

KAJIAN PENGUAPAN AIR DAN PENYERAPAN MINYAK PADA PENGGORENGAN UBI JALAR (*Ipomoea batatas* L.) DENGAN METODE DEEP-FAT FRYING

*Moisture Loss and Fat Uptake on Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Frying Using Deep-Fat Frying Method*

Ratnaningsih¹, Budi Rahardjo², Suhargo²

ABSTRAK

Deep-fat frying merupakan proses pemasakan dan pengeringan yang terjadi melalui kontak dengan minyak panas dan ini meliputi perpindahan panas dan massa secara simultan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fenomena penguapan air dan penyerapan minyak yang terjadi selama proses penggorengan ubi jalar dengan metode penggorengan deep-fat frying pada berbagai suhu penggorengan. Ubijalar dibentuk irisan balok dengan ukuran 1x1x5 cm³, kemudian digoreng pada suhu 160, 170 and 180°C. Model analogi Hukum Pendinginan Newton dapat menjelaskan dengan baik laju penguapan air dan penyerapan minyak pada penggorengan ubi jalar menggunakan metode deep-fat frying dengan persamaan $MR = e^{-0.0052.t}$ ($R^2=0,997$), $MR = e^{-0.0054.t}$ ($R^2=0,997$) dan $MR = e^{-0.0064.t}$ ($R^2=0,997$) untuk penguapan air dan $OR = e^{-0.0015.t}$ ($R^2=0,95$), $OR = e^{-0.0018.t}$ ($R^2=0,94$) dan $OR = e^{-0.0023.t}$ ($R^2=0,98$) untuk penyerapan minyak pada suhu 160, 170 dan 180°C. Energi aktivasi untuk penguapan air adalah 2,72 kJ/mol dan untuk penyerapan minyak adalah 4,19 kJ/mol. Kadar air dan minyak ubi jalar selama penggorengan berhubungan secara linier pada 170 dan 180°C dan nonlinier pada 160°C.

Kata kunci: penguapan air, penyerapan minyak, ubi jalar, deep-fat frying.

ABSTRACT

Deep-fat frying was a process of cooking and drying through contact with hot oil and it involves simultaneous heat and mass transfer. The aims of this research was to study the moisture loss and fat uptake phenomenon during sweet potatoes frying using deep-fat frying method. Sweet potatoes were shaped in bar-strip measuring 1x1x5 cm³ and fried with varying temperature of 160, 170 and 180°C. The moisture loss and oil uptake phenomenon can be analogically modeled referring to Newton's Law of Cooling, by equation ($R^2=0,997$), ($R^2=0,997$) and ($R^2=0,997$) for moisture loss and ($R^2=0,95$), ($R^2=0,94$) and ($R^2=0,98$) for fat uptake on 160, 170 and 180°C frying temperature, respectively. The activation energies were 2,72 kJ/mol for moisture loss and 4,19 kJ/mol for oil uptake. Moisture and fat content had linier relationship for 170 and 180°C and non-linier relationship for 160°C.

Keywords: moisture loss, fat uptake, sweet potatoes, deep-fat frying.

PENDAHULUAN

Ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) merupakan tanaman palawija sumber karbohidrat yang cukup potensial dan prospektif sebagai bahan diversifikasi pangan. Ditinjau dari nilai gizinya, kandungan karbohidrat ubi jalar mencapai 80-

90% dari berat keringnya dan mampu menghasilkan karbohidrat sebesar 48x10³ kalori/ha/hari (Sunarjo, 1984). Selain sebagai sumber karbohidrat, ubi jalar juga kaya vitamin A, vitamin C dan mineral antara lain kalium, besi dan fosfor.

Pengolahan ubi jalar sebagai makanan pokok sepanjang tahun terbatas dikonsumsi oleh penduduk di Papua dan

¹ Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Jl. Raya Kendalpayak Km. 8, PO.BOX. 66 Malang 65101

² Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Yogyakarta 55281.

Maluku. Pengolahan ubi jalar sebagai bahan pangan masih terbatas pada bentuk-bentuk makanan tradisional, seperti direbus, digoreng, kolak, gethuk dan kripik (Harnowo dkk., 1994). Menurut Ginting (2005), ubi jalar segar dapat diolah menjadi umbi kukus/goreng, keripik, stik, *juice*, saos dan selai ubi jalar. Selain itu ubi jalar dapat diolah menjadi produk antara, seperti tepung ubi jalar, granula dan pati ubi jalar.

