

PERUBAHAN KONSTANTA LAJU PENGERINGAN PASTA DENGAN PERLAKUAN AWAL *PUFFING* UDARA¹

W. H. Pamungkas², N. Bintoro³, S. Rahayu³ dan B. Rahardjo³

ABSTRAK

Pasta merupakan bahan pangan berbahan dasar tepung gandum dengan campuran berupa air dan terkadang telur. Pengeringan pasta merupakan hal yang paling krusial dalam produksi pasta karena struktur pasta dapat mengalami kerusakan akibat penanganan yang salah dalam proses pengeringan. Pengeringan yang berjalan terlalu lama dapat menyebabkan bakteri berkembang sehingga berbahaya untuk dikonsumsi. Salah satu cara untuk mendapatkan proses pengeringan yang cepat namun dengan tidak merusak struktur pasta ialah dengan memperbesar struktur pori-pori dari pasta. Hal ini bisa dicapai dengan metode *puffing*. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh tekanan *puffing*, suhu *puffing*, lama *puffing* dan ukuran bahan terhadap peningkatan konstanta laju pengeringan pasta. *Puffing* adalah suatu proses pemasukan suatu gas kedalam produk secara paksa sehingga terjadi ekspansi gas kedalam produk dan kemudian gas dilepaskan untuk menjadikan struktur seluler produk mengembang. *Puffing* dilakukan dengan menempatkan pasta dalam ruangan bertekanan dan bertemperatur tinggi. Pada rentang waktu tertentu, tekanan dilepaskan secara mendadak. Penelitian ini dilakukan dengan menimbang penurunan berat pasta selama pengeringan. Dari data tersebut dapat dihitung penurunan kadar air pasta selama pengeringan. Dengan menggunakan persamaan Newton untuk pengeringan maka dapat dihitung besarnya konstanta laju pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan awal *puffing* berupa tinggi tekan, lama pemberian tekanan dan suhu ruang tekanan dapat meningkatkan laju pengeringan. Pengaruh tersebut dapat dikemukakan dengan persamaan eksponensial.

Kata kunci: *pasta, puffing, konstanta laju pengeringan*

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008

² Alumni Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

³ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

A. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan tindakan untuk mengurangi sebagian besar air yang terdapat dalam hasil pertanian. Pengeringan bertujuan agar bahan pangan tetap terjaga kualitasnya selama dalam proses penyimpanan sampai siap konsumsi dan untuk memenuhi syarat-syarat pengolahan lanjut pada bahan yang dikeringkan. Bila suatu produk pangan yang disimpan masih dalam keadaan basah, maka produk tersebut akan cepat mengalami pembusukan ataupun ditumbuhi jamur yang sangat mudah tumbuh dalam keadaan lembab. Sedangkan pada saat dikeringkan, kadar air bahan makanan akan turun sehingga pertumbuhan mikroba serta jamur dapat dicegah.

Pengeringan yang dilakukan dalam mempertahankan kondisi bahan pangan tersebut sangatlah tergantung pada sifat bahan itu sendiri. Efektivitas proses pengeringan juga sangat tergantung pada faktor dari alat (metode) yang digunakan dalam proses pengeringan. Hubungan antara tingkat difusifitas suatu produk dengan laju pengeringannya akan mempengaruhi tingkat efektivitas pengeringan produk tersebut. Semakin tinggi tingkat difusifitas dari suatu produk maka akan semakin tinggi pula laju pengeringannya. Untuk meningkatkan difusifitas produk tersebut dapat dilakukan dengan memperbesar porositas bahan tersebut. Semakin besar porositas bahan maka air yang terkandung dalam suatu bahan akan lebih mudah teruapkan sehingga nilai difusifitasnya akan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan laju pengeringannya. Maka dari itu, pengkajian lebih lanjut sangatlah dibutuhkan untuk mendapatkan metode pengeringan yang cocok bagi tiap-tiap bahan yang berbeda.

Pasta merupakan bahan pangan berbahan dasar tepung gandum dengan campuran berupa air dan terkadang telur. Untuk dapat bertahan dalam kemasan yang beredar di pasaran, pasta harus terlebih dahulu melalui proses pengeringan. Tujuannya adalah untuk mengurangi kadar air bahan sehingga dapat lebih awet selama penyimpanan. Menurut Walsh (1977), proses pengeringan merupakan hal yang paling krusial dalam proses produksi pasta. Pengeringan yang terlalu cepat dengan kelembaban udara yang rendah dapat menyebabkan struktur luar dari pasta pecah dengan bagian dalam yang belum kering yang membuat tampilan produk akhir yang jelek serta tingkat kekenyalan yang rendah. Sedangkan pengeringan yang terlalu lama dapat menyebabkan pasta mengalami perubahan bentuk karena kandungan air yang masih tinggi selama proses pengeringan awal. Air yang terlalu lama

tersimpan dalam bahan selama proses pengeringan juga dapat menyebabkan berkembangnya bakteri dan jamur yang berbahaya bagi kesehatan.

