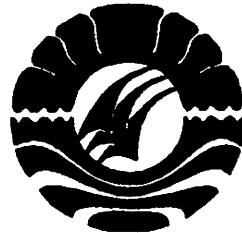


**KETAHANAN DAN KEAMANAN PANGAN
REKAYASA**

**LAPORAN PENELITIAN
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**



**TEMA :
KETAHANAN DAN KEAMANAN PANGAN
(*FOOD SAFETY AND SECURITY*)**

**REKAYASA PENGGORENGAN, TEKSTUR, PEMEKARAN DAN WARNA
KERIPIK BUAH DENGAN CARA *OSMOTIC DEHYDRATION* DAN
TEKANAN HAMPA UDARA DIPERTINGGI**

**Drs. Jamaluddin, MP
Ir. Siswanto, MP
Ir. Suriana Laga, MP
Drs. Suardy, MT**

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan Nasional
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor: 538/SP2H/PP/DP2M/VII2010 Tanggal 24 Juli 2010

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

NOVEMBER 2010

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Rekayasa Penggorengan, Tekstur, Pemekaran dan Warna Keripik Buah dengan cara *Osmotic Dehydration* dan Tekanan Hampa Udara Dipertinggi
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Jamaluddin, Drs., MP
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 19670723 199203 1 002
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Jabatan Struktural : -
- f. Bidang Keahlian : Teknik Mesin Produksi dan Teknik Pertanian
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar
- e. Unit Kerja : Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
- i. Tim Peneliti :

No.	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu (jam/minggu)
1.	Ir. Siswantoro, MP	• Teknik Proses Pangan	UNSUD Purwokerto	8
2.	Ir. Suriana Laga, MP	• Teknologi Pangan • Teknologi Hasil Perkebunan	Universitas 45 Makassar	8
3.	Drs. Suardy, MT	• Teknik Mesin Produksi • Teknik Mesin Konversi	UNM Makassar	8

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian :
- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 2 Tahun
- b. Biaya total yang diusulkan : Rp. 200.000.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun I : Rp. 76.500.000,-
- d. Biaya yang disetujui tahun II : -


Makassar, 15 November 2010

Ketua Peneliti,

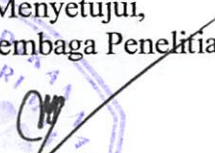


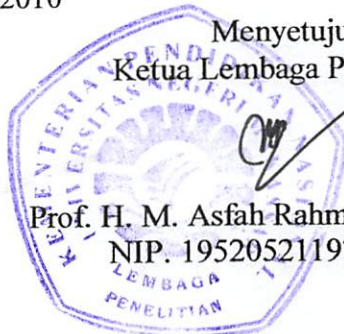
Drs. Jamaluddin, MP
NIP. 196707231992031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,


Drs. Darmawang, M.Kes
NIP. 196207071991031003
Surat Kuasa Nomor.3318/H36/PT/2010
Tanggal 3 November 2010

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian,


Prof. H. M. Asfah Rahman, M.Ed, P.hD
NIP. 195205211976021001



RINGKASAN

Keripik buah melalui proses penggorengan hampa udara saat ini sudah populer dikonsumsi oleh masyarakat, karena produk keripik buah mempunyai sifat mekar, memiliki warna alami serta tekstur yang keras dan renyah jika dimakan. Untuk menghasilkan sifat-sifat produk keripik buah sesuai dengan selera konsumen perlu diperhatikan karakteristik, kondisi proses, perubahan bahan baku. Selama proses penggorengan terjadi perpindahan panas dan massa secara simultan menyebabkan banyak perubahan terjadi pada buah yang digoreng, baik secara fisik maupun kimiawi. Perubahan secara fisik antara lain penguapan air, penyerapan minyak, pemasakan bisa menjadi lebih cepat, garing, perubahan volume, memiliki tekstur dan pengembangan rasa, sedangkan perubahan secara kimiawi antara lain gelatinisasi pati, dan perubahan warna pada produk.

Tujuan utama penelitian ini terdiri dari 4 (empat) bagian, meliputi: Pertama mengembangkan model matematik perpindahan panas dan massa secara simultan proses penggorengan buah dengan cara osmotic dehydration dan tekanan hampa udara dipertinggi dengan mempertimbangkan kondisi, karakteristik dan perubahan yang terjadi selama proses, kedua mengembangkan model matematik perubahan volume dan rasio perubahan densitas proses penggorengan buah dengan cara osmotic dehydration dan tekanan hampa udara dipertinggi dengan mempertimbangkan penurunan kadar air dan penurunan kadar pati, dan ketiga mengembangkan model matematik perubahan kekerasan dan kerenyahan buah proses penggorengan buah dengan cara osmotic dehydration dan tekanan hampa udara dipertinggi dengan mempertimbangkan penurunan kadar air dan penurunan kadar pati, serta keempat mengembangkan model matematik perubahan warna (L, a dan b) buah proses penggorengan buah dengan cara osmotic dehydration dan tekanan hampa udara dipertinggi dengan mempertimbangkan penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa pada produk. Sampel penelitian adalah buah nangka yang digoreng secara vakum pada suhu 70 – 100°C, lama penggorengan 15 – 60 menit dan tekanan vakum 10 – 20 kPa.

Hasil penelitian tahun pertama (Tahun I) menunjukkan bahwa selama penggorengan pada kondisi hampa udara terjadi antara lain: Pertama selama proses penggorengan hampa udara terjadi perpindahan panas dan massa secara simultan pada bahan pangan yang digoreng, perpindahan panas dan penyerapan minyak dipengaruhi oleh penguapan air sesuai dengan kandungan air dalam padatan, bilamana kadar air dalam padatan masih di atas 15% ada kecenderungan suhu padatan konstan pada suhu 70 sampai 80°C yang merupakan suhu titik didih air pada tekanan vakum 80 sampai 10 kPa, begitu pula dengan laju penyerapan minyak meningkat ketika laju penguapan air menurun pada saat kadar air dalam padatan di bawah 15%. Kedua bahan pangan selama proses penggorengan pada kondisi hampa udara mengalami perubahan volume dan rasio densitas. Perubahan volume dan rasio densitas dipengaruhi oleh penguapan air dan penurunan kadar pati, apabila penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, terjadi penyusutan dan pengecilan pori, setelah penguapan air konstan pada saat kadar air di bawah 15%, mulai terjadi pemekaran dan pembesaran pori

sampai akhir penggorengan. Demikian pula dengan penurunan kadar pati, perubahan volume dan rasio densitas berupa penyusutan dan pengecilan pori nampak terjadi sampai penurunan kadar pati belum konstan, setelah kadar pati konstan terjadi pemekaran dan pembesaran pori dalam padatan. Ketiga bahan pangan selama proses penggorengan pada kondisi hampa udara mengalami perubahan kekerasan dan kerenyahan. Perubahan kekerasan dan kerenyahan dipengaruhi oleh penguapan air sesuai dengan kandungan air dan penurunan kadar pati yang ada dalam padatan, bilamana kandungan air dalam padatan belum konstan sebelum kadar air mencapai 15%, peningkatan nilai kekerasan dan kerenyahan masih rendah, namun ketika kadar air dalam padatan mulai konstan atau di bawah 15% terjadi peningkatan kekerasan dan kerenyahan padatan yang tinggi sampai akhir penggorengan. Begitu pula dengan penurunan kadar pati, perubahan kekerasan dan kerenyahan meningkat pada saat penurunan kadar pati mulai menjadi konstan pada saat kadar pati di bawah 15%, tekstur padatan menjadi semakin keras dan renyah. Keempat bahan pangan selama proses penggorengan pada kondisi hampa udara mengalami perubahan warna (L, a dan b). Perubahan warna (L, a dan b) dipengaruhi oleh penguapan air bebas sesuai dengan kandungan air dan penurunan kadar sukrosa yang ada dalam padatan, bilamana penguapan air bebas dalam padatan belum konstan sebelum kadar air mencapai 15% nilai L, a dan b terus mengalami perubahan, namun ketika penguapan air bebas mulai konstan atau di bawah 15%, nilai L, a dan b juga cenderung konstan. Begitu pula dengan penurunan kadar sukrosa, perubahan nilai L, a dan b terus berubah sebelum penurunan kadar sukrosa konstan atau pada saat kadar sukrosa di atas 40%, beberapa lama nilai L, a dan b tidak berubah setelah penurunan kadar sukrosa konstan atau pada saat kadar sukrosa di bawah 40%.

Kata kunci : Perpindahan panas dan massa, volume, densitas, tekstur, warna, dan penggorengan hampa udara

SUMMARY

Vacuum fried fruit crisp has popularly consumed by people nowadays for it has characteristics of puffing, having natural color, hard and crunchy when being eaten. To meet the consumer preferred characteristics, it is necessary to pay much attention to the characteristics, process conditions, and raw material changes. During the frying process, heat and mass transfer simultaneously occurs that physically or chemically causes some changes of fried fruits. The physical changes consist of water vaporization, volume change, having texture and taste development, and chemical changes are starch gelatinization, and product color change.

The main objectives of this research consists of four parts, first to develop simultaneous heat and mass transfer mathematical model of fruit frying process through osmotic dehydration and increased vacuum pressure by considering condition, characteristic, and occurring changes during process. Second, developing volume and density change mathematical models of fruit frying process through osmotic dehydration and increased vacuum pressure by considering water content, and starch content reduction. Third, to develop mathematical model of fruit hardness and crunchiness through osmotic dehydration and increased vacuum pressure by considering water and starch content reduction. Fourth, developing mathematical model of fruit color change (L, a, and b) through osmotic dehydration and increased vacuum pressure by considering water and sucrose content reduction of product. The research samples are jack fruits that were vacuumly fried at temperature of 70 – 100°C, frying period of 15 – 60 minutes, and vacuum pressure of 10 – 20 kPa.

The first year research result showed that, first, simultaneous heat and mass transfer occurred on fried product during vacuum frying process. Heat transfer and oil absorption were affected by water vaporization being suitable with water content in product. If water content in product is still above 15%, the temperature tends to be constant at 70 – 80°C being the water melting point at vacuum pressure of 80 – 10 kPa. Oil absorption rate improves when water vaporization rate goes down as water content in product is below 15%.

Second, the products suffer from volume and density ratio changes during vacuum frying process. Volume and density ratio changes were influenced by water vaporization and starch content reduction. If free water vaporization is not constant as water content above 15%, pore reduction occur. After water vaporization is stable when water content below 15%, puffing and pore blowing start to occur until end of frying. Also in starch content reduction, volume and density ratio change, i.e. pore shrinkage and reduction happen until starch content reduction is not constant yet. After constant, pore puffing and blowing occur in product.

Third, during vacuum frying process, hardness and crunchiness of product change. Hardness and crunchiness changes were affected by water vaporization being appropriate with water content and starch content reduction in product. If water content in product is not constant yet, before water content reaches 15%, the

improving of hardness and crunchiness values is still low. However, when water content in product start to be constant or bellow 15%, hardness and crunchiness impovement occur until end of frying. Also in starch content reduction, hardness and crunchiness change increase when starch content reduction start to be constant when starch content under 15 %, product texture becomes hard and crunchy.

Forth, during vacuum frying process, color of product (L, a, b) changes. Color change was affected by free water vaporization being appropriate with water content and sucrose content reduction in product. If free water content in product is not constant yet, before water content reaches 15%, the values of L, a, b still change. However, when free water vaporization start to be constant or bellow 15%, the values of L, a, b tend to be constant. Also in sucrose content reduction, L, a, b values keep to change before the reduction of sucrose is constant or sucrose content above 40%. in a certain time, the value of L, a, and b do not change after sucrose content reductionbeing constant or at sucrose content bellow 40%.

Keywords : Heat and mass transfer, volume, density, texture, color, and vacuum frying

PRAKATA

Penggorengan merupakan salah satu proses pengolahan pangan yang sudah umum digunakan sejak dahulu sampai sekarang, selain karena biayanya yang relatif murah, banyak ragam makanan yang dapat diolah dengan proses penggorengan dan produk yang dihasilkan memiliki rasa yang khas, nikmat, enak, menarik, harum sedap dan garing jika dibandingkan dengan cara pengolahan lain, misalnya merebus dan memanggang terutama untuk bahan pangan dari jenis buah-buahan dan sayur-sayuran. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju saat ini, sehingga teknologi proses penggorengan memungkinkan untuk dapat terus dikembangkan dalam industri pangan dalam skala besar.

Dengan selesainya penelitian ini diharapkan hasilnya dapat memberikan informasi dan membantu semua pihak yang berkaitan dengan topik penelitian ini, sehingga hasilnya diharapkan dapat dimanfaatkan masyarakat pada umumnya, industri makanan olahan (produk gorengan) dan bahkan bagi kepentingan akademik utamanya para mahasiswa dalam penyelesaian studinya di perguruan tinggi. Kami menyadari bahwa kegiatan penelitian ini dapat berjalan dengan baik, karena adanya bantuan dan partisipasi dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini kami tak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M-DIKTI) yang telah memberikan dana penelitian. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar dan Dekan Fakultas Teknik serta semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan namanya dalam kesempatan ini.

Makassar, November 2010

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	21
BAB IV METODE PENELITIAN	23
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	46
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	94
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	101

DAFTAR GAMBAR

No.	Uraian	Hal
Gambar 2.1	Perpindahan massa selama <i>osmotic dehydration</i> (Gustavo, 1996)	10
Gambar 4.1	Diagram sistem proses penggorengan keripik buah dengan tekanan hampa	24
Gambar 4.2	Neraca massa dan panas di elemen volum padatan (buah)	25
Gambar 4.3a	Skematik alat penggorengan tekanan hampa udara (tidak berskala)	35
Gambar 4.3b	Skematik alat penggorengan tekanan hampa udara (tidak berskala)	36
Gambar 4.4	Diagram alir pembuatan keripik buah	37
Gambar 4.5	Diagram alir tahapan penelitian	38
Gambar 4.6	Diagram alir pengembangan model perpindahan panas dan massa proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara	41
Gambar 5.1	Suhu padatan selama proses penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	46
Gambar 5.2	Suhu padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C	47
Gambar 5.3	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	49
Gambar 5.4	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C	49
Gambar 5.5	Kadar minyak padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	51
Gambar 5.6	Kadar minyak padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C	51
Gambar 5.7	Suhu, kadar air dan kadar minyak dalam padatan selama proses penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa	53
Gambar 5.8	Volume padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	54
Gambar 5.9	Volume padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C	55

Gambar 5.10	Rasio perubahan densitas padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa vakum 70 cmHg	56
Gambar 5.11	Rasio perubahan densitas padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	57
Gambar 5.12	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	59
Gambar 5.13	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	59
Gambar 5.14	Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	62
Gambar 5.15	Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	62
Gambar 5.16	Volume, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	63
Gambar 5.17	Rasio perubahan densitas, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	65
Gambar 5.18	Kekerasan padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	66
Gambar 5.19	Kekerasan padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	67
Gambar 5.20	Kerenyahan padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	68
Gambar 5.21	Kerenyahan padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	69
Gambar 5.22	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	70
Gambar 5.23	Kadar air padatan nangka selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	71
Gambar 5.24	Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	72
Gambar 5.25	Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	73
Gambar 5.26	Kekerasan, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	75

Gambar 5.27	Kerenyahan, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	77
Gambar 5.28	Warna (L) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	79
Gambar 5.29	Warna (L) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	79
Gambar 5.30	Warna (a) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	81
Gambar 5.31	Warna (a) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	82
Gambar 5.32	Warna (b) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 90 kPa	83
Gambar 5.33	Warna (b) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	83
Gambar 5.34	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	86
Gambar 5.35	Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	86
Gambar 5.36	Kadar sukrosa padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa	88
Gambar 5.37	Kadar sukrosa padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100 ^o C	89
Gambar 5.38	Warna (L), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	90
Gambar 5.39	Warna (a), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	91
Gambar 5.40	Perubahan warna (b), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100 ^o C dengan tekanan vakum 10 kPa	93

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Uraian	Hal
Lampiran 1	Prosedur Analisa Kadar air, Kadar Minyak, Kadar Pati, Kadar Gula Reduksi, Kadar Sukrosa dan Kadar β -Karoten	101
Lampiran 2	Hasil Analisa Kadar Air, Kadar Minyak, Kadar Pati, Kadar Sukrosa, Kadar Gula Reduksi dan Kadar β -Karoten Padatan selama Penggorengan Hampa Udara ...	107
Lampiran 3	Hasil Pengukuran Perubahan Volume dan Porositas Padatan selama Penggorengan Hampa Udara	113
Lampiran 4	Hasil Pengukuran Perubahan Tegangan dan Regangan Padatan selama Penggorengan Hampa Udara	115
Lampiran 5	Hasil Pengukuran Perubahan Warna Padatan selama Penggorengan Hampa Udara	117
Lampiran 6	Surat perjanjian pelaksanaan penelitian	120
Lampiran 6	Surat izin penelitian	124
Lampiran 7	Surat keterangan pelaksanaan penelitian	125
Lampiran 8	Daftar riwayat hidup tim peneliti	126

DAFTAR SIMBOL

A	Luas permukaan	m^2
A_φ	Luas permukaan	m^2
a	Konstante	-
C	Konsentrasi	kg/m^3
C_p	Panas spesifik	$J/kg\ ^\circ C$
$\frac{d\bar{C}_a}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi air di padatan	$kg/m^3/s$
$\frac{d\bar{C}_m}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi minyak di padatan	$kg/m^3/s$
$\frac{d\bar{C}_{gr}}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi gula reduksi di padatan	$kg/m^3/s$
$\frac{d\bar{C}_{pt}}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi pati di padatan	$kg/m^3/s$
$\frac{d\bar{C}_{sk}}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi sukrosa di padatan	$kg/m^3/s$
$\frac{d\bar{C}_{\beta k}}{dt}$	Laju perubahan konsentrasi β -karoten di padatan	$kg/m^3/s$
D_m	Difusivitas uap	m^2/s
d_m	Bahan kering	-
d_o	Diameter awal	m
d_t	Diameter sampel setelah digoreng	m
h	Koefisien transfer panas	$W/m^2\ ^\circ C$
Kr_G	Konstante kecepatan reaksi gelatinisasi	m/s
Kr_{pf}	Koefisien perpindahan massa perubahan fase	m/s
k	Konstante kecepatan (koefisien perpindahan massa)	m/s
k	Konduktivitas panas	$W/m\ ^\circ C$
k_s	Konstanta kinetika untuk pelunakan	s^{-1}
k_h	Konstanta kinetika untuk pengerasan	s^{-1}
L	Ketebalan	m
L	Panjang	m
L_1	Panjang setelah bahan ditekan	m
L_v	Panas penguapan terpendam	J/kg
MF_n	Tekanan maksimum	kg/m^2
m	Komponen massa	kg
q	Transfer panas tiap satuan waktu tiap satuan luas	W/m^2
r	Kecepatan reaksi	kg/s
S_v	Perubahan volume	%
T	Temperatur di dalam bahan	$^\circ C$
T_m	Temperatur minyak di permukaan bahan	$^\circ C$
T_s	Sifat tektur	%

T_{σ}	Perubahan kekerasan	kg/m^2
T_{ε}	Perubahan kerenyahan	mm/mm
t, θ	Waktu	s
V	Volume	m^3
V_0	Volume awal	m^3
V_t	Volume sampel setelah digoreng	m^3
V_v	Perubahan volume	m^3/m^3
V_p	Rasio perubahan densitas	$\text{kg/m}^3/\text{kg/m}^3$
W	Perubahan warna	-
x, y	Bilangan eksponen	-
x, z	Jarak (posisi kearah sumbu)	m
ΔH	Energi untuk proses	J/kg
Δz	Tebal	m
φ	Rasio perubahan densitas	$\text{kg/m}^3/\text{kg/m}^3$
σ	Tegangan	kg/m^2
ε	Regangan	mm/mm
δ	Deformasi	mm
ϕ	Porositas total	-
λ	Energi untuk proses perubahan fase	J/kg
α	Difusivitas uap	m^2/s
ρ	Densitas	kg/m^3
ρ_b	Kepadatan sampel setelah digoreng	kg/m^3
ρ_s	Kepadatan sampel sebelum digoreng	kg/m^3

Subscripts

a	Air di dalam padatan
a	Nilai a menunjukkan warna kromatik antara hijau sampai merah. Nilai a positif berkisar antara 0 sampai +100 menunjukkan intensitas warna merah dan nilai a negatif antara 0 sampai -80 menyatakan intensitas warna hijau
a*	Air di luar padatan
am	Asam amino di dalam padatan
b	Nilai b menunjukkan warna kromatik antara biru sampai kuning. Nilai b positif antara 0 sampai +70 menyatakan intensitas warna kuning dan nilai b negatif dari 0 sampai -70 menunjukkan intensitas warna biru
gr	Gula reduksi di dalam padatan
G, g	Gelatinisasi
h	Pengerasan
km	Karamelisasi
L	Nilai L (<i>Light</i>) menunjukkan warna antara hitam sampai putih yang memiliki kisaran 0 (hitam) sampai 100 (putih)
m	Minyak di dalam padatan
m*	Minyak di luar padatan
ml	Maillard
pt	Pati di dalam padatan

pf	Perubahan fase
r	Reaksi
s	Permukaan
s	Pelunakan
sk	Sukrosa di dalam padatan
β k	β -karoten di dalam padatan
φ	Antar fasa
∞	Kondisi pada saat $t \approx \infty$
0	Awal

BAB I

PENDAHULUAN

Tanaman salak, nangka, apel dan pepaya adalah jenis buah-buahan yang bernilai ekonomis tinggi dan amat potensial untuk dirancang sebagai sumber pendapatan ekonomi rumah tangga, masyarakat tani, industri kecil, industri menengah dan devisa negara. Saat ini buah-buahan tersebut sudah dikembangkan menjadi keripik buah (keripik salak, keripik nangka, keripik apel dan keripik pepaya), bahkan masih banyak lagi buah-buahan yang sudah diolah dan dikembangkan menjadi produk sejenis. Keripik buah sangat disukai oleh konsumen karena mempunyai sifat yang khas, nikmat, enak, gurih dan renyah jika dikunyah, sehingga permintaan terhadap keripik buah semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa keripik buah mempunyai peluang pasar yang sangat besar untuk lebih dikembangkan baik pada skala nasional maupun internasional. Namun yang menjadi permasalahan standarisasi mutu produk keripik buah belum banyak diketahui saat ini, sehingga diperlukan temuan untuk memperoleh produk keripik buah sesuai dengan standar mutu yang disukai oleh konsumen.

Sistem penggorengan keripik buah sekarang ini masih dilakukan secara langsung tanpa adanya perlakuan awal pada buah yang akan digoreng, misalnya dilakukan dengan cara *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara. Padahal jika dilakukan *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara, maka kualitas produk keripik buah akan menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa *osmotic dehydration*, misalnya

teksturnya akan menjadi lebih renyah, pemekaran menjadi besar, sifat warna dapat dipertahankan, serta serapan minyak dapat diminimalisasi dalam usaha menyelaraskan dengan isu kesehatan.

Sudah banyak penelitian yang menjelaskan adanya perubahan selama proses penggorengan, baik secara kimiawi maupun fisik. Namun penelitian yang ada belum mempertimbangkan kondisi dan karakteristik bahan baku dan *osmotic dehydration*, serta reaksi yang terjadi dengan perubahan tekstur, pemekaran, warna produk dan penyerapan minyak selama proses penggorengan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menemukan pengaruh cara *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara terhadap pengembangan kualitas produk keripik buah. Membuat model perpindahan panas dan massa secara simultan, membuat model empirik perubahan tekstur, pemekaran, warna, sehingga produk keripik buah yang ditemukan dalam penelitian ini dapat sesuai dengan standar mutu yang disukai oleh konsumen.

