

KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA PENGERINGAN DAUN SAMBILOTO MENGGUNAKAN PENGERING HAMPA¹

Sri Rahayoe², Budi Rahardjo², Rr. Siti Kusumandari³

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pengeringan bahan herbal dan obat-obatan tradisional yang peka terhadap panas, berupa daun sambiloto menggunakan pengering bersuhu rendah dengan cara memberikan tekanan vakum pada ruang pengering. Sedangkan tujuan penelitian adalah menganalisis perpindahan panas dengan cara menganalisis koefisien perpindahan panas konveksi pada proses pengeringan daun sambiloto.

Pengeringan daun sambiloto dilakukan dengan variasi suhu dan tekanan ruang pengering suhu 30°C, 40°C, 50°C dan variasi tekanan 61 kPa, 48 kPa dan 35 kPa. Selama proses pengeringan perubahan suhu diukur tiap 10 menit selama 150 – 210 menit sesuai dengan kondisi suhu dan tekanan ruang pengering. Waktu pengeringan didasarkan pada indikator kadar air bahan yang semula 70% dikeringkan hingga 10%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan tekanan ruang pengering maka koefisien perpindahan panas konveksi cenderung meningkat. Dari hasil analisis menggunakan persamaan perpindahan panas menghasilkan koefisien perpindahan panas konveksi observasi 7 – 19 W/m²°C, dan koefisien perpindahan panas konveksi prediksi 12 – 19 W/m²°C. Persamaan empiris koefisien perpindahan panas konveksi sebagai fungsi suhu dan tekanan ruang pengering adalah $h_{pred} = 0,0848T^{1,082}p^{0,28}$.

Kata kunci: *daun Sambiloto, pengeringan bertekanan rendah, koefisien perpindahan panas konveksi*

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 Dosen Jurusan Teknik Pertanian, FTP-UGM

³ Mahasiswa S1 Jurusan teknik Pertanian, FTP UGM

A. PENDAHULUAN

Dewasa ini, banyak orang mengkonsumsi obat tradisional dikarenakan obat tidak kalah manjur dengan obat modern yang ada selama ini. Keanekaragaman hayati Indonesia masih sangat sedikit yang menjadi subjek penelitian ilmiah di Indonesia, padahal Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan keanekaragaman hayati terbesar di dunia dengan lebih kurang 30.000 jenis tumbuh-tumbuhan berikutan biota lautnya. Dari sekian besar jumlah tersebut baru sekitar 940 spesies yang diketahui berkhasiat terapeutik (mengobati) melalui penelitian ilmiah dan hanya sekitar 180 spesies diantaranya yang telah dimanfaatkan dalam temuan obat tradisional oleh industri obat tradisional Indonesia. Hal ini disebabkan oleh pemanfaatan tumbuhan di Indonesia untuk mengobati suatu penyakit biasanya hanya berdasarkan pengalaman empiris yang diwariskan secara turun temurun tanpa disertai data penunjang yang memenuhi persyaratan (Lisdawati, 2002).

Salah satu bahan obat tradisional yang banyak dimanfaatkan adalah daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*) yang banyak dijumpai hampir di seluruh kepulauan Nusantara. Daun sambiloto mengandung saponin, flavonoid, alkaloid, fenol dan tanin. Kandungan kimia lain yang terdapat pada daun dan batang adalah laktone, panikulin, kalmegin dan hablur kuning yang memiliki rasa pahit. Secara tradisional Sambiloto telah dipergunakan untuk mengobati gigitan ular atau serangga, demam, dan disentri, rematik, tuberculosis, infeksi pencernaan, dan lain-lain. Sambiloto juga dimanfaatkan untuk antimikroba/antibakteri, anti sesak napas dan untuk memperbaiki fungsi hati (Yusron, M., dkk., 2005).