Pengeringan pasta konvensional dilakukan pada suhu lingkungan sekitar 18-25 °C dapat menghasilkan pasta kering dengan kualitas tinggi dan kandungan nutrisi tidak mengalami kerusakan. Namun, pengeringan dengan suhu rendah ini sangat beresiko terhadap bakteri seperti *staphilococcus aureus* yang baru akan mati pada suhu diatas 60 °C. Bakteri *staphilococcus aureus* merupakan ancaman utama pada produk pasta. Dengan beberapa metode pemanasan dapat meminimalkan kandungan bakteri *staphilococcus aureus* pada pasta. Pengeringan dengan metode suhu tinggi dapat menyebabkan kandungan nutrisi serta vitamin akan rusak. Dexter, et al (1984) menunjukkan adanya penurunan kandungan *lysine* dalam *spaghetti* dengan kenaikan temperatur pengeringan. Cubadda (1985) juga menunjukkan adanya penurunan kandungan vitamin B dalam produk pasta yang dikeringkan menggunakan metode *high temperature*. *Thiamin* dan *Riboflavin* yang terkandung juga secara signifikan berkurang pada pengeringan suhu tinggi.

Puffing dapat diartikan sebagai suatu proses pemasukkan gas ke dalam produk yang kemudian terjadi ekspansi untuk kemudian dilepaskan dan mengakibatkan pengembangan/pemutusan terhadap struktur luar dari struktur seluler sebuah produk (Tabeidie. 1992), Proses pengeringan dengan perlakuan awal *puffing* udara dilakukan dengan menempatkan bahan yang akan dikeringkan pada tempat dengan tekanan maupun temperatur yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Sebagai gambaran, Payyapilli (2005) meneliti bahwa bijianereal membutuhkan tekanan sekitar 13,6 atm dalam proses *puffing*. Perlakuan *puffing* tersebut akan menghasilkan proses pengeluaran uap air dari dalam produk yang lebih singkat karena naiknya porositas bahan. Proses penguapan yang cepat serta bahan dengan porositas tinggi akan menyebabkan perpindahan massa air lebih cepat selama proses pengeringan terjadi. (Heldman-Singh, 1993)

Pada perlakuan pengeringan *puffing*, bahan ditempatkan pada kondisi dengan tekanan tinggi pada suhu tertentu. Setelah mencapai kurun waktu yang ditentukan, tekanan dalam ruang *puffing* dilepaskan secara tiba-tiba. Perlakuan *puffing* dengan udara akan mengakibatkan porositas bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih besar. Hal ini dikarenakan pada proses *puffing* dengan udara dapat menyebabkan perubahan struktur seluler bahan menjadi lebih porous sehingga mampu memperbesar nilai konstanta laju pengeringan suatu bahan (Tabeidie, 1992). Heldman-Singh (1993) menambahkan bahwa metode *puffing*

udara sangat efektif apabila dilakukan pada produk-produk yang memiliki periode laju menurun (*falling rate drying period*) yang signifikan. Dalam *puffing*, bahan yang baik untuk digunakan ialah yang mengandung *amylopectyn* karena bersifat lunak dan mampu mengembang. Sedangkan bahan yang terlalu banyak mengandung *amylosa* kurang baik untuk diproses dengan metode *puffing* karena sifatnya yang keras sehingga sulit untuk mengembang. Dengan pengeringan pasta menggunakan perlakuan awal *puffing* diharapkan didapat suatu metode pengeringan pasta dengan suhu tinggi namun dengan waktu singkat sehingga dapat meminimalisir resiko bakteri tertinggal dan dengan kandungan nutrisi yang tetap terjaga. Pada proses pengeringan pasta menggunakan perlakuan awal *puffing* udara akan terjadi pengembangan struktur pasta. Pengembangan struktur ini sebagai akibat dari pemasukan udara (gas) secara paksa serta pelepasan tekanan secara tiba-tiba yang menghasilkan struktur permukaan yang lebih porous. Dengan tingkat porositas yang lebih besar akan membuat bahan dapat melepaskan kadar air yang terkandung didalamnya lebih cepat dibandingkan tanpa perlakuan *puffing* udara. Laju pengeringan yang meningkat ditandai dengan naiknya nilai konstanta laju pengeringan.

Berdasarkan uraian diatas maka tujuan utama penelitian ini adalah menerapkan proses pengeringan pasta dengan perlakuan awal *puffing* menggunakan tekanan udara, serta mengkaji pengaruh tekanan, suhu dan lama tekan *puffing* terhadap harga konstanta laju pengeringan pasta.