Penggorengan pada tekanan hampa udara adalah merupakan salah satu cara proses penggorengan dengan penerapan panas pada bahan makanan yang digoreng dan dilakukan pada tekanan vakum (di bawah tekanan atmosfer). Selama proses penggorengan, terjadi secara simultan perpindahan panas dari minyak goreng ke bahan (bahan menyerap minyak), dan perpindahan massa air dari dalam ke permukaan bahan (penguapan), menyebabkan terjadinya perubahan secara fisik dan kimia pada bahan yang digoreng. Perubahan secara fisik antara lain pemasakan menjadi lebih cepat, garing, perubahan volume, perubahan porositas, perubahan tekstur, perubahan warna dan pengembangan rasa. Sedangkan

perubahan secara kimia antara lain adalah penguapan air, penyerapan minyak, gelatinisasi pati, denaturasi protein, pencoklatan dan karamelisasi.

Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk menggambarkan kondisi dan perubahan yang terjadi selama proses penggorengan bahan pangan. Moreira et. al., (1995) dan Jung et. al., (2003) menjelaskan bahwa pada penggorengan vakum terbentuknya lapisan keras menjadi lambat sehingga memberi kesempatan penguapan air dari dalam sebelum produk menjadi kering, dengan warna produk yang cerah. Atteba dan Mittal (1994) telah mengembangkan model untuk memprediksi penyebaran panas, uap dan minyak pada penggorengan bakso daging menggunakan persamaan difusi untuk penyebaran panas dan uap, penyebaran minyak selama masa absorpsi dan persamaan aliran kapiler untuk penyebaran minyak selama masa desorpsi. Akan tetapi permasalahan yang belum berhasil dijelaskan adalah pengaruh *osmotic dehydration*, karakteristik bahan baku, dan kondisi proses terhadap peristiwa perpindahan massa dan panas secara simultan, perubahan tekstur, volume dan warna selama proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara dipertinggi.

Pengembangan model matematik secara lebih detail yang menjelaskan perubahan yang mungkin terjadi selama proses penggorengan telah berhasil dikembangkan dengan baik oleh Kawas dan Moreira (1996); Lujan et. al., (1996); Yamsaengsung dan Moreira (2002); Math et. al., (2003). Hasil-hasil penelitian tersebut berhasil menjelaskan bahwa penggorengan dapat merubah struktur produk dengan fenomena pengerutan, pemekaran, kepadatan, perubahan tekstur dan kimiawi pada bahan yang digoreng. Namun model matematik yang telah

dikembangkan tersebut, belum juga mempertimbangkan kemungkinan adanya cara *osmotic dehydration* dan penggorengan pada tekanan hampa udara untuk memperbaiki kualitas produk, bahkan model-model tersebut belum memasukkan energi panas yang dibutuhkan untuk proses gelatinisasi, perubahan fase, denaturasi, pencoklatan, perubahan warna alami, dan pemasakan bahan.

Yamsaengsung dan Moreira, (2002) membuat model secara empirik untuk menggambarkan perubahan volume (pemekaran) tortilla chip selama penggorengan. Hasil penelitiannya menunjukkan tortilla chip mengalami penyusutan pada arah radial dengan kejenuhan air yang sangat rendah, dan pengembangan pada arah ketebalan disebabkan pengembangan gelembung gas dalam tortilla chip. Whitaker (1977) dan Asensio (1999) mengembangkan model untuk menjelaskan perpindahan panas dan massa pada pengeringan kertas, penghilangan air yang terikat dianggap sebagai penyebab pengerutan pada struktur sel bahan. Penelitian tersebut berhasil menjelaskan sebagian gejala perpindahan panas dan massa yang belum terungkap pada penelitian sebelumnya. Namun permasalahan yang belum dijelaskan adalah pengaruh kondisi bahan baku dengan fenomena perpindahan panas dan massa secara simultan selama proses penggorengan, dan hubungan secara empirik kondisi bahan mentah dengan perubahan volume dan tekstur dengan hanya melihat pada dimensi bahan.

Penelitian lebih menyeluruh selama proses penggorengan pada makanan berpati telah dilakukan oleh Supriyanto, et. al, (2007) dan memodelkan secara baik untuk menggambarkan fenomena pemanasan, penurunan kadar air dan peningkatan kadar minyak pada bahan makanan sumber pati. Energi panas yang

diterima oleh bahan makanan digunakan untuk menaikkan suhu bahan, gelatinisasi, penguapan air dan pemasakan. Proses transfer massa air berlangsung dari dalam ke permukaan bahan karena adanya perbedaan konsentrasi massa air antara bagian dalam dan permukaan. Proses transfer massa minyak masuk ke dalam bahan dengan cara difusi karena adanya perbedaan konsentrasi minyak antara bagian permukaan dan bagian dalam bahan. Perubahan volume produk dipengaruhi oleh nisbah amilosa dan amilopektin. Akan tetapi penelitian tersebut hanya memperhitungkan adanya energi panas untuk proses gelatinisasi, perubahan fase, dan pemasakan bahan, sedangkan energi panas untuk proses denaturasi, pencoklatan non enzimatis, dan perubahan warna alami produk belum dimasukkan ke dalam model. Penelitian ini juga belum mengungkap karakteristik bahan baku, reaksi-reaksi yang terjadi dan pengaruh proses *osmotic dehydration* dan kondisi penggorengan terhadap perubahan volume, tekstur dan warna produk. Padahal proses ini sangat penting untuk dimasukkan ke dalam model.

Model yang telah dikembangkan sampai sekarang memperhitungkan perubahan yang terjadi selama proses penggorengan dan belum menjelaskan hubungan antara karakteristik bahan baku dan proses dengan produk yang dihasilkan. Oleh sebab itu penelitian lebih komprehensif masih perlu untuk lebih dikembangkan agar diperoleh pemahaman yang lebih baik pada proses penggorengan bahan pangan, karena selama proses penggorengan banyak perubahan yang tidak diinginkan bisa terjadi pada bahan yang digoreng jika tidak dikontrol dengan baik, dan proses yang beragam ini harus dapat dikendalikan dengan baik, agar tidak merusak mutu produk.

Saat ini belum ada penelitian yang memperlihatkan hubungan antara karakteristik bahan baku dan peningkatan kualitas produk keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara. Bahkan model matematika perpindahan panas dan massa yang menggambarkan sistem penggorengan pada tekanan hampa udara sampai saat ini nampaknya masih terbatas. Model matematika yang telah dikembangkan sejauh ini belum memasukkan ke dalam model mengenai keadaan bahan baku yaitu, kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi, kadar β -karoten dan porositas, selanjutnya belum memperlihatkan perpindahan panas dan massa secara simultan berdasarkan keadaan bahan baku tersebut. Model yang ada saat ini belum menunjukkan hubungan perubahan kadar air, kadar pati dan porositas dengan perubahan volume (pengkerutan dan pemekaran) serta perubahan tekstur (kerenyahan dan kekersan), bahkan sampai saat ini belum ada model yang menjelaskan hubungan perubahan kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten terhadap perubahan warna produk selama penggorengan.

Kekomplekan proses penggorengan menyebabkan kesulitan dalam mengembangkan model matematik untuk menjelaskan peristiwa yang dapat terjadi dan nampaknya sejauh ini belum banyak informasi mengenai perpindahan panas, perpindahan massa, perubahan volume, perubahan tekstur dan perubahan warna keripik buah melalui proses penggorengan pada tekanan hampa udara (dibawah tekanan atmosfer). Diharapkan dengan pemahaman dan pengkajian lebih mendalam untuk menemukan model matematik yang sesuai, maka fenomena perpindahan panas dan massa, perubahan volume, tekstur, dan warna selama

proses penggorengan pada tekanan hampa udara dengan bahan baku buah, akan dapat dijelaskan dengan baik. Dengan model ini, rekayasa kualitas pada produk goreng dimungkinkan untuk dilakukan, untuk dapat memenuhi selera konsumen dalam usaha menyelaraskan dengan isu kesehatan, dan menghasilkan produk goreng yang lebih berkualitas untuk pengembangan teknologi dalam proses penggorengan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Blanching

Blanching dijelaskan oleh Beckett (1995) sebagai teknik pasteurisasi yang diaplikasikan pada buah dan sayuran sebelum diolah lebih lanjut. Pada proses *blanching* menggunakan pemanasan pada suhu 80 sampai 100 °C atau dengan *steam* beberapa menit. Setelah *blanching* pendinginan secara cepat perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya pemasakan berlanjut (*overcooking*), pertumbuhan mikrobia selama bahan masih dalam keadaan hangat dan mengalami pendinginan secara lambat setelah *blanching* (*shock thermal*). Menurut Mujundar, (1995) tujuan *blanching* secara umum adalah untuk menginaktivasi enzim-enzim dalam pembentukan warna, flavor yang tidak disukai, dan mengurangi kontaminasi. Selain itu, *blanching* juga berfungsi untuk mengurangi lama pengeringan, mengeluarkan gas-gas dari dalam jaringan, melunakkan bahan dan mencegah kehilangan karoten dan asam askorbat selama penyimpanan. *Blanching* dapat juga menghambat pencoklatan enzimatik yang dapat mengakibatkan perubahan warna pada beberapa buah-buahan. *Blanching* juga dapat mengakibatkan kerugian terutama kehilangan vitamin, *flavor*, karbohidrat dan komponen lainnya yang larut dalam air (Beckett, 1995).

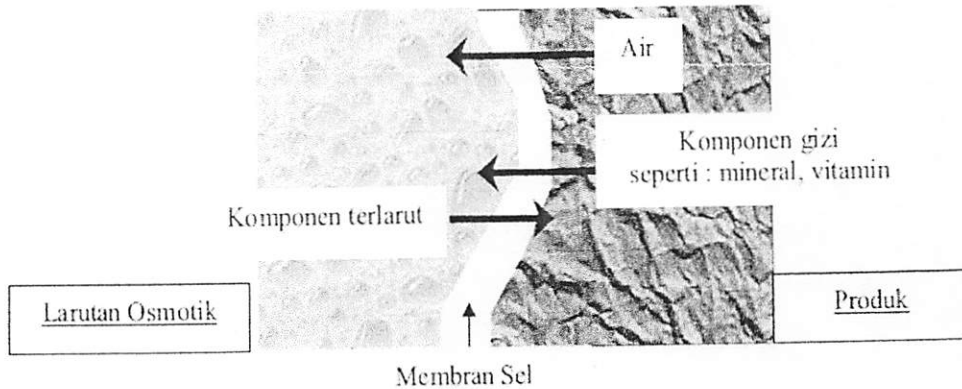
Perlakuan panas pada bahan makanan dengan suhu 65°C dapat menyebabkan sifat permeabilitas selektif membran sel menjadi hilang (Matz dan Samuel, 1984). Hilangnya permeabilitas selektif ini disebabkan terjadinya denaturasi protein penyusun membran yang menyebabkan ikatan elektrolisis

setara lipida dan protein dalam sel menjadi putus. Putusnya ikatan molekular lipida-protein atau lipida-lipida dalam sistem membran, akan menyebabkan permeabilitas atau porositas membran sel menjadi makin besar, sehingga komponen berukuran besar secara bebas dapat keluar masuk jaringan. Perlakuan *blanching* sebelum *osmotic dehydration* pada potongan apel telah dipelajari oleh Taiwo et. al., (2002) dan menjelaskan bahwa produk akan mengalami kenaikan RC (*Rehydrtaion Capacity*), sehingga dihasilkan produk yang kukuh dan laju kehilangan air selama *osmotic dehydration* yang lebih cepat daripada perlakuan *high electric field pulse*, *high pressure*, pembekuan dan tanpa perlakuan apapun pada sampel. Sedangkan Escobar et. al., (2006) menemukan pengaruh lama *blanching* terhadap transfer massa selama *osmotic dehydration* pada wortel. Namun pengaruh lama *blanching* terhadap transfer panas belum diungkapkan, sedangkan dalam proses pemanasan perpindahan panas dan massa selalu terjadi secara simultan, sehingga sebaiknya dijelaskan secara simultan.

B. Osmotic Dehydration

Osmotic dehydration merupakan metode pengeringan bahan berkadar air tinggi seperti buah-buahan dan sayur-sayuran, dengan cara merendamnya ke dalam larutan berkonsentrasi tinggi, misalnya larutan gula atau garam. Osmosis mengandung pengertian perpindahan molekul dari komponen dalam larutan melewati membran semipermeabel ke larutan berkonsentrasi lebih rendah. Fenomena transfer massa (Gambar 2.1) selama *osmotic dehydration* terjadi secara simultan yaitu; transfer air dari jaringan ke dalam larutan, transfer komponen terlarut dari larutan ke dalam jaringan, dan transfer sejumlah kecil

komponen alami gizi seperti gula, asam organik, mineral dan vitamin ke dalam larutan (Raoult, 1994; Torezan et. al., 2004). Difusi air terjadi secara simultan dan *counter-current* dengan transfer komponen terlarut ke dalam jaringan (Jokic et. a.l, 2005).



Gambar 2.1. Perpindahan massa selama *osmotic dehydration* (Gustavo, 1996)

Perpindahan atau transfer komponen terlarut dari larutan ke dalam jaringan menyebabkan kenaikan padatan ke dalam jaringan dan akan menurunkan aktivitas enzim fenolase, oleh karena itu akan mencegah pencoklatan enzimatik yang akan menentukan penerimaan produk (Khoyi dan Hesari, 2006). Lebih dari itu, kenaikan padatan akan menyebabkan masuknya kandungan senyawa yang dapat memperbaiki sifat sensoris produk dan merupakan usaha pengawetan karena kandungan air yang rendah. Larutan gula sebagai larutan osmotik banyak digunakan dalam pengeringan apricot untuk memperoleh rasa enak yang diinginkan (Khoyi dan Hesari, 2006).

Kecepatan transfer massa selama *osmotic dehydration* tergantung dari beberapa variabel seperti material yang digunakan (tingkat kematangan, bentuk dan ukuran), adanya perlakuan pendahuluan *blanching*, kondisi proses selama

osmotic dehydration seperti komposisi dan konsentrasi larutan, rasio produk dan larutan, suhu dan lama waktu perendaman (Torezan et. al., 2004). Menurut Fito et. al., (2001), perlakuan *osmotic dehydration* akan memberikan dampak perubahan pada produk seperti sifat sensoris, struktural, gizi, kimia dan fungsinya. Sehingga proses *osmotic dehydration* dapat digunakan sebagai perlakuan pendahuluan untuk proses selanjutnya seperti pengeringan dengan udara kering, pembekuan, pasteurisasi, pengalengan, penambahan bahan tambahan makanan dan penggorengan. Selain itu keuntungan penggunaan *osmotic dehydration* sebagai perlakuan pendahuluan adalah mampu meningkatkan kualitas dan penghematan energi untuk proses selanjutnya (Torezan et. al., 2004). Meskipun penelitian-penelitian tersebut agak lebih lengkap dari penelitian sebelumnya, namun pengaruh *osmotic dehydration* dan karakteristik bahan baku terhadap produk akhir belum berhasil diungkapkan, oleh karena itu penelitian ini akan mengungkapkan peristiwa tersebut

Penelitian mengenai perpindahan massa selama *osmotic dehydration* telah diteliti oleh Khoyi dan Hesari (2006); Jokic et. al., (2005) dan menjelaskan bahwa makin tinggi suhu, akan meningkatkan kehilangan air mengakibatkan pembengkakan dan membran sel makin plastis yang menyebabkan membran makin permeabel, sehingga air lebih mudah keluar dari dalam jaringan. Komponen yang umum digunakan dalam pembuatan larutan untuk *osmotic dehydration* tergantung dari produk yang akan dikeringkan. Salah satu komponen yang biasa digunakan untuk larutan osmotik antara lain CaCl_2 , garam (NaCl), sukrosa, glukosa, sorbitol, maltodekstrin atau kombinasinya. Meskipun penelitian

ini telah menjelaskan adanya perpindahan massa, akan tetapi fenomena perpindahan panas dan massa secara simultan serta karakteristik bahan baku belum juga dikemukakan dan dimasukkan kedalam model, padahal kondisi ini sangat penting dipertimbangkan karena akan mempengaruhi produk akhir. Sudah banyak penelitian mengenai penggunaan garam kalsium sebagai komponen dalam larutan osmotik. Kalsium akan membentuk kompleks dengan dinding sel dan pektin lamela tengah (Rodrigues et. al., 2003). Enzim pektin esterase memecah grup methoxyl dari pektin untuk memproduksi grup karboksil bebas yang kompleks dengan ion divalen untuk membentuk ikatan silang antara rantai poliuronida sehingga meningkatkan kekerasan (Rodrigues et. al., 2003).

Gula atau *sucrose*, digunakan umumnya sebagai pemanis di samping sebagai usaha pengawetan atau dikombinasikan dengan teknik pengawetan yang lain. Daya larut yang tinggi dari sukrosa, kemampuan mengurangi keseimbangan kelembaban relatif (*ERH*) dan kemampuan mengikat air menyebabkan sukrosa dipakai dalam pengawetan bahan pangan. Adanya komponen sukrosa sebagai hasil dehidrasi dalam produk akhir dibutuhkan terutama untuk mempertahankan warna (pencegahan terhadap pencoklatan non enzimatik). Sukrosa mempunyai pengaruh penambahan cita rasa yang nyata pada sayur-sayuran seperti ercis, wortel dan jagung (Buckle et. al., 1987). Dalam *osmotic dehydration*, kombinasi garam - sukrosa akan memberikan hasil lebih baik daripada penggunaan sukrosa saja (Fito et. al., 2001). Penambahan garam dalam larutan sukrosa akan menguatkan (*enhance*) citarasa manis yang berasal dari sukrosa, dan menurunkan keasaman produk (Matz, 1984).

Ade et. al., (2002) telah menunjukkan efek sinergis pada penggunaan garam dan sukrosa terhadap kadar air dan kadar padatan ekuilibrium bahan setelah *osmotic dehydration*. Kadar air ekuilibrium (*moisture content* = m_{00}) mengalami penurunan dan kadar padatan ekuilibrium (*solid content* = s_{00}) mengalami kenaikan seiring kenaikan tekanan larutan osmotik. Gradien tekanan osmotik yang besar dipengaruhi oleh keberadaan sodium klorida meskipun kecil (0,41 - 3,24 kg/kg). Peristiwa ini disebabkan karena sodium klorida dapat berdifusi lebih dalam ke jaringan daripada sukrosa karena berat molekulnya lebih rendah (Ade et. al., 2002). Hal ini dapat dijelaskan dalam penelitian Jokic et. al., (2005) bahwa NaCl mampu berdifusi melewati membran sitoplasma (Jokic et. al., 2005). Molekul sukrosa akan terakumulasi di sekitar sitoplasma sehingga menghalangi transfer air. NaCl akan dapat terpenetrasi ke dalam sitoplasma dan menyebabkan gradien konsentrasi pada vakuola dan sitoplasma, sehingga menyebabkan transfer air lebih lanjut dari dalam sel. Karena itulah kehilangan air dari dalam bahan makin besar karena keberadaan komponen NaCl dalam larutan osmotik. Meskipun penelitian tersebut telah berhasil menjelaskan dengan baik adanya kehilangan air dari dalam bahan, namun model perpindahan panas dan massa belum berhasil dikemukakan, padahal dalam proses penggorengan bahan makanan proses perpindahan panas dan massa penting untuk dikemukakan karena berpengaruh terhadap perubahan fisik dan kimia pada produk akhir.

C. Penggorengan Tekanan Hampa Udara

Penggorengan tekanan hampa udara (penggorengan vakum) dijelaskan oleh Shyu et al., (1998) sebagai suatu proses penggorengan yang dilakukan di bawah

tekanan atmosfer, biasanya sekitar 50 Torr (6,65 kPa). Proses penggorengan vakum memiliki beberapa keunggulan diantaranya; dapat mencegah kenaikan kadar minyak pada produk akhir, mampu mempertahankan warna dan aroma, karena suhu yang digunakan rendah dan kurangnya oksigen di dalam tabung penggorengan selama proses berlangsung, serta meminimalisasi efek pemanasan pada kualitas minyak. Pengaruh tekanan dan suhu penggorengan vakum terhadap variasi kadar air pada pembuatan kismis telah dilakukan oleh Clary, (1996). Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa tekanan dan suhu berpengaruh terhadap kadar air produk. Perlakuan suhu rendah dan tekanan tinggi menghasilkan kismis dengan tekstur yang lunak dengan kadar air akhir 13,5 %. Perlakuan suhu tinggi dan tekanan rendah menghasilkan produk yang mengembang dan renyah dengan kadar air 1-2 %. Kenampakannya juga cerah dan segar. Sejalan dengan hal tersebut Garayo dan Moreira (2002) menjelaskan bahwa penurunan tekanan vakum (3,113 kPa dan 16,661 kPa) pada suhu yang sama (144^oC) membutuhkan waktu lebih singkat untuk mencapai kadar air keripik, dibandingkan dengan penggorengan tekanan atmosfer, kemudian keripik yang dihasilkan memiliki warna cerah dan tekstur lebih baik bila digoreng pada tekanan vakum yang lebih rendah.

Garayo dan Moreira (2002) telah melakukan penelitian untuk mencari hubungan antara suhu dan lama penggorengan; hubungan antara tekanan vakum dengan kadar air akhir produk. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa, kentang yang digoreng pada suhu 144^oC dan tekanan 3,113 kPa membutuhkan waktu lebih singkat (360 detik) untuk mencapai kadar air yang sama dengan

penggorengan pada tekanan sama pada suhu 132 dan 118⁰C. Penurunan suhu akan meningkatkan lama penggorengan kentang di bawah tekanan vakum maupun tekanan atmosfer. Makin rendah tekanan maka titik didih air juga makin rendah sehingga kandungan air di dalam kentang akan lebih cepat menguap daripada penggorengan pada tekanan atmosfer.

D. Perpindahan Panas dan Massa

Perpindahan panas selalu diikuti dengan penguapan air dan penyerapan minyak. Perpindahan panas, adalah proses perpindahan panas dari minyak panas ke bahan. Perpindahan massa, adalah proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara yang diikuti oleh penyerapan minyak dalam bahan. Kedua peristiwa ini terjadi secara simultan, sehingga dalam peristiwa penggorengan fenomena perpindahan massa dan panas harus dikaji secara bersama-sama. Beberapa model kondisi penggorengan telah dibuat oleh Chen dan Moreira, (1996); Kawas dan Moreira, (2000); Yamsaengsung dan Moreira, (2002) dalam mempelajari perpindahan panas dan massa selama penggorengan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kejenuhan air dengan kandungan lengas memperlihatkan kesesuaian yang baik antara model yang dibuat dengan data percobaan, kebanyakan air hilang selama detik pertama penggorengan, dan periode laju menurun pada saat laju kehilangan lengas berkurang.

Farkas et. al., (1996) menemukan model perpindahan panas dan massa yang lebih terperinci, pada penggorengan keripik kentang menggunakan dua persamaan terpisah antara kerak dan inti, dan aliran yang disebabkan oleh tekanan dalam kerak untuk fasa uap dan mengabaikan aliran difusi dalam wilayah kerak serta

aliran yang disebabkan tekanan dalam inti. Namun model tersebut tidak mencakup fasa minyak dan pengaruh perubahan porositas terhadap perpindahan panas dan massa. Ni dan Datta (1999) mengembangkan model media berpori multifasa untuk menstimulasi penggorengan keripik kentang berdasarkan pendekatan Whitaker (1977), model mereka melibatkan aliran yang disebabkan tekanan dimana besarnya signifikan pada fasa minyak, uap, dan udara dalam medium berpori non higroskopik. Namun model-model tersebut belum memperhitungkan perubahan porositas produk dan pengaruhnya terhadap perpindahan panas dan massa sistem.