Bahan lokal obat tradisional, seperti halnya hasil pertanian dan produk hayati lainnya, saat dipungut atau dipanen umumnya masih mengandung air cukup tinggi. Pada saat masih menjadi satu dengan tanaman induknya, dalam bahan jamu terjadi kegiatan metabolisme. Di dalam bahan tersebut juga terdapat enzim yang melakukan biosintesis mengubah glukosa hasil fotosintesis menjadi beberapa bahan kimia yang dapat digunakan untuk pengobatan. Bahan hayati tersebut setelah dipetik terpisah dari tanaman induknya masih berlangsung kegiatan metabolismenya namun tanpa substrat yang dapat dikatalisir. Enzim tersebut akan mengubah bahan kimia bermanfaat jamu menjadi bahan kimia lainnya yang tidak memiliki efek farmakologi. Kandungan air tinggi dalam bahan menyebabkan kegiatan enzim masih tinggi pula. Hal tersebut dapat dicegah bilamana bahan jamu tersebut segera dikeringkan dan dijaga kandungan airnya tetap rendah. Disamping itu beberapa bahan kimia berkhasiat farmakologi terkandung dalam bahan jamu peka akan suhu tinggi. Beberapa kandungan bahan

tersebut berupa minyak atsiri dengan titik didih rendah ($<70^{\circ}\text{C}$) dan beberapa diantaranya mengandung komponen yang mudah rusak pada suhu tinggi $>70^{\circ}\text{C}$ (Pramono, 2006).

Untuk menjaga kualitas bahan peramu obat tradisional sehabis dipetik perlu segera dikeringkan dan dijaga kadar air tetap rendah. Namun pengeringan dengan suhu tinggi dapat merusak kandungan bahan kimia berefek farmakologi. Selama ini pengeringan bahan herbal dan obat-obatan dilakukan dengan penjemuran sinar matahari. Kelemahan cara tersebut adalah bergantung pada iklim, waktu lama, dan kurang higienis. Sebagian kecil juga mengeringkan dengan oven.

Oleh karena itu pada penelitian dilakukan pengeringan bahan herbal dan obat-obatan tradisional yang peka terhadap panas, berupa daun sambiloto menggunakan pengering bersuhu rendah dengan cara memberikan tekanan vakum pada ruang pengering. Sedangkan tujuan penelitian adalah menganalisis perpindahan panas dengan cara menganalisis koefisien perpindahan panas konveksi pada proses pengeringan daun sambiloto.

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pendekatan teori

Pengeringan adalah penguapan air dari bahan yang merupakan suatu proses perpindahan panas dan perpindahan massa yang terjadi secara serempak, dimana media panas digunakan untuk menguapkan air dari permukaan bahan ke media pengering berupa udara. Laju pengeringan ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan uap dipermukaan bahan dengan tekanan uap di udara pengering (Bejan, 1984; Brooker, dkk., 1972; Crank, 1975; Lydersen., 1983; Myers, 1971; Orizik, 1980).

Pengeringan dengan tekanan vakum banyak dikembangkan untuk bahan peka panas. Disamping itu tekanan vakum merupakan usaha untuk menaikkan laju pengeringan. Tekanan vakum akan menurunkan tekanan parsial uap air di udara dibawah tekanan jenuhnya. Disamping itu tekanan vakum akan menurunkan titik didih air. Karenanya air akan cepat berubah menjadi uap dibawah titik didih dengan tekanan atmosfer. Pemanasan pada pengeringan vakum dapat dilakukan dengan microwave, ohmic dan secara konveksi-konduksi telah banyak dilakukan. Laju pemanasan sangat bervariasi tergantung pada sumber panasnya. Pada prinsipnya pengeringan dengan tekanan vakum dapat dilakukan dengan suhu rendah dengan laju penguapan yang cukup baik. (Drouzas,

1999; Kelen, dkk., 1996a dan 1996b; Kozanoglu, 2006; McMinn, 2006; Mongpraneet, dkk., 2002; Montgomery, dkk., 1998).