B. METODE DAN BAHAN PENELITIAN

1. Pendekatan Teori

Konstanta laju pengeringan pada proses pengeringan partikel pasta digunakan persamaan model pengeringan bijian tunggal (*single kernel drying*). Persamaan tersebut merupakan analogi dari model persamaan pendinginan Newton dengan asumsi bahwa laju kehilangan lengas dalam suatu bahan yang dikelilingi udara pengering sebanding dengan perbedaan antara kadar air bahan dan kadar air setimbangnya. Persamaan tersebut kemudian dianalogikan sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{d}{M} \frac{d}{dt} = -k(M - M_e)$$

Persamaan tersebut selanjutnya diselesaikan dengan integrasi selanjutnya menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} = A e^{-kt}$$

Nilai A merupakan sebuah konstanta yang menunjukkan bentuk dari bahan yang dikeringkan. Konstanta laju pengeringan (k) merupakan sebuah besaran yang dapat digunakan sebagai indikator seberapa cepat proses pengeringan dapat berlangsung pada suatu bahan. Proses keluarnya kadar air dari dalam bijian terjadi secara difusi. Oleh karena itu harga konstanta laju pengeringan sangat tergantung pada besarnya harga koefisien difusi suatu bahan yang dikeringkan, dimana keduanya berbanding lurus. Semakin besar koefisien difusi suatu bahan maka akan semakin besar pula konstanta laju pengeringannya. Wartono (1997) menyatakan bahwa konstanta laju pengeringan (k) merupakan sebuah besaran yang menyatakan tingkat kecepatan air atau massa air untuk terdifusi keluar meninggalkan bahan yang dikeringkan. Nilai konstanta laju pengeringan tersebut kemudian dihubungkan dengan temperatur untuk mendapatkan persamaan Arhenius :

$$k(T) = A_0 \cdot e^{-\left(\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}\right)}$$

2. Eksperimentasi

a. Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pangan dan Pascapanen serta di Laboratorium Teknik Lingkungan dan Bangunan Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

b. Sampel dan bahan penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasta *fettucine* yang memiliki komposisi tepung gandum 32,5 g, telur 12 g, dan air 5 g. Pembuatan dengan secara seluruh bahan dicampur hingga kalis (tidak menempel pada tangan) kemudian didiamkan selama ± 1 jam dengan ditutup dengan lap basah. Selanjutnya adonan digiling menggunakan gilingan setebal ± 1 mm dan dipotong gilingan pemotong. Setelah itu sampel didiamkan selama $\pm \frac{1}{2}$ jam tanpa ditutup lap basah dan kemudian dipotong-potong sepanjang ± 10 cm. Kadar air adonan pasta berkisar antara 31-32 %. Pasta disebut kering jika kadar airnya sama dengan atau kurang dari 12,5 % sebagai pasta kering komersial. Kadar air setimbang diukur dengan pengeringan pada suhu

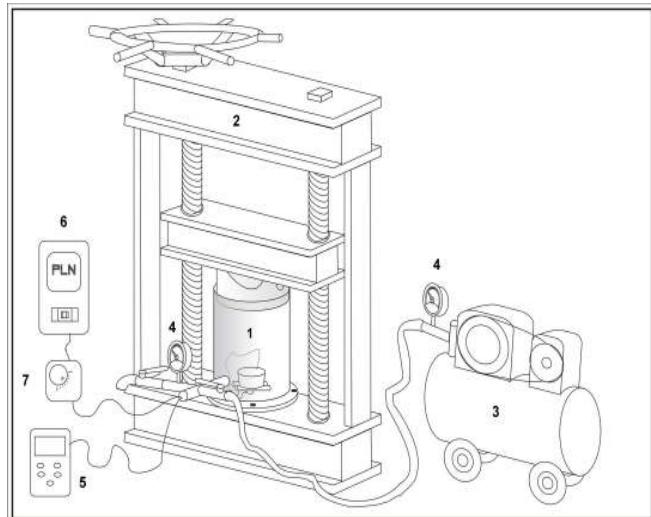
75°C sampai tidak terjadi perubahan kadar air. Kadar air seimbang terukur sebesar 9,01%.

c. Peralatan puffing

Peralatan puffing secara skematik disajikan pada Gambar 1. Peralatan ini terdiri dari ruang tekan dan kompresor untuk memasukkan udara disertai alat ukur tekanan udara dan suhu ruang tekan.