Makin tinggi suhu penggorengan semakin meningkatkan kehilangan kadar air bahan. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan pembengkakan sehingga membran sel makin plastis yang menyebabkan membran semakin permeabel sehingga air lebih mudah keluar dari dalam jaringan. Penguapan air ditandai dengan adanya gelembung-gelembung gas dari permukaan bahan ke media minyak goreng. Awalnya jumlah gelembung banyak tetapi semakin lama gelembung-gelembung akan berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa penguapan air dari bahan juga berkurang. Lewis, (1987) menggunakan analogi dengan hukum pendinginan Newton dengan analisis pengeringan. Dengan asumsi bahwa laju kehilangan lengas dari sebutir bijian yang dikelilingi oleh udara pengering sebanding dengan perbedaan antara kadar air bijian dan kadar air setimbang. Krokida, M. K., (2000) menyederhanakan persamaan Lewis, (1987) dan menemukan model persamaan untuk penguapan air. Selama penggorengan, produk menyerap minyak dan kadar minyak dalam produk biasanya dihubungkan

dengan kadar air awal bahan (Gamble, Rice, dan Selman, 1987; Moreira, Palau, Sweat dan Sun, 1995). Minyak sebagai medium pemanas dan penghantar panas memiliki sifat yang tidak dapat menyatu dengan air, padahal buah-buahan banyak mengandung air. Sifat alami air dan minyak yang tidak dapat menyatu, keduanya memegang peranan penting dalam proses penggorengan. Temperatur penggorengan yang tinggi menyebabkan air dalam bahan makanan menjadi panas dan keluar ke dalam minyak disekitarnya dalam bentuk uap air (Math, et. al., 2003). Mekanisme absorpsi minyak disebabkan oleh tekanan kapiler, dan sebagian lainnya disebabkan oleh kondensasi uap pada saat memindahkan produk dari penggorengan (Pinthus dan saguy, 1993).

E. Perubahan yang Terjadi selama proses Penggorengan

1. Tekstur

Tekstur didefinisikan oleh Matz (1962) dan Amerine, et. al., (1965) sebagai sifat suatu bahan makanan yang dapat diamati oleh mata, kulit, dan otot-otot perasa dalam mulut. Tekstur suatu produk tergantung pada kekompakan partikel-partikel penyusunnya serta ukuran partikel lainnya. Pentingnya tekstur dalam penerimaan secara keseluruhan terhadap makanan oleh konsumen sangat bervariasi, tergantung pada jenis makanannya. Pembentukan lapisan keras (*crust*) dipermukaan produk yang digoreng dapat mengurangi laju transfer lengas sehingga mengakibatkan tekanan meningkat di dalam produk menyebabkan pengembangan pori dan mempengaruhi penyerapan minyak dan sifat produk akhir yang renyah (Moreira, Palau dan Sun, 1995; Yamsaengsung dan Moreira, 2002; Bhat dan Bhattacharya, 2003).

Perubahan-perubahan tekstur selama penggorengan telah dimodelkan oleh Pedreschi et. al., (2005) dengan mengamati adanya perubahan tekstur pada keripik kentang selama penggorengan. Menurut Szczesniak (1963), dalam penilaian tekstur makanan, ada dua cara yang bisa dilakukan yaitu metode instrumental maupun sensoris (organoleptik). Tekstur dapat diukur secara obyektif oleh fungsi waktu, massa, dan jarak serta dapat dirasakan melalui sentuhan. Parameter-parameter tekstur meliputi; sifat mekanis yang berhubungan dengan reaksi bahan terhadap tekanan (kekerasan, kohesivitas, viskositas, dan adhesivitas), sifat geometris yang berhubungan dengan ukuran, bentuk, dan orientasi partikel bahan, serta sifat-sifat lainnya berhubungan dengan tanggapan (persepsi) dari kandungan air atau lemak dari suatu bahan. Meskipun sudah cukup banyak penelitian yang menjelaskan tentang perubahan tekstur, namun efek *osmotic dehydration* terhadap perpindahan panas dan massa serta perubahan tekstur produk belum berhasil dijelaskan oleh peneliti sebelumnya.

2. Pemekaran

Penggorengan makanan dapat merubah struktur pori dari produk dengan fenomena pengerutan atau pemekaran. Perubahan struktur tersebut mempengaruhi difusivitas gas dan cairan dalam bahan (Kawas dan Moreira, 2000; Lujan A Costa dan Moreira, 1996; Xiong, Narsimhan dan Okos, 1991; Yamsaengsung dan Moreira, 2002). Selanjutnya (Asensio, 1991; Yamsaengsung dan Moreira, 2002) mengembangkan korelasi semi empirik untuk menentukan perubahan struktur pada penyusutan dan pemekaran produk. Penyusutan diperhitungkan dengan melibatkan adanya air yang terikat, penghilangan air yang terikat dianggap

sebagai penyebab pengerutan pada struktur sel bahan, sedangkan pemekaran adalah penambahan ketebalan disebabkan oleh pembentukan gelembung udara pada permukaan produk. Sesuai dengan algoritma pemekaran (Achanta et. al., 1995), pemekaran lebih banyak terjadi pada bagian tengah produk. Hal tersebut terjadi karena lebih banyak tekanan gas terdapat pada bagian tengah produk.

3. *Warna*

Selama proses pemanasan terjadi secara bersamaan dua macam reaksi pencoklatan non enzimatis, yaitu reaksi karamelisasi dan reaksi Maillard (Boa, 2001; Tranggono dan Sutardi, 1989; Winarno, 1992). Reaksi karamelisasi adalah reaksi yang terjadi karena pemanasan gula pada temperatur di atas titik cairnya dan menghasilkan warna menjadi gelap sampai coklat (Tranggono dan Sutardi, 1989), reaksi Maillard adalah reaksi antara karbohidrat khususnya gula reduksi dengan gugus amina primer. Reaksi-reaksi tersebut menghasilkan produk berwarna coklat yang disebut melanoidin (Winarno, 1992). Akan tetapi model matematik yang menggambarkan karakteristik dan reaksi-reaksi yang terjadi selama proses penggorengan bahan makanan nampaknya masih terbatas, sehingga penelitian ini akan mengungkapkan hal tersebut dan pengaruhnya terhadap warna produk.

Beberapa penelitian telah berhasil mengungkapkan perubahan warna yang terjadi selama proses pemanasan atau penggorengan bahan makanan. Garayo dan Moreira, (2002) melakukan penggorengan secara vakum pada kentang, dan melaporkan bahwa produk keripik kentang yang dihasilkan berwarna lebih gelap dan merah, disebabkan karena adanya reaksi antara gugus amina dan gula reduksi

(reaksi pencoklatan non enzimatis/reaksi Maillard). Rodrigues, (2003) telah menemukan perlakuan *osmotic dehydration* yang dapat mengurangi reaksi pencoklatan enzimatis, sehingga meningkatkan warna produk (misalnya buah). Akan tetapi penelitian-penelitian tersebut belum menjelaskan pengaruh *osmotic dehydration* dan karakteristik bahan baku serta efek dari perpindahan panas dan massa secara simultan terhadap warna produk.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah merekayasa penggorengan, tekstur, volume dan warna keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara dipertinggi. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan model matematik perpindahan panas dan massa secara simultan proses penggorengan buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara dipertinggi.
2. Mengembangkan model empirik perubahan tekstur produk keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara dipertinggi.
3. Mengembangkan model empirik perubahan volume (pemekaran) produk keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara dipertinggi.
4. Mengembangkan model empirik perubahan warna produk keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara dipertinggi.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Model perpindahan panas dan massa, perubahan volume, perubahan tekstur dan perubahan warna keripik buah yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi mutu produk goreng secara akurat dengan mengetahui sifat-sifat dan kandungan bahan baku.

2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan bagi masyarakat tani dan dunia industri untuk menghasilkan produk goreng yang lebih berkualitas dalam pengendalian mekanisasi dan otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dan pengembangan teknologi penggorengan.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi bagi mahasiswa, akademisi dan peneliti untuk lebih dikembangkan dalam menentukan mutu produk goreng yang lebih berkualitas dalam pengembangan teknologi penggorengan.

BAB IV

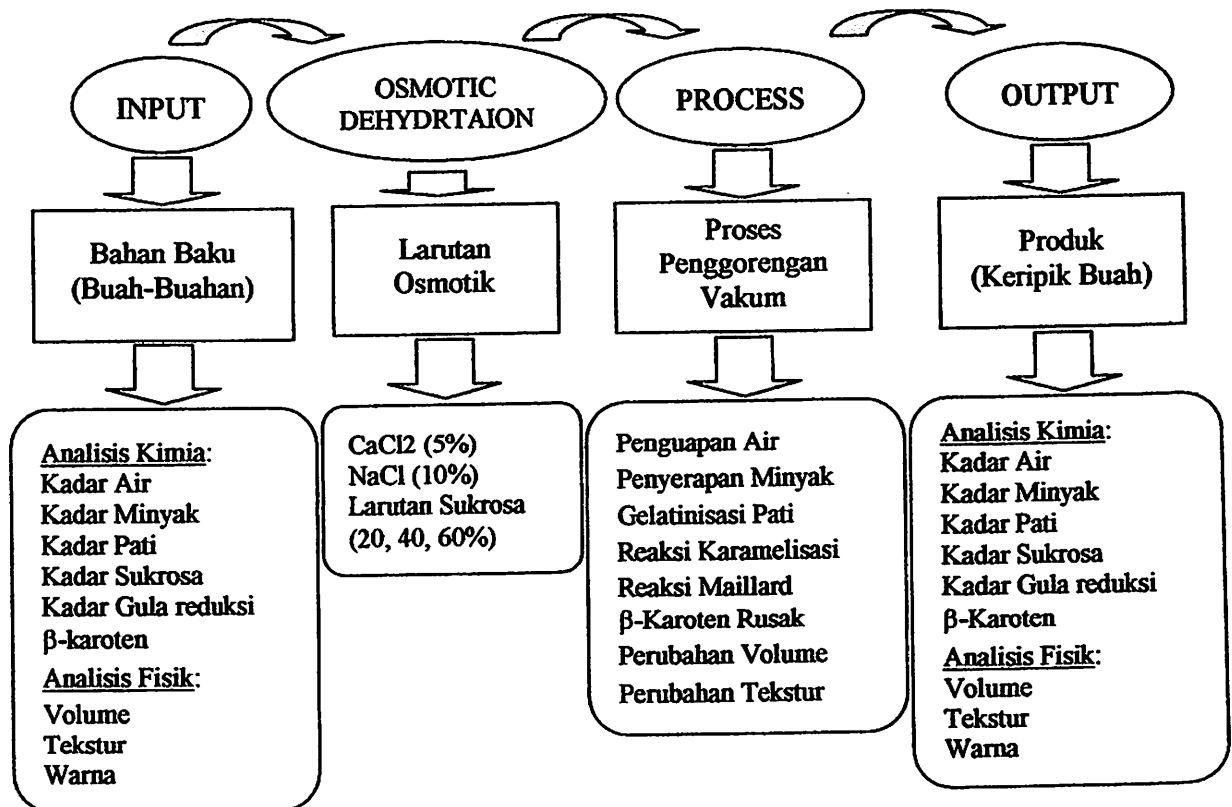
METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Teoritis dan Pengembangan Model Matematika

Penggorengan vakum adalah merupakan salah satu cara proses penggorengan dengan penerapan panas pada bahan makanan yang digoreng dan dilakukan pada tekanan hampa udara (di bawah tekanan atmosfer). Selama proses penggorengan, terjadi secara simultan perpindahan panas dari minyak goreng ke bahan (bahan menyerap minyak), dan perpindahan massa air dari dalam ke permukaan bahan (penguapan), menyebabkan terjadinya perubahan secara fisik dan kimia pada bahan makanan. Perubahan secara fisik antara lain pemasakan menjadi lebih cepat, garing, perubahan volume (pemekaran), perubahan porositas, perubahan tekstur, perubahan warna dan pengembangan rasa. Sedangkan perubahan secara kimia antara lain adalah penguapan air, penyerapan minyak, gelatinisasi pati, denaturasi protein, pencoklatan non enzimatis (Maillard dan karamelisasi), dan perubahan warna alami produk.

Umumnya produk gorengan yang paling disukai oleh konsumen memiliki ciri-ciri antara lain; tekstur renyah, rasa yang khas, mekar, mengandung kadar minyak yang relatif rendah, warna cerah (tidak berubah dari bahan bakunya). Untuk dapat menghasilkan produk keripik buah sesuai dengan selera konsumen, maka pemahaman terhadap peristiwa proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara menjadi keripik buah masih perlu dipelajari secara mendalam, dengan cara memperhatikan karakteristik bahan baku, proses dan kondisi

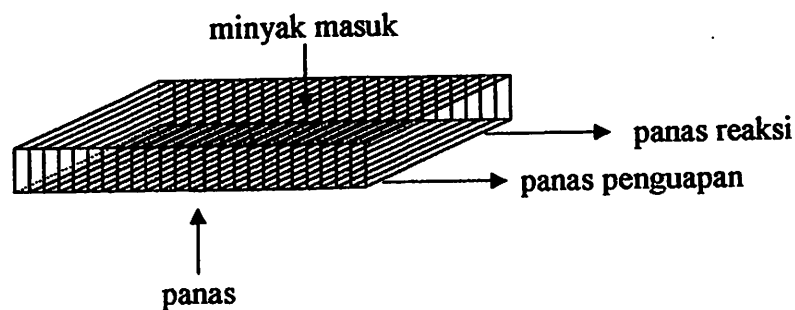
penggorengan, agar kualitas produk gorengan yang dihasilkan dapat sesuai dengan selera konsumen. Diduga karakteristik dengan bahan baku buah-buahan dan mekanisme proses sebelum penggorengan (*osmotic dehydration*) berpengaruh terhadap kualitas produk keripik buah yang dihasilkan. Gambar 4.1 menunjukkan hubungan karakteristik bahan baku dengan proses penggorengan dan sifat produk yang dihasilkan.



Gambar 4.1. Diagram sistem proses penggorengan keripik buah dengan tekanan hampa

Pemahaman dan penelitian secara menyeluruh terhadap perbaikan mutu produk dan perubahan yang mungkin terjadi selama proses penggorengan buah pada keadaan vakum, nampaknya masih perlu dilakukan dengan cara mencari alternatif proses (*osmotic dehydration*) sebelum buah digoreng dan membuat

model matematika yang menggambarkan perpindahan panas dan massa secara simultan proses penggorengan buah, selanjutnya menyusun model empirik yang menjelaskan perubahan volume, tekstur, penyerapan minyak dan warna produk. Beberapa karakteristik buah penting dimasukkan ke dalam model yang diduga berpengaruh terhadap mutu produk, agar nantinya mutu produk dapat diperkirakan secara akurat. Karakteristik buah yang diduga berpengaruh terhadap kualitas produk keripik buah selama proses penggorengan vakum antara lain; air, lemak/minyak, pati, sukrosa, gula reduksi, dan β -karoten.



Gambar 4.2. Neraca massa dan panas di elemen volum padatan (buah)

Proses pengeringan dan penggorengan adalah sangat mirip dan telah dibuat banyak untuk menjelaskan dan menduga kedua sistem tersebut. Persamaan dasar untuk massa dan energi adalah hampir sama, perbedaan pada model umumnya berasal dari sistem yang dijelaskan oleh model tersebut pada masing-masing kasus asumsi dan kondisi batas, mekanisme transpor dan sifat fisik untuk masing-masing sistem akan berbeda-beda. Pada proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, karena buah mengandung air, minyak, pati, sukrosa, gula reduksi, dan β -karoten (Gambar 4.1), sehingga panas yang diterima oleh bahan digunakan

antara untuk menaikkan suhu bahan, proses reaksi panas penguapan (perubahan fase cair menjadi uap) dalam bahan, proses reaksi gelatinisasi pati, proses reaksi pencoklatan non enzimatis (karamelisasi dan Maillard), perubahan warna alami dan pemasakan bahan.

Model matematika perpindahan massa dan panas disusun berdasarkan pada jumlah komponen yang dikandung oleh bahan, dan diduga akan mengalami reaksi selama proses penggorengan (Gambar 4.1 dan 4.2). Perpindahan massa dan panas akan dimodelkan dengan model fisik "lump capacitance".

Asumsi-asumsi utama yang akan digunakan dalam menyusun model adalah sebagai berikut:

1. Suhu dan konsentrasi bahan (air, minyak, pati, sukrosa, gula reduksi, dan β -karoten) dalam produk dianggap merata di seluruh padatan, termasuk permukaan padatan.
2. Penyerapan minyak terjadi selama penggorengan, sedangkan selama pendinginan diabaikan.
3. Perubahan volume disebabkan oleh rongga kosong di padatan, yang terjadi karena menguapnya air terikat dalam bahan.

1. Perpindahan Panas dan Massa

Gambar 4.2 menjelaskan laju massa dan panas yang mengalir melewati bahan padatan (buah) setebal L dan seluas A_{ϕ} . Berdasarkan gambar tersebut kemudian disusun neraca massa dan panas sesuai dengan jumlah komponen yang ada di dalam bahan.

a. *Perpindahan Massa*

Neraca massa setiap komponen yang ada di dalam elemen volume padatan (buah) berdasarkan Gambar 4.2, kemudian disusun neraca massa masing-masing komponen sebagai berikut.

1). *Neraca Massa Air di Padatan*

Persamaan keseimbangan massa air pada elemen volume padatan setebal L , luas A_ϕ dijabarkan.

Kecepatan air masuk – Kecepatan air keluar = Kecepatan akumulasi

$$0 - r_g \cdot L \cdot A_\phi - 2r_{pf} \cdot A_\phi = \frac{d(L \cdot A_\phi \cdot \bar{C}_a)}{dt} \quad (1)$$

Dimana : $r_g = k_g \cdot C_a \cdot C_{pt}$ dan $r_{pf} = k_{pf} (C_a - C_a^*)$, maka

$$\frac{d\bar{C}_a}{dt} = -k_g (C_a \cdot C_{pt}) - \frac{2}{L} k_{pf} (C_a - C_a^*) \quad (2)$$

Karena bahan yang digunakan (buah) hanya mempunyai tebal 2 mm, sedangkan lama penggorengan 60 menit, maka kecepatan difusi molekuler di dalam bahan dianggap cukup cepat, sehingga konsentrasi air C_a di dalam bahan padat (buah sampel) selalu homogen atau $C_a = f(IC)$

Kondisi awal (*initial condition/IC*) :

$$t = 0 \rightarrow C_a(L, 0) = f(IC) \text{ untuk semua posisi } L \quad (3)$$

2). *Neraca Massa Minyak di Padatan*

Persamaan keseimbangan massa minyak pada elemen volume padatan setebal L , luas A_ϕ dijabarkan.

Kecepatan minyak masuk – Kecepatan minyak keluar = Kecepatan akumulasi

$$2r_m \cdot A_\varphi - 0 = \frac{d(L \cdot A_\varphi \bar{C}_m)}{dt} \quad (4)$$

Dimana : $r_m = k_m (C_m - C_m^*)$, maka

$$\frac{d\bar{C}_m}{dt} = \frac{2}{L} k_m (C_m - C_m^*) \quad (5)$$

Karena ukuran dimensi bahan yang digunakan (buah) mempunyai tebal yang cukup tipis 2 mm, sedangkan lama penggorengan 60 menit, sehingga kecepatan difusi molekuler di dalam bahan dianggap juga cukup cepat, dengan demikian maka konsentrasi minyak C_m di dalam bahan padat (buah sampel) selalu homogen atau $C_m \neq f(IC)$

Kondisi awal (*initial condition/IC*) :

$$t = 0 \rightarrow C_m(L, 0) \neq f(IC) \text{ untuk semua posisi } L \quad (6)$$

3). Laju Massa Pati di Padatan

Persamaan keseimbangan massa pati pada elemen volume padatan setebal L , luas A_φ dijabarkan.

$$0 - r_g \cdot L \cdot A_\varphi = \frac{d(L \cdot A_\varphi \bar{C}_{pt})}{dt} \quad (7)$$

Dimana : $r_g = k_g (C_a \cdot C_{pt})$, maka

$$\frac{d\bar{C}_{pt}}{dt} = -k_g (C_a \cdot C_{pt}) \quad (8)$$

4). Laju Massa Sukrosa di Padatan

Persamaan keseimbangan massa sukrosa pada elemen volume padatan setebal L , luas A_φ dijabarkan.

$$0 - r_{km} \cdot L \cdot A_\varphi = \frac{d(L \cdot A_\varphi \cdot \bar{C}_{sk})}{dt} \quad (9)$$

Dimana: $r_{km} = k_{km} (C_{sk})$, maka

$$\frac{d\bar{C}_{sk}}{dt} = -k_{km} (C_{sk}) \quad (10)$$

5). Laju Massa Gula Reduksi di Padatan

Persamaan keseimbangan massa gula reduksi pada elemen volume padatan setebal L , luas A_φ dijabarkan.

$$0 - r_{ml} \cdot L \cdot A_\varphi = \frac{d(L \cdot A_\varphi \cdot \bar{C}_{gr})}{dt} \quad (11)$$

Dimana: $r_{ml} = k_{ml} (C_{gr} \cdot C_{am})$, maka

$$\frac{d\bar{C}_{gr}}{dt} = -k_{ml} (C_{gr} \cdot C_{am}) \quad (12)$$

6). Laju Massa β -karoten di Padatan

Persamaan keseimbangan massa β -karoten pada elemen volume padatan setebal L , luas A_φ dijabarkan.

$$0 - r_{\beta k} \cdot L \cdot A_\varphi = \frac{d(L \cdot A_\varphi \cdot \bar{C}_{\beta k})}{dt} \quad (13)$$

Dimana: $r_{\beta k} = k_{\beta k} (C_{\beta k})$, maka

$$\frac{d\bar{C}_{\beta k}}{dt} = -k_{\beta k} (C_{\beta k}) \quad (14)$$

b. Perpindahan Panas

Berdasarkan pada Gambar 4.2 maka disusun neraca panas pada elemen volume padatan setebal L , luas A_ϕ , dijabarkan sebagai berikut.

Kecepatan panas masuk – Kecepatan panas keluar = Kecepatan akumulasi

$$2LA_\phi h(T_m - T) + 2r_m A_\phi [C_p(T_m - T_{ref})] - 2r_{pf} A_\phi [C_p(T - T_{ref}) + \lambda] - r_g L A_\phi \Delta H_{Rg} - r_{km} \Delta H_{Rkm} L A_\phi - r_{ml} \Delta H_{Rml} L A_\phi - r_{\beta k} \Delta H_{R\beta-k} L A_\phi = \frac{dQ}{dt} \quad (15)$$

Dimana: $dQ = m.C_p. dT$; $m = A_\phi \cdot \rho \cdot L$

untuk nilai $\frac{dQ}{dt}$ dapat dijabarkan dari persamaan berikut.

$$m = M_o + m_a + m_m \quad (16)$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{dm_a}{dt} + \frac{dm_m}{dt} \quad (17)$$

sehingga $\frac{dQ}{dt}$ diselesaikan menjadi

$$\frac{d(mC_p T)}{dt} = C_p T \frac{dm}{dt} + C_p m \frac{d(T - T_{ref})}{dt} \quad (18)$$

$$= C_p (T - T_{ref}) (2A_\phi k_{pf} (C_a - C_a^*) + 2A_\phi k_m (C_m - C_m^*)) + C_p A_\phi \rho L \frac{dT}{dt} \quad (19)$$

Substitusi persamaan (19) ke dalam persamaan (15), maka menjadi

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C_p \rho} \left(2h(T_m - T) + \frac{2}{L} r_m [C_p(T_m - T)] - \frac{2}{L} r_{pf} \lambda - r_g \Delta H_{Rg} - r_{km} \Delta H_{Rkm} - r_{ml} \Delta H_{Rml} - r_{\beta k} \Delta H_{R\beta-k} \right) \quad (20)$$

Karena bahan baku yang digunakan adalah buah segar hanya mempunyai tebal 2 mm, sementara lama penggorengan adalah 60 menit, dengan demikian

maka kecepatan perpindahan panas di dalam bahan dianggap cukup cepat, dan suhu T di dalam bahan padat (buah) selalu homogen atau $T = f(\text{IC})$.

