemudian kapur api dikeluarkan. Setelah itu dimasukkan kapur api di rak kapur dan benih cabai yang akan dikeringkan di rak benih. Banyaknya kapur api yang dimasukkan adalah dengan perbandingan antara benih dan CaO 1 : 3.

Pengamatan yang dilakukan adalah kadar air awal benih dan perubahan kadar air benih setiap selang waktu tertentu, dengan metoda tidak langsung hingga diperoleh kadar air yang konstan yang ditandai dengan tidak terjadinya perubahan berat benih. Pengukuran lain adalah suhu kapur, suhu ruangan dan RH pengeringan serta suhu dan RH lingkungan.

Analisis yang digunakan adalah analisis laju pengeringan berdasarkan rumus pada persamaan 2, yaitu:

$$\ln \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \ln A - kt$$

Secara grafis, persamaan ini akan membentuk garis lurus bila diplotkan nilai $\ln (M - M_e / M_o - M_e)$ sebagai sumbu Y dan waktu pengeringan (t) sebagai sumbu X. Dari persamaan ini nilai konstanta pengeringan (k) dapat ditentukan dengan melihat besarnya gradien garis pada grafik

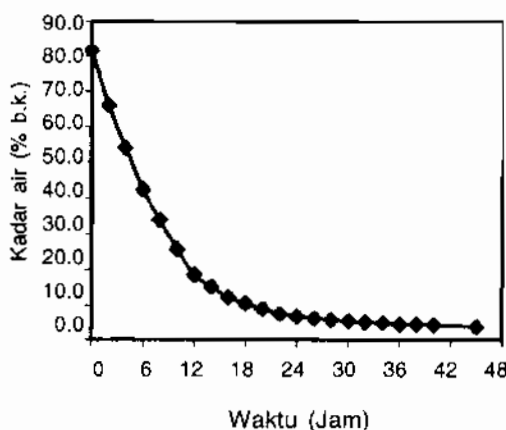
yang terbentuk. Nilai k ini merupakan indikasi terhadap laju pengeringan produk, semakin besar nilai k menunjukkan bahwa laju pengeringan tersebut semakin cepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pola Penurunan Kadar Air Benih selama Pengeringan

Berdasarkan data penurunan kadar air benih cabai merah selama proses pengeringan kemoreaksi dengan perbandingan antara kapur api dan benih 3 : 1, maka dapat dibuat grafik penurunan kadar air Vs waktu seperti Gambar 1. Kadar air menurun dari kadar air awal (M_o) 44.9% b.b. (81.6 % b.k.) sampai kadar air keseimbangan (M_e) sebesar 3.7% b.b atau 3.8 % b.k. Pola laju penurunan kadar air benih cabai merah berbentuk asimtotik terhadap kadar air keseimbangan (M_e).

Pada awal proses pengeringan, kurva penurunan kadar air tampak tajam dan selanjutnya kurva penurunan semakin mendatar menuju kadar air keseimbangan (M_e). Setelah 8 - 18 jam pengeringan penurunan kadar air mulai berkurang dan pada jam ke-18 hingga jam ke-27 penurunan kadar air sudah berlangsung