Salah satu cara pengolahan ubi jalar yang umum dilakukan skala rumah tangga adalah dengan digoreng. Proses pengolahan ini dipilih karena produk makanan yang dihasilkan akan memberikan cita rasa yang lebih gurih dan nikmat. Menggoreng merupakan perlakuan panas terhadap bahan untuk mematangkan bahan. Proses utama yang terjadi selama proses penggorengan adalah perpindahan panas dan massa, dengan minyak yang berfungsi sebagai media penghantar panas (Suyitno, 1991; Moreira, 1999). Panas yang diterima bahan akan dipergunakan untuk berbagai keperluan antara lain: untuk penguapan air, gelatinisasi pati, denaturasi protein, pencoklatan dan karamelisasi. Dalam perlakuan ini, sebagian air akan menguap dan ruang kosong yang semula diisi air akan diisi dengan minyak (Weiss, 1983). Proses yang kompleks ini harus dikendalikan sedemikian rupa sehingga tidak merusak mutu produk. Salah satu pengendaliannya adalah mengatur waktu dan suhu penggorengan (Suyitno, 1991; Moreira, 1999; 2004).

Deep-fat frying merupakan proses pemasakan dan pengeringan yang terjadi melalui kontak dengan minyak panas dan ini meliputi perpindahan panas dan massa secara simultan. Minyak mempunyai fungsi ganda dalam penyiapan makanan, karena minyak berfungsi sebagai media transfer panas antara makanan dan penggorengan, dan minyak juga sebagai pemberi kontribusi pada tekstur dan cita rasa bahan gorengan. Kecepatan dan efisiensi proses penggorengan tergantung pada suhu dan kualitas minyak goreng. Suhu minyak yang biasa dipergunakan adalah 150 – 190°C (Moreira, 1999; 2004; Dunford, 2006).

Penelitian dengan metode penggorengan *deep-fat frying* telah banyak dilakukan, antara lain pada kentang yang menunjukkan laju pengeringan 0,46 kg/m² jam dan rasio penyerapan minyak 0,086 (Firdaus dkk., 2001) dan pada tahu yang menunjukkan laju pengeringan 3,6x10⁻⁵; 3,72x10⁻⁵ dan 5,93x10⁻⁵ kg/s berturut-turut pada suhu penggorengan 147, 160 dan 172°C (Baik dan Mittal, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fenomena penguapan air dan penyerapan minyak yang terjadi selama proses penggorengan ubi jalar dengan metode penggorengan *deep-fat frying* pada berbagai suhu penggorengan.

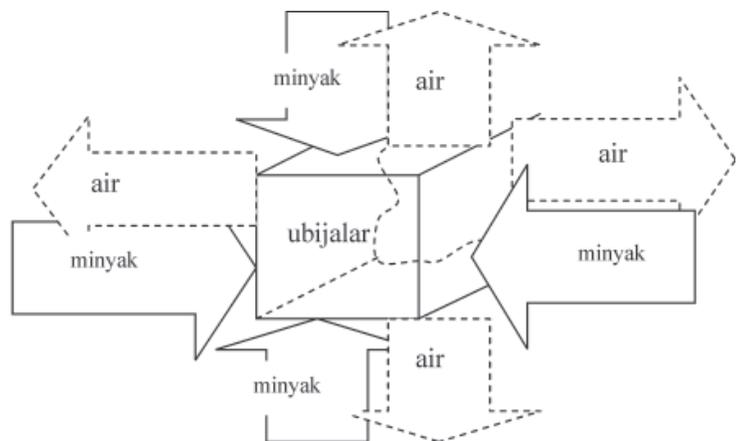
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Lab. Teknik Produk Pertanian, Fak. Teknologi Pertanian UGM pada bulan Februari – Mei

2003. Penelitian dilakukan secara bertahap, meliputi penentuan lama penggorengan ubijalar sampai matang, penentuan kadar air dan kadar minyak ubijalar selama penggorengan pada variasi suhu 160, 170 dan 180°C. Bahan yang digunakan dalam penelitian ialah ubijalar (*Ipomoea batatas L.*) yang berwarna daging umbi putih dengan kadar air 65% bb dan minyak goreng yang diperoleh dari pasar lokal di Yogyakarta, serta *petroleum ether* yang diperoleh dari CV General Labora, Yogyakarta. Ubijalar dibentuk irisan balok dengan ukuran 1x1x5 cm³, kemudian digoreng menggunakan *deep-fat fryer*, sehingga seluruh permukaan ubijalar terendam dalam minyak sebagai media penggoreng.