Kondisi awal (*initial condition/IC*) :

$$t = 0 \longrightarrow T = T \text{ awal untuk semua posisi } L \quad (21)$$

2. Parameter Produk Gorengan

Kualitas produk gorengan yang disukai oleh konsumen, antara lain adalah produk goreng mempunyai memiliki cita rasa yang khas, bentuk yang mekar atau mengembang, tekstur yang renyah, dan warna tetap cerah. Sifat-sifat tersebut sekaligus menjadi syarat yang harus dimiliki oleh setiap produk makanan goreng. Sifat produk makanan goreng ini banyak dipengaruhi oleh karakteristik bahan dengan kondisi proses penggorengan, oleh sebab itu untuk menghasilkan produk makanan goreng yang berkualitas maka karakteristik bahan baku dan kondisi penggorengan harus dikendalikan dengan baik.

a. *Persamaan Empirik Model Matematik Perubahan Volume*

Derajat perubahan volume (pemekaran) sangat menentukan kerenyahan produk. Makin mekar (mengembang) produk semakin renggang strukturnya sehingga sifat teksturnya renyah. Perubahan volume berupa penyusutan dan pemekaran serta rasio perubahan densitas berupa pengecilan dan pembesaran pori sangat menentukan kekerasan dan kerenyahan produk. Pada proses penggorengan air bebas di permukaan dan di dalam padatan keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan rongga menjadi mengecil, setelah semua air bebas keluar terjadi pengerasan di permukaan, karena air menerima panas sehingga menjadi

uap (akspansi) akhirnya padatan menjadi mengembang dan rongga mulai menjadi besar sampai akhir penggorengan. Dengan demikian perubahan volume (V_v) dan rasio perubahan densitas (V_p) disebabkan penurunan kadar air dan kadar pati dalam padatan selama penggorengan, sehingga model perubahan volume dan rasio perubahan densitas dalam padatan dijabarkan dalam persamaan berikut.

$$V_{v(Ca, C_{pt})} = f(C_a, C_{pt}) \quad (22)$$

$$V_{p(Ca, C_{pt})} = f(C_a, C_{pt}) \quad (23)$$

Persamaan (22) dan (23) kemudian disusun dalam suatu sistem persamaan seperti berikut.

$$V_v = aC_a^x C_{pt}^y \quad (24)$$

$$V_p = aC_a^x C_{pt}^y \quad (25)$$

Persamaan (24) dan (25) tersebut selanjutnya lebih disederhanakan dalam bentuk logaritma seperti di bawah ini.

$$\log V_v = \log a + x \log C_a + y \log C_{pt} \quad (26)$$

$$\log V_p = \log a + x \log C_a + y \log C_{pt} \quad (27)$$

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

b. Persamaan Empirik Model Matematik Perubahan Tekstur

Dalam penelitian ini dibuat 2 (dua) bentuk persamaan empirik yang menggambarkan perubahan tekstur produk yang terdiri dari, kekerasan (T_σ), dan kerenyahan (T_ϵ). Perubahan tekstur diduga disebabkan karena adanya perubahan

konsentrasi air yang menguap dan granula pati yang mengembang serta perubahan porositas produk selama proses penggorengan secara vakum. Dari uraian tersebut, sehingga perubahan kekerasan dan kerenyahan tekstur produk didefinisikan sebagai fungsi dari perubahan konsentrasi air, pati dan perubahan porositas di dalam padatan, yang dapat dijelaskan dalam bentuk persamaan empirik sebagai berikut.

$$T_{\sigma}(C_a, C_{pt}, \varphi) = f(C_a, C_{pt}) \quad (28)$$

$$T_{\varepsilon}(C_a, C_{pt}, \varphi) = f(C_a, C_{pt}) \quad (29)$$

Persamaan (28), dan (29) disusun dalam suatu sistem persamaan linier seperti berikut.

$$T_{\sigma}(C_a, C_{pt}, \varphi) = a C_a^x C_{pt}^y \quad (30)$$

$$T_{\varepsilon}(C_a, C_{pt}, \varphi) = a C_a^x C_{pt}^y \quad (31)$$

Persamaan (30) dan (31) tersebut selanjutnya lebih disederhanakan dalam bentuk logaritma seperti di bawah ini.

$$\log T_{\sigma} = \log a + x \log C_a + y \log C_{pt} \quad (32)$$

$$\log T_{\varepsilon} = \log a + x \log C_a + y \log C_{pt} \quad (33)$$

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

c. *Persamaan Empirik Model Matematik Perubahan Warna*

Model matematik yang menggambarkan perubahan warna produk terdiri dari: warna (L , a dan b). Perubahan warna L , a dan b diduga disebabkan oleh

penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan. Dengan demikian perubahan warna pada produk didefinisikan sebagai fungsi dari penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa di dalam padatan dijelaskan dalam bentuk persamaan berikut ini.

$$W_{L(Ca, Csk)} = f(C_a, C_{sk}) \quad (34)$$

$$W_{a(Ca, Csk)} = f(C_a, C_{sk}) \quad (35)$$

$$W_{b(Ca, Csk)} = f(C_a, C_{sk}) \quad (36)$$

Persamaan (34) sampai (36) kemudian disusun dalam suatu sistem persamaan sebagai berikut.

$$W_L = aC_a^x C_{sk}^y \quad (37)$$

$$W_a = aC_a^x C_{sk}^y \quad (38)$$

$$W_b = aC_a^x C_{sk}^y \quad (39)$$

Persamaan (37) sampai (39) tersebut selanjutnya lebih disederhanakan dalam bentuk logaritma seperti di bawah ini.

$$\log W_L = \log a + x \log C_a + y \log C_{sk} \quad (40)$$

$$\log W_a = \log a + x \log C_a + y \log C_{sk} \quad (41)$$

$$\log W_b = \log a + x \log C_a + y \log C_{sk} \quad (42)$$

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

B. Bahan dan Peralatan Peneliti

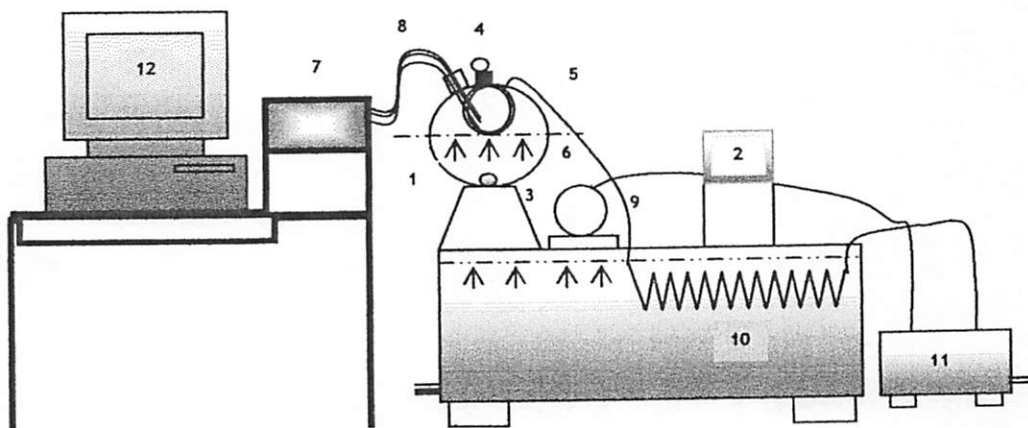
1. Bahan Penelitian

Bahan dasar dalam penelitian ini adalah buah salak, nangka, apel dan pepaya. Bahan pendukung yang digunakan adalah minyak goreng jenis bimoli

dengan volume 10 liter. Rasio antara minyak dengan bahan adalah; 10 liter bahan per 25 gram bahan. Lama waktu penggunaan minyak goreng adalah 6 jam, setelah waktu tersebut minyak goreng yang digunakan kemudian diganti lagi sampai semua proses penggorengan bahan selesai. Penggantian minyak pada setiap waktu tersebut, tujuannya adalah untuk menghindari kemungkinan terjadinya perubahan viskositas dan lapisan film minyak yang diduga akan berpengaruh pada laju perpindahan panas dan massa uap air selama proses penggorengan bahan.

2. Peralatan Penelitian

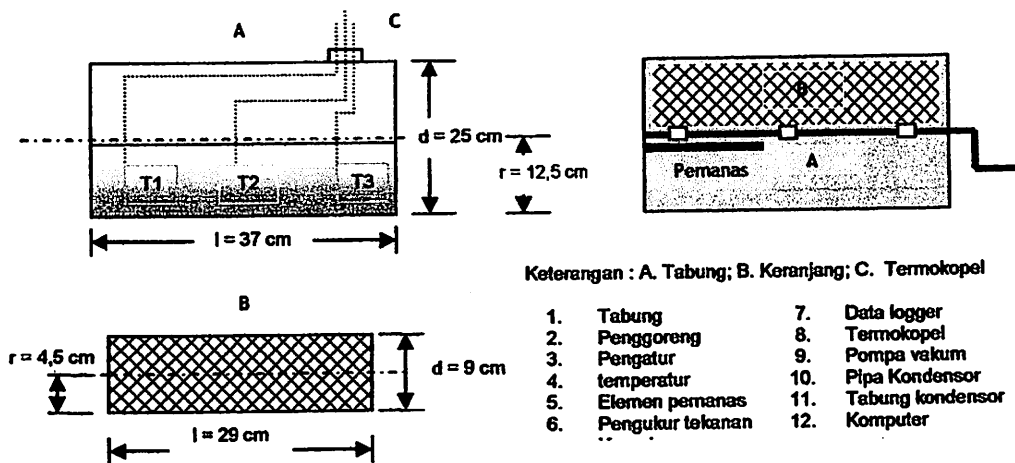
Alat utama yang digunakan adalah penggoreng tekanan hampa udara (*vacuum fryer*) dilengkapi dengan data logger sistem komputer, alat penggorengan vakum dibuat khusus untuk skala laboratorium dan dirancang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Secara skematik bentuk alat penggorengan vakum ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3a. Skematik alat penggoreng tekanan hampa udara (tidak berskala)

Sedangkan Alat pendukung untuk preparasi antara lain; pisau *stainless steel*, alas untuk mengiris bahan dari kayu, toples plastik yang diberi lapisan kertas

aluminium foil, peniris dan timbangan. Sedangkan untuk analisa kimia dan fisik digunakan termometer, stopwatch, gelas ukur, pipet ukur, mikrometer, timbangan analitik, oven, eksikator, alat ukur analisa kadar air, minyak, pati, sukrosa, gula reduksi, β -karoten dan *Material Testing Machine* Do-FBO.STS (Zwisch/Zo.5).

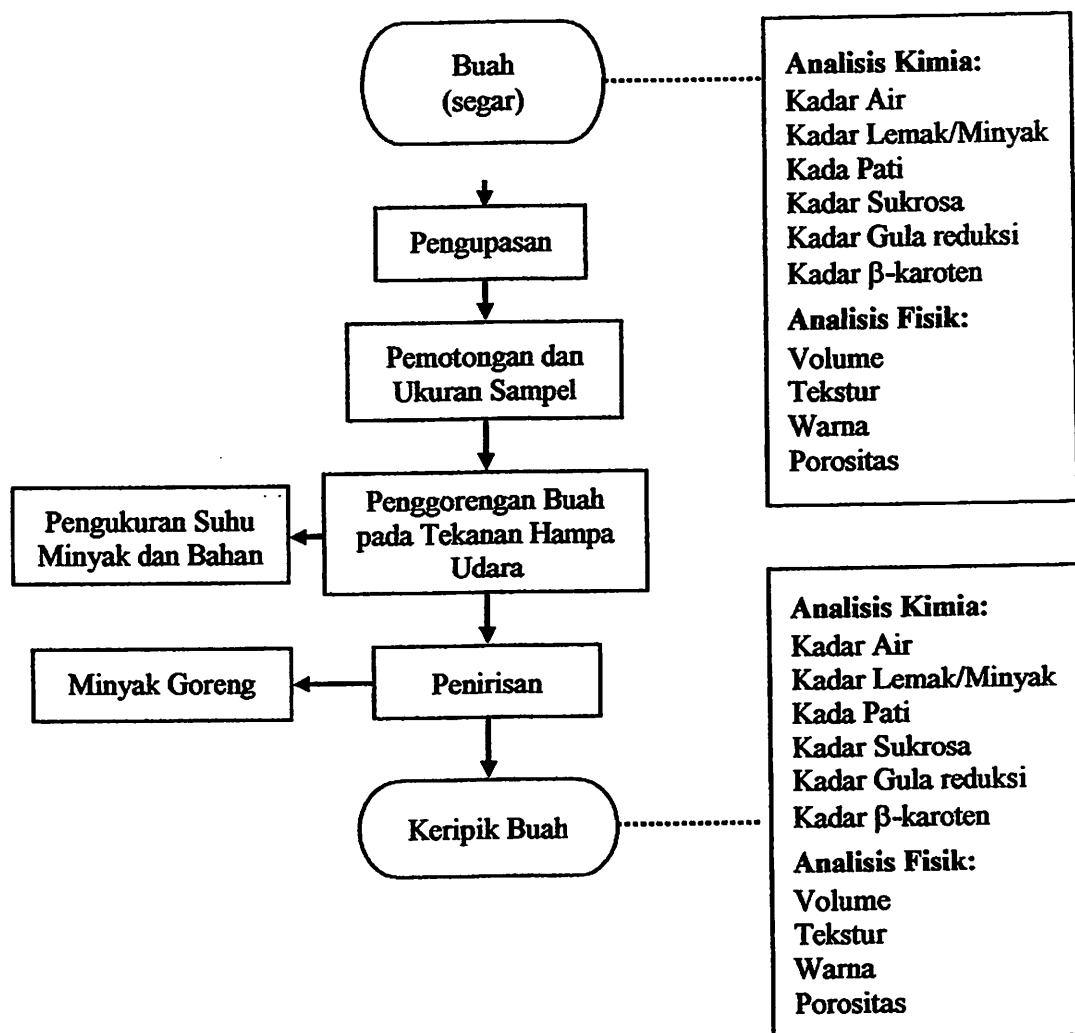


Gambar 4.3b. Skematik alat penggorengan tekanan hampa udara (tidak berskala)

C. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama adalah penelitian pendahuluan (uji coba dan orientasi), dan tahap kedua adalah penelitian utama. Dalam Gambar 4.4 diperlihatkan diagram alir proses pembuatan keripik buah. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menemukan kombinasi kisaran suhu, waktu dan tekanan vakum yang sesuai dalam melakukan proses penggorengan. Penggorengan sampel keripik buah dimulai dari tidak matang, matang sampai hangus (gosong). Indikator kematangan produk secara fisik adalah keras dan mudah patah berdasarkan hasil pengujian awal menggunakan *Material Testing Machine* Do-FBO.STS (Zwisch/Zo.5). Pada penelitian pendahuluan dilakukan pula pengukuran kondisi awal pada bahan baku (buah segar) yang

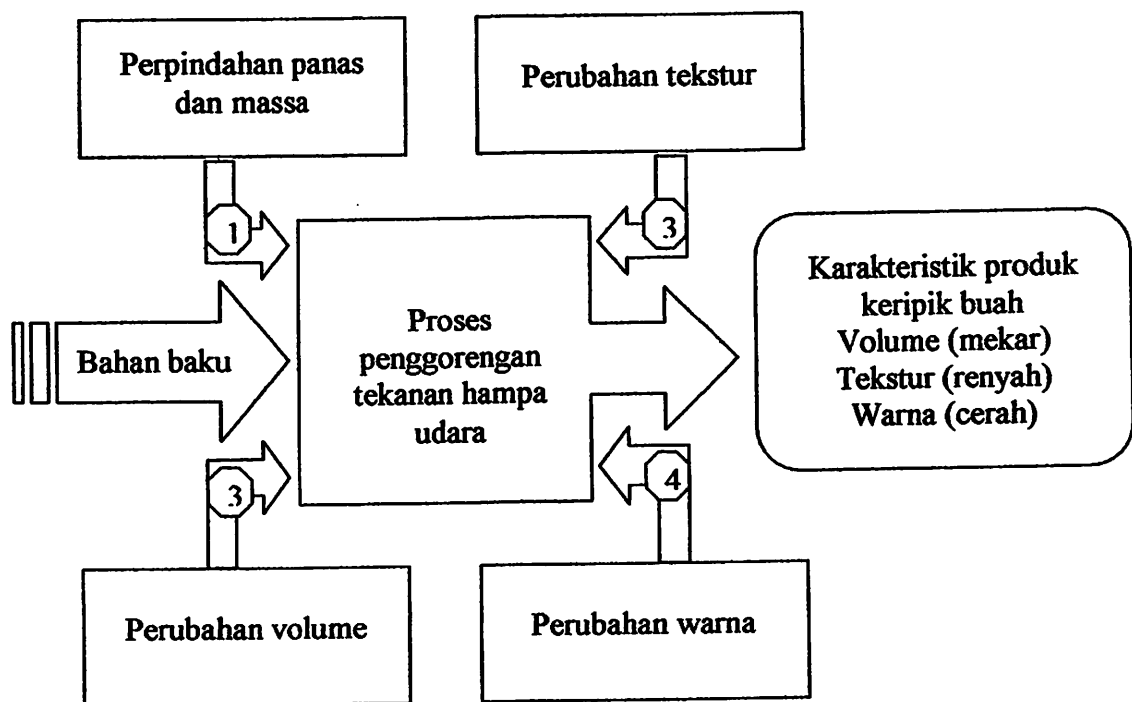
terdiri dari; kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi, β -karoten, volume, tekstur, porositas dan warna bahan sebelum dan sesudah digoreng.



Gambar 4.4. Diagram alir pembuatan keripik buah

Suhu minyak dan bahan selama penggorengan diukur dengan termokopel tipe K yang dilengkapi dengan pembacaan dan data logger dengan akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Termokopel diletakkan pada minyak penggorengan dan ditengah sampel (Gambar 4.4). Penelitian utama yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi 4 (empat)

tahapan yaitu; tahap pertama adalah perpindahan panas dan massa secara simultan selama proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, tahap kedua adalah perubahan volume, tahap ketiga adalah perubahan tekstur dan tahapan keempat adalah perubahan warna produk selama penggorengan pada tekanan hampa udara. Secara singkat alur dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5. Diagram alir tahapan penelitian

1. Penelitian Tahap Pertama : Identifikasi Perpindahan Panas dan Massa proses Penggorengan Buah pada Tekanan Hampa Udara

Tujuan penelitian tahap pertama ini adalah mengembangkan model matematika perpindahan panas dan massa secara simultan proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, dengan memasukkan komposisi bahan baku

sebelum dan setelah penggorengan. Komposisi bahan baku tersebut terdiri dari kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten.

a. Identifikasi suhu minyak dan padatan (buah) selama penggorengan

Sampel buah digoreng dengan menggunakan penggorengan tekanan hampa udara pada kombinasi kisaran suhu 70 sampai 100 °C, dan lama penggorengan 15 sampai 60 menit serta tekanan vakum 10 sampai 15 kPa. Selama proses penggorengan diamati perubahan suhu minyak dipermukaan dan dititik tengah sampel dengan termokopel tipe K yang dilengkapi pembacaan dan data logger yang mempunyai akurasi $\pm 1^\circ\text{C}$.

b. Identifikasi massa padatan (buah) selama penggorengan

Identifikasi massa dilakukan sebelum dan sesudah penggorengan. Identifikasi massa bahan dilakukan dengan menggunakan analisa kimia antara lain:

1) Analisa kadar air

Kadar air sampel ditentukan sebelum dan sesudah penggorengan menggunakan metode oven vakum (AOAC, 1970), ukuran sampel 10 g dibuat sebanyak 3 sampel. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap satu kali proses dan semua proses penelitian dilakukan sebanyak tiga kali.

2) Analisa kadar minyak

Kadar minyak sampel ditentukan sebelum dan sesudah penggorengan menggunakan metode soxhlet (Goldfish, AOAC) dengan cara bahan dihaluskan sebelumnya menggunakan alat destilasi soxhlet kemudian diekstrak selama 3

sampai 4 jam dan di oven sampai mencapai berat konstan. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap satu kali proses dan semua proses penelitian dilakukan sebanyak tiga kali.

3) Analisa kadar pati, sukrosa dan gula reduksi

Kadar pati, sukrosa dan gula reduksi sampel ditentukan sebelum dan sesudah penggorengan dengan metode (Spektrofotometri, Metode Nelson-Somogyi, AOAC, 1995). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap satu kali proses dan semua proses penelitian dilakukan sebanyak tiga kali.

4) Analisa β -karoten

Kadar β -Karoten sampel ditentukan sebelum dan sesudah penggorengan dengan metode Carr Price (Winstein dan Dallas, 1972). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap satu kali proses dan semua proses penelitian dilakukan sebanyak tiga kali.

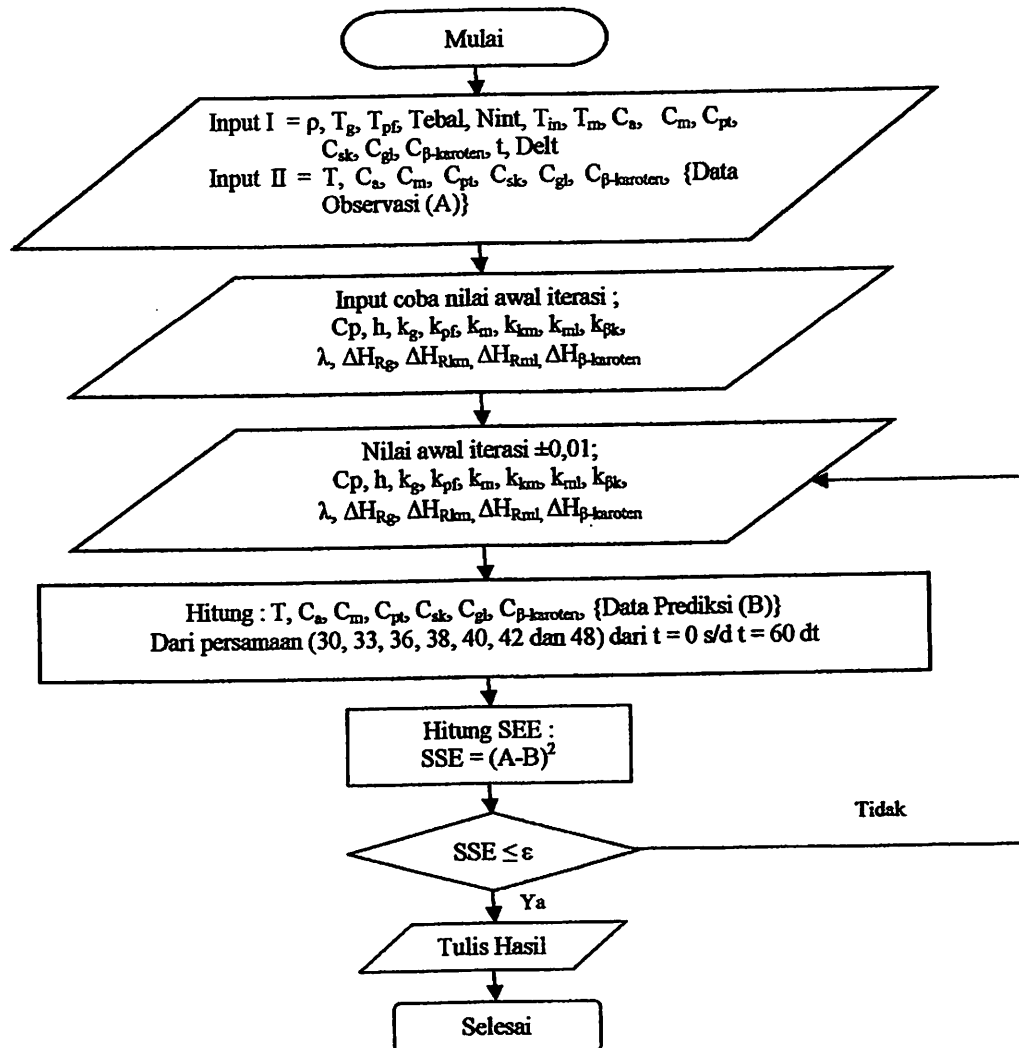
5) Analisa numerik

Analisis numerik digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial ordiner order satu perpindahan panas dan massa secara simultan dengan program *Matlab* untuk memperoleh kesesuaian antara data pengamatan dengan hasil simulasi menggunakan model.