Perpindahan panas pada bahan seperti daun sambiloto dapat diasumsikan sama dengan perpindahan panas pada bijian tunggal. Partikel bijian yang dipanasi umumnya kecil sehingga suhu dalam partikel dapat dianggap merata. Untuk nilai $N_{Bi} < 0.1$ maka hambatan internal pindah panas dapat diabaikan. Ini berarti suhu pada keseluruhan bahan adalah seragam (merata). Pada kondisi tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan matematik (Singh dan Heldman, 2001):

$$q \approx \rho C_p V \frac{dT}{dt} = h A (T_u - T(t)) \quad (1)$$

$$\frac{dT}{(T_u - T(t))} = \frac{h A dt}{\rho C_p V} \quad (2)$$

Jika variabelnya dipisahkan dan diintegalkan pada limit tertentu maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$-\ln\left(\frac{T(t) - T_u}{T(o) - T_u}\right) = \frac{h A t}{\rho C_p V} \quad (3)$$

$$\frac{T(t) - T_u}{T(o) - T_u} = e^{-(hA / \rho C_p V)t} \quad (4)$$

Dimana q : laju perpindahan panas, ρ : densitas bahan, V : volume bahan, A : luas permukaan bahan, T_u : suhu udara pengering, $T(t)$: suhu bahan setelah waktu tertentu, t : waktu.

Pada persamaan (1), laju panas untuk penguapan akan diimbangi dengan laju panas yang diberikan ke bahan. Pada persamaan (4), ruas kiri disebut rasio suhu atau *temperature ratio* (TR). Dari persamaan diatas maka nampak bahwa laju pindah panas kedalam partikel sangat ditentukan oleh koefisien pindah panas permukaan h . Untuk itu perlu dilakukan kajian harga koefisien pindah panas permukaan dalam kondisi udara dengan tekanan vakum.

Nilai h pada persamaan (3) ditentukan dengan cara diubah menjadi bentuk linier sebagai berikut :

$$\ln\left(\frac{T(t) - T_u}{T(o) - T_u}\right) = -\frac{h A}{\rho C_p V} t \quad (5)$$

Pada persamaan (5) identik dengan $y = ax$, dimana waktu pengeringan (t) sebagai x dan $\ln TR$ sebagai nilai y , sehingga slope akan sama dengan $hA/\rho C_p V$. Dengan demikian nilai h dapat dihitung dan disebut h observasi.

Koefisien perpindahan panas konveksi akan bervariasi tergantung pada kondisi pengeringan berupa suhu (T) dan tekanan parsial uap dalam tekanan vakum (p). Koefisien perpindahan panas konveksi akan dihubungkan dengan peubah tersebut secara empiris sebagai berikut:

$$h_{prediksi} = aT^b p^c \quad (6)$$

Parameter a, b, c pada persamaan (5) ditentukan dengan cara membuat hubungan matematis sebagai berikut :

$$h_{observasi} = \log a + b \log T + c \log p \quad (7)$$

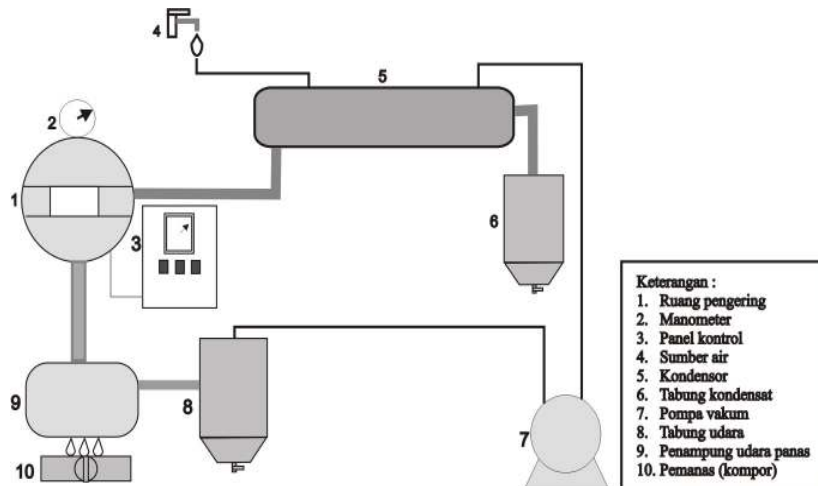
Dengan menggunakan SPSS, persamaan (6) menjadi bentuk regresi ganda sehingga dapat ditentukan parameter a, b, c sebagai berikut :

