

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Vol. 23, No. 2, Oktober 2009



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (**PERTETA**) yang didirikan 10 Agustus 1968 di Bogor, berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya, lingkungan dan bangunan, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Pengiriman makalah harus mengikuti panduan penulisan yang tertera pada halaman akhir atau menghubungi redaksi via telpon, faksimili atau e-mail. Makalah dapat dikirimkan langsung atau via pos dengan menyertakan hard- dan soft-softcopy, atau e-mail. Penulis tidak dikenai biaya penerbitan, akan tetapi untuk memperoleh satu eksemplar dan 10 re-prints dikenai biaya sebesar Rp 50.000. Harga langganan Rp 70.000 per volume (2 nomor), harga satuan Rp 40.000 per nomor. Pemesanan dapat dilakukan melalui e-mail, pos atau langsung ke sekretariat. Formulir pemesanan terdapat pada halaman akhir.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Asep Sapei
Anggota : Kudang B. Seminar
Daniel Saputra
Bambang Purwantana
Y. Aris Purwanto

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Satyanto K. Saptomo
Bendahara : Emmy Darmawati
Anggota : Usman Ahmad
I Wayan Astika
M. Faiz Syuaib
Ahmad Mulyawatullah

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian, IPB Bogor

Alamat:

Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.

Rekening:

BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan:

PT. Binakerta Adiputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (mereview) naskah pada penerbitan Vol. 23 No. 2 Oktober 2009. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof.Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, MS (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (PS. Teknik Pertanian - Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. R.A. Bustomi Rosadi, MS (Departemen Teknik Pertanian - Universitas Lampung), Dr.Ir. M. Agita Tjandra, Phd (Departemen Teknik Pertanian - Universitas Andalas), Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA (Departemen Teknik Pertanian - Universitas Brawijaya Malang), Dr.Ir. Hermantoro, (INSTIPER Yogyakarta), Dr.Ir. Bambang Purwantana (Departemen Teknik Pertanian - UGM), Dr.Ir. Sigit Supadmo Arif, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian - UGM), Dr.Ir. Astu Unadi (Kepala Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian - UGM), Dr.Ir. Haryadi Halid (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan - IPB), Dr.Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Leopold Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr.Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, MT (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian - IPB), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, M.Si STP (Departemen Teknik Pertanian - IPB),

Rekayasa Pemekaran dan Tekstur Keripik Buah Nangka Selama Penggorengan Vakum

Jackfruit Chips Rising and Texture Manipulations During Vacuum Frying

Jamaluddin¹, Budi Rahardjo², Pudji Hastuti³, Rochmadi⁴

Abstract

Rising and development also hard and crispy are the specific characteristic of the fry product that acceptable by consumer. To produce rising and texture of the fry product according to the consumer requirement it was necessary to control process conditions, take account of characteristic and transformation of raw material during frying process. The change of volume (rising and shrinkage) and texture (hardness and crispy) are happened during frying process of food materials. Volume and texture change were predicted affected by evaporation of water and decreasing of starch content on solidity. This research is done with aim to develop model of Jackfruit texture and volume change during vacuum frying caused by decreasing of water content and starch content. As the sample of the research was used the fresh Jackfruit frying on vacuum with temperature of 70, 80, 90 and 100 °C, with frying duration of 15 to 60 minute and with vacuum pressure of 80, 85, 90 kPa. The analyses parameters were consist of volume, texture, water content, and starch content of the sample before and after frying. Result of the research shows that the higher of the temperature and pressure of the vacuum frying the lower of the starch content and water content of the jackfruit chip. The mathematical model that was developed can be used to predict the change of the jackfruit's chip texture and volume during vacuum frying.

Keywords : jackfruit, vacuum frying, Chip, texture

Diterima: 7 Mei 2009; Disetujui: 16 September 2009

Pendahuluan

Penggorengan makanan dapat merubah struktur pori produk dalam bentuk penyusutan atau pemekaran. Perubahan tersebut mempengaruhi difusivitas gas dan cairan di dalam bahan (Kawas *et. al.* 2000; Lujan *et. al.* 1996; Xiong *et. al.* 1991; Yamsaengsung *et. al.*, 2002a). Selanjutnya Asensio (1999), Yamsaengsung *et. al.* (2002b) mengembangkan korelasi semi empirik perubahan struktur pada penyusutan dan pemekaran produk disebabkan oleh pengembangan. Penelitian tersebut berhasil mengungkapkan perubahan volume disebabkan karena hilangnya air terikat dan adanya perubahan struktur sel dalam bahan. Namun penelitian tersebut belum mempertimbangkan perubahan volume disebabkan penguapan air dan penurunan kadar pati di dalam bahan.

Pengembangan model matematik perubahan volume dan struktur selama proses penggorengan dikembangkan oleh Kawas *et. al.* (1996), Lujan *et. al.* (1996), Yamsaengsung *et. al.* (2002a), Math *et. al.* (2003). Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa penggorengan dapat menyebabkan penyusutan,

pemekaran, kepadatan, perubahan tekstur dan kimiawi pada bahan. Namun belum menjelaskan perubahan volume dan tekstur karena berubahnya kondisi bahan baku, meliputi: penurunan kadar air dan penurunan kadar pati. Padahal kondisi ini sangat penting dipertimbangkan sebagai penyebab terjadinya perubahan volume dan tekstur bahan pangan selama penggorengan.