d. Prosedur pengamatan

Pengeringan dilakukan dengan tanpa perlakuan *puffing* (sebagai kontrol) dan dengan perlakuan awal *puffing* udara (*puff drying*) dengan variasi tekanan, waktu *puffing* dan temperatur pengeringan. Pengeringan sebagai kontrol adalah pengeringan sampel pasta dengan menggunakan oven yang bertemperatur 75 °C. Selama proses pengeringan bahan akan diambil setiap selang waktu 10 menit untuk dihitung beratnya setelah itu dimasukkan kembali ke oven. Pengulangan perlakuan dilakukan hingga menit ke-120. Pada pengeringan menggunakan perlakuan *puffing* dilakukan dengan memasukkan sampel pasta yang akan diberi perlakuan ke dalam model *puffing* dengan menggunakan variasi waktu masing-masing 5 menit, 10 menit dan 15 menit, variasi suhu masing-masing 60 °C, 70 °C dan 80 °C serta variasi tekanan masing-masing 3 atm, 4 atm dan 5 atm. Sampel yang telah diberi perlakuan kemudian ditimbang beratnya untuk menghitung kadar air awal pengeringan. Setelah pasta di-*puffing* dalam waktu dan suhu tertentu, maka sampel tersebut selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven suhu 75 °C. Selama proses pengeringan tersebut, sampel diambil dalam selang waktu 10 menit untuk diukur beratnya dan dikembalikan lagi ke oven. Pengulangan perlakuan dilakukan hingga menit ke-120.



Gambar 1. Skema model alat *puffing* dengan tekanan udara. (1). Silinder baja dan piston, (2). Seperangkat alat penekan dan penahan piston, (3). Kompresor udara, (4). Alat ukur tekanan udara (Manometer), (5). Alat ukur temperatur (Thermocouple), (6). Sumber listrik dan (7). Regulator pengatur tegangan listrik.

e. Analisa kadar air

Kadar air dianalisa dengan metode gravimetri. Sampel dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Kadar air ditentukan dengan menggunakan kadar air basis basah/*wet basis* (M) sebagai berikut :

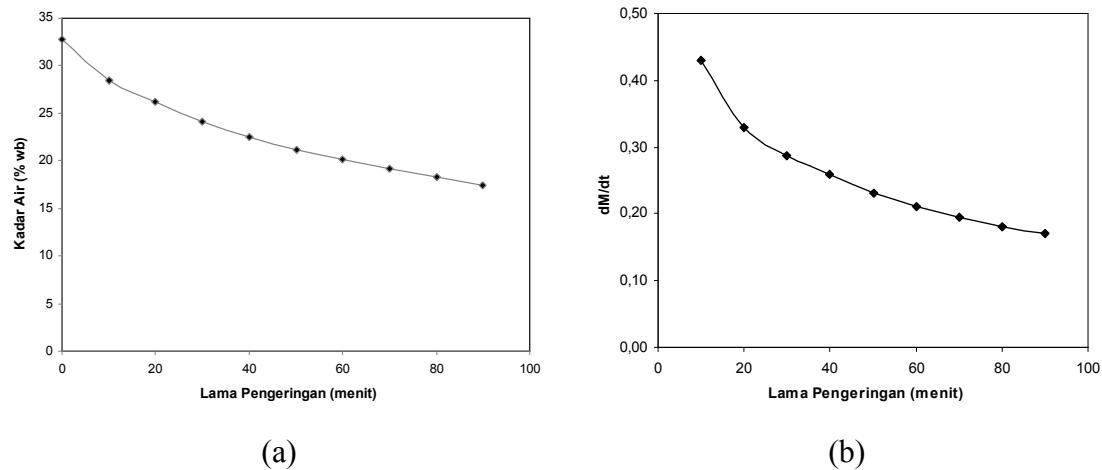
$$M = \frac{\text{Berat Sampel Awal} - \text{Berat Sampel Akhir}}{\text{Berat Sampel Awal}}$$

f. Analisa data

Konstanta laju pengeringan ditentukan berdasarkan persamaan laju penguapan dan dicari dengan menggunakan regresi linier. Regresi dilakukan dengan program komputer yang ada.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada pengeringan dengan sampel tanpa perlakuan awal *puffing* udara mengalami penurunan kadar air seperti disajikan Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kadar air pasta tanpa perlakuan awal *puffing* dengan tekanan udara, (a). Perubahan kadar air dan (b). Laju penguapan selama pengeringan pada suhu 75°C