6) Analisa data

Data penelitian dianalisa secara statistik menggunakan program *excel*, untuk mencari hubungan antara data hasil pengamatan dengan hasil simulasi

model. Diagram alir program simulasi perpindahan panas dan massa dapat dilihat dalam Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6. Diagram alir pengembangan model perpindahan panas dan massa proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara

2. Penelitian Tahap Kedua : Identifikasi Perubahan Volume proses Penggorengan Buah pada Tekanan Hampa Udara

Tujuan penelitian tahap kedua ini adalah mengembangkan model empirik perubahan volume proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, yang

diduga mengalami perubahan karena berubahnya kadar air, kadar pati dan porositas di dalam padatan (buah).

a. Identifikasi volume padatan (buah) selama proses penggorengan

Volume sampel ditentukan sebelum dan setelah digoreng dengan menggunakan gelas ukur. Sampel yang telah digoreng diseka dengan kertas tisu atau kain kasa untuk menghilangkan permukaan minyak yang menempel.

b. Identifikasi kadar air, kadar pati, volume dan porositas padatan (buah) selama proses penggorengan

1) Analisa kadar air dan kadar pati

Analisis kadar air dan kadar pati di dalam sampel sebelum dan setelah digoreng dianalisa dengan cara yang sama pada penelitian tahap pertama.

2) Pengukuran volume dan porositas

Volume dan porositas sampel diukur dengan menggunakan metode Taiwo dan Baik (2006). Volume sampel adalah perbandingan volume setelah dan sebelum digoreng, sedangkan porositas ditentukan dari perbandingan kepadatan bahan sebelum dan sesudah digoreng.

3) Analisa data

Data hasil penelitian kemudian dianalisis dengan menggunakan metode matriks dan statistik. Metode matriks dengan cara eliminasi Gauss digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear model matematika perubahan volume produk sebagai fungsi kadar air, kadar pati dan porositas. Sedangkan Analisis statistik digunakan untuk mencari hubungan antara data hasil pengamatan

dengan hasil perhitungan menggunakan model. Analisis statistik dan metode matriks diselesaikan dengan menggunakan program excel.

3. Penelitian Tahap Ketiga : Identifikasi Perubahan Tekstur proses Penggorengan Buah pada Tekanan Hampa Udara

Tujuan penelitian tahap ketiga ini adalah mengembangkan model matematik secara empirik perubahan tekstur proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, yang diduga mengalami perubahan karena berubahnya kadar air dan kadar pati di dalam padatan (buah).

a. Identifikasi tekstur padatan (buah) selama proses penggorengan

Pengujian tekstur

Kekerasan dan kerapuhan tekstur sampel ditentukan dengan menggunakan *Material Testing Machine Do-FBO.STS (Zwich/Zo.5)* dengan cara sampel diletakkan tegak lurus (tegangan normal) di atas landasan penekan kemudian alat uji dioperasikan. Penekanan dilakukan untuk mengukur gaya sampai mencapai nilai maksimum atau sampai sampel menjadi pecah.

b. Identifikasi kadar air, kadar pati dan porositas padatan (buah) selama proses penggorengan

1) Analisa kadar air dan kadar pati

Analisis kadar air dan kadar pati di dalam sampel sebelum dan setelah digoreng dianalisa dengan cara yang sama pada penelitian tahap pertama.

2) Analisa data

Data hasil penelitian kemudian dianalisis dengan cara yang sama pada penelitian tahap kedua.

4. Penelitian Tahap Keempat : Identifikasi Perubahan Warna proses Penggorengan Buah pada Tekanan Hampa Udara

Tujuan penelitian tahap keempat ini adalah mengembangkan model matematik secara empirik perubahan warna proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara, yang diduga mengalami perubahan karena berubahnya kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan β -karoten di dalam padatan (buah).

a. Identifikasi warna padatan (buah) selama proses penggorengan secara vakum

Warna sampel buah sebelum dan setelah proses penggorengan pada berbagai variasi lama, suhu dan tekanan vakum diukur dengan menggunakan *Hunter's lab calorimetric system* (Lee et. al., 2001). Kalorimeter Hunter mempunyai prinsip seperti spektrofotometer yang mengukur reflektan dengan filter X, Y, dan Z. alat ini dilengkapi dengan integrasi langsung untuk konversi ke nilai-nilai L, a, dan b (Soekarto, 1990). Karakteristik warna yang diukur adalah kecerahan (*light*) diberi notasi (L), warna kromatik campuran merah-hijau diberi simbol (a), dan warna kromatik campura biru-kuning diberi simbol (b).

b. Identifikasi kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan β -karoten padatan (buah) selama proses penggorengan

1) Analisis kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten

Analisis kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten di dalam sampel sebelum dan setelah digoreng dianalisa dengan cara yang sama pada penelitian tahap pertama.

2) Analisis data

Data hasil penelitian kemudian dianalisis dengan cara yang sama pada penelitian tahap kedua.

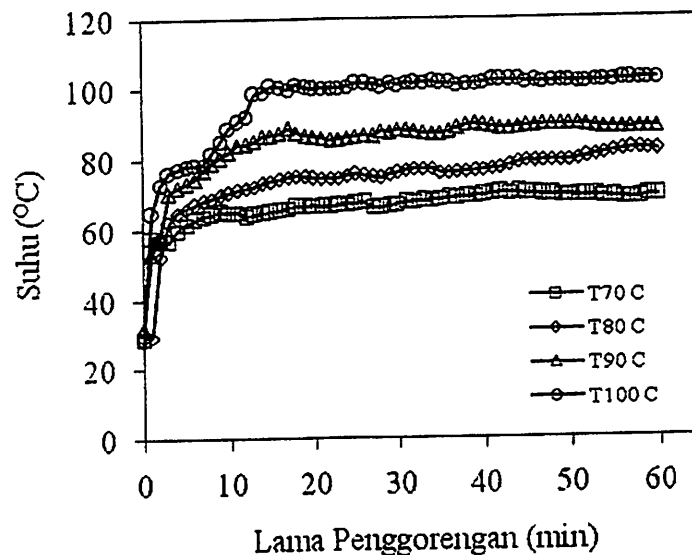
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

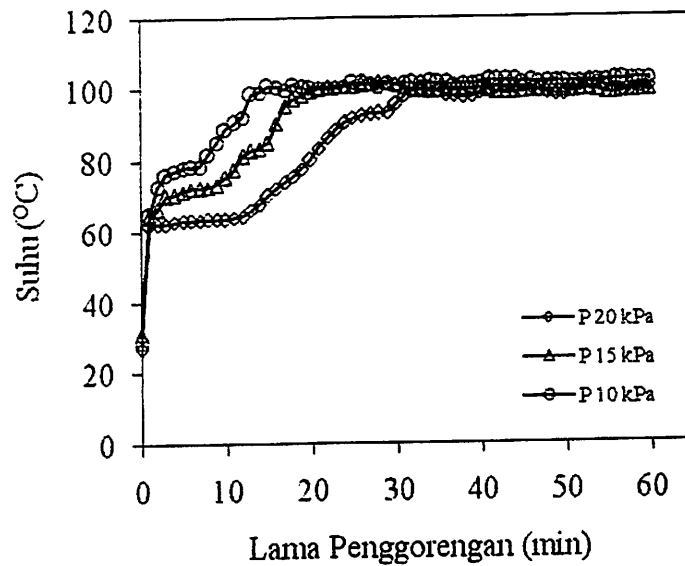
A. Perpindahan Panas dan Massa Padatan selama Penggorengan Hampa Udara

1. Perubahan suhu padatan selama penggorengan hampa udara

Perubahan suhu padatan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.1 dan 5.2. Tekanan vakum dan suhu minyak selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Dari gambar nampak perubahan suhu padatan meningkat sangat cepat dari awal sampai menit ke 5. Setelah menit ke 5 sampai 10 nampak ada kecenderungan suhu padatan bertahan pada 70 sampai 80°C untuk beberapa lama, pada saat suhu padatan telah mencapai suhu tersebut energi panas pada kondisi ini digunakan untuk proses penguapan air.



Gambar 5.1. Suhu padatan selama proses penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.2. Suhu padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

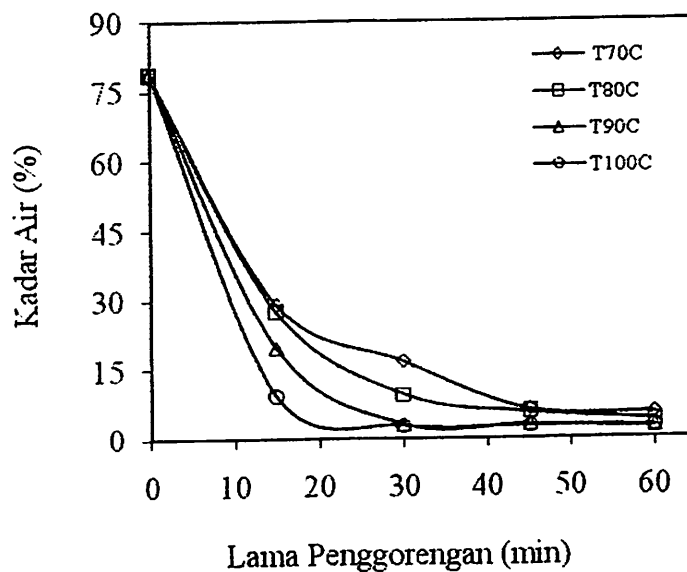
Suhu dan lama periode penguapan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, sehingga makin rendah tekanan vakum berarti tekanan vakum semakin jauh dari tekanan atmosfer atau sebaliknya. Dengan demikian makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum, lama suhu pada periode penguapan akan semakin singkat, sebaliknya makin rendah suhu dan tinggi tekanan vakum, lama suhu penguapan akan semakin panjang. Hal tersebut disebabkan pada proses penggorengan dengan suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, suhu titik didih air juga menjadi lebih tinggi sehingga energi panas yang masuk ke dalam padatan cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, atau sebaliknya, maka padatan yang digoreng pada suhu tinggi dan tekanan vakum rendah akan lebih cepat menjadi masak jika dibandingkan dengan suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, setelah proses penguapan air dari dalam padatan selesai suhu kembali perlahan-lahan naik

mendekati suhu minyak goreng sampai akhir proses. Pada saat suhu di dalam padatan sudah cenderung menjadi konstan, diduga energi panas lebih banyak digunakan untuk proses pemasakan dan penguapan lebih lanjut sampai akhir proses penggorengan atau sampai padatan menjadi masak. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Winarno (1980) yang mengungkapkan bahwa jika suhu yang digunakan rendah maka proses pemanasan lebih lama, sebaliknya apabila suhu yang digunakan tinggi proses pemanasan akan menjadi lebih singkat.

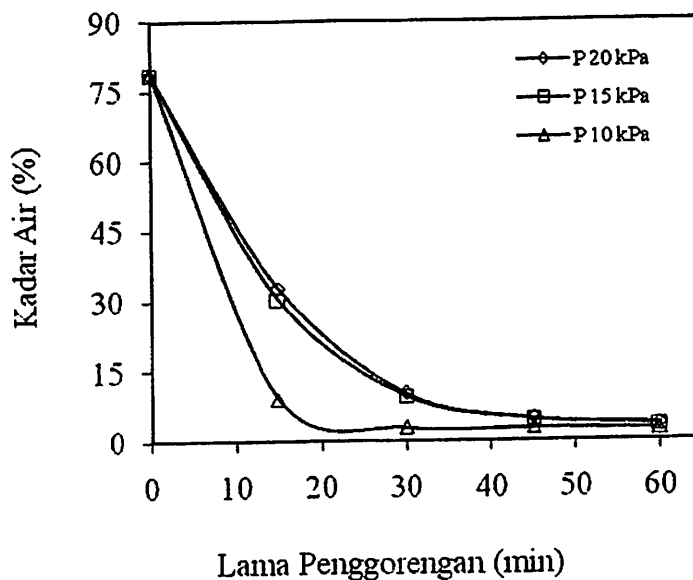
2. Penurunan kadar air padatan selama penggorengan hampa udara

Penurunan kadar air padatan selama penggorengan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.3 dan 5.4. Berdasarkan gambar tersebut nampak penguapan air selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum ada kecenderungan penguapan air semakin cepat. Penelitian ini mendukung penelitian Garayo dan Moreira (2002) menjelaskan bahwa kentang yang digoreng pada suhu lebih tinggi dengan tekanan vakum sama memerlukan waktu lebih singkat untuk mencapai kadar air yang sama.

Di samping itu nampak penurunan kandungan air padatan nangka mendekati konstan sebelum kadar air mencapai 15%, kemudian melambat setelah kadar air di bawah 15%. Penurunan kadar air dicirikan adanya penguapan air dan terjadinya gelembung gas dari permukaan padatan ke media minyak panas. Penurunan kadar air disebabkan hilangnya sebagian air bebas dari dalam padatan ke permukaan yang menguap ke dalam minyak panas dan perubahan massa air menjadi uap di dalam padatan.



Gambar 5.3. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.4. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Penurunan kadar air menunjukkan keterkaitan dengan lama periode suhu padatan konstan pada 70 sampai 80°C. Suhu padatan mulai bertambah tinggi setelah kadar air mendekati 15%, kemudian mencapai suhu penggorengan.

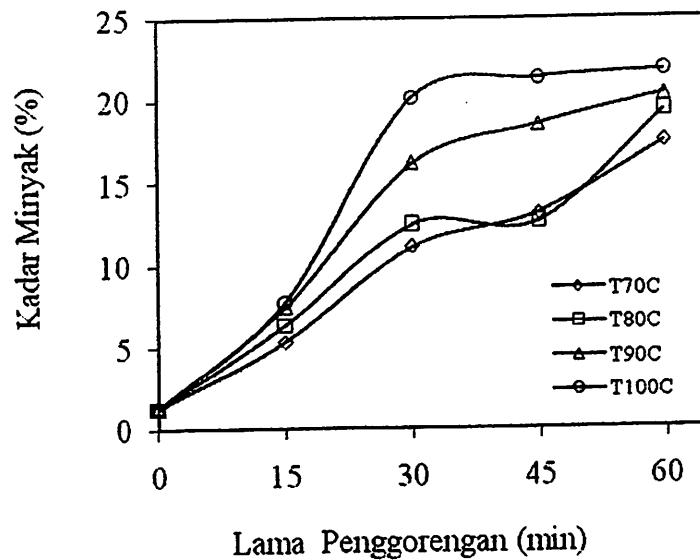
Kenaikan suhu padatan menuju suhu penggorengan tampak menyerupai kenaikan suhu pada pemanasan awal. Pada awal penggorengan, energi panas digunakan untuk memanaskan permukaan kemudian bagian dalam padatan. Pada kondisi ini proses penguapan air bebas mulai berlangsung dari bagian dalam ke permukaan, karena adanya perbedaan konsentrasi massa air pada bagian dalam dengan permukaan, dan karena konsentrasi massa air di permukaan lebih rendah dibandingkan konsentrasi massa air dalam padatan. Air di permukaan lebih cepat menjadi uap disebabkan adanya kontak langsung padatan dengan minyak goreng.

3. Peningkatan kadar minyak padatan selama penggorengan hampa udara

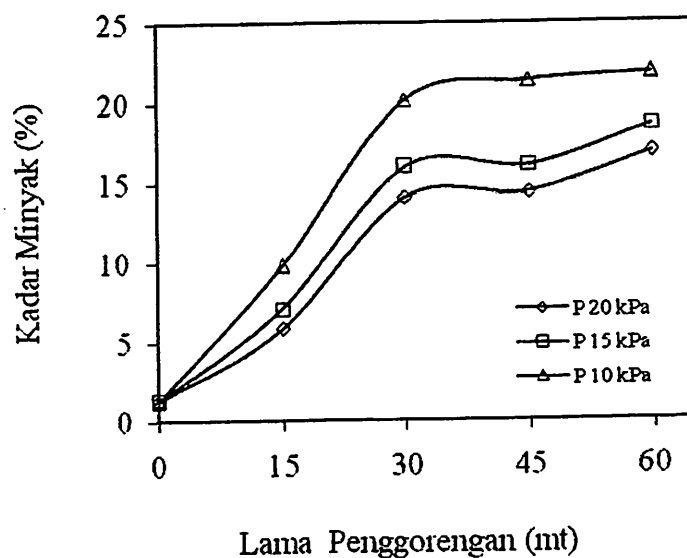
Peningkatan kadar minyak padatan angka selama penggorengan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.5 dan 5.6, dari gambar nampak profil kadar minyak dalam padatan sama dengan penurunan kadar air. Pada awalnya berlangsung cepat dan beberapa saat kemudian laju penyerapan minyak menjadi lambat. Titik perubahan penyerapan minyak umumnya berlangsung secara cepat mulai dari menit ke 15 sampai menit ke 30, dan beberapa lama menjadi lambat dan akhirnya konstan.

Titik perubahan penyerapan minyak dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum semakin banyak padatan menyerap minyak atau sebaliknya, makin rendah suhu dan tinggi tekanan vakum semakin sedikit padatan menyerap minyak. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Math *et. al.*, (2003) yang menyatakan bahwa pada penggorengan dengan suhu minyak lebih tinggi penyerapan minyak semakin besar dibandingkan dengan suhu minyak lebih rendah, namun penelitian Saguy *et. al.*, (1998)

nampaknya bertentangan dengan penelitian ini meskipun datanya belum meyakinkan tapi kelihatannya waktu yang lebih lama dan suhu minyak goreng lebih rendah kadar minyak lebih tinggi pada produk kentang goreng.



Gambar 5.5. Kadar minyak padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.6. Kadar minyak padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

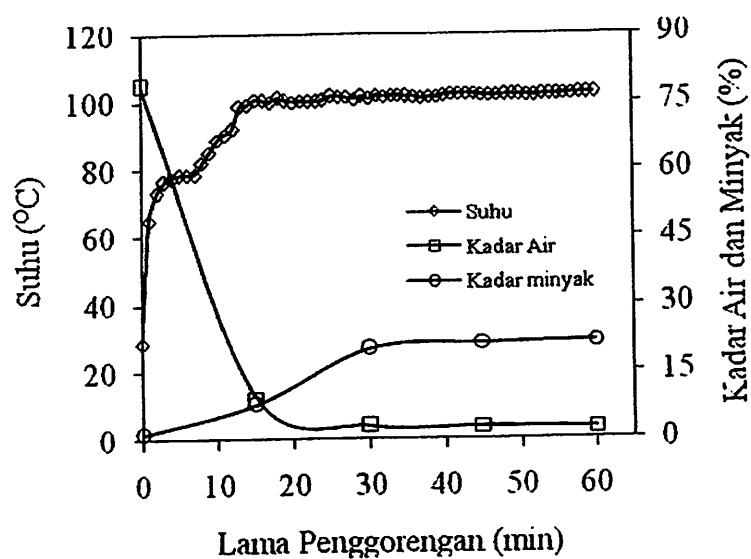
Sejak awal penggorengan sudah berlangsung penyerapan minyak dalam padatan secara perlahan pada saat kadar air belum konstan sampai mencapai 15%, namun beberapa lama setelah kadar air di bawah 15% proses penyerapan minyak dalam padatan menjadi lebih cepat. Perubahan ini nampak ada keterkaitan dengan penurunan kandungan air di dalam padatan. Pada saat proses penggorengan air keluar meninggalkan rongga dalam padatan, sehingga membuat minyak dapat memasuki rongga padatan menggantikan posisi air. Penggabungan perubahan suhu, penguapan air dan penyerapan minyak dapat memperlihatkan keterkaitan ketiga proses tersebut.

4. Penggabungan perubahan suhu, penurunan kadar air dan peningkatan kadar minyak padatan selama penggorengan hampa udara

Gambar 5.7 menyajikan penggabungan perubahan suhu, penurunan kadar air dan peningkatan kadar minyak padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa. Berdasarkan Gambar 5.7 nampak hubungan ketiga proses yaitu; perpindahan panas, penguapan air dan penyerapan minyak padatan selama penggorengan vakum. Kenaikan suhu dimulai dari suhu awal dan berubah dengan cepat sampai mencapai suhu 80°C . Pada kondisi ini sebagian besar energi panas yang diterima digunakan untuk menaikkan suhu padatan yang digoreng.

Pada saat suhu mencapai 80°C merupakan suhu titik didih air pada tekanan vakum 10 kPa, suhu terjadi pada 80°C beberapa saat selama masih terdapat air bebas dalam padatan, sehingga semua pasokan panas digunakan untuk proses penguapan air. Ketika suhu minyak di bawah 70°C nampak penguapan

yang terjadi belum berarti, namun kemudian meningkat setelah suhu di atas 70°C . Apabila keberadaan air bebas sudah terbatas dan tinggal berupa air terikat dalam struktur sel di dalam padatan, penguapan menjadi menurun, sehingga suhu padatan mengalami kenaikan sampai mencapai atau menyamai suhu penggorengan. Pada saat itu diduga proses pemasakan padatan sedang berlangsung dan proses penguapan lanjut.



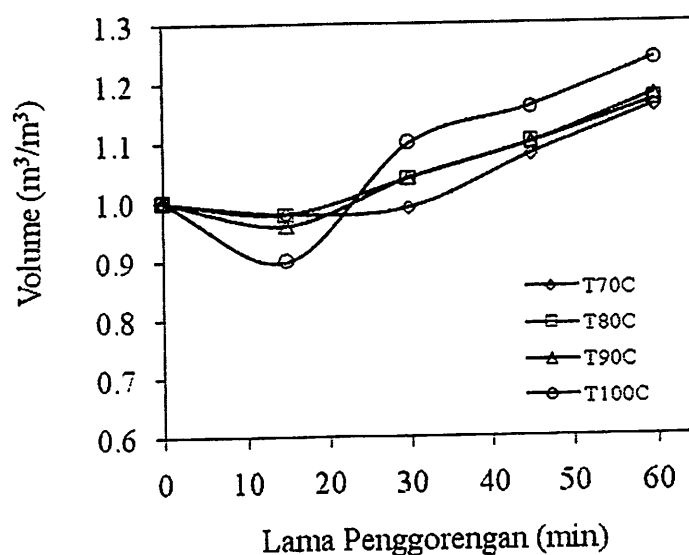
Gambar 5.7. Suhu, kadar air dan kadar minyak dalam padatan selama proses penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Keberadaan air nampak mempengaruhi penyerapan minyak di dalam padatan, minyak dapat masuk ke dalam pori-pori padatan yang ditinggalkan oleh air. Pada awalnya penyerapan minyak berlangsung lambat, pada saat penguapan air belum konstan ketika kadar air masih di atas 15%, namun setelah penguapan air mulai konstan sampai kadar air di bawah 15%, terjadi peningkatan penyerapan minyak yang cukup tinggi. Perubahan tersebut terjadi ketika kadar air mencapai 10%, sehingga pada kondisi ini air yang keluar meninggalkan pori-pori padatan digantikan posisinya oleh minyak.