Penentuan lama penggorengan ubijalar dilakukan dengan uji kematangan terhadap ubijalar goreng pada variasi suhu penggorengan 160, 170 dan 180°C yang digoreng selama 120, 240, 360, 480 dan 600 detik. Uji kematangan dilakukan secara sensoris oleh 20 orang panelis dengan menentukan tingkat kematangan dari 1 (mentah), 2 (setengah matang), 3 (matang), 4 (terlalu matang) dan 5 (gosong).

Untuk mengkaji fenomena penguapan air dan penyerapan minyak selama penggorengan dilakukan pengukuran terhadap kadar airnya setiap selang waktu 60 detik penggorengan dan pengukuran kadar minyaknya dilakukan pada 60 dan 120 detik pertama dan dilanjutkan pada tiap selang waktu 120 detik, sampai ubijalar dinyatakan matang pada suhu penggorengan 160, 170 dan 180°C. Pengamatan dilakukan 3 ulangan. Kadar air bahan diukur dengan metode oven dan kadar minyak diukur dengan metode soxhlet (AOAC, 1990).



Gambar 1. Skema kehilangan air dan konsumsi lemak selama penggorengan ubi jalar.

Analisa Data:

1. Untuk mengetahui laju penguapan air bahan gorengan digunakan analogi Hukum Pendinginan Newton dengan analisis pengering. Dengan asumsi bahwa laju kehilangan lengas dari sebutir bijian yang dikelilingi udara pengering

sebanding dengan perbedaan antara kadar air bijian dan kadar air setimbang, yang dinyatakan dengan (Costa dan Oliviera, 2000; Krokida, 2000):

$$\frac{\partial M}{\partial t} = K(M - Me) \dots\dots\dots (1)$$

sehingga laju penguapan air () dapat ditentukan dengan menurunkan persamaan (1) menjadi:

$$\frac{M - Me}{Mo - Me} = e^{-K_x.t} \dots\dots\dots (2)$$

di mana: M = kadar air bahan gorengan pada lama penggorengan t detik; Mo = kadar air awal dari bahan gorengan; Me = kadar air setimbang antara bahan gorengan dengan minyak; K_x = laju penguapan air dari bahan gorengan; dan t = lama penggorengan (detik).

$\frac{M - Me}{Mo - Me}$ disebut sebagai nisbah lengas atau *Moisture Ratio (MR)*, sehingga persamaan (2) dapat dinyatakan sebagai:

$$MR = e^{-K_x.t} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan menggunakan analogi yang sama, laju penyerapan minyak bahan gorengan dapat dinyatakan dengan persamaan (Krokida, 2000; Pudja, 2003):

$$OR = e^{-K_y.t} \dots\dots\dots (4)$$

di mana: OR = *Oil Ratio* atau nisbah minyak; K_y = laju penyerapan minyak bahan gorengan; dan t = lama penggorengan (detik).

- Untuk mengetahui pengaruh suhu (T) terhadap laju penguapan air dan penyerapan minyak ubi jalar selama proses penggorengan sesuai yang dikemukakan Arrhenius, dinyatakan dengan (Labusa dan Riboh, 1982):

$$K_p = A.e^{-\frac{kb}{T}} \dots\dots\dots (5)$$

di mana: K_p = kecepatan reaksi selama pengolahan; T = suhu penggorengan (kelvin); kb = energi aktivasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