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 \quad (8)$$

2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama adalah daun Sambiloto yang diperoleh dari kebun salah seorang produsen bahan baku herbal dan obat-obatan tradisional yang berada di daerah Kaliurang, Sleman, Yogyakarta. Adapun sifat fisik dan termis daun sambiloto sebagai berikut : kadar air awal $\pm 70\%$, densitas (ρ) $691,73 \text{ kg/m}^3$, panas jenis (C_p) $3,375 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, konduktivitas panas (k) $0,483 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, dan luas permukaan (A) $0,118 \times 10^{-2} \text{ m}^2$.

Peralatan utama yang digunakan berupa pengering vakum dengan kapasitas 2 kg (Gambar 1) dan peralatan pendukung berupa oven, termokopel, timbangan analitis, cawan, dan stopwatch.



Gambar 1. Skema alat pengering vakum

3. Prosedur percobaan

Sebelum pengambilan data dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan lama pengeringan tiap variasi untuk mencapai kadar air daun sambiloto $\pm 10\%$. Pengeringan daun Sambiloto dilakukan dalam tiga variasi suhu dan tekanan ruang pengering yaitu suhu 30°C , 40°C , 50°C dan tekanan 60 kPa , 50 kPa , 35 kPa . Pemanas dinyalakan dan pada kontrol panel suhu diatur sesuai variasi. Setelah tercapai suhu yang diinginkan, sampel sebanyak $\pm 100\text{ g}$ dimasukkan dalam ruang pengering (disusun dalam rak pengering) dan kondisi vakum mulai dilakukan dengan cara menghisap udara dalam ruang pengering.

Perubahan suhu bahan dan suhu ruang pengering diukur menggunakan termokopel dengan cara memasang kabel termokopel pada sampel sebelum dimasukkan kedalam ruang pengering. Pengukuran suhu dilakukan tiap 10 menit selama pengeringan daun sambiloto dari kadar air $\pm 70\%$ hingga dicapai $\pm 10\%$ yang memerlukan waktu antara 150 – 210 menit (sesuai penelitian pendahuluan).

4. Analisis data

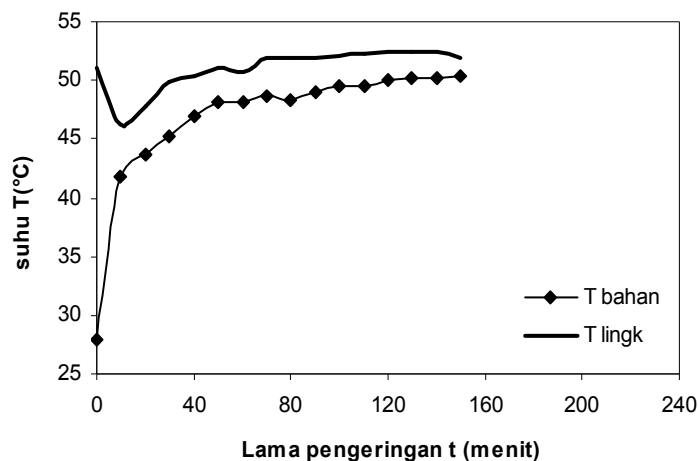
Dari data yang terkumpul yaitu suhu bahan tiap waktu digunakan untuk menentukan nilai koefisien perpindahan panas konveksi (h) yang disebut $h_{\text{observasi}}$ seperti pada persamaan (5), sedangkan h_{prediksi} sebagai fungsi suhu dan tekanan dianalisis menggunakan persamaan (7). Nilai $h_{\text{observasi}}$ dan h_{prediksi} dibandingkan dan selanjutnya

digunakan untuk menghitung suhu bahan prediksi (T_{prediksi}) selama pengeringan. Suhu prediksi juga dibandingkan dengan suhu observasi.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perubahan Suhu Bahan Selama Pengeringan