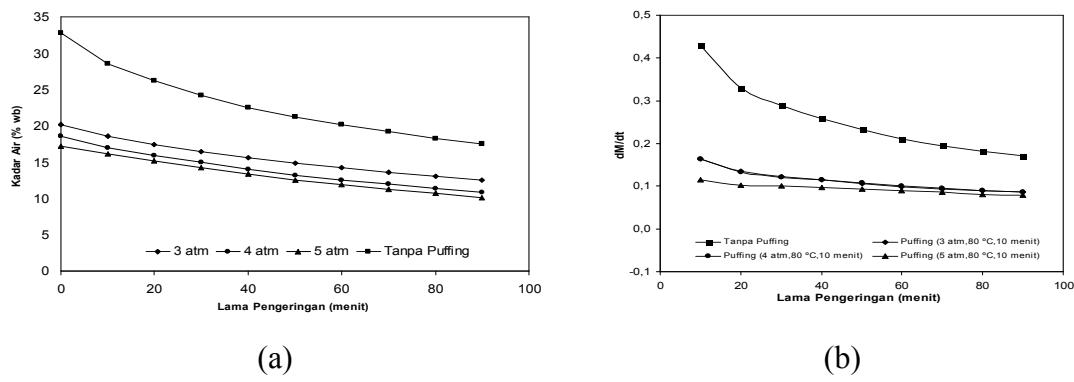
Berdasarkan gambar diatas maka laju pengeringan pasta tanpa perlakuan awal dapat dikemukakan sebagai berikut:

$$\frac{dM}{dt} = 0$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{M_e - M}{t} = \frac{M_e}{t}$$

Dari persamaan diatas maka konstanta dapat diaciri yaitu $k = 0,0108 \text{ 1/menit}$.

Pengeringan dengan perlakuan awal dengan variasi tekanan *puffing* dilakukan dengan tekanan 3, 4 dan 5 atm dengan suhu dan lama tekan *puffing* tetap, yakni 80 °C dan 10 menit. Pada Gambar 3 menyajikan perubahan kadar air sampel hasil pengeringan dengan perlakuan awal *puffing* udara dan sebagai pembanding disajikan pula sampel tanpa perlakuan *puffing*.



Gambar 3. Perubahan kadar air pasta dengan perlakuan awal *puffing* dengan tekanan 3, 4 dan 5 atm dan lama 10 menit pada suhu 80°C, (a). Perubahan kadar air dan (b). Laju penguapan selama pengeringan pada suhu 75°C.

Dengan menggunakan cara yang sama untuk menentukan konstanta laju pengeringan pada pengeringan tanpa perlakuan *puffing*, perubahan konstanta laju pengeringan akibat perlakuan *puffing* dengan variasi tekanan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai konstanta laju pengeringan pasta pada beberapa variasi perlakuan tekanan *puffing*

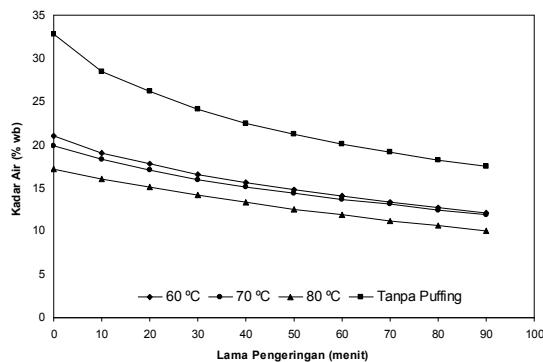
Variasi	Konstanta Laju Pengeringan (menit ⁻¹)
Tanpa Puffing	0,0108
Puffing 3 atm	0,0124
Puffing 4 atm	0,0128
Puffing 5 atm	0,0130

Dari perubahan tekanan *puffing* terdapat indikasi kenaikan tekanan dapat mempercepat laju penguapan. Pengaruh variasi tekanan *puffing* (*p*) terhadap nilai konstanta laju pengeringan (*k_P*) pasta merupakan persamaan eksponensial sebagai berikut :

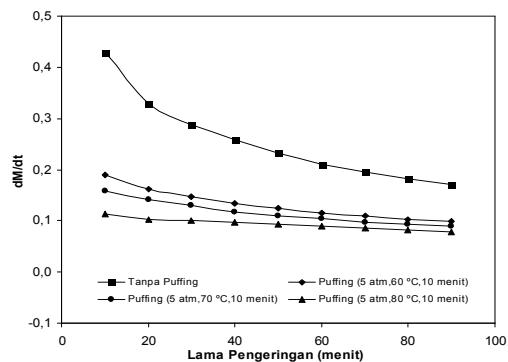
$$k_p = 0,0116e^{0,0236P} \quad R^2 = 0,9621$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang digunakan dalam perlakuan awal *puffing* udara maka akan semakin besar pula laju pengeringan atau konstanta laju pengeringan pasta.