Model matematika dengan kompleksitas beragam sudah banyak dikembangkan. Model berkaitan dengan penggorengan produk berdasarkan kondisi bahan baku dengan asumsi sifat fisik konstan, sejumlah besar model telah didasarkan pada difusi sederhana, perpindahan panas dan massa menggunakan berbagai pendekatan mempertimbangkan atau mengabaikan penguapan (Ateba *et. al.* 1994; Dincer *et. al.* 1996; Moreira *et al.*, 1995; Rice *et. al.* 1989). Namun model yang dikembangkan, belum memperlihatkan hubungan bahan baku dan kondisi penggorengan dengan perubahan volume dan tekstur produk. Padahal banyak perubahan tidak diinginkan terjadi dalam bahan pangan selama proses penggorengan, dan kondisi tersebut dapat diperkecil apabila proses

¹ Staff Pengajar Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makasar. Email: mamal_ptm@yahoo.co.id

² Staf Pengajar Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada

³ Staff Pengajar Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada

⁴

dikendalikan dengan baik. Diharapkan dengan pemahaman dan pengkajian lebih mendalam untuk menemukan fenomena pemekaran dan perubahan tekstur selama proses penggorengan vakum dengan bahan baku buah nangka, akan memungkinkan dilakukan rekayasa pemekaran dan tekstur pada produk goreng.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model matematik perubahan volume dan tekstur produk keripik buah yang diduga mengalami perubahan selama proses penggorengan secara vakum disebabkan karena penurunan kadar air dan kadar pati dalam padatan.

Bahan dan Metode

Model Matematik Perubahan Volume dan Tekstur

Perubahan volume dan tekstur sangat menentukan kekerasan dan kerenyahan produk. Model perubahan volume (V_v) dan kekerasan (T_σ) produk disebabkan oleh penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama proses penggorengan dijelaskan dalam persamaan berikut.

$$V_{V(Ca, Cpt)} = aC_a^x C_p^y \quad (1)$$

$$T_{\sigma(Ca, Cpt)} = aC_a^x C_p^y \quad (2)$$

Nilai a , x dan y dievaluasi berdasarkan data percobaan dengan metode *least square multiple regression*.

Bahan

Bahan utama penelitian adalah buah nangka jenis nangka salak (berdasarkan sifat-sifat buahnya) yaitu daging buah padat, berair dan kurang aroma. Buah nangka dibeli dari petani melalui pedagang buah di pasar tradisional di Kota Baru Yogyakarta berumur 12 – 24 jam setelah dipanen. Diasumsikan bahan homogen diseluruh padatan termasuk permukaan padatan, sedangkan bahan pendukung penelitian adalah minyak goreng dan bahan-bahan kimia untuk analisis kimia.

Alat

Alat utama adalah penggoreng vakum (*vacuum fryer*) dibuat secara khusus untuk skala laboratorium dan dirancang sesuai dengan kebutuhan penelitian dilengkapi dengan data logger sistem komputer, sedangkan alat pendukung adalah gelas ukur, mikrometer, timbangan analitik, alat ukur analisa kadar air dan kadar pati.

Pelaksanaan Penelitian

Sampel digoreng pada kombinasi suhu 70, 80, 90, 100 °C dan lama penggorengan 15, 30, 45, 60 menit serta tekanan vakum 80, 85, 90 kPa.

Pengujian dan Analisis

1. Pengukuran Volume

Volume sampel diukur dengan menggunakan metode Taiwo dan Baik (2006). Volume sampel adalah perbandingan volume setelah dan sebelum digoreng. Volume sampel sebelum dan setelah digoreng diukur dengan gelas ukur.

2. Pengujian Tekstur

Tegangan dan regangan sampel diukur menggunakan *Universal Testing Machine* Do-FBO. STS (Zwich/Zo.5) dengan cara sampel diletakkan tegak lurus (tegangan normal) di atas landasan penekan kemudian alat uji dioperasikan.

3. Analisis Kadar Air

Kadar air di dalam sampel sebelum dan setelah digoreng dianalisis dengan menggunakan metode oven vakum (AOAC, 1970; Snell *et. al.*, 1972) dengan ukuran sampel 10 g.

4. Analisis Kadar Pati

Kadar pati di dalam sampel sebelum dan setelah digoreng dianalisis menggunakan metode (*Direct Acid Hydrolysis Method*; AOAC, 1970).

5. Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan *multiple regression* dan statistik. Metode *multiple regression* digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear model perubahan volume dan tekstur produk. Sedangkan analisis statistik digunakan analisis regresi berganda dengan program SPSS untuk mencari signifikansi dan pengaruh penurunan kadar air dan penurunan kadar pati terhadap perubahan volume dan tekstur.