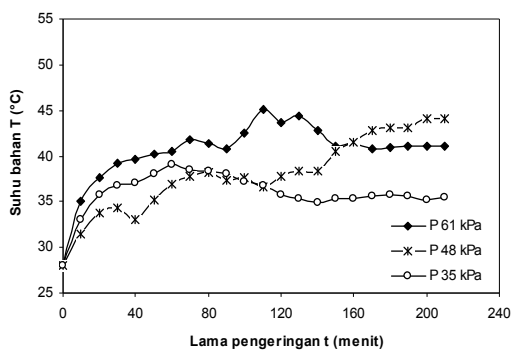
Berdasarkan data perubahan suhu bahan selama pengeringan salah satu variasi disajikan pada Gambar 2.



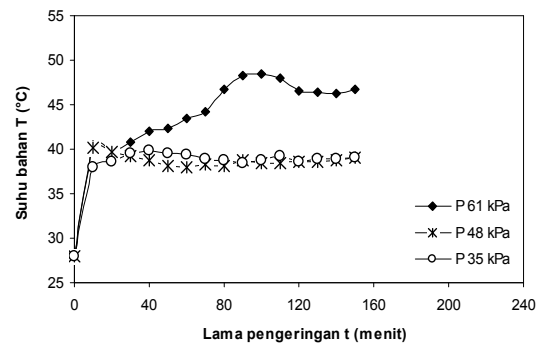
Gambar 2. Perubahan suhu bahan dan lingkungan pada pengeringan suhu 50°C, tekanan 35 kPa

Dari gambar nampak peningkatan suhu ruang pengering beriringan dengan kenaikan suhu bahan, yang menunjukkan bahwa suhu ruang pengering tidak dapat konstan meskipun pada panel sudah diset konstan. Hal tersebut antara lain disebabkan hubungan tekanan dan suhu yaitu semakin rendah tekanan maka suhu juga semakin rendah dan sebaliknya, sehingga untuk membuat tekanan dan suhu supaya konstan sulit dilakukan.

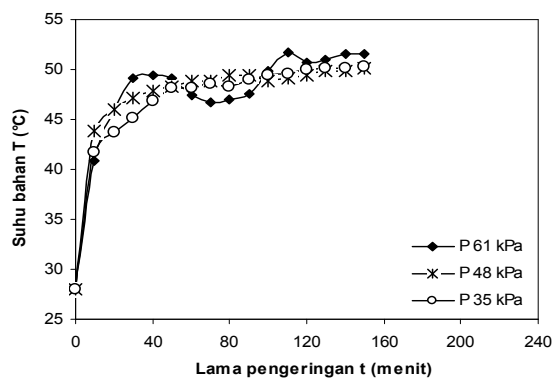
Pada proses pengeringan terjadi perambatan panas ke bahan sehingga menaikkan suhu bahan. Suhu bahan ini akan terus naik hingga mendekati suhu ruang pengering. Besar tekanan pada ruang pengering akan mempengaruhi perubahan suhu bahan yang dikeringkan. Pengaruh variasi tekanan pada suhu yang sama ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)



(b)

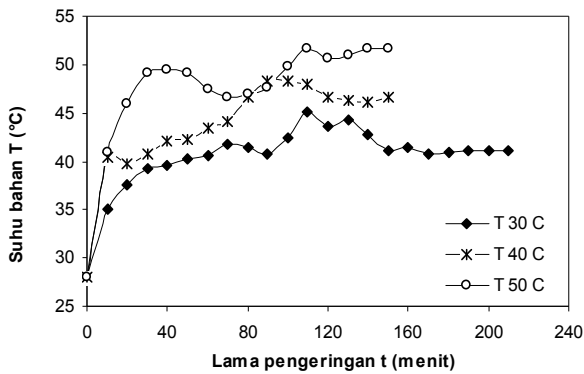


(c)