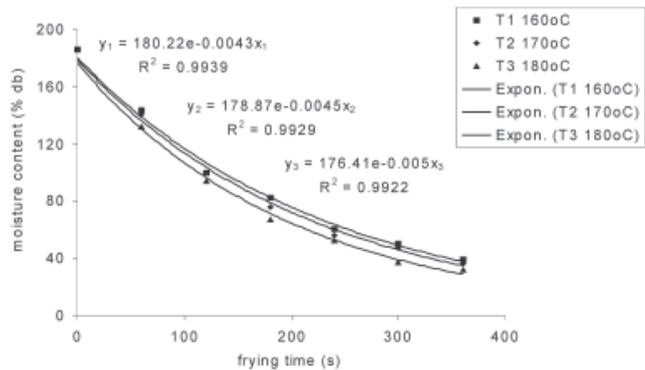
Penentuan lama penggorengan

Dengan uji ANOVA pada taraf signifikansi 5% tampak bahwa lama penggorengan memberikan pengaruh terhadap penilaian tingkat kematangan ubi jalar untuk masing-masing suhu penggorengan. Panelis memberikan penilaian bahwa yang dianggap matang untuk suhu penggorengan 160, 170 dan 180°C adalah ubi jalar yang digoreng selama 360 detik dengan skor kematangan rata-rata berturut-turut adalah 2,9; 3,2 dan 3,3 (skor 3 = matang).

Penguapan air selama penggorengan

Selama proses penggorengan, ubi jalar mengalami penurunan kadar air dari awalnya 65,04% (bb) menjadi 28,26%, 26,89% dan 24,19% (bb) berturut-turut untuk suhu penggorengan 160, 170 dan 180°C. Phenomena penguapan air pada ubi jalar cenderung mengikuti kurva eksponensial seperti terlihat pada Gambar 2, dengan koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,99 – 1,00. Pada 120 detik pertama kemiringan grafik lebih tajam dibandingkan detik berikutnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada 120 detik pertama terjadi penguapan air secara cepat, yang kemudian dilanjutkan dengan perlahan pada detik selanjutnya. Seperti yang terjadi pada penggorengan beberapa produk lain, yang mengalami penguapan air secara cepat pada 2-3 menit pertama penggorengan (Indira dkk., 1999; Budzaki dan Seruga, 2005; Ngadi dkk., 2006)

Penguapan air pada ubi jalar selama penggorengan ditandai dengan adanya gelembung-gelembung udara yang keluar dari ubi jalar, yang menandai adanya ruang kosong di dalam ubi jalar (Weiss, 1983). Penguapan air pada ubi jalar selama penggorengan terjadi karena suhu minyak sebagai media penggoreng melebihi titik didih air, sehingga air dalam bahan menguap.



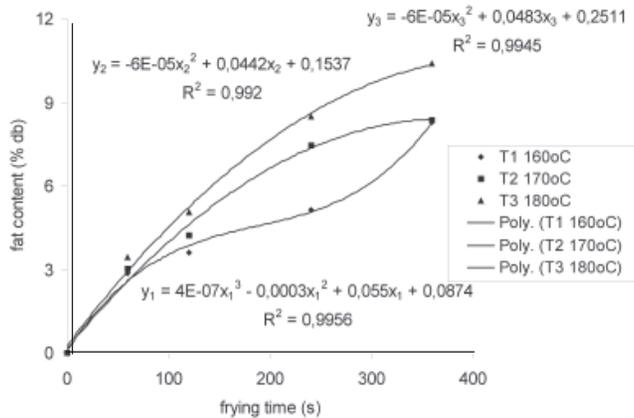
Gambar 2. Penurunan kadar air (% db) selama penggorengan ubi jalar pada berbagai suhu.

Penyerapan minyak selama penggorengan

Selama proses penggorengan, ubi jalar mengalami peningkatan kadar minyak dari kadar minyak awal yang diasumsikan 0 menjadi kadar minyak 8,27%, 8,38% dan 10,41% (bk) berturut-turut untuk suhu penggorengan 160, 170 dan 180°C. Semakin lama waktu penggorengan dan semakin tinggi suhu minyak goreng yang digunakan maka semakin banyak minyak yang terserap. Hal ini disebabkan semakin banyak air yang teruapkan maka semakin besar rongga/ruang kosong yang dapat terisi oleh minyak sebagai media penggoreng (Weiss, 1983).

Penyerapan minyak pada ubi jalar selama penggorengan mengikuti kurva polinomial derajat 2 untuk tiap-tiap suhu

penggorengan, dengan koefisien determinasi (R^2) 0,99 – 1 (Gambar 3). Phenomena ini tidak sesuai dengan kentang dan *chicken nuggets* yang mengikuti kurva linier (Gamble dkk., 1987; Ngadi dkk., 2006)



Gambar 3. Kenaikan kadak lemak (% db) selama penggorengan ubi jalar pada berbagai suhu.