Pengeringan pasta dengan diberi perlakuan awal *puffing* dengan variasi suhu 60 °C, 70 °C, dan 80 °C dengan tekanan dan lama tekan *puffing* tetap yakni 5 atm dan 10 menit. Perubahan kadar air dan laju penguapan air sampel hasil pengeringan dengan perlakuan awal suhu ruang *puffing* disajikan pada Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. Perubahan kadar air pasta dengan perlakuan awal *puffing* dengan suhu ruang tekanan 60 °C, 70 °C, dan 80 °C dan lama 10 menit dengan tekanan 5 atm, (a). Perubahan kadar air dan (b). Laju penguapan selama pengeringan pada suhu 75°C.

Konstanta laju pengeringan pada perlakuan tersebut dicari seperti halnya cara yang sama untuk menentukan pengeringan tanpa perlakuan *puffing*. Perubahan konstanta laju pengeringan akibat perlakuan suhu ruang *puffing* disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut nampak bahwa perubahan suhu ruang tekanan *puffing* mempengaruhi laju penguapan.

Tabel 2. Nilai konstanta laju pengeringan pasta pada beberapa variasi perlakuan tekanan *puffing*

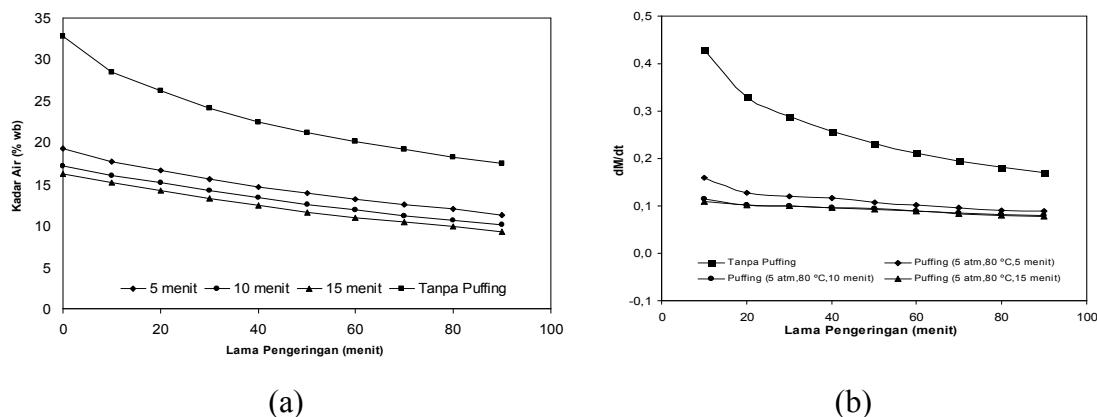
Variasi	Konstanta Laju Pengeringan (menit ⁻¹)
Tanpa Puffing	0,0108
Puffing 60 °C	0,0118
Puffing 70 °C	0,0120
Puffing 80 °C	0,0132

Pengaruh suhu ruang tekanan *puffing* cenderung menyebabkan kenaikan laju penguapan. Seperti halnya pada tekanan ruang, pengaruh variasi suhu *puffing* (T) terhadap nilai konstanta laju pengeringan (k_p) sampel berupa pasta dapat dikemukakan dengan persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$k_T = 0,0083e^{0,0056T} \quad R^2 = 0,8595$$

Berdasarkan persamaan tersebut di atas nampak bahwa semakin besar kenaikan suhu ruang tekanan *puffing* akan meningkatkan laju pengeringan atau konstanta laju pengeringan pasta.

Pengeringan pasta dengan diberi perlakuan awal berupa lama pemberian tekanan *puffing* dilakukan dengan secara sampel pasta diletakkan di dalam alat *puffing* untuk kemudian diberi suhu 80 °C dengan tekanan 5 atm dan variasi lama tekan *puffing* masing-masing 5, 10 dan 15 menit. Pengaruh perlakuan terhadap perubahan kadar air dan laju penguapan air sampel disajikan pada Gambar 5. Konstanta laju pengeringan dengan perlakuan lama pemberian tekanan *puffing* tersebut dicari dengan yang sama untuk menentukan pengeringan tanpa perlakuan *puffing*. Perubahan konstanta laju pengeringan dengan pemberian lama tekanan *puffing* disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa penambahan lama tekan dalam ruang *puffing* dapat meningkatkan laju penguapan.



Gambar 5. Perubahan kadar air pasta dengan perlakuan awal lama pemberian tekanan *puffing* 5, 10 dan 15 menit, dan suhu 80°C. dengan tekanan 5 atm, (a). Perubahan kadar air dan (b). Laju penguapan selama pengeringan pada suhu 75°C.