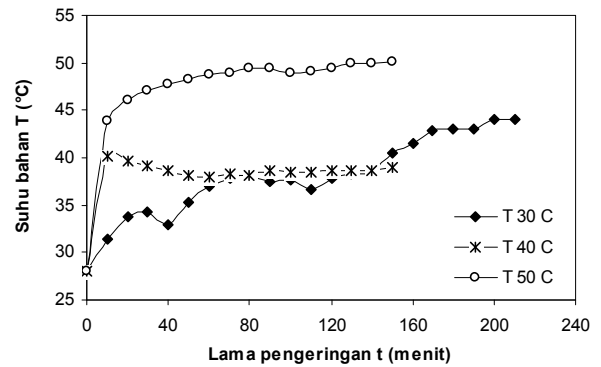
Gambar 3. Perubahan suhu bahan pada berbagai variasi tekanan pada suhu (a) 30°C, (b) 40°C, (c) 50°C

Berdasarkan gambar di atas terlihat, semakin tinggi suhu ruang pengering ternyata perubahan suhu bahan memberikan perbedaan yang semakin kecil pada tekanan yang bervariasi. Selain itu nampak pada suhu yang sama, semakin kecil tekanan udara ruang pengering, maka perubahan suhu bahan semakin lambat. Hal tersebut dapat menjelaskan fenomena bahwa semakin vakum maka media udara sebagai penghantar panas semakin berkurang yang berakibat suhu bahan lebih rendah.

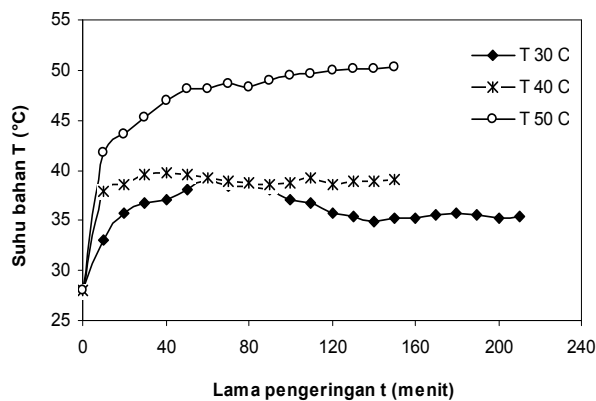
Sedangkan pengaruh variasi suhu pada tekanan yang sama disajikan pada Gambar 4.



(a)



(b)



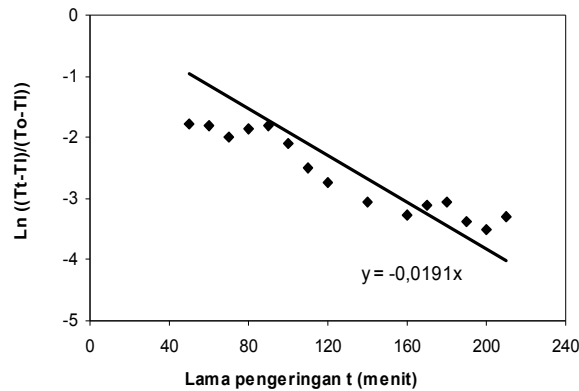
(c)

Gambar 4. Perubahan suhu bahan pada berbagai variasi suhu pada tekanan (a) 61 kPa, (b) 48 kPa, (c) 35 kPa

Dari gambar tampak bahwa suhu ruang pengering sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan. Pada tekanan yang sama semakin tinggi suhu ruang pengering maka perubahan suhu bahan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dan hal tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien perpindahan panas konveksi.