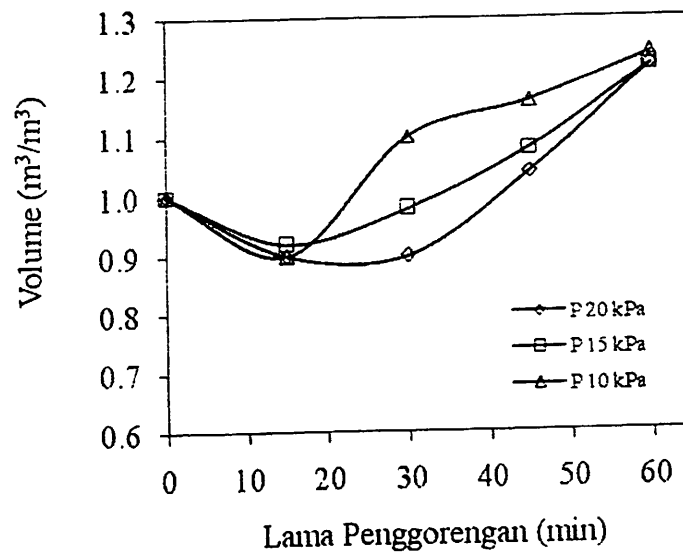
B. Perubahan Volume Padatan selama Penggorengan Hampa Udara

1. Perubahan volume padatan selama penggorengan hampa udara

Gambar 5.8 dan 5.9 menyajikan perubahan volume padatan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum. Tekanan vakum dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C, dari gambar nampak perubahan volume berupa penyusutan dan pemekaran dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum ada kecenderungan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran yang cepat atau sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena penggorengan pada suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, perpindahan panas ke permukaan dan kemudian masuk ke dalam padatan lebih cepat dibanding pada suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, sehingga air di permukaan dan di dalam padatan lebih cepat keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan beberapa lama menjadi mekar.



Gambar 5.8. Volume padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.9. Volume padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

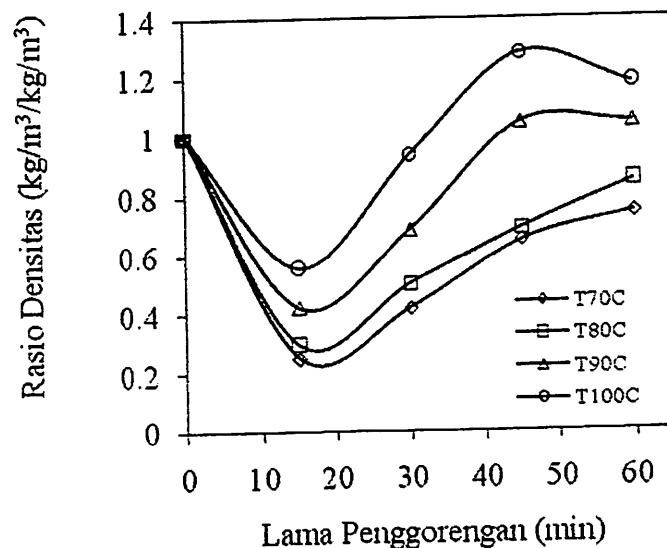
Titik penyusutan dan pemekaran padatan berdasarkan Gambar 5.8 dan 5.9 nampak terus berlangsung sebelum penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, pada keadaan tersebut tidak terjadi pemekaran, namun setelah kadar air di bawah 15% padatan sudah mulai mengembang dan akhirnya menjadi mekar. Penyusutan dan pemekaran diduga ada hubungannya dengan penguapan air bebas dalam padatan, sehingga penguapan air bebas menyebabkan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Asensio (1999) serta Yamsaengsung dan Moreira (2002a) yang menjelaskan bahwa perubahan volume pada bahan pangan 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, karena setelah semua air bebas keluar terjadi pengerasan di

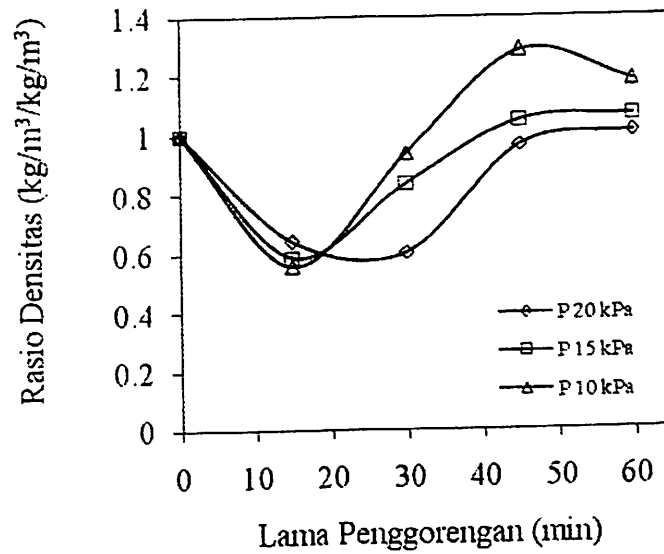
permukaan, sehingga sebagian air bebas terjebak di dalam padatan, karena uap air menerima panas, sehingga ekspansi akhirnya padatan menjadi mengembang karena belum ada fixasi padatannya.

2. Rasio perubahan densitas padatan selama penggorengan hampa udara

Rasio perubahan densitas padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.10 dan 5.11. Berdasarkan gambar tersebut tampak profil rasio perubahan densitas berupa pengecilan dan pembesaran pori dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum, semakin tinggi rasio perubahan densitas mengalami pengecilan dan sebaliknya. Pada awalnya rasio perubahan densitas padatan mengalami pengecilan, namun kemudian beberapa lama terjadi pembesaran rasio perubahan densitas.



Gambar 5.10. Rasio perubahan densitas padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.11. Rasio perubahan densitas padatan selama proses penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Titik pengecilan dan pembesaran rasio perubahan densitas nampak terjadi pada menit ke 15. Sama halnya dengan perubahan volume, titik perubahan rasio densitas nampak dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Di samping itu pengecilan dan pembesaran rasio perubahan densitas dipengaruhi oleh penguapan air bebas dalam padatan. Pengecilan rasio perubahan densitas nampak terjadi ketika penguapan air bebas belum konstan atau pada saat kadar air masih di atas 15%, namun setelah penguapan air bebas menjadi konstan atau kadar air di bawah 15% rasio perubahan densitas padatan mulai menjadi besar sampai akhir penggorengan.

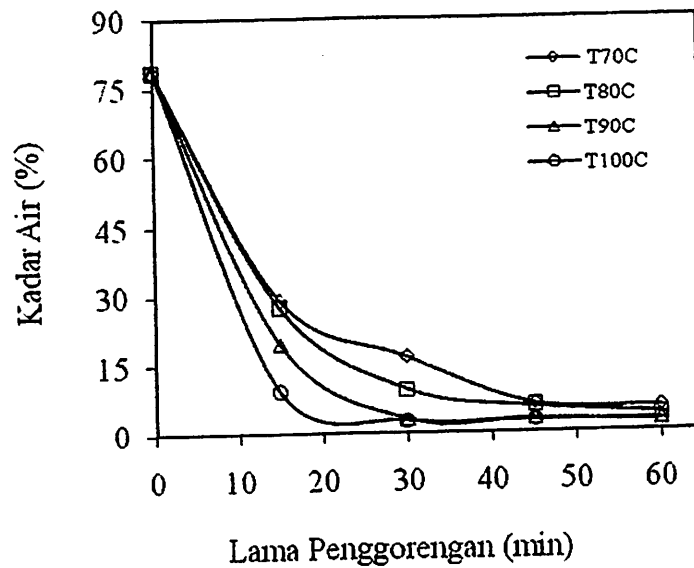
Keluarnya secara perlahan-lahan sebagian air bebas menyebabkan rongga menjadi mengecil dan secara bersamaan terbentuk lapisan keras di permukaan padatan, pada saat itu pembentukan rongga mulai menjadi besar sampai akhir penggorengan. Kondisi tersebut diduga karena lapisan keras yang terbentuk

membatasi difusi air dari dalam, akhirnya air menguap dan menyebabkan terjadinya tekanan dari dalam, sehingga padatan yang digoreng struktur porinya menjadi mengembang dan membentuk kantong udara. Kantong udara yang terbentuk inilah yang mungkin memberikan bunyi berderak dan renyah ketika produk digigit, namun setelah waktu penggorengan makin lama nampak rasio perubahan densitas menjadi mengecil kembali, hal tersebut disebabkan karena pada kondisi tersebut lapisan keras dipermukaan tidak mampu menahan tekanan uap dari dalam padatan sehingga akhirnya lapisan keras di permukaan padatan menjadi pecah dan pori menjadi mengecil kembali. Hasil penelitian ini mendukung penelitian Yamsaengsung dan Moreira (2002b) yang menjelaskan bahwa pembentukan lapisan keras pada penggorengan tortilla chip sangat mengurangi penguapan air dan menyebabkan tekanan di dalam chip. Peningkatan tekanan tersebut menyebabkan pengembangan pori sehingga menghasilkan produk akhir yang renyah.

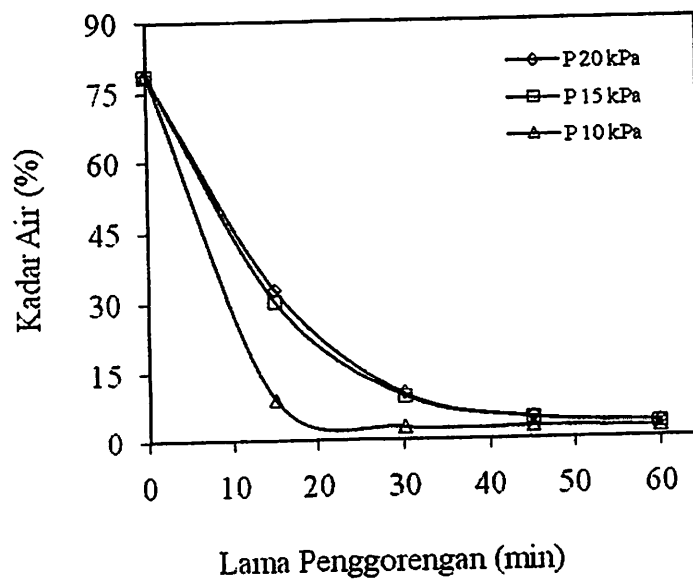
3. Penurunan kadar air padatan selama penggorengan hampa udara

Penurunan kadar air padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.12 dan 5.13. Tekanan vakum dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Berdasarkan gambar nampak penguapan air bebas selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum ada kecenderungan penguapan air bebas semakin cepat atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena titik didih air dan lama penguapan air dipengaruhi oleh tekanan vakum. Penelitian ini mendukung penelitian Garayo dan Moreira (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.



Gambar 5.12. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.13. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

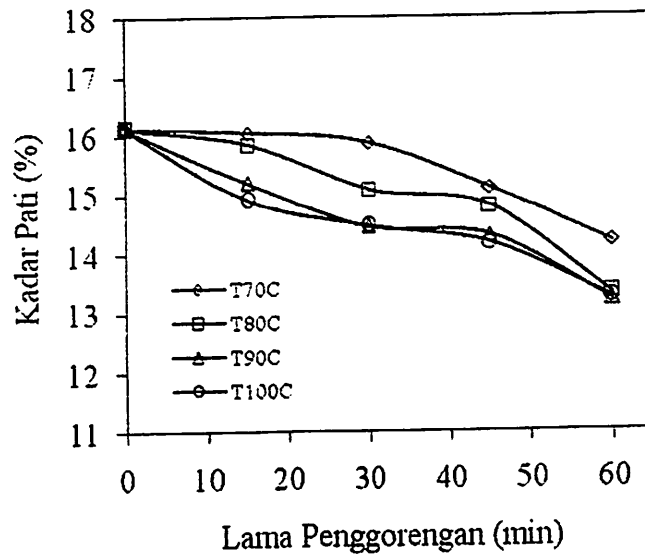
Pada awal penggorengan penguapan air bebas padatan nampak mendekati konstan sebelum kadar air mencapai 15%, beberapa lama kemudian melambat dan menjadi konstan setelah kadar air di bawah 15%. Perubahan kadar air ini nampak ada keterkaitan dengan perubahan volume dan rasio perubahan densitas padatan. Titik perubahan volume dan rasio perubahan densitas dimulai dari awal penggorengan sampai kadar air di atas 15%, dimana padatan mulai menyusut dan porinya mengecil, namun setelah kadar air di bawah 15% padatan mulai mengembang kembali dan terjadi pembesaran pori sampai menjadi mekar. Hasil penelitian ini mendukung penelitian Kawas (2000) serta Yamsaengsung dan Moreira (2002a) menjelaskan bahwa penguapan air dari dalam bahan makanan yang digoreng menyebabkan terjadinya pengerutan dan setelah semua air terikat menguap, bahan menjadi mekar karena adanya tekanan gas dalam bahan.

Pada awal penggorengan, energi panas digunakan untuk memanaskan permukaan kemudian bagian dalam padatan. Pada kondisi ini proses penguapan air bebas mulai berlangsung dari bagian dalam ke permukaan, karena adanya perbedaan konsentrasi massa air pada bagian dalam dengan permukaan, dan karena konsentrasi massa air di permukaan lebih rendah dibandingkan konsentrasi massa air dalam padatan. Air di permukaan lebih cepat menjadi uap disebabkan adanya kontak langsung padatan dengan minyak goreng. Penurunan kadar air dicirikan adanya penguapan air dan terjadinya gelembung gas dari permukaan padatan ke media minyak panas. Gelembung gas tersebut makin lama semakin berkurang seiring dengan lama penggorengan dan penurunan kadar air dalam padatan.

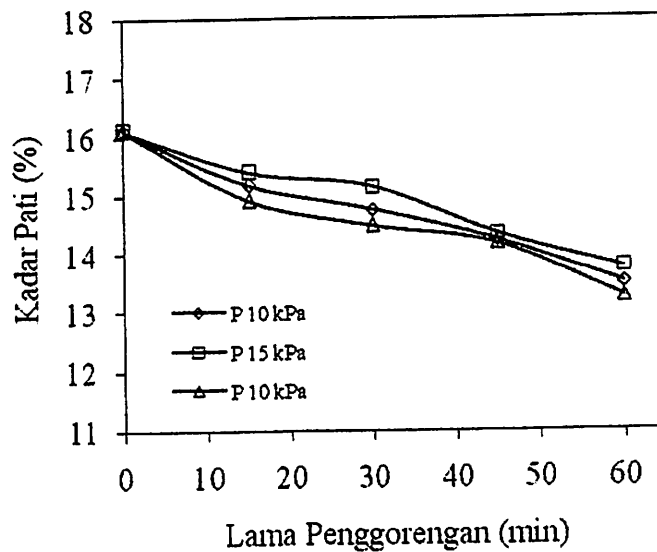
4. Penurunan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Hasil penelitian penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.14 dan 5.15. Tekanan vakum dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C, dari gambar nampak pada awalnya penurunan pati berlangsung agak cepat dan beberapa lama penurunan menjadi lambat. Penurunan kadar pati dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum makin banyak pati dalam padatan mengalami penurunan.

Penurunan kadar pati di dalam padatan disebabkan penggelembungan granula yang membesar 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, makin berkurang kadar pati di dalam padatan. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Whistler dan BeMiller (1999) yang menjelaskan bahwa saat pati mencapai titik gelatinisasi terjadi penggabungan molekul melalui ikatan hidrogen dan membentuk bangunan kristal. Beberapa kemungkinan lain yang menyebabkan kandungan pati di dalam padatan mengalami penurunan antara lain; karena pada proses pemanasan pati akan mengalami proses gelatinisasi dimana granula-granula pati membesar, dengan membesarnya granula-granula pati akan melemahkan ikatan hidrogen, dan terjadinya pemutusan ikatan glukosida pada pati dan akhirnya merubah pati menjadi glukosa (Juliastuti dan Dian, 2009), karena adanya peningkatan kadar minyak yang terjadi secara signifikan, sehingga sebagian posisi pati di dalam padatan digantikan oleh minyak.



Gambar 5.14. Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



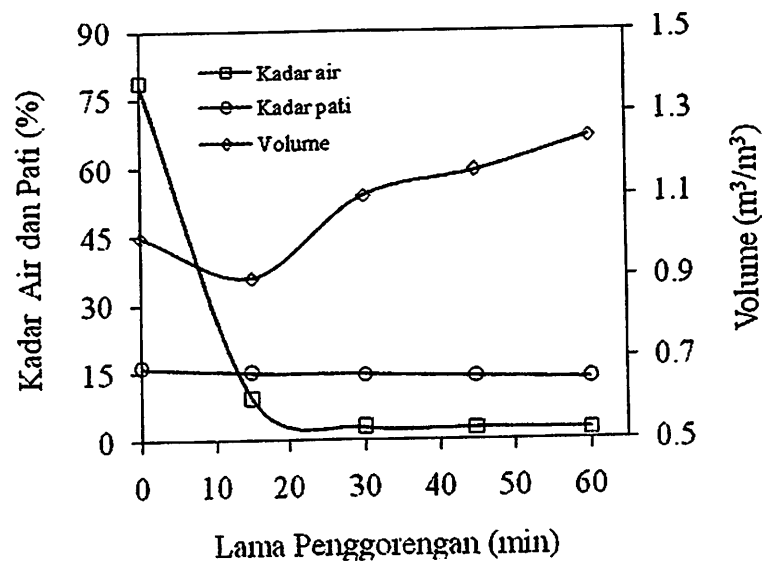
Gambar 5.15. Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Penurunan kadar pati nampak ada keterkaitan dengan perubahan volume dan rasio perubahan densitas padatan. Penggabungan perubahan volume, disebabkan oleh penguapan air dan penurunan kadar pati serta rasio perubahan

densitas disebabkan penguapan air dan penurunan kadar pati akan dapat memperlihatkan keterkaitan ketiga proses tersebut selama penggorengan.

5. Perubahan volume sebagai fungsi penurunan kadar air dan penurunan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Hasil penggabungan perubahan volume, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa disajikan pada Gambar 5.16. Dari gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan volume, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada kondisi vakum.



Gambar 5.16. Volume, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Perubahan volume padatan dimulai dari volume awal kemudian berubah menjadi menyusut dengan cepat, setelah beberapa lama volume padatan 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 masih terus berlangsung dan padatan tidak mengalami pemekaran.

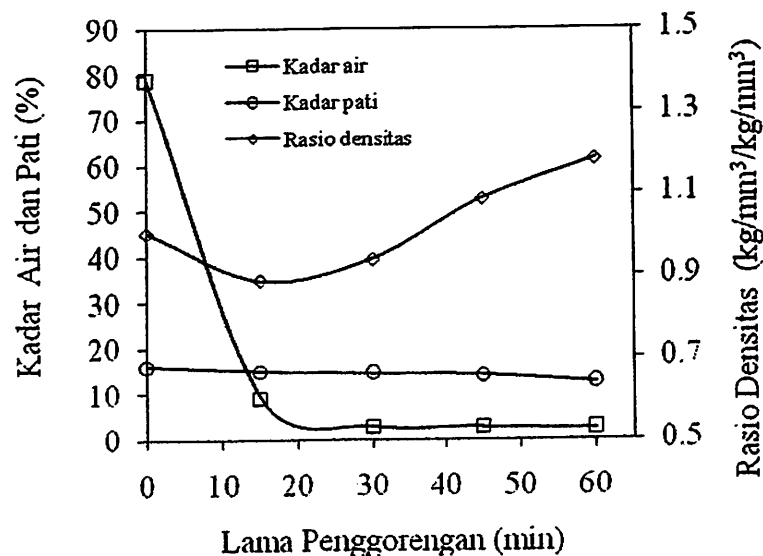
Pemekaran mulai terjadi ketika kadar air di bawah 15% dan saat tekanan dalam padatan sudah mendekati tekanan di permukaan, panas menyebabkan pengerasan di permukaan secara perlahan, sehingga sebagian air akan terjebak di dalam padatan. Uap air yang terjebak dalam padatan tidak ke luar lagi dan menjadi bertekanan serta membentuk kantong gas, sehingga menyebabkan padatan menjadi mengembang dan akhirnya menjadi mekar. Begitu pula halnya dengan perubahan kadar pati. Perubahan kadar pati nampak ada keterkaitan dengan perubahan volume padatan, pada titik dimana perubahan kadar pati cukup drastis yaitu saat kandungan kadar pati masih 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.

6. Rasio perubahan densitas sebagai fungsi penurunan kadar air dan penurunan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Gambar 5.17 menyajikan penggabungan rasio perubahan densitas, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa. Pengcilan rasio perubahan densitas diduga disebabkan karena penguapnya air bebas dari dalam padatan.

Pengecilan rasio perubahan densitas terjadi dengan cepat dimulai dari awal penggorengan saat kadar air masih di atas 15%. Pada kondisi ini pori dalam padatan mengalami pengecilan dan tidak mengalami pembesaran, namun setelah kadar air berada di bawah 15% nampak pembesaran rasio perubahan densitas mulai terjadi sampai akhir penggorengan, di samping itu fenomena yang sama nampak terjadi pada perubahan kadar pati, yang mempengaruhi pengecilan dan pembesaran rasio perubahan densitas padatan.

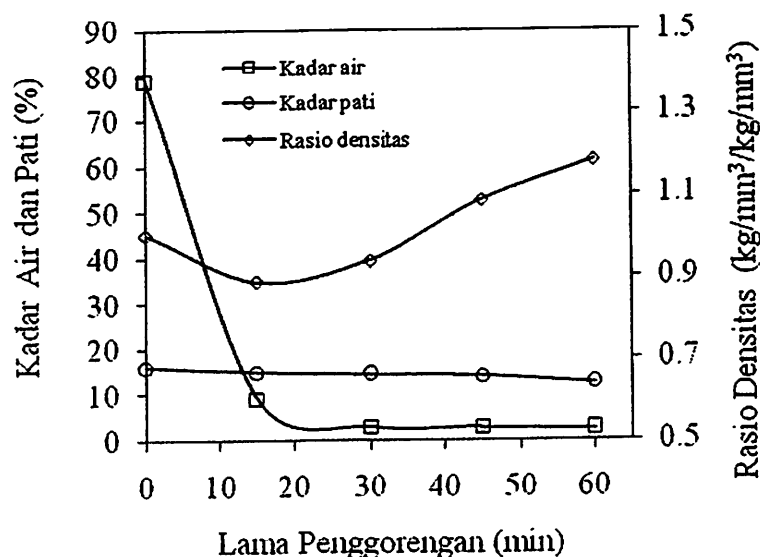
Pengecilan rasio perubahan densitas nampak terjadi ketika titik dimana kadar pati mengalami perubahan cukup drastis pada saat kandungan kadar pati masih di atas 15%, namun setelah melewati titik tersebut atau pada saat kadar pati di bawah 15%, dimana pati hampir tidak berubah lagi, rasio perubahan densitas padatan sudah mulai membesar dan akhirnya menjadi mengembang.



Gambar 5.17. Rasio perubahan densitas, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Pengecilan rasio perubahan densitas terjadi dengan cepat dimulai dari awal penggorengan saat kadar air masih di atas 15%. Pada kondisi ini pori dalam padatan mengalami pengecilan dan tidak mengalami pembesaran, namun setelah kadar air berada di bawah 15% nampak pembesaran rasio perubahan densitas mulai terjadi sampai akhir penggorengan, di samping itu fenomena yang sama nampak terjadi pada perubahan kadar pati, yang mempengaruhi pengecilan dan pembesaran rasio perubahan densitas padatan.