Hasil Dan Pembahasan

Perubahan Volume Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Perubahan volume padatan nangka dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 1a dan 1b. Dari gambar nampak perubahan volume berupa penyusutan dan pemekaran dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan tekanan vakum ada kecenderungan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran (perubahan volume) secara cepat atau sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena penggorengan pada suhu dan tekanan vakum lebih tinggi, perpindahan panas ke permukaan dan kemudian masuk ke dalam padatan lebih cepat dibanding pada suhu dan tekanan vakum lebih rendah, sehingga air di permukaan dan di dalam padatan lebih cepat keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan beberapa lama menjadi

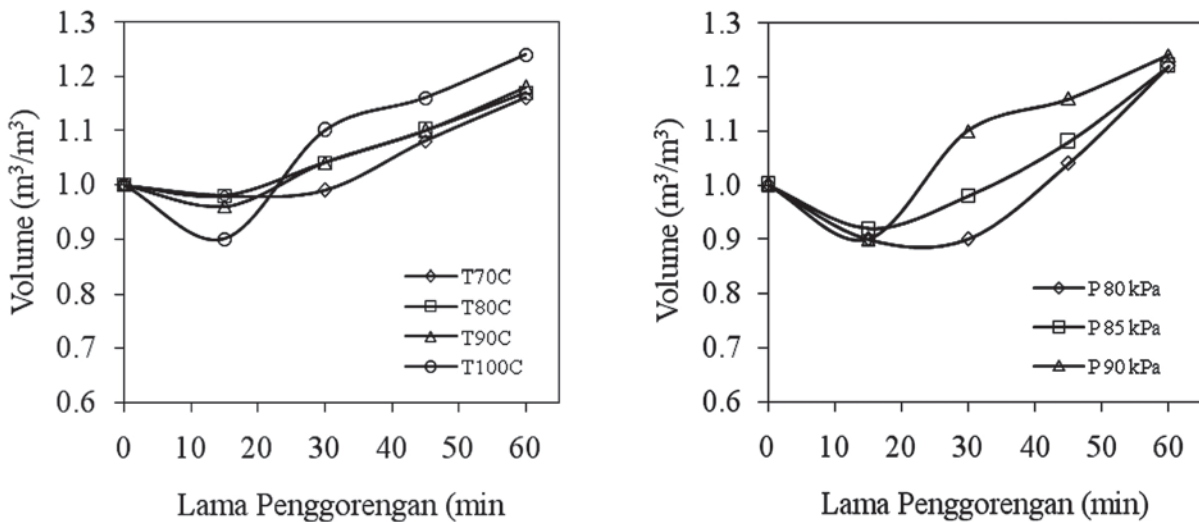
mekar. Penyusutan terus berlangsung sebelum penguapan air bebas belum konstan atau pada saat kadar air masih di atas 15%, pada keadaan tersebut tidak terjadi pemekaran, namun beberapa lama setelah kadar air di bawah 15% padatan sudah mulai mengembang dan akhirnya menjadi mekar.

Penyusutan dan pemekaran diduga ada hubungan dengan penguapan air bebas dalam padatan, sehingga penguapan air bebas menyebabkan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran. Hasil ini sesuai dengan penelitian Asensio (1999) serta Yamsaengsung *et. al.* (2002a) yang menjelaskan bahwa perubahan bahan selama penggorengan disebabkan karena hilangnya air terikat dalam bahan. Pada awal penggorengan mula-mula air bebas di permukaan keluar dan beberapa lama air bebas dalam padatan juga keluar mengakibatkan padatan menjadi menyusut. Setelah semua air bebas keluar terjadi pengerasan di permukaan sehingga sebagian air bebas terjebak

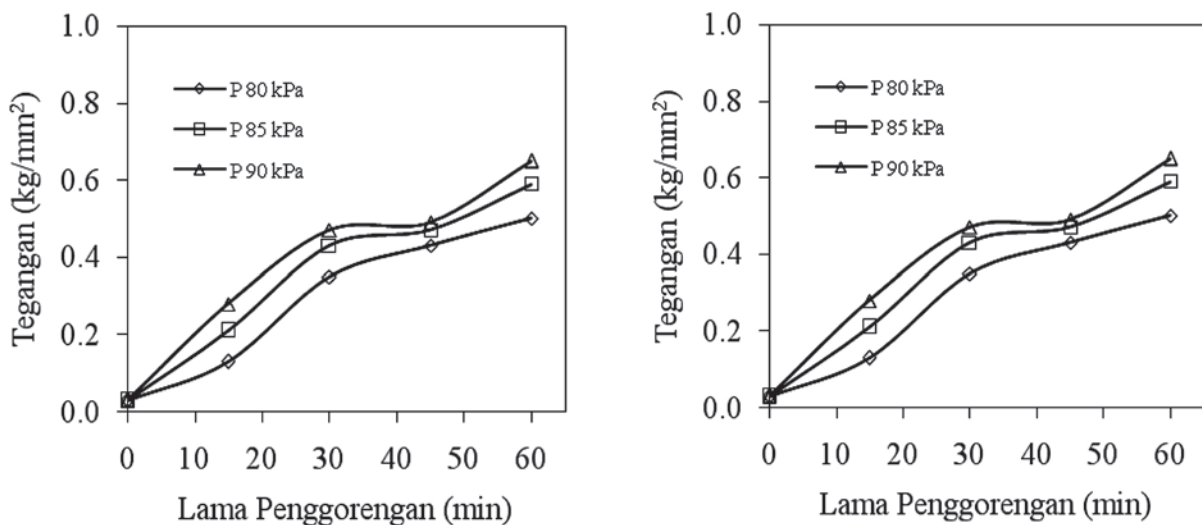
di dalam padatan. Karena air menerima panas, sehingga menjadi uap (ekspansi) akhirnya padatan menjadi mengembang.