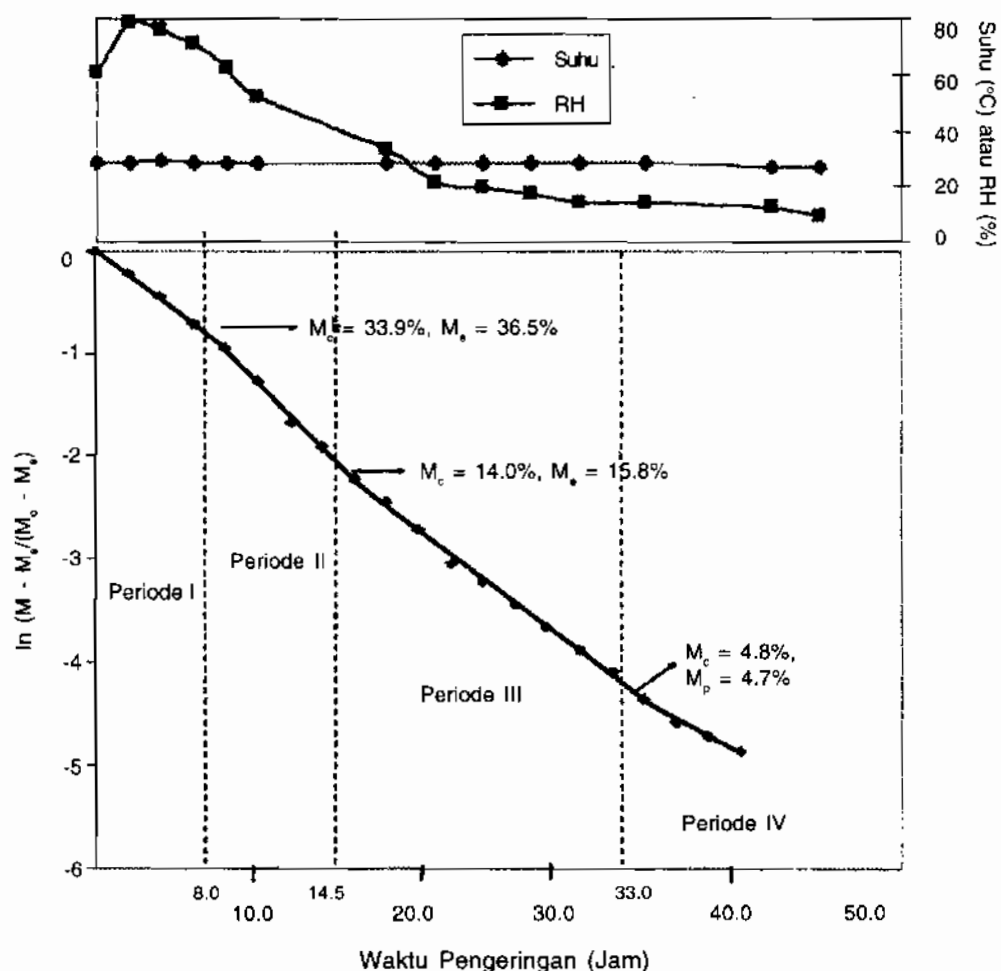
Gambar 1. Grafik pola penurunan kadar air (% b.k.) benih cabai merah terhadap waktu selama pengeringan kemoreaksi dengan perbandingan kapur dan benih 3 : 1.

Tabel 2. Hasil analisis regresi laju pengeringan benih cabai merah pada pengeringan kemoreaksi

Parameter	Garis Linier Periode I	Garis Linier Periode II	Garis Linier Periode III	Garis Linier Periode IV
b_i	-	-0.1643	-0.1259	-0.0719
a_i	-	0.358	-0.1994	-1.9847
t_c (jam)	-	8.0	14.5	33.0
M_c (% bk)	81.6	33.9	14.0	4.8
Kapasitas Air Terikat*)		36.5	15.8	4.7

M_c = kadar air peralihan periode; I, II, III, IV = periode pengeringan

*) Julianti *et al.*, (2003)



Gambar 2. Grafik pola laju pengeringan benih cabai merah terhadap waktu pada pengeringan kemoreaksi

yang lain dilakukan dengan cara yang sama, dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

b. Laju Pengeringan Terhadap Kadar Air

Kurva laju pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi terhadap kadar air diturunkan dari perbandingan antara selisih perubahan kadar air pada pengamatan pertama dengan pengamatan berikutnya terhadap selisih waktu pengamatan. Kurva ini berguna untuk mengetahui tingkat laju pengeringan. Kurva laju pengeringan ($-dM/dt$) terhadap kadar air (M , % b.k.) disajikan pada Gambar 3.

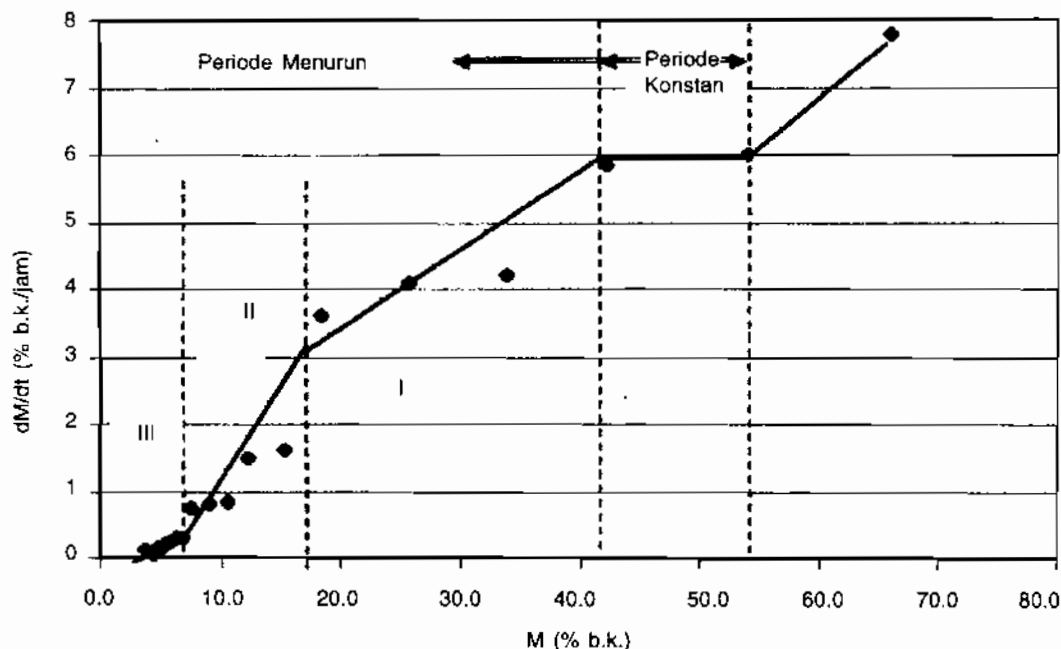
Kurva laju pengeringan yang dihasilkan terdiri dari dua fase utama laju pengeringan yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Sebelum mencapai laju pengeringan konstan, terjadi penurunan kadar air dari 81.6% b.k. menjadi 54.0% b.k. yang berlangsung dalam waktu 4 jam. Periode ini merupakan periode yang singkat dan diabaikan dalam analisis laju pengeringan.