Pengecilan rasio perubahan densitas nampak terjadi ketika titik dimana kadar pati mengalami perubahan cukup drastis pada saat kandungan kadar pati masih di atas 15%, namun setelah melewati titik tersebut atau pada saat kadar pati di bawah 15%, dimana pati hampir tidak berubah lagi, rasio perubahan densitas padatan sudah mulai membesar dan akhirnya menjadi mengembang.

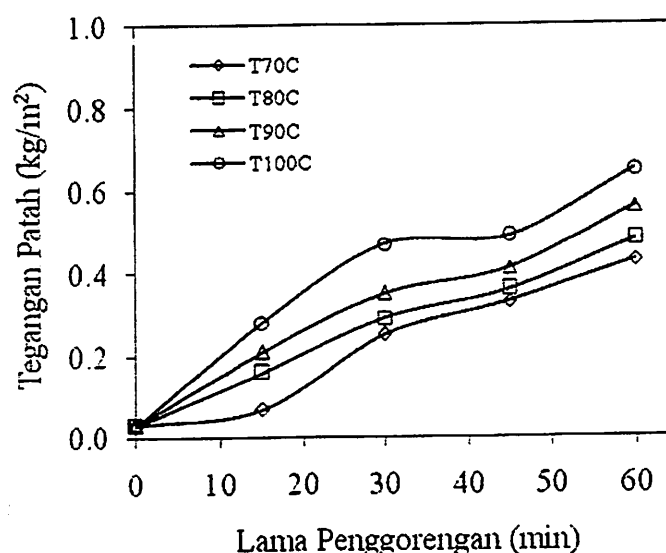


Gambar 5.17. Rasio perubahan densitas, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

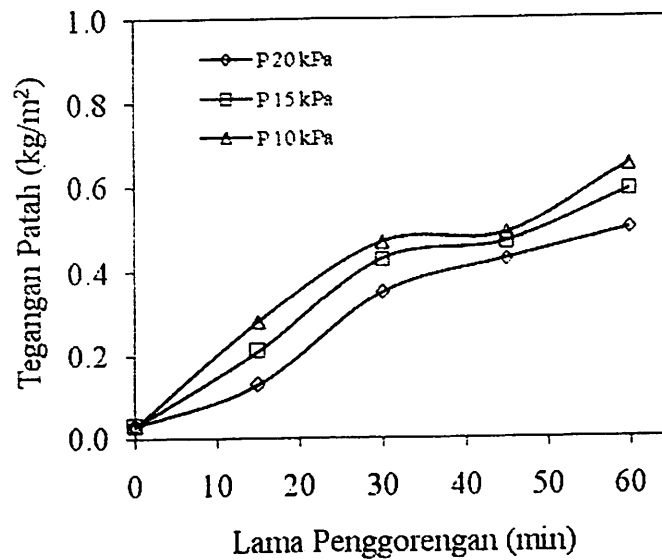
C. Perubahan Tekstur Padatan selama Penggorengan Hampa udara

1. Perubahan kekerasan padatan selama penggorengan hampa udara

Hasil penelitian perubahan kekerasan padatan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.18 dan 5.19. Tekanan vakum dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C, dari gambar nampak profil perubahan kekerasan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Perubahan kekerasan tampak 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 padatan mengalami perubahan yang semula lunak akhirnya menjadi keras.



Gambar 5.18. Kekerasan padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.19. Kekerasan padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

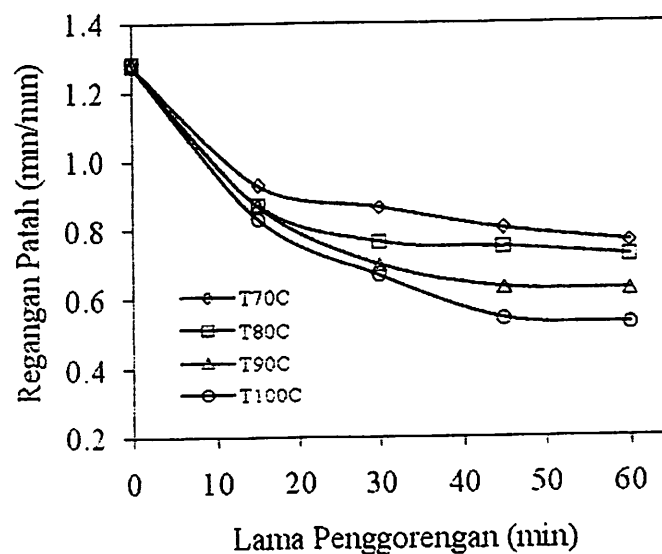
Titik perubahan tekstur dari lunak menjadi keras tersebut nampak terjadi pada saat penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air dalam padatan masih di atas 15%, namun beberapa lama setelah penguapan air bebas sudah konstan pada saat kadar air di bawah 15% peningkatan kekerasan makin tinggi sampai akhir penggorengan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Yamsaengsung dan Moreira (2002a) yang menjelaskan bahwa perubahan kekerasan disebabkan penurunan kadar air dengan pembentukan lapisan keras di permukaan dan pengembangan pori di dalam tortilla chip.

2. Perubahan kerenyahan padatan selama penggorengan hampa udara

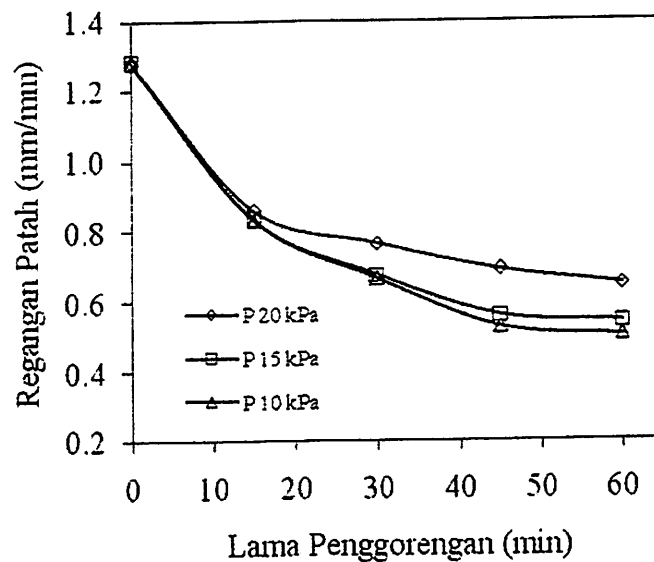
Gambar 5.20 dan 5.21 menyajikan perubahan kerenyahan padatan selama penggorengan pada berbagai variasi tekanan vakum dan suhu minyak. Tekanan vakum dan suhu minyak selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan

100°C, dari gambar nampak profil perubahan kerenyahan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum, semakin tinggi padatan mengalami penurunan kerenyahan. Nilai regangan yang kecil menunjukkan bahwa padatan mudah terdeformasi, karena itu sifat teksturnya menjadi lebih renyah. Dimulai dari awal penggorengan, secara perlahan padatan sudah mengalami penurunan nilai kerenyahan dari lunak menjadi rapuh, beberapa lama kemudian menjadi cepat sampai akhir penggorengan.

Titik perubahan nilai kerenyahan dari lambat menjadi cepat nampak ada keterkaitan dengan laju penguapan air bebas dalam padatan. Perubahan nilai kerenyahan secara perlahan nampak terjadi pada saat penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, beberapa lama setelah penguapan air bebas konstan pada saat kadar air di bawah 15% kerenyahan mengalami perubahan yang lebih cepat sampai akhir penggorengan.



Gambar 5.20. Kerenyahan padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



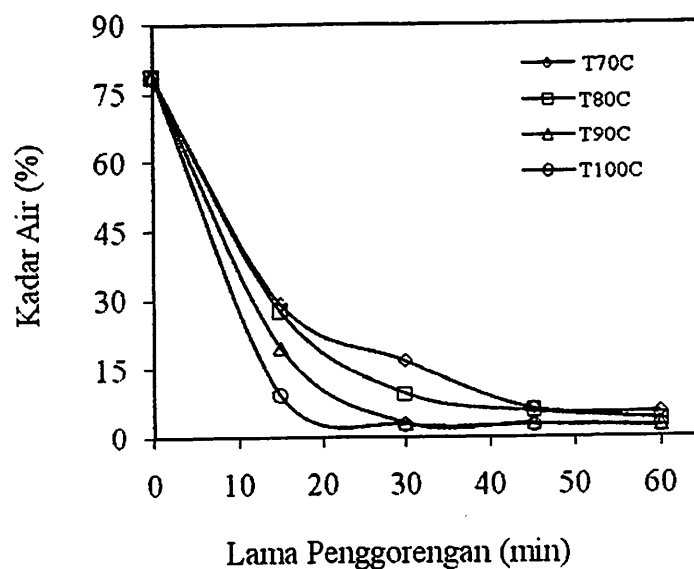
Gambar 5.21. Kerenyahan padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Penelitian ini mendukung penelitian Firdaus *et. al.*, (2001) yang menjelaskan bahwa hilangnya sebagian air bebas dalam padatan menyebabkan sifat tekstur mengalami perubahan yang semula lunak akhirnya menjadi keras. Saat tekanan di dalam padatan sudah mendekati tekanan di permukaan secara bersamaan terjadi pengerasan dipermukaan yang menghambat penguapan air dan akhirnya sebagian air terjebak di dalam padatan sehingga tidak dapat keluar lagi dan berubah menjadi gas yang bertekanan dan membentuk rongga udara, pada kondisi ini sifat tekstur produk padatan menjadi lebih keras dan bertambah renyah serta menimbulkan bunyi yang berderak pada saat dikunyah.

3. Penurunan kadar air padatan selama penggorengan hampa udara

Penurunan kadar air padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.22 dan 5.23. Tekanan

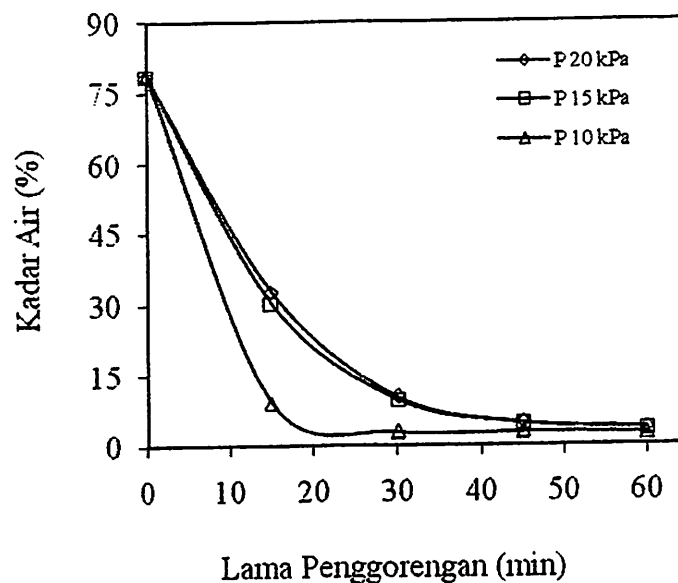
vakum 10 kPa dan suhu 100°C dijaga tetap selama penggorengan, dari gambar nampak laju penguapan air selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum ada kecenderungan laju penguapan air semakin cepat. Hal ini disebabkan karena perbedaan tekanan di dalam dan di luar padatan, serta perbedaan tekanan antara ruang penggorengan dengan tekanan atmosfer, sehingga padatan akan kehilangan air lebih cepat dalam bentuk uap air melalui pori-pori.



Gambar 5.22. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa

Penelitian ini mendukung penelitian Garayo dan Moreira (2002) yang menjelaskan bahwa kentang yang digoreng pada suhu lebih tinggi dengan tekanan vakum sama memerlukan waktu lebih singkat untuk mencapai kadar air sama. Makin jauh perbedaan antara tekanan di dalam ruang penggorengan dengan tekanan atmosfer, air yang disedot ke tabung vakum akan semakin besar, kondisi ini mengakibatkan kadar air dalam padatan menjadi lebih cepat keluar pada saat

penggorengan dilakukan pada tekanan vakum lebih tinggi dibandingkan pada tekanan vakum lebih rendah.



Gambar 5.23. Kadar air padatan nangka selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

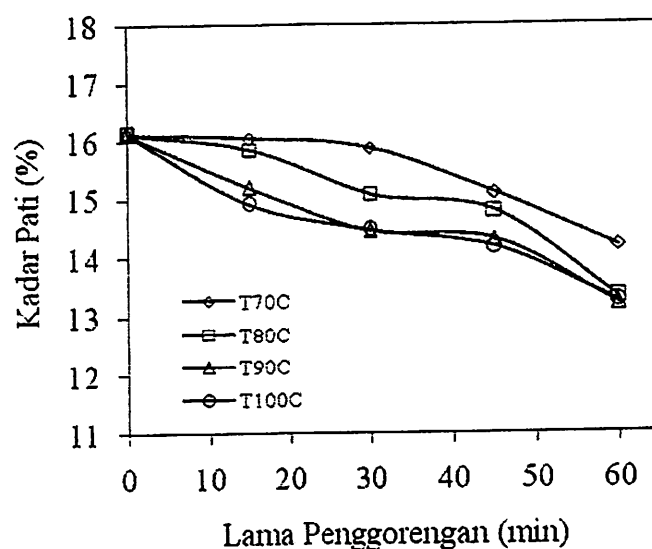
Berdasarkan Gambar 5.22 dan 5.23 nampak penurunan kandungan air terus terjadi selama penguapan air bebas dalam padatan belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, dan kemudian menjadi konstan setelah penguapan air bebas konstan saat kadar air sudah di bawah 15%. Penurunan kadar air nampak mempengaruhi perubahan kekerasan dan kerenyahan. Kekerasan dan kerenyahan mulai bertambah tinggi setelah kadar air mendekati 15%, kemudian akhirnya menjadi lebih tinggi sampai mencapai kondisi tekstur akhir.

Pada awal penggorengan, energi panas digunakan untuk memanaskan permukaan kemudian bagian dalam padatan, pada kondisi ini proses penguapan air bebas mulai berlangsung dari bagian dalam ke permukaan, karena adanya

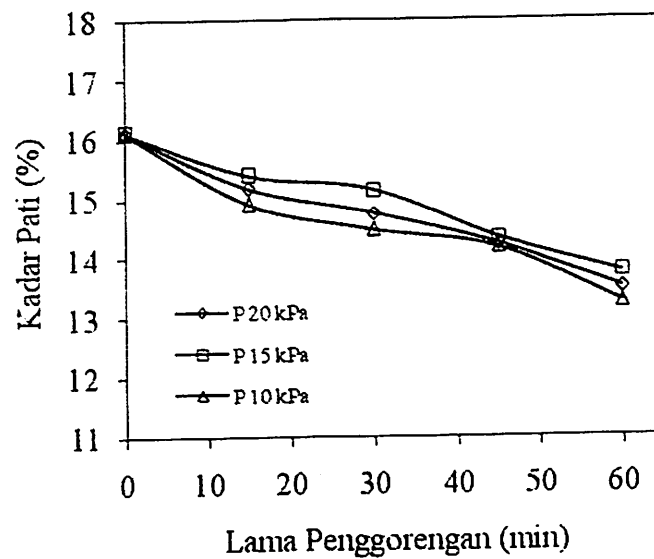
perbedaan konsentrasi massa air pada bagian dalam dengan permukaan, dan karena konsentrasi massa air di permukaan lebih rendah dibandingkan konsentrasi massa air dalam padatan. Air di permukaan lebih cepat menjadi uap disebabkan adanya kontak langsung padatan dengan minyak goreng. Penurunan kadar air dicirikan adanya penguapan air dan terjadinya gelembung gas dari permukaan padatan ke media minyak panas. Gelembung gas tersebut makin lama semakin berkurang seiring lama penggorengan dan penurunan kadar air dalam padatan.

4. Penurunan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.24 dan 5.25. Tekanan vakum dan suhu dijaga tetap selama penggorengan pada 10 kPa dan 100°C, dari gambar tersebut nampak penurunan kadar pati sama dengan penurunan kadar air dalam padatan.



Gambar 5.24. Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.25. Kadar pati padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Pada awalnya penurunan pati berlangsung agak cepat dan beberapa saat kemudian menjadi agak lambat. Titik perubahan tersebut nampak dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum semakin banyak pati dalam padatan mengalami penurunan atau sebaliknya makin rendah suhu dan tinggi tekanan vakum semakin sedikit pati mengalami penurunan. Berdasarkan Gambar 5.24 dan 5.25 nampak sejak awal penggorengan sudah berlangsung penurunan kadar pati dalam padatan secara cepat kemudian beberapa lama menjadi lambat sampai akhir penggorengan.

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. Penelitian ini

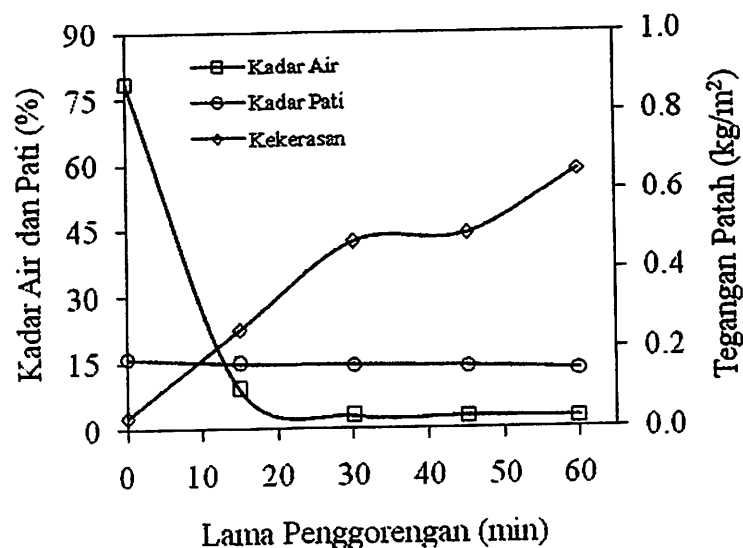
sejalan dengan penelitian Whistler dan BeMiller (1999) yang menjelaskan bahwa saat pati mencapai titik gelatinisasi terjadi penggabungan molekul melalui ikatan hidrogen dan membentuk bangunan kristal.

Penelitian ini mendukung penelitian Juliastuti dan Dian (2009) yang menjelaskan bahwa kadar 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 dan memutuskan ikatan glukosida pada pati dan akhirnya merubah pati menjadi glukosa. Hal lain yang memungkinkan pati di dalam padatan angka berkurang karena adanya peningkatan kadar minyak yang terjadi secara signifikan dengan suhu dan tekanan vakum, dimana sebagian posisi pati di dalam padatan ditempati oleh minyak. Penurunan kandungan pati nampak ada keterkaitan dengan perubahan kekerasan dan kerenyahan produk. Penggabungan perubahan kekerasan dan kerenyahan yang disebabkan oleh penguapan air dan penurunan kadar pati akan dapat memperlihatkan keterkaitan ketiga proses tersebut.

5. Perubahan kekerasan sebagai fungsi penurunan kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Gambar 5.26 menyajikan penggabungan perubahan kekerasan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa. Berdasarkan gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan kekerasan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati dalam padatan selama penggorengan vakum. Pada awal

penggorengan perubahan kekerasan padatan dimulai dari lunak menjadi keras kemudian beberapa lama berubah dengan cepat menjadi semakin keras. Perubahan kekerasan menunjukkan 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 kekerasan dari lunak menjadi keras nampak terjadi sejak awal penggorengan sampai 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 pada saat kadar air di bawah 15% terjadi peningkatan kekerasan yang tinggi sampai akhir penggorengan.



Gambar 5.26. Kekerasan, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

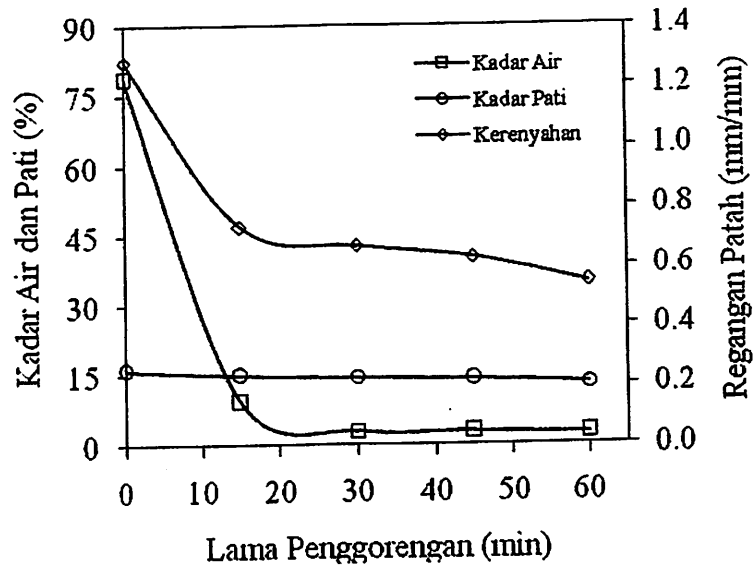
Hilangnya sebagian air bebas menyebabkan kekerasan padatan mengalami perubahan yang semula lunak akhirnya menjadi keras. Pada saat tekanan dalam

padatan sudah mendekati tekanan di permukaan terjadi 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 nampak ada keterkaitan dengan perubahan kekerasan padatan, pada titik dimana penurunan kadar pati cukup drastis pada saat kandungan kadar pati masih di atas 15%, padatan mengalami perubahan tekstur dari lunak menjadi keras, namun setelah melewati titik tersebut pada saat kadar pati di bawah 15%, penurunan kadar pati mulai konstan, tekstur padatan sudah mulai menjadi semakin keras.

6. Perubahan kerenyahan sebagai fungsi penurunan kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan hampa udara

Penggabungan perubahan kerenyahan, penurunan kadar air dan kadar pati dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa disajikan pada Gambar 5.27, dari gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan kerenyahan, penurunan kadar air dan penurunan kadar pati. Dimulai dari awal penggorengan kerenyahan padatan mulai berubah secara perlahan-lahan dari lunak mendekati renyah, beberapa lama kemudian berubah dengan cepat sampai menjadi renyah. Perubahan kerenyahan nampak ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dari dalam padatan. Penguapan air bebas menyebabkan padatan menjadi menyusut beberapa saat sampai semua air bebas keluar dari dalam, setelah itu padatan menjadi mengembang karena adanya air

yang terjebak oleh pembentukan lapisan keras dipermukaan padatan, sehingga berubah menjadi gas dan membentuk rongga udara menyebabkan sifat tekstur produk menjadi renyah.



Gambar 5.27. Kerenyahan, kadar air dan kadar pati padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Titik perubahan kerenyahan dari lunak mendekati renyah nampak mulai terjadi sejak awal penggorengan sampai kadar air dalam padatan mulai menjadi konstan sebelum kadar air mencapai 15%. Pada kondisi tersebut peningkatan kerenyahan masih rendah, tetapi pada saat kadar air dalam padatan mulai konstan atau di bawah 15% terjadi peningkatan kerenyahan yang cukup tinggi hingga akhir penggorengan. Kondisi ini menunjukkan bahwa makin rendah kadar air semakin renyah tekstur produk yang dihasilkan. Disamping itu kondisi yang sama juga terjadi pada penurunan kadar pati nampak mempengaruhi perubahan kerenyahan padatan. Titik dimana penurunan kadar pati cukup drastis pada saat kandungan kadar pati belum mencapai 15%, padatan mengalami perubahan

tekstur dari lunak menjadi mendekati renyah. Setelah melewati titik tersebut penurunan kadar pati mulai menjadi konstan pada saat kadar pati di bawah 15%, tekstur padatan menjadi semakin renyah.