Model laju penguapan air dan penyerapan minyak selama penggorengan

Kadar air setimbang (Me) ubi jalar selama penggorengan diperoleh dari persamaan linier regresi 1, seperti terlihat pada Tabel 1. Persamaan *Moisture Ratio (MR)* ubi jalar selama penggorengan pada suhu 160, 170 dan 180°C adalah berturut-turut ($R^2=0,997$), ($R^2=0,997$) dan ($R^2=0,997$) (Gambar 4). Konstanta laju penguapan air (λ) ubi jalar selama penggorengan adalah 0,0052/detik, 0,0054/detik dan 0,0064/detik berturut-turut untuk suhu 160, 170 dan 180°C. Laju penguapan air ini lebih kecil dibanding pada tahu yang berkisar $3,6 - 5,9 \times 10^{-5}$ kg/s (Baik dan Mittal, 2002).

Dengan merujuk pada kadar minyak setimbang (Oe) = 19,37% untuk penggorengan kentang dengan *deep-fat frying* (Pudja, 2003), diperoleh persamaan *Oil Ratio (OR)* ubi jalar selama penggorengan pada suhu 160, 170 dan 180°C adalah berturut-turut ($R^2=0,95$), ($R^2=0,94$) dan ($R^2=0,98$) (Gambar 5). Konstanta laju penyerapan minyak (K_y) ubi jalar selama

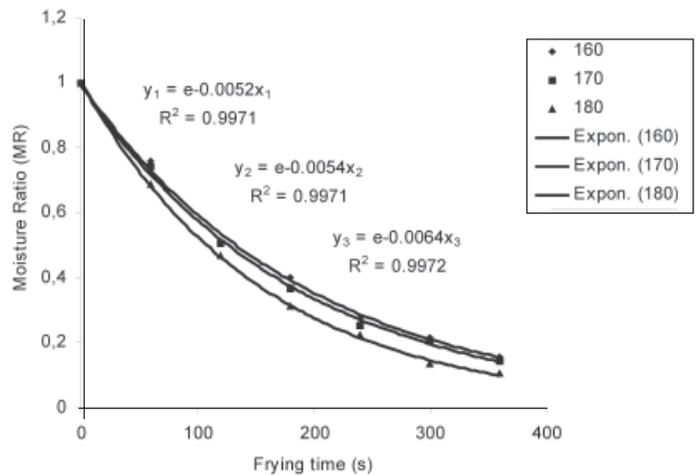
penggorengan adalah 0,0015/detik, 0,0018/detik dan 0,0023/detik berturut-turut untuk suhu 160, 170 dan 180°C.

Pengaruh suhu penggorengan terhadap laju penguapan air (K_x) dan penyerapan minyak (K_y) ubi jalar dimodelkan dengan persamaan Arrhenius, berturut-turut dinyatakan dengan persamaan (6) dan (7).

$$\ln K_x = 0,959 - \frac{2716}{T}; R^2 = 0,96 \dots\dots\dots (6)$$

$$\ln K_y = 3,155 - \frac{4186}{T}; R^2 = 0,99 \dots\dots\dots (7)$$

Energi aktivasi untuk penguapan air adalah 2,72 kJ/mol dan untuk penyerapan minyak adalah 4,19 kJ/mol. Energi aktivasi untuk penguapan air yang diperoleh ubi jalar selama penggorengan lebih rendah dibandingkan pada chicken nuggets (8,04 kJ/mol) (Ngadi dkk., 2006), *samosa* (14,34kJ/mol) (Indira dkk., 1999) dan adonan *Krostula* (30 kJ/mol) (Budzaki dan Seruga, 2005) yang digoreng dengan menggunakan metode *deep-fat frying*. Energi aktivasi untuk penyerapan minyak ubi jalar (4,19 kJ/mol) lebih tinggi dari