Tabel 3. Nilai konstanta laju pengeringan pasta pada beberapa variasi perlakuan tekanan *puffing*

Variasi	Konstanta Laju Pengeringan (menit ⁻¹)
Tanpa <i>Puffing</i>	0,0108
<i>Puffing</i> 5 menit	0,0125
<i>Puffing</i> 10 menit	0,0130
<i>Puffing</i> 15 menit	0,0140

Lama pemberian tekanan dalam ruang tekanan *puffing* nampak menyebabkan kenaikan laju penguapan. Dengan cara yang sama untuk pengaruh tinggi tekanan ruang, pengaruh lama pemberian tekanan dalam ruang *puffing* (t_p) terhadap harga konstanta laju pengeringan (k_p) sampel dapat ditunjukkan dengan persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$k_{tp} = 0,0117e^{0,0113tp} \quad R^2 = 0,9694$$

Dari persamaan tersebut di atas terlihat bahwa semakin lama pemberian tekanan dalam ruang *puffing* akan meningkatkan pula laju pengeringan atau konstanta laju pengeringan pasta.

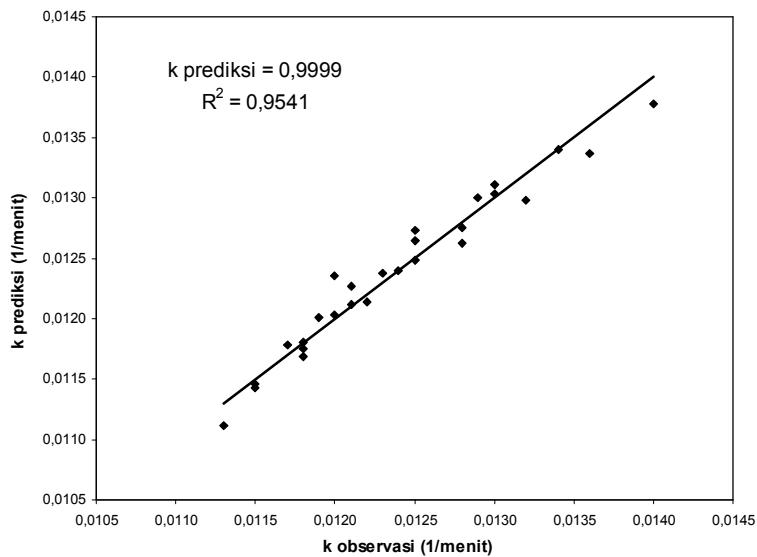
Pengaruh tinggi tekanan (p), suhu (T) dan lama pemberian tekan (tp) dalam ruang *puffing* terhadap harga konstanta laju pengeringan secara bersamaan dapat dikemukakan $k = f(T, tp, P)$. Untuk menurunkan persamaan prediksi harga konstanta laju pengeringan pasta tersebut maka dilakukan analisis regresi linier berganda (*multiple regression*) dan diperoleh persamaan dengan koefisien sebagai berikut

$$\ln k = (2,994 \times 10^{-3})T + (9,883 \times 10^{-3})tp + (2,790 \times 10^{-2})P - 4,812$$

Berdasarkan persamaan hasil analisis regresi berganda tersebut maka dapat diturunkan sebuah fungsi prediksi dari harga konstanta laju pengeringan pasta yang dipengaruhi oleh empat variabel yaitu tekanan *puffing* (P), temperatur *puffing* (T), lama tekan *puffing* (tp) sebagai berikut :

$$k = 8 \times 10^{-3} e^{[(2,9 \times 10^{-3})T + (9,8 \times 10^{-3})tp + (2,7 \times 10^{-2})P]}$$

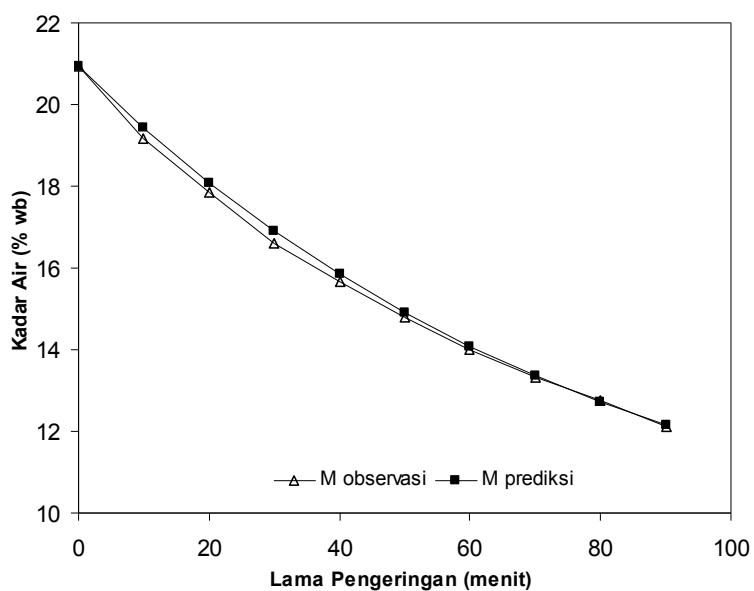
Konstanta laju pengeringan dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan diatas. Pembandingan konstanta laju pengeringan pasta hasil observasi dengan konstanta laju pengeringan hasil penghitungan tersebut kemudian diplotkan dan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara konstanta laju pengeringan pasta prediksi dan konstanta laju pengeringan pasta observasi