2. Koefisien Perpindahan panas Konveksi

Penentuan koefisien perpindahan panas konveksi dilakukan menggunakan analisis regresi linier, salah satu contoh ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Ln TR versus waktu pada kondisi ruang pengering suhu 30°C dan tekanan 61 kPa

Slope pada Gambar 5, digunakan untuk menghitung nilai $h_{\text{observasi}}$ sehingga hasilnya 12,8412 W/m²°C. Dengan cara yang sama, nilai koefisien perpindahan panas konveksi pada pengeringan daun sambiloto pada suhu dan tekanan yang bervariasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien perpindahan panas konveksi observasi pada berbagai suhu dan tekanan

T (°C)	P (kPa)	$h_{\text{observasi}}$ (W/m ² °C)
30	61	12,8412
	48	7,7316
	35	8,4039
40	61	14,0513
	48	14,3203
	35	18,4886
50	61	18,6231
	48	17,3457
	35	12,9084

Dari Tabel 1, tampak kecenderungan pada suhu ruang pengering yang sama, semakin tinggi tekanan, maka $h_{\text{observasi}}$ makin besar dan pada tekanan yang sama semakin tinggi suhu ruang pengering, maka $h_{\text{observasi}}$ semakin meningkat pula. Hal tersebut memberikan fenomena bahwa semakin rendah ruang pengering maka udara semakin berkurang sehingga perpindahan panas yang terjadi juga rendah.

Berdasarkan nilai $h_{\text{observasi}}$ pada Tabel 1, digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas konveksi sebagai fungsi suhu dan tekanan atau disebut h_{prediksi} . Dengan menggunakan SPSS, maka dapat diketahui parameter a,b,dan c, sehingga persamaan empiris yang dihasilkan sebagai berikut :

$$h_{\text{pred}} = 0,0848T^{1,082}P^{0,28}$$

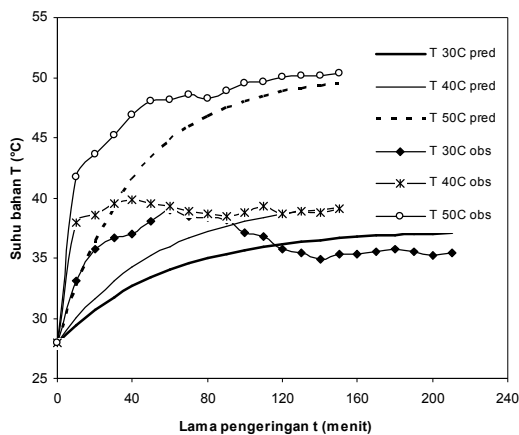
Dengan menggunakan persamaan di atas maka dapat ditentukan $h_{prediksi}$. seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Koefisien perpindahan panas konveksi prediksi pada berbagai suhu dan tekanan

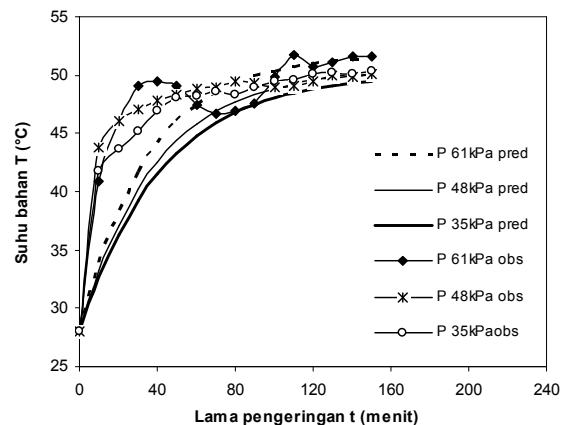
T (°C)	P (kPa)	$h_{prediksi}$ (W/m ² °C)
30	61	14,5329
	48	13,0639
	35	11,4980
40	61	16,4869
	48	13,6353
	35	12,3815
50	61	19,1939
	48	17,4694
	35	15,8196

Nilai $h_{prediksi}$ pada Tabel 2 juga menunjukkan kecenderungan yang sama dengan nilai $h_{observasi}$.