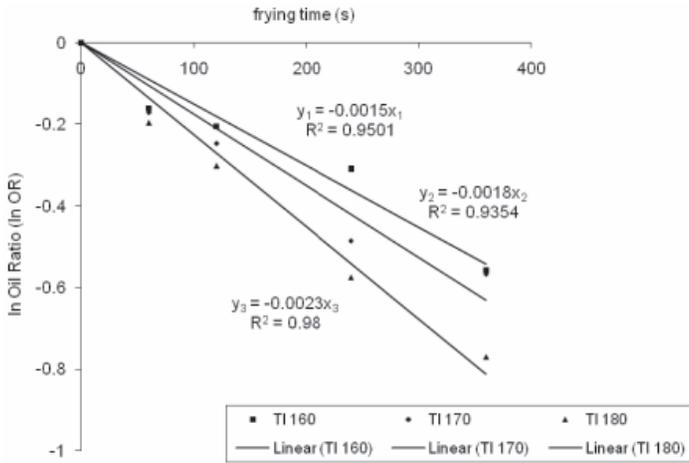
Gambar 4. Hubungan eksponensial rasio air dan waktu penggorengan.

TABEL 1. PARAMETER-PARAMETER DALAM MODEL PENGUAPAN AIR UBIJALAR SELAMA PROSES PENGGORENGAN PADA BERBAGAI VARIASI SUHU PENGGORENGAN.

Suhu penggorengan (°C)	g	gMe	Me	R ²
160	-0,0045	-0,0570	12,67	0,8726
170	-0,0046	-0,0549	11,93	0,9544
180	-0,0053	-0,0745	14,06	0,9871

* $dM/dt = grad(M - Me)$

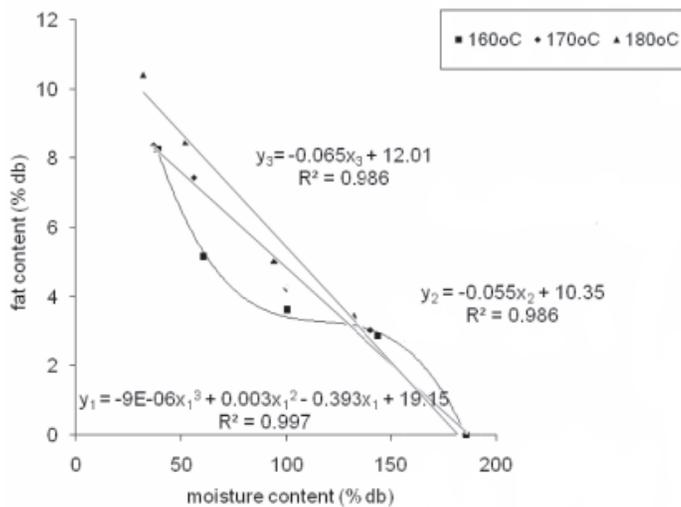
penguapan airnya. Hal ini menunjukkan bahwa energi yang dibutuhkan ubi jalar untuk menyerap minyak lebih besar daripada energi yang dibutuhkan minyak untuk menguapkan air (Krokida dkk., 2000).



Gambar 5. Hubungan antara rasio minyak dan waktu penggorengan.

Hubungan kadar air dan kadar minyak selama penggorengan

Gamble dkk. (1987) melaporkan bahwa terdapat hubungan antara penyerapan minyak dan penguapan air selama penggorengan keripik kentang. Demikian juga ubi jalar, kadar air dan kadar minyak mengikuti kurva polinomial derajat 3 untuk suhu 160°C dan mengikuti kurva linier untuk suhu penggorengan 170 dan 180°C (Gambar 6). Hal ini sesuai yang dilaporkan Gamble dkk. (1987), Krokida dkk., (2000) dan Ngadi dkk. (2006), bahwa terdapat hubungan linier antara kadar minyak dan kadar air bahan selama penggorengan



Gambar 6. Hubungan antara kadar air dan kadar lemak ubi jalar selama penggorengan pada berbagai suhu.

menggunakan metode *deep-fat frying*. Hubungan ini terjadi disebabkan oleh material produknya, perluasan transfer massa dan perubahan struktur bahan selama penggorengan. Ubi jalar suhu penggorengan 160°C memiliki pola hubungan yang berbeda dari suhu yang lain. Hal ini disebabkan perubahan struktur bahan selama penggorengan tidak terjadi secara sempurna, sehingga menyebabkan penguapan air dan penyerapan minyak tidak simultan, sedang pada suhu 170 dan 180°C lebih sempurna sehingga terjadi hubungan linier (Ngadi dkk, 2006).