Perubahan Tekstur Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Hasil penelitian perubahan kekerasan padatan nangka dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 2a dan 2b. Berdasarkan gambar nampak profil perubahan kekerasan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan tekanan vakum nampak ada kecenderungan padatan mengalami perubahan nilai kekerasan yang cukup tinggi atau sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena penggorengan pada suhu dan tekanan vakum lebih tinggi, perpindahan panas ke permukaan dan kemudian masuk ke dalam padatan lebih cepat dibanding pada suhu dan tekanan vakum lebih rendah, sehingga air di permukaan dan di dalam



Gambar 1. Perubahan volume padatan nangka selama penggorengan (a) variasi suhu pada tekanan vakum 90 kPa dan (b) variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C.



Gambar 2. Perubahan tekstur padatan nangka selama proses penggorengan (a) variasi suhu pada tekanan vakum 90 kPa dan (b) variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

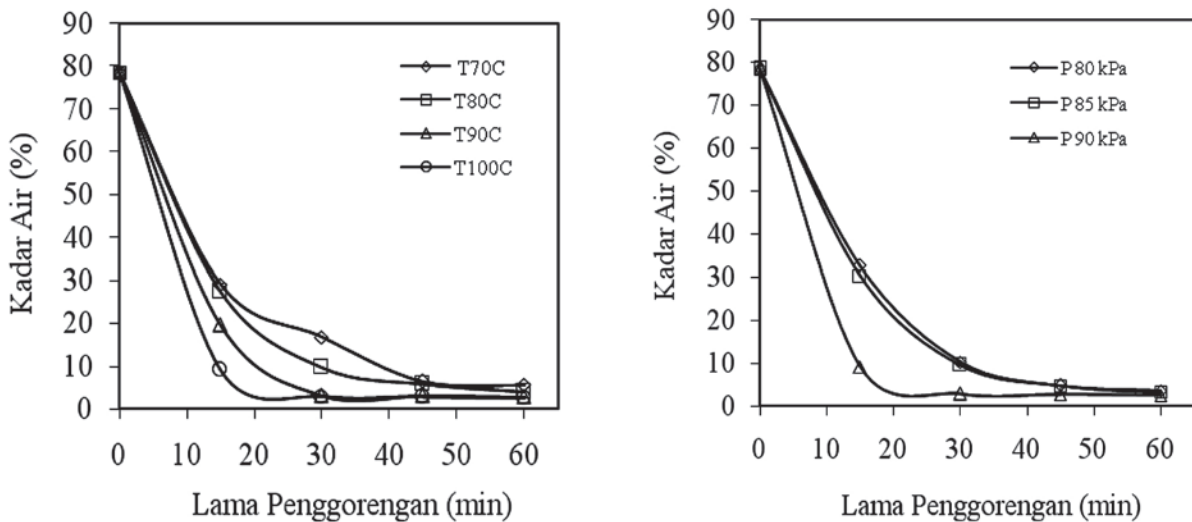
padatan lebih cepat keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan beberapa lama menjadi mekar. Di samping itu perubahan kekerasan diduga ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dalam padatan.

Pada awal penggorengan mula-mula air bebas di permukaan keluar dan beberapa lama air bebas dalam padatan juga keluar mengakibatkan padatan menjadi menyusut. Setelah sebagian besar air bebas keluar terjadi pengerasan di permukaan sehingga sebagian air bebas masih terjebak dalam padatan menyebabkan sifat tekstur keripik nangka mengalami perubahan yang semula lunak akhirnya menjadi keras. Titik laju perubahan tekstur dari lunak menjadi keras tersebut nampak terjadi pada saat penguapan air bebas belum konstan atau kadar air dalam padatan di atas 15%, namun beberapa lama setelah penguapan air bebas sudah konstan atau kadar air di bawah 15% peningkatan kekerasan produk makin tinggi sampai akhir penggorengan.