Suhu prediksi yang diperoleh dengan memasukkan $h_{prediksi}$ pada persamaan (4) ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Perubahan suhu bahan prediksi dan observasi pada tekanan 35 kPa



Gambar 7. Perubahan suhu bahan prediksi dan observasi pada suhu 50°C

Fenomena pengaruh suhu maupun tekanan terhadap perubahan suhu bahan menunjukkan hal yang sama dengan hasil percobaan (observasi). Hasil uji validasi antara suhu observasi dan prediksi menggunakan SPSS ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji validasi suhu prediksi

Suhu (°C)	Tekanan (kPa)	F hit.	Sig.
30	61	9,669	0,003
	48	3,173	0,082
	35	2,689	0,109
40	61	3,724	0,063
	48	2,721	0,109
	35	5,189	0,030
50	61	0,447	0,509
	48	1,609	0,214
	35	1,952	0,173

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada suhu 30°C tekanan 61 kPa dan suhu 40°C tekanan 35 kPa memiliki signifikansi lebih kecil dari 0,05 (<0,05). Hal ini berarti bahwa pada variasi tersebut memiliki perbedaan antara suhu observasi dan prediksi. Perbedaan antara suhu observasi dan prediksi terjadi akibat adanya perubahan suhu bahan yang mencolok pada suhu observasi. Hal ini membuat data tidak seragam dan memiliki selisih yang besar dengan suhu bahan prediksi. Sedangkan untuk variasi yang lain, dapat diketahui bahwa antara suhu bahan observasi dan prediksi tidak memiliki perbedaan yang nyata karena signifikansi data lebih besar dari 0,05 (>0,05).

Dari seluruh analisa data, dapat diketahi bahwa perpindahan panas konveksi lebih mudah terjadi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Pada penelitian ini, perpindahan panas konveksi paling besar pada tekanan 61 kPa.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengeringan bersuhu rendah daun Sambiloto diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi suhu dan tekanan ruang pengering maka koefisien perpindahan panas konveksi dan koefisien laju pengeringan cenderung meningkat.
2. Koefisien perpindahan panas konveksi observasi berkisar antara 7,7316 – 18,6231 W/m²°C.
3. Model matematik perpindahan panas konveksi dengan $h_{pred} = 0,0848T^{1,082}p^{0,28}$ dapat digunakan untuk memprediksikan perubahan suhu bahan selama pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brooker, Donald B, Fred W Bakker-Arkema, dan Carl W Hall. 1992. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Chakraverty, Amalendu. 2001. *Postharvest Technology*. Science Publisher. Inc., Enfield. USA.
- Chaovanalikit, A dan Wrolstad, R. E. 2004. Total Anthocyanins and Total Phenolic of Fresh and Processed Cherries and Their Antioxidant Properties. *Journal of Food Sciences*. 67-72.
- Earle, R. L. 1969. *Operation in Food Processing*. Diterjemahkan oleh: Zein Nasution. Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan. PT. Sastra Hudaya. IKAPI.
- Heldman, D. R. and Lund, D. B. 1992. *Handbook of Food Engineering*. Marcell Dekker. Inc. New York.
- Heldman, D. R. and Singh, R. P., 1981. *Introduction to Food Engineering*. The AVI Publishing Company, Inc. West Port, CT.
- Kreith, F. 1973. *Principles or Heat Transfer*. Harper and Row Publisher. Inc. New York.
- Lisdawati, Vivi. 2002. *Makalah :Buah Mahkota Dewa-Toksisitas, Efek Antioksidan dan Efek Antikanker Berdasarkan Uji Penapisan Farmakologi*. www.mahkotadewa.com. Download tanggal 21 Juni 2007.
- Rachmawan, Obin. 2001. *Pengeringan, Pendinginan, dan Pengemasan Komoditas Pertanian*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Setiyo, Yohanes. 2003. *Aplikasi Sistem Kontrol Suhu dan Pola Aliran Udara pada Alat Pengereng Tipe Kotak untuk Pengeringan Buah Salak*. Jurnal Institut Pertanian Bogor.
- Watson, E. L., dan V. K. Bhargava. 1974. *Thin Layer Drying Studies on Wheat*. Canadian Agricultural Engineering. Vol 16 (1).
- Winarno, F. G. , Fardiaz, S., 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Edisi II. Gramedia. Jakarta.