Setelah periode ini terdapat laju pengeringan konstan yaitu dari kadar air 54.0% b.k. menjadi 42.3% b.k., dan air yang dikeluarkan pada periode ini merupakan air bebas yang terdapat dipermukaan benih (Geankoplis, 1983).

Periode berikutnya merupakan periode laju pengeringan menurun, dan pada periode ini terlihat adanya 3 (tiga) sub periode dengan laju pengeringan yang berbeda. Periode laju pengeringan menurun dimulai dari kadar air 42.3% b.k. hingga kadar air 3.8% b.k., sub periode I dimulai dari kadar air 42.3% b.k. hingga 18.5% b.k., sub periode II dari kadar air 18.5% b.k. hingga 7.5% b.k. dan sub periode III dari kadar air 7.5% b.k. hingga 3.8% b.k.

3. Laju Pengeringan pada berbagai Fraksi Air Benih Cabai Merah

Dari hasil penelitian Julianti *et al.*, (2003), diperoleh fraksi air ikatan desorpsi pada benih cabai merah yang terdiri dari air ikatan primer (4.7% b.k.), air ikatan



Gambar 3. Kurva laju pengeringan ($-dM/dt$) terhadap kadar air benih cabai merah (M , % b.k.) pada pengeringan kemoreaksi menggunakan kapur api.

sekunder (15.8% b.k.) dan air ikatan tersier (36.5% b.k.). Berdasarkan fraksi air ikatan pada benih cabai merah ini, serta analisis laju pengeringan baik terhadap waktu pengeringan (Gambar 2) maupun terhadap kadar air (Gambar 3), maka dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara laju pengeringan dan fraksi air ikatan pada benih cabai merah, dan seluruhnya dirangkum dalam Tabel 3.

Pada proses pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi terdapat 4 laju pengeringan yang berbeda (Gambar 2). Pada periode pengeringan I yaitu laju pengeringan dari kadar air awal 81.6% b.k. sampai kadar air 42.3% b.k., air yang pertama kali menguap adalah air bebas yang menutupi seluruh permukaan bahan yang dikeringkan. Pada periode II yaitu dari kadar air 42.3% hingga 11.3% b.k., air yang dikeluarkan adalah air terikat tersier dan sebagian air terikat sekunder. Pada periode III dari kadar air 11.3% b.k. hingga 4.6% b.k., maka yang dikeluarkan adalah air ikatan sekunder dan akhir dari fase ini bertepatan dengan kapasitas air ikatan primer yaitu 4.68% b.k. Pada periode IV air yang dikeluarkan adalah air ikatan primer.

Kadar air kritikal yang diperoleh pada akhir periode II yaitu 14.0% sedikit lebih kecil dari kapasitas air ikatan sekunder.

Hal ini disebabkan karena sampai periode ke II, RH ruang pengering masih mengalami penurunan, sehingga masih terdapat pengaruh RH terhadap kadar air.

Pada analisis laju pengeringan terhadap kadar air juga terlihat adanya 2 periode utama laju pengeringan, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Pada laju pengeringan menurun terlihat adanya 3 sub periode dengan laju pengeringan yang berbeda. Tiap periode dibatasi oleh kadar air kritis (M_c).

Pada periode laju pengeringan konstan, air yang dikeluarkan merupakan air bebas yang terdapat dipermukaan dengan nilai a_w mendekati 1 dan waktu yang diperlukan untuk mengeluarkannya lebih singkat dibanding waktu yang diperlukan pada periode laju pengeringan menurun.