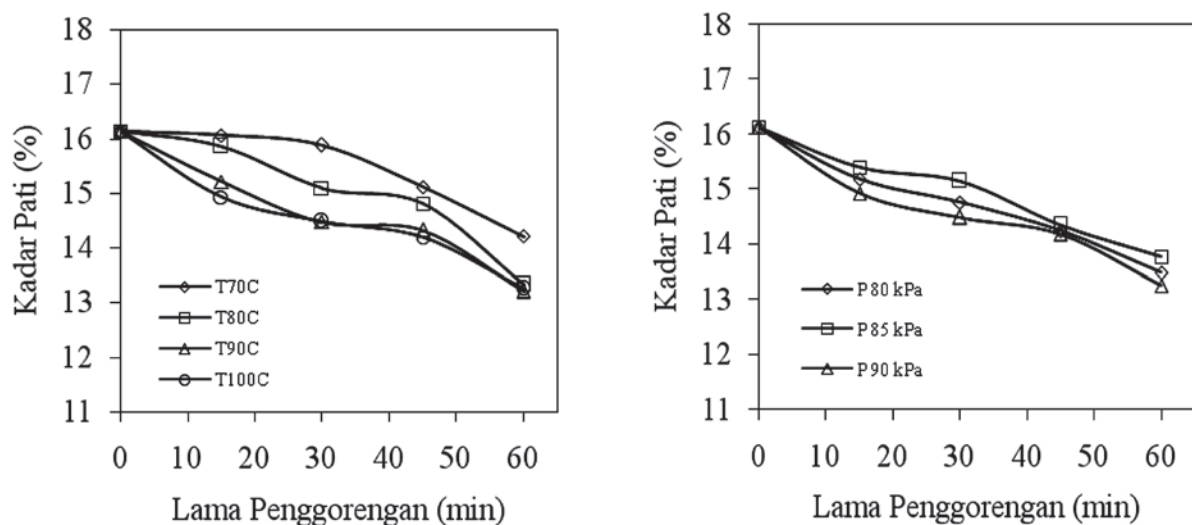
Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Yamsaengsung *et. al.* (2002a) yang menemukan hubungan perubahan kekerasan disebabkan penurunan kadar air dengan pembentukan lapisan keras di permukaan dan pengembangan pori di dalam tortilla chip.

Penurunan Kadar Air Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Penurunan kadar air padatan nangka selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 3a dan 3b. Dari gambar terlihat laju penguapan air bebas selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan tekanan vakum, makin cepat laju penguapan air bebas atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena titik didih air dan lama penguapan air dipengaruhi oleh tekanan vakum. Penelitian ini sesuai dengan penelitian



Gambar 3. Penurunan kadar air padatan nangka selama penggorengan (a) variasi suhu pada tekanan vakum 90 kPa dan (b) variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C.



Gambar 4. Penurunan kadar pati padatan nangka selama penggorengan (a) variasi suhu pada tekanan vakum 90 kPa dan (b) variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C.

Garayo *et. al.* (2002) yang menjelaskan bahwa kentang yang digoreng pada suhu lebih tinggi dengan tekanan vakum sama memerlukan waktu lebih singkat untuk mencapai kadar air yang sama. Pada awal penggorengan penguapan air bebas padatan nampak mendekati konstan sebelum kadar air mencapai 15%, beberapa lama kemudian melambat dan menjadi konstan setelah kadar air di bawah 15%.

Penurunan kadar air ini agaknya ada keterkaitan dengan perubahan volume dan tekstur padatan. Titik perubahan volume dan tekstur, dimana padatan mulai menyusut dan porinya mengecil dimulai dari awal penggorengan sampai penguapan air bebas belum konstan saat kadar air di atas 15%, namun beberapa lama setelah penguapan air bebas konstan saat kadar air di bawah 15%, padatan mulai mengembang kembali dan terjadi pembesaran pori sampai menjadi mekar. Hasil ini sesuai dengan penelitian Kawas (2002) serta Yamsaengsung *et. al.* (2002a) yang menjelaskan bahwa penguapan air dari dalam padatan menyebabkan terjadinya pengerutan dan setelah semua air terikat menguap, tortilla chip menjadi mekar karena adanya tekanan gas dalam totilla chip.

Penurunan Kadar Pati Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Penurunan kandungan pati dalam padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak disajikan pada Gambar 4a dan 4b. Dari gambar tersebut nampak laju penurunan kandungan pati agaknya sama dengan laju penurunan kadar air dalam padatan. Titik perubahan tersebut agaknya dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan tekanan vakum semakin banyak pati dalam padatan mengalami penurunan atau sebaliknya makin rendah suhu dan tekanan vakum semakin sedikit pati mengalami penurunan. Dari awal penggorengan sudah berlangsung penurunan kadar pati dalam padatan. Penurunan kadar pati di dalam padatan diduga disebabkan penggelembungan granula yang semakin besar akibat bertambahnya waktu dan naiknya suhu penggorengan. Kondisi ini menyebabkan molekul amilosa lepas keluar dan keluar dari granula, sehingga makin lama waktu dan tinggi suhu penggorengan, semakin berkurang kadar pati di dalam padatan.