KESIMPULAN

Model analogi Hukum Pendinginan Newton dapat menjelaskan dengan baik laju penguapan air dan penyerapan minyak pada penggorengan ubi jalar menggunakan metode *deep-fat frying* dengan persamaan ($R^2=0,997$), ($R^2=0,997$) dan ($R^2=0,997$) untuk penguapan air dan ($R^2=0,95$), ($R^2=0,94$) dan ($R^2=0,98$) untuk penyerapan minyak pada suhu 160, 170 dan 180°C. Energi aktivasi untuk penguapan air adalah 2,72 kJ/mol dan untuk penyerapan minyak adalah 4,19 kJ/mol. Kadar air dan minyak ubi jalar selama penggorengan berhubungan secara linier pada 170 dan 180°C dan non-linier pada 160°C.

DAFTAR PUSTAKA

AOAC. 1990. Official methods of analysis of association of official analytical chemist. AOAC Int. Washington D.C.

Baik, O.D. dan Mittal, G.S. 2002. Heat transfer coefficients during deep-fat frying of a tofu disc. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 45: 1493-1499.

Budzaki, S dan Escher, F. 2005. Moisture loss and oil uptake during deep fat frying of “Krostula” dough. *European Food Research and Technology* 200: 90 – 95.

Costa, R.M. dan Oliviera, F.A.R. 2000. Modeling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. *Journal of Food Engineering* 41: 177 – 185.

Dunford, N. 2006. Deep-fat frying basics for food services. Frying, oil and frying temperature selection. <http://www.fapc.okstate.edu>. [13 Juli 2006].

Firdaus, M., Argo, B.D. dan Harijono. 2001. Penyerapan minyak pada French fries kentang (*Solanum tuberosum L.*). *BIOSAIN* 1: 76 – 85.

Gamble, M.H., Rice, P., dan Seldman, J.D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Recor UK. Tuber. *International Journal of Food Science and Technology* 22: 233 – 241.

- Ginting, E. 2005. Teknologi pengolahan ubi jalar untuk mendukung diversifikasi pangan dan pengembangan agroindustri. Makalah disampaikan pada Lokakarya 'Dengan penguatan kelembagaan agribisnis kesejahteraan petani meningkat' tanggal 19 September 2005 di STPP Lawang Malang.
- Harnowo, D., Antarlina, S.S., dan Mahagyosuko, H. 1994. Pengolahan ubi jalar guna mendukung diversifikasi pangan dan agroindustri. Risalah Seminar Penerapan Teknologi Produksi dan Pasca Panen Ubi jalar Mendukung Agroindustri. BALITTAN. Malang hlm: 145 – 157.
- Indira, T.N., Latha, R.B., dan Prakash, M. 1999. Kinetics of deep-fat frying of a composite product. *Journal of Food Science and Technology* 36: 310 – 315.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V. dan Maroulis, Z.B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering* 44: 39 – 46.
- Labusa, T.P. dan Riboh, D. 1982. Theory and applications of Arrhenius kinetics to the predictions of nutrient losses in foods. *Journal of Food Technology* October 1982: 66 - 74.
- Pudja, I.A.R.P. 2003. *Kajian serapan minyak dan kinetika tekstur pada kentang selama penggorengan*. Tesis S2 Program Pasca Sarjana UGM (tidak dipublikasikan).
- Moreira, R. 1999. *Deep-fat frying, Fundamental and Applications*. Aspen Publishers Inc. Gaithersburg. Maryland.
- Moreira, R. 2004. Deep fat frying. <http://www.baen.tamu.edu>. [14 Pebruari 2006].
- Ngadi, M., Dirani, K. dan Oluka, S. 2006. Mass transfer characteristics of chicken nuggets. *International Journal of Food Engineering* 2(3) artikel 8. <http://www.bepress.com/ijfe/vol2/iss3/art8>. [9 Oktober 2006].
- Sunarjo, R. 1984. Potensi ubi jalar sebagai bahan baku gula fruktosa. *Jurnal Badan Litbang Pertanian* 3: 6 – 11.
- Suyitno. 1991. *Deep fat fryer*. PAU Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Weiss, T.J. 1983. *Food oils and their uses*. The AVI Publishing Co. Inc. Westport. Connecticut.