Pada periode laju pengeringan menurun, air yang dikeluarkan merupakan air terikat dan penguapan air pada periode ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan uap pada bagian dalam benih dengan bagian luarnya (Hall, 1957).

Perbedaan laju pengeringan pada tiap sub periode selama laju pengeringan menurun menunjukkan perbedaan derajat keterikatan air yang terdapat di dalam benih cabai merah. Soekarto (1978)

Tabel 3. Hasil analisis laju pengeringan benih cabai merah terhadap waktu pengeringan dan terhadap kadar air (M,% b.k.) serta jenis air yang diuapkan pada pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi dengan perbandingan CaO dan benih 3 : 1

Analisis Laju Pengeringan	Penurunan Kadar Air (% b.k.) selama pengeringan			
Terhadap Pengeringan	81.6 - 33.9 (Periode I)	33.9 - 14.0 (Periode II)	14.0 - 4.8 (Periode III)	4.8 - 3.8 (Periode IV)
Terhadap Kadar Air	54.0 - 42.3 (Periode Konstan)	42.3 - 15.3 (Periode Menurun I)	15.3 - 6.9 (Periode Menurun II)	6.9 - 3.8 (Periode Menurun III)
Air yang diuapkan	Air Bebas	Kandungan Air Terikat Tersier	Kandungan Air Terikat Sekunder	Kandungan Air Terikat Primer
Air Terikat (Desorpsi)	> 36.5	15.8 - 36.5	4.7 - 15.8	< 4.7

menyatakan, bahwa, di dalam bahan pangan terdapat tiga jenis air terikat yaitu air terikat tersier, air terikat sekunder dan air terikat primer. Air terikat tersier mempunyai energi pengikatan yang lebih mudah dibandingkan air terikat sekunder dan primer sehingga lebih mudah dikeluarkan, dan air terikat primer mempunyai energi pengikatan yang paling kuat sehingga sukar untuk dilepaskan, oleh karena itu laju pengeringan pada air terikat primer menjadi lebih kecil dibanding air terikat tersier dan sekunder.

KESIMPULAN

Pola laju pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi terdiri dari kurva penurunan kadar air yang tajam pada awal proses pengeringan dan selanjutnya semakin mendatar menuju kadar air keseimbangan benih cabai merah.

Dari hasil analisis terhadap laju pengeringan dengan menggunakan model pengeringan lapis tipis, maka pada pengeringan benih cabai merah secara kemoreaksi diperoleh empat periode laju pengeringan, yaitu periode pertama yang konstan dari 0-8 jam, periode kedua yang berlangsung sangat cepat dari 8 - 14.5 jam, periode ketiga berlangsung lambat yaitu dari 14.5 - 33 jam dan periode keempat sangat lambat yaitu dari 33 - 42 jam.

Terdapat hubungan yang jelas antara fase laju pengeringan dengan fraksi-fraksi air ikatan pada benih cabai merah, yaitu periode (1) air yang dikeluarkan merupakan air bebas murni, periode (2) merupakan air terikat tersier dan sebagian air terikat sekunder, periode (3) air terikat sekunder dan air terikat primer serta periode (4) yang merupakan air terikat primer.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995. Official of analysis of the association of official analytical chemists. AOAC Inc, Arlington.
- Barbosa-Canovas, G.V. and H. Vega-Mercado. 1996. *Dehydration of foods*. International Thomson Publishing New York. Chapman and Hall, New York.
- Geankoplis, C.J. 1983. *Drying of process materials. Didalam : Transport processes and unit operations*, 2nd eds. Allyn and Bacon, Boston, MA.
- Hall, C.W. 1957. *Drying farm crops*. Eduard Brothers Co., Michigan.
- Henderson, S.M. and R.L. Perry. 1976. *Agricultural process engineering*. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut, USA.
- Julianti, E., S.T. Soekarto, P. Hariyadi dan A.M. Syarif. 2003. Pengeringan kemoreaksi untuk meningkatkan viabilitas benih cabai merah. *Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura* 38 (2) : 53 - 62.
- Muljoharjo, M. 1987. Pengeringan bahan pangan. Makalah yang disampaikan dalam kursus singkat pengeringan bahan pangan. PAU Pangan-Gizi-UGM, 14-31 Desember 1987.
- Okos, M.R., G. Narsimhan, R.K. Singh and A.C. Weitnauer. 1992. *Food dehydration. In : Handbook of food engineering*. D.R. Heldman and D.B. Lund (ed). Marcel Dekker, Inc. New York.
- Soekarto, S.T. 1978. Water relation in constituents and their application to development of high protein. *Intermediate Food Science*. University of Illinois at Urbana-Champaign.