Penurunan kadar pati di dalam padatan diduga disebabkan penggelembungan granula yang semakin besar akibat bertambahnya waktu dan naiknya suhu penggorengan. Kondisi ini menyebabkan molekul amilosa lepas keluar dan keluar dari granula, sehingga makin lama waktu dan tinggi suhu penggorengan, semakin berkurang kadar pati di dalam padatan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menjelaskan kandungan pati di dalam padatan mengalami penurunan karena pada proses pemanasan pati akan mengalami proses gelatinisasi dimana granula-granula pati

membesar, dengan membesarnya granula-granula pati akan melemahkan ikatan hidrogen, sehingga akan memudahkan enzim amylase melakukan penetrasi untuk memutuskan ikatan glukosida pada pati dan akhirnya merubah pati menjadi glukosa. Kemungkinan lain yang menyebabkan pati di dalam padatan nangka berkurang karena adanya peningkatan kadar minyak yang terjadi secara signifikan dengan suhu dan tekanan vakum. Sama halnya dengan penurunan kadar air. Penurunan kadar pati nampaknya ada keterkaitan dengan perubahan volume dan porositas padatan. Penggabungan laju perubahan volume dan tekstur, disebabkan oleh penguapan air dan penurunan kadar pati akan dapat memperlihatkan keterkaitan ketiga proses tersebut.

Perubahan Pemekaran Sebagai Fungsi Penguapan Air dan Penurunan Kadar Pati Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Penggabungan laju perubahan volume, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 90 kPa disajikan pada Gambar 5a. Dari gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan volume, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati selama penggorengan pada kondisi vakum. Perubahan volume dimulai dari volume awal kemudian berubah menjadi menyusut dengan cepat, setelah beberapa lama volume menjadi mekar kembali. Penyusutan diduga disebabkan karena penguapan air bebas dari dalam padatan yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan di dalam dan di permukaan padatan. Karena tekanan dalam padatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan bagian luar, air dalam padatan keluar. Pada saat kadar air masih di atas 15% penyusutan terus berlangsung dan padatan tidak mengalami pemekaran.

Pemekaran mulai terjadi ketika kadar air di bawah 15% pada saat tekanan dalam padatan sudah mendekati tekanan di permukaan, panas menyebabkan pengerasan di permukaan secara perlahan, sehingga sebagian air akan terjebak di dalam padatan. Uap air yang terjebak dalam padatan tidak ke luar lagi dan menjadi bertekanan serta membentuk kantong gas, sehingga menyebabkan padatan menjadi mengembang dan akhirnya menjadi mekar. Begitu pula halnya dengan perubahan kadar pati. Perubahan kadar pati agaknya ada hubungannya dengan perubahan volume padatan. Pada titik dimana perubahan kadar pati cukup drastis yaitu saat kandungan kadar pati di atas 15%, padatan mengalami penyusutan dan belum mengembang. Namun setelah melewati titik tersebut atau pada saat kadar pati di bawah 15%, dimana pati hampir tidak berubah lagi padatan sudah mulai mengembang dan akhirnya menjadi mekar.

Perhitungan perubahan volume, penguapan

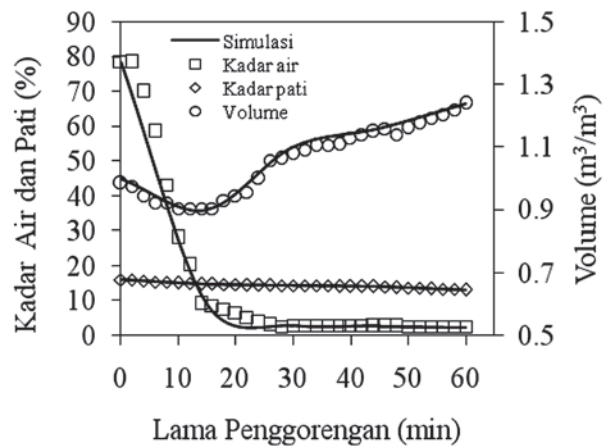
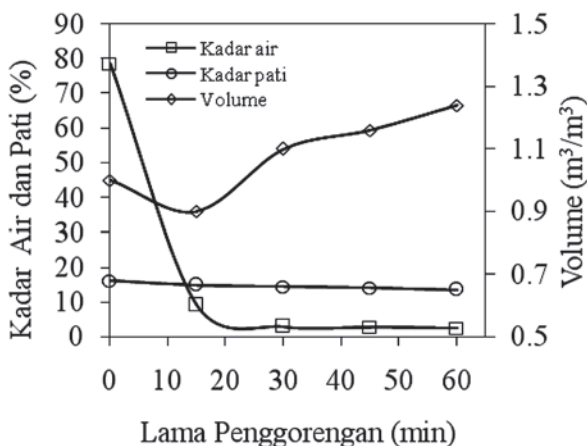
air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan berdasarkan persamaan (1) diselesaikan dengan cara *multiple regression* menggunakan program komputer disajikan pada Gambar 5b. Model matematik perubahan volume padatan nangka disebabkan oleh penguapan air bebas dan penurunan kadar pati selama proses penggorengan vakum dinyatakan dalam persamaan (3) berikut ini:

$$V_v = 133,98 C_a^{0.03} C_{pt}^{-1.82} \quad (3)$$

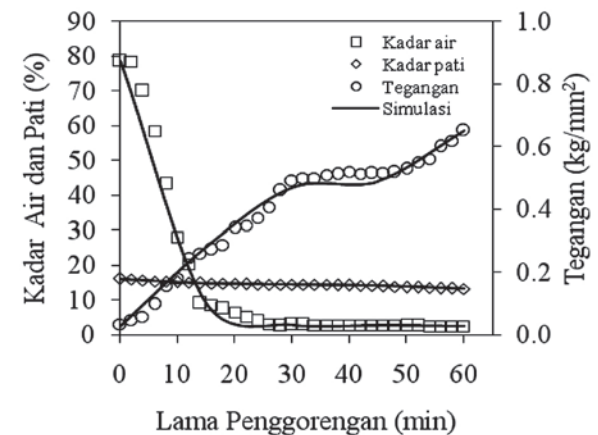
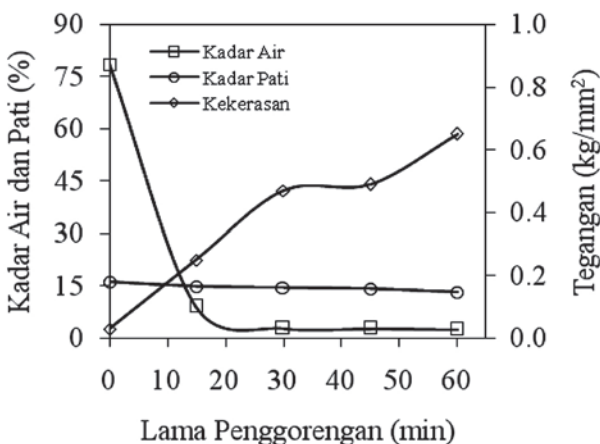
Hasil analisis statistik menunjukkan penurunan kadar air dan kadar pati berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan volume padatan ($p < 0,01$), baik secara sendiri-sendiri maupun bersama-sama. Secara sendiri-sendiri penurunan kadar air berkontribusi 31% terhadap perubahan volume lebih kecil jika dibandingkan dengan penurunan kadar pati yang berkontribusi 60.1% terhadap perubahan volume, sedangkan secara bersama-sama penurunan kadar air dan kadar pati berkontribusi 60.1% terhadap perubahan volume padatan.

Perubahan Tekstur Sebagai Fungsi Penurunan Kadar Air dan Kadar Pati Padatan Nangka Selama Penggorengan Vakum

Gambar 6a menyajikan penggabungan laju perubahan kekerasan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100 °C dengan tekanan vakum 90 kPa. Dari gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan kekerasan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada kondisi vakum. Pada awal penggorengan perubahan kekerasan padatan dimulai dari lunak menjadi keras kemudian beberapa lama berubah dengan cepat menjadi semakin keras. Perubahan kekerasan diduga ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dari dalam padatan yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan di dalam dan di permukaan padatan. Karena tekanan dalam padatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan bagian luar, sehingga air bebas dalam padatan keluar. Titik perubahan laju kekerasan dari lunak menjadi keras nampak mulai terjadi sejak awal penggorengan



Gambar 5. Pemekaran, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati padatan nangka selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 90 kPa (a) data pengamatan dan (b) hasil simulasi model



Gambar 6. Perubahan tekstur, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati padatan nangka selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 90 kPa (a) data pengamatan dan (b) hasil simulasi model.

sampai pada saat penguapan air bebas mulai menjadi konstan sebelum kadar air mencapai 15%. Pada kondisi ini peningkatan nilai kekerasan masih rendah, namun beberapa lama ketika penguapan air bebas mulai konstan atau kadar air di bawah 15% terjadi peningkatan kekerasan yang tinggi sampai akhir penggorengan.

Hilangnya sebagian air bebas menyebabkan kekerasan padatan mengalami perubahan yang semula lunak akhirnya menjadi keras. Pada saat tekanan dalam padatan sudah mendekati tekanan di permukaan maka terjadilah pengerasan di permukaan dan menghambat penguapan air, sehingga sebagian air yang terjebak dalam padatan tidak dapat keluar lagi dan berubah menjadi gas bertekanan dan membentuk rongga udara, pada kondisi ini sifat tekstur padatan menjadi lebih keras dan bertambah renyah serta menimbulkan bunyi yang berderak pada saat dikunyah. Begitu pula halnya dengan penurunan kadar pati. Penurunan kadar pati agaknya ada keterkaitan dengan perubahan kekerasan padatan. Pada titik dimana penurunan kadar pati cukup drastis yaitu saat kandungan kadar pati di atas 15%, padatan mengalami perubahan tekstur dari lunak menjadi keras. Namun setelah melewati titik tersebut atau pada saat kadar pati di bawah 15%, dimana penurunan kadar pati mulai konstan tekstur padatan sudah mulai menjadi semakin keras.