Dari gambar tersebut didapat tingkat linierisasi antara harga prediksi konstanta laju pengeringan pasta dan harga konstanta laju pengeringan pasta observasi dari nilai R^2 yang diperoleh sebesar 0,99. Berdasarkan tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat signifikansi harga konstanta laju pengeringan pasta berdasarkan persamaan prediksi terhadap harga konstanta laju pengeringan pasta observasi sebesar 99,99 %.

Dari harga konstanta laju pengeringan pasta prediksi yang telah diperoleh, selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi besarnya penurunan kadar airnya. Sebagai ilustrasi Gambar 7 berikut merupakan perbandingan hasil penurunan kadar air prediksi dan observasi pada perlakuan *puffing* pada pasta dengan perlakuan *puffing* 60°C , 3 atm selama 15 menit.



Gambar 7. Perbandingan kadar air prediksi dan observasi dengan perlakuan *puffing* 60°C , 3 atm selama 15 menit

D. KESIMPULAN

Pengeringan pasta dengan perlakuan awal *puffing* ternyata dapat meningkatkan laju pengeringan dengan naiknya konstanta laju pengeringan pada pasta dibandingkan dengan sampel pasta tanpa perlakuan awal *puffing*. Kenaikan konstanta laju pengeringan akibat dari perlakuan awal *puffing* berbanding secara eksponensial dengan perlakuan. Semakin tinggi suhu *puffing*, semakin lama waktu *puffing* serta semakin besar tekanan yang digunakan pada saat *puffing* maka semakin tinggi pula kenaikan konstanta laju pengeringan sampel tersebut.

DAFTAR NOTASI

A : Luas permukaan partikel tunggal (m^2)
D : koefisien difusi ($m^2 \text{ hr}^{-1}$)
 dM/dt : Laju penguapan air
 Ea : Energi aktivasi proses ($J \text{ kg}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)
M : Kadar air (% wb)
MR : Moisture ratio
P : Tekanan (atm)
R : Konstanta gas universal ($8314.4 \text{ J kg}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
RH : Kelembaban udara (%)
T : Temperatur udara atau temperatur *puffing* ($^{\circ}\text{C}$)
k : Konstanta laju pengeringan (menit $^{-1}$)
m : Massa (gram)
t : Waktu pengeringan (menit)
 tp : Lama tekan *puffing* (menit)
 τ : Resisten bahan
e : Eksponensial

DAFTAR PUSTAKA

Brooker, D.B., Arkema. F.W., Hall. C.W. 1992. *Drying and Storage of Grains and Oil Seeds.* Van Nostrand Reinhold. New York

Earle, R.L. 1969. *Satuan Operasi Dalam Proses Pangan.* Sastra Hudaya.Bogor

Hall.,C.W. 1957.*Drying Farm Crops.* AVI Publishing Co. West Port Connecticut

Henderson, S.M., Perry. R.L. *Agricultural Process Engineering. Third Edition.* The AVI Publishing Company. Inc. Westpot Connecticut

Heldman, R. Dennis, R. Paul Singh. 1993. *Introduction to Food Engineering.* Second Edition. Academic Press: London.

Nainggolan, Werlin S. 1987. *Thermodinamika Teori Dan Soal Penyelesaian.* Armico. Bandung

Perry. 1999. *Chemical Hand Book.* The Mc Graw-Hill Companies. Inc

Soemangat.. 1998. *Kursus Singkat Teknologi Pasca Panen.* PAU Pangan Dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

S.T.A.R., Kajuna.dkk. .2001. *Thin-Layer Drying Of Diced Cassava Roots..*African Journal Of Science And Technology (AJST).Science And Engineering Series.Vol 2.No 2.pp. 94-100.

Tebeidie, Z.F.A. Payne Nod Cornelius. P.L. 1992. *Puffing Potato Piece with Carbondiokside Transactions.* ASAE 25 (6) :1935

Tyoso, Bowo Wikan. 1992. *Satuan Operasi Pada Proses Pangan II.* Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.

Walsh, D.E. and Gilles, K.A. *Pasta Technology - Elements Of Food Technology.* AVI Publishing Company, Inc.. 1977.

Wartono. 1997. *Peningkatan Laju Pengeringan Umbi-Umbian Dengan Puffing Gas CO₂ dan Udara.* Jurusan Teknik Pertanian. FTP. UGM. Yogyakarta