Perhitungan perubahan kekerasan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan berdasarkan persamaan (2) diselesaikan dengan cara *multiple regression* menggunakan program komputer disajikan pada Gambar 6b. Model matematik perubahan tekstur padatan karena penguapan air dan penurunan kadar pati selama proses penggorengan vakum dinyatakan dalam persamaan (4) seperti berikut ini.

$$T_{\sigma} = 28,74 C_a^{-0.79} C_{pt}^{-1.19} \quad (4)$$

Hasil analisis statistik menunjukkan penurunan kadar air dan kadar pati berpengaruh secara signifikan terhadap kekerasan padatan ($p < 0.01$), baik secara sendiri-sendiri maupun bersama-sama. Penurunan kadar air berkontribusi 57% terhadap kekerasan sedangkan penurunan kadar pati berkontribusi 62% terhadap kekerasan, namun jika secara bersama-sama penurunan kadar air dan kadar pati berkontribusi 68.7% terhadap kekerasan padatan.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah bahwa suhu dan tekanan vakum berpengaruh terhadap perubahan volume dan perubahan tekstur serta penguapan air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama

penggorengan. Laju perubahan volume dan tekstur dipengaruhi oleh laju penguapan air dan laju penurunan kadar pati. Penyusutan dan penurunan kekerasan terjadi pada saat penguapan air bebas belum konstan yaitu saat kadar air masih di atas 15%. Pemekaran dan peningkatan kekerasan terjadi setelah penguapan air bebas mencapai kondisi konstan atau kadar air di bawah 15% sampai akhir penggorengan. Demikian pula dengan laju penurunan kadar pati, laju perubahan volume dan tekstur nampak terjadi sebelum penurunan kadar pati mencapai kondisi konstan atau di atas 15%. Namun setelah kadar pati mendekati konstan atau di bawah 15% mulai terjadi pemekaran dan pengerasan padatan. Model matematik yang dikembangkan yaitu: $V_V = 133,98C_a^{0.03}C_{pt}^{-1.82}$ untuk volume dan $T_{\sigma} = 28,74C_a^{-0.79}C_{pt}^{-1.19}$ untuk tekstur dapat digunakan dengan baik untuk memprediksi perubahan volume dan tekstur disebabkan penguapan air dan penurunan kadar pati produk selama proses penggorengan secara vakum.

Daftar Lambang Dan Simbol

a	Konstante	-
C	Konsentrasi	kg/m ³ total
V	Perubahan	-
T	Perubahan	-
x, y	Bilangan eksponen	-
<i>Subscripts</i>		
a	Air di dalam padatan	-
pt	Pati di dalam padatan	-
v	Volume	m ³
σ	Tegangan	Kg/mm ²

Daftar Pustaka

- AOAC, 1970. *Official methods analysis of the associations of official analytical chemists*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Asensio, M. C., 1999. *Transport phenomena during drying of deformable, hygroscopic porous media: Fundamentals and applications*. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, College Station, TX.
- Atteba, P., dan G.S. Mittal, 1994. Modeling the deep-fat frying of beef meatballs. *International Journal of Food Science and Technology* **29**, pp. 429–440.
- Dincer dan Yildiz, 1996. Modeling of thermal and moisture diffusions in cylindrically shaped sausages during frying. *Journal of Food Engineering* **28** (1996), pp. 35–43.
- Garayo, J, dan R, Moriera, 2002. Vacuum fraying of potato chips. *Journal of Food Engineerin*. **55**, pp. 181–191.

- Kawas, M. L., dan R.G. Moreira, 1996. Characterization of product quality attributes of tortilla chips during the frying process. *Journal of Food Engineering* **47**, pp. 97–107.
- Kawas, M. L., dan R. G. Moreire, 2000. *Characterization of product quality attributes of tortilla chips during the frying process*. M.S. thesis, Texas A&M University, College Station, TX.
- Lujan F.J., Acosta dan R.G. Moreira, 1996. Relationship between tortilla chips microstructure and oil reduction. *Cereal Chemistry Journa*. **74**, pp. 216–223.
- Math, R. G., V. Velu, A. Nagender dan D. G. Rao, 2003. Effect of frying conditions on moisture, fat and density of papad. *Journal of Food Engineering*. **64**:429-434.
- Moreira, R.G., J.E. Palau dan X. Sun, 1995a. Deep-fat frying of tortilla chips: An engineering approach. *Food Technology* **49**, pp. 146–150.
- Rice, P., dan M.H., Gamble, 1989. Technical note: modeling moisture loss during potato slice frying. *International Journal of Food Science and Technology* **24** (1989), pp. 183–187.
- Taiwo, K. A., dan O. D., Baik, 2006. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT* **40** (2007) 661-668.
- X. Xiong, G. Narsimhan dan M. R. Okos, 1991. Effect of composition and pore structure on binding energy and effective diffusivity of moisture in porous food. *Journal of Food Engineering* **15**, pp. 187–208.
- Yamsaengsung dan Moriera, 2002a. Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying. Part I: Model development. *Journal of Food Engineering* **53**, pp. 1–10.
- Yamsaengsung dan Moriera, 2002b. Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying. Part II: Model solution and validation. *Journal of Food Engineering* **53**, pp.11–25.