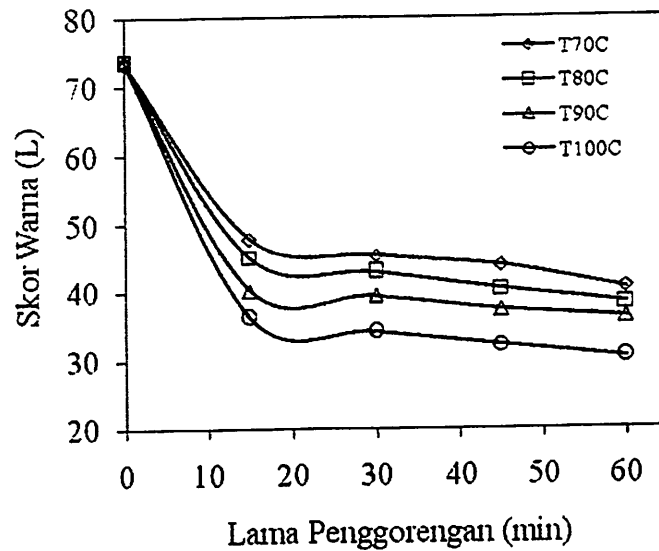
D. Perubahan Warna Padatan selama Penggorengan Hampa Udara

1. Perubahan warna (L) padatan selama penggorengan hampa udara

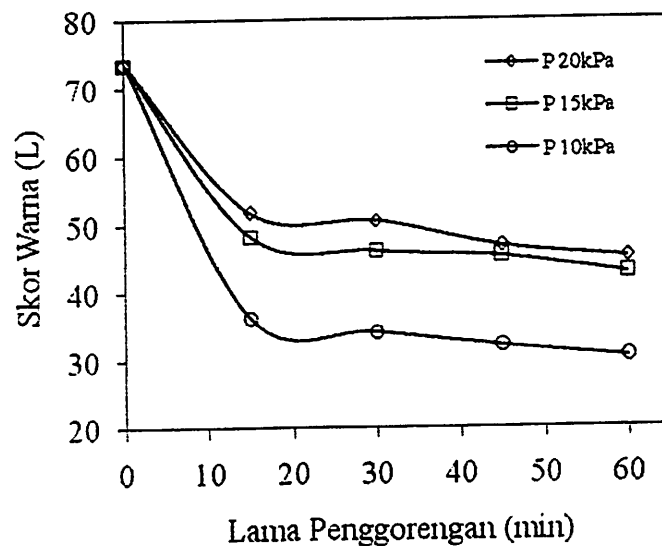
Kecerahan adalah salah satu sifat produk goreng yang disukai oleh konsumen. Nilai warna kecerahan produk dinyatakan dengan simbol L (*light*) yang memiliki kisaran 0 (hitam) sampai 100 (putih) (Soekarto, 1990). Perubahan warna kecerahan padatan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.28 dan 5.29. Tekanan vakum dan suhu minyak selama penggorengan dijaga tetap 10 kPa dan 100°C. Berdasarkan gambar nampak padatan mengalami perubahan warna L selama penggorengan. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum semakin besar warna L mengalami perubahan (semakin gelap warna produk yang dihasilkan). Kondisi tersebut diduga karena pada penggorengan dengan suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, bagian permukaan padatan lebih cepat menerima energi panas dibandingkan dengan penggorengan pada suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi.

Air di permukaan dan di dalam padatan ke luar dalam bentuk uap air dan secara bersamaan terjadi pengerasan di permukaan sehingga menyebabkan warna padatan menjadi gelap, selain itu kondisi yang menyebabkan warna L mengalami perubahan lebih besar diduga karena adanya reaksi maillard yang cepat terjadi

pada suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah dibandingkan dengan suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, sehingga terjadinya reaksi maillard ini menyebabkan warna L padatan mengalami perubahan.



Gambar 5.28. Warna (L) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



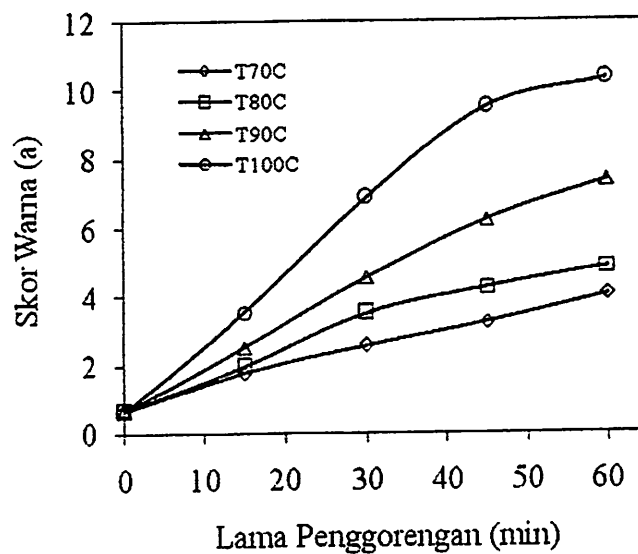
Gambar 5.29. Warna (L) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Penelitian Wibowo (2006) sejalan dengan hasil penelitian ini, yang menjelaskan bahwa terjadinya lapisan keras dipermukaan produk menyebabkan penguapan air menjadi lebih sukar dan perpindahan panas dari minyak ke bahan tidak optimum, sehingga bagian permukaan lebih banyak menerima panas dan membentuk lapisan keras di permukaan menyebabkan warna menjadi gelap. Perubahan warna L tampak dipengaruhi oleh penguapan air bebas dalam padatan. Dimulai dari awal penggorengan warna L terus mengalami penurunan selama penguapan air bebas dalam padatan belum konstan pada saat kadar air di atas 15%, beberapa lama warna L konstan setelah penguapan air bebas konstan pada saat kadar air di bawah 15%. Sama halnya dengan penguapan air bebas, penurunan kadar sukrosa tampak mempengaruhi perubahan warna L dalam padatan. Warna L terus mengalami perubahan selama penurunan kadar sukrosa belum konstan pada saat kadar sukrosa masih di atas 40%, namun beberapa lama setelah kadar sukrosa dalam padatan mulai menjadi konstan atau pada saat kadar sukrosa di bawah 40%, warna L juga mulai menjadi konstan.

2. Perubahan warna (a) padatan selama penggorengan hampa udara

Nilai *a* adalah salah satu parameter yang khas pada produk goreng yang menjadi kesukaan konsumen. Nilai *a* menunjukkan warna kromatik antara merah dan hijau. Nilai *a* positif berkisar antara 0 sampai +100 menunjukkan intensitas warna merah dan nilai *a* negatif antara 0 sampai -80 menyatakan intensitas warna hijau (Soekarto, 1990). Perubahan warna (*a*) padatan dengan berbagai variasi suhu dan tekanan vakum selama penggorengan disajikan pada Gambar 5.30 dan 5.31. Selama penggorengan, tekanan vakum dan suhu dijaga tetap pada 10 kPa dan

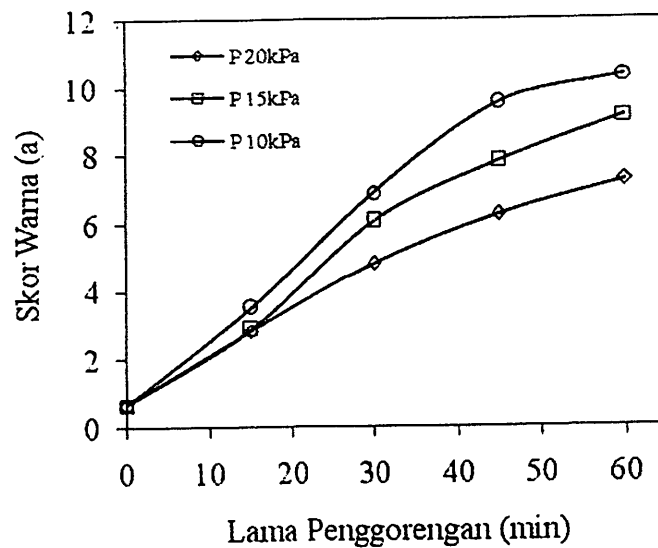
100°C, dari gambar nampak padatan mengalami perubahan warna (a) kearah kemerahan. Dimulai dari awal penggorengan nilai a mengalami perubahan secara perlahan kearah kemerahan sampai menit ke 15 dan beberapa saat setelah di atas menit ke 15 sampai menit ke 30 nilai a mengalami perubahan secara cepat, sehingga warna padatan semakin bertambah kemerahan. Perubahan warna (a) dipengaruhi oleh penguapan air bebas dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan.



Gambar 5.30. Warna (a) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa

Berdasarkan Gambar 5.30 dan 5.31 nampak titik perubahan warna (a) terus menuju ke arah warna kemerahan selama penguapan air bebas dalam padatan belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, setelah beberapa lama perubahan warna (a) sudah mulai konstan dan akhirnya menjadi konstan ketika penguapan air bebas dalam padatan sudah konstan pada saat kadar air di bawah 15%. Demikian pula halnya dengan penurunan kadar sukrosa, tampak ada

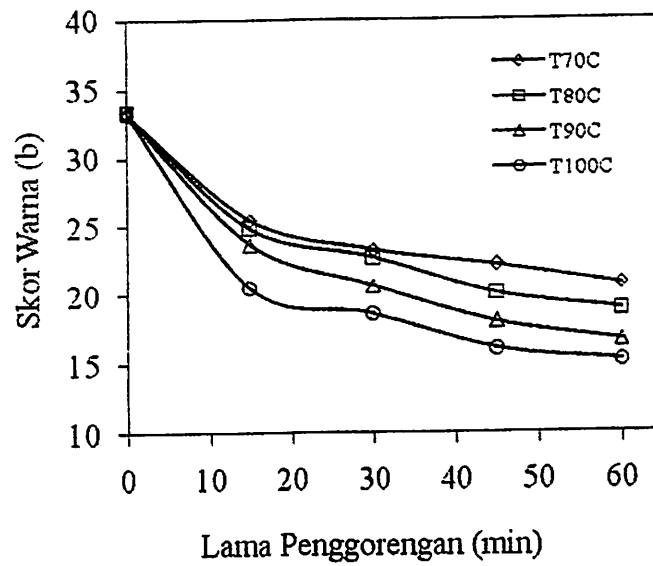
keterkaitan dengan perubahan warna (a). Nilai a terus mengalami perubahan warna ke arah kemerahan selama penurunan kadar sukrosa dalam padatan belum konstan saat kadar sukrosa masih di atas 40%, beberapa lama perubahan warna (a) menjadi konstan ketika penurunan kadar sukrosa dalam padatan menjadi konstan atau pada saat kadar sukrosa di bawah 40%.



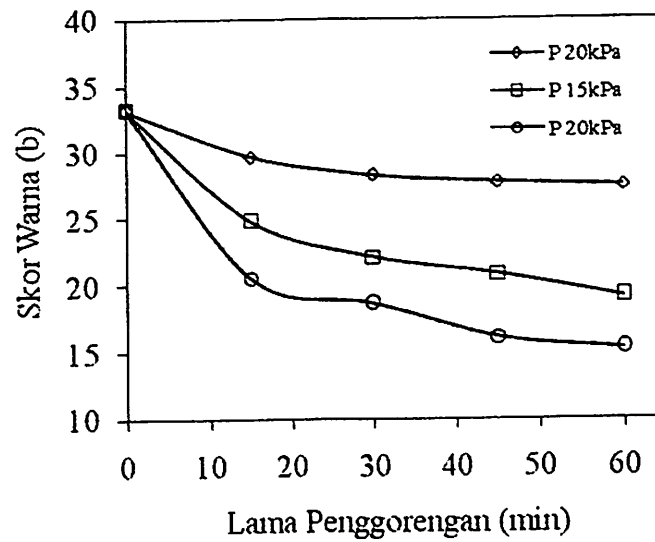
Gambar 5.31. Warna (a) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

3. Perubahan warna (b) padatan selama penggorengan hampa udara

Nilai b adalah salah satu parameter pada produk keripik buah yang menjadi kesukaan konsumen. Nilai b menunjukkan warna kromatik antara biru sampai kuning. Nilai b positif antara 0 sampai +70 menyatakan intensitas warna kuning dan nilai b negatif dari 0 sampai -70 menunjukkan intensitas warna biru (Soekarto, 1990). Perubahan warna (b) padatan selama penggorengan pada berbagai suhu dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.32 dan 5.33, selama penggorengan tekanan vakum dan suhu dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C .



Gambar 5.32. Warna (b) padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 90 kPa



Gambar 5.33. Warna (b) padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Berdasarkan Gambar 5.32 dan 5.33 tampak nilai b mengalami perubahan yang besar dimulai dari awal penggorengan sampai kira-kira mencapai menit ke

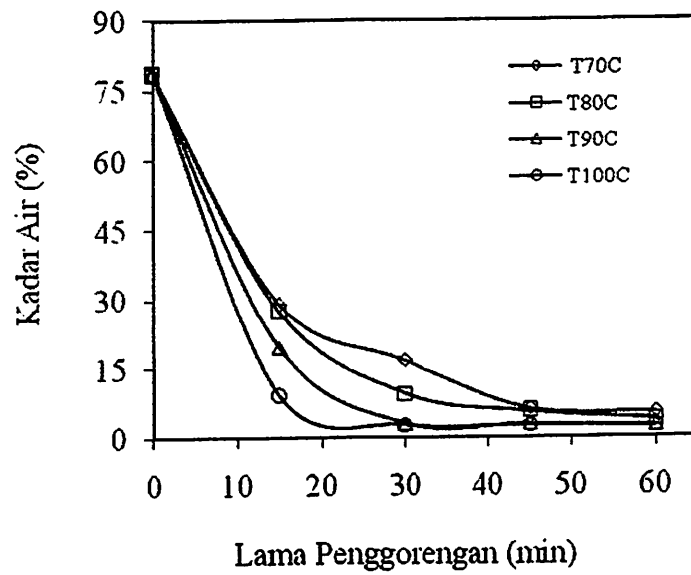
15, namun beberapa lama setelah waktu tersebut perubahan nilai b sudah mulai menjadi kecil dan akhirnya menjadi konstan. Perubahan nilai (b) agaknya sama dengan pola perubahan nilai (L) dan (a) dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum semakin besar padatan mengalami perubahan nilai b , karena pola perubahan nilai b sama dengan nilai a dan L , sehingga perubahan nilai b diduga disebabkan karena penggorengan dengan suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah terjadi perpindahan panas lebih cepat ke permukaan dan ke dalam padatan, sehingga air di permukaan dan di dalam padatan lebih cepat keluar dan di permukaan padatan terjadi pengerasan, menyebabkan warna (b) berubah ke arah kecoklatan. Penelitian ini sejalan dengan Ketaren (1986), yang menjelaskan bahwa permukaan lapisan luar akan berwarna coklat keemasan akibat penggorengan dan terbentuknya warna pada permukaan bahan yang digoreng disebabkan oleh reaksi pencoklatan.

Perubahan warna (b) tampak ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dan penurunan kadar sukrosa. Nilai b padatan terus mengalami perubahan selama penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, kemudian beberapa lama perubahan nilai b mulai menjadi lambat dan akhirnya konstan setelah penguapan air bebas mendekati konstan pada saat kadar air di bawah 15%, demikian pula halnya dengan penurunan kadar sukrosa. Nilai b terus mengalami perubahan selama penurunan kadar sukrosa belum konstan atau pada saat kadar sukrosa masih di atas 40%, namun setelah kadar sukrosa mulai menjadi konstan atau pada saat kadar sukrosa di bawah 40% nilai b juga mulai menjadi konstan.

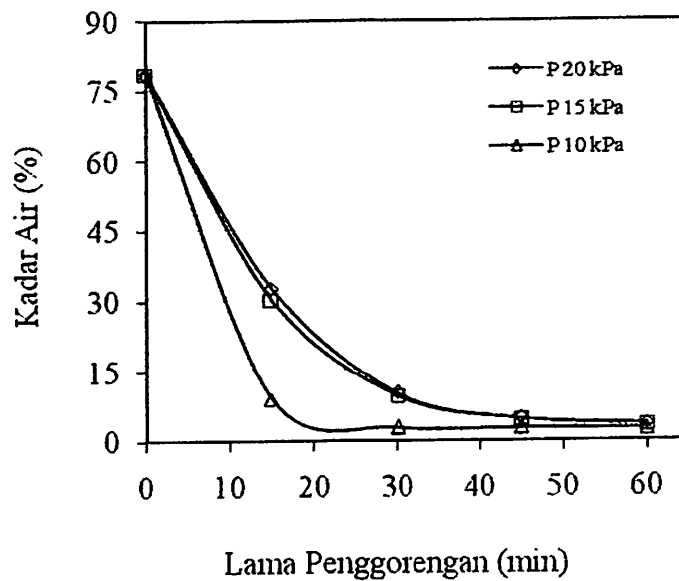
4. Penurunan kadar air padatan selama penggorengan hampa udara

Penurunan kadar air padatan selama penggorengan dengan berbagai variasi suhu minyak dan tekanan vakum disajikan pada Gambar 5.34 dan 5.35. Tekanan vakum dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Berdasarkan gambar nampak penguapan air selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan tekanan vakum rendah ada kecenderungan penguapan air semakin cepat. Hal tersebut disebabkan pada proses penggorengan dengan suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, suhu titik didih air juga menjadi lebih tinggi sehingga energi panas yang masuk ke dalam padatan cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, atau sebaliknya, sehingga padatan yang digoreng pada suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah akan lebih cepat menjadi masak jika dibandingkan dengan suhu rendah dan tekanan vakum yang tinggi. Penelitian ini mendukung penelitian Garayo dan Moreira (2002) menjelaskan bahwa kentang yang digoreng pada suhu lebih tinggi dengan tekanan vakum sama memerlukan waktu lebih singkat untuk mencapai kadar air yang sama.

Penurunan kandungan air mendekati konstan setelah penguapan air bebas dalam padatan mulai menjadi konstan pada saat kadar air mencapai 15%, kemudian melambat setelah penguapan air bebas konstan pada saat kadar air di bawah 15%. Penurunan kadar air nampak terkait dengan perubahan nilai L , a dan b . Titik perubahan L , a dan b dimulai dari awal penggorengan sampai penguapan air bebas mendekati konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, beberapa lama setelah kadar air di bawah 15% laju perubahan nilai L , a dan b juga konstan.



Gambar 5.34. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



Gambar 5.35. Kadar air padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Pada awal penggorengan, energi panas digunakan untuk memanaskan permukaan kemudian bagian dalam padatan. Pada kondisi ini proses penguapan air bebas mulai berlangsung dari bagian dalam ke permukaan, karena adanya

perbedaan konsentrasi massa air pada bagian dalam dengan permukaan, dan karena konsentrasi massa air di permukaan lebih rendah dibandingkan konsentrasi massa air dalam padatan. Air di permukaan lebih cepat menjadi uap disebabkan adanya kontak langsung padatan dengan minyak goreng. Penurunan kadar air dicirikan adanya penguapan air dan terjadinya gelembung gas dari permukaan padatan ke media minyak panas. Penurunan kadar air disebabkan hilangnya sebagian air bebas dari dalam padatan ke permukaan yang menguap ke dalam minyak panas dan perubahan massa air menjadi uap di dalam padatan.

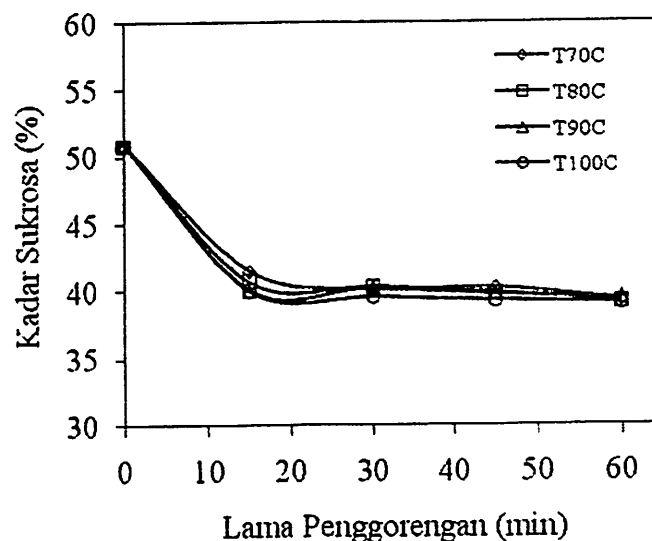
5. Penurunan kadar sukrosa padatan selama penggorengan hampa udara

Gambar 5.36 dan 5.37 menyajikan laju penurunan kadar sukrosa dalam padatan selama proses penggorengan pada suhu dan tekanan vakum berbeda. Selama proses penggorengan tekanan vakum dan suhu dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C, dari gambar nampak penurunan kadar sukrosa sama dengan pola penurunan kadar air dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan tekanan vakum rendah makin cepat sukrosa dalam padatan mengalami penurunan, disebabkan karena penggorengan pada suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, padatan lebih cepat menerima panas sehingga air bebas dalam padatan lebih cepat menguap dan terjadi pembentukan lapisan keras di permukaan, dan terjadinya reaksi karamelisasi menyebabkan padatan mengalami perubahan warna (L, a, b).

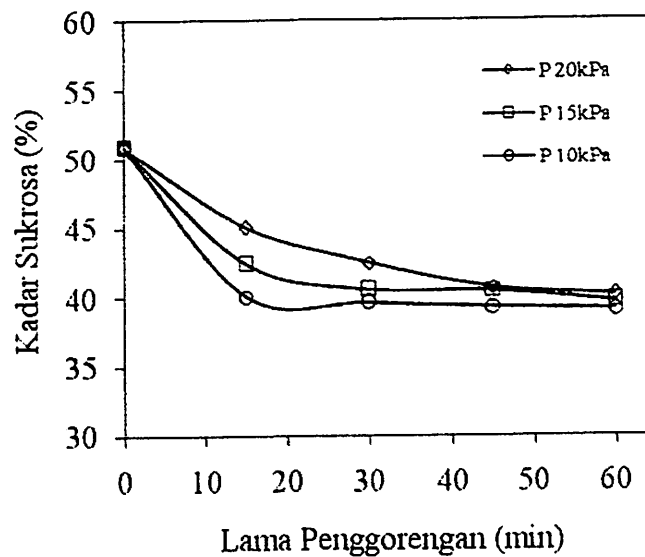
Penelitian ini mendukung penelitian Saloko dan Iskandar (2009) yang mengungkapkan bahwa warna yang terbentuk pada pembuatan gula semut disebabkan karena proses penguapan dan terjadinya reaksi karamelisasi,

sedangkan menurut Ketaren, (1986) pembentukan lapisan keras dipermukaan akan menyebabkan produk yang digoreng berwarna coklat keemasan. Untuk menghindari terjadinya pengerasan dipermukaan sebelum produk menjadi masak dan reaksi-reaksi selama penguapan dapat dilakukan dengan suhu rendah dan tekanan vakum.

Berdasarkan Gambar 5.36 dan 5.37 nampak kadar sukrosa dalam padatan mengalami penurunan dengan cepat sampai menit ke 15, beberapa saat setelah lama waktu tersebut penurunan kadar sukrosa menjadi konstan. Titik perubahan sukrosa nampak ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dalam padatan. Penurunan kadar sukrosa masih terus berlangsung selama penguapan air bebas dalam padatan belum konstan atau pada saat kadar air masih di atas 15%, beberapa lama setelah penguapan air bebas sudah mulai konstan atau pada saat kadar air di bawah 15% penurunan kadar sukrosa dalam padatan menjadi konstan.



Gambar 5.36. Kadar sukrosa padatan selama penggorengan dengan variasi suhu minyak pada tekanan vakum 10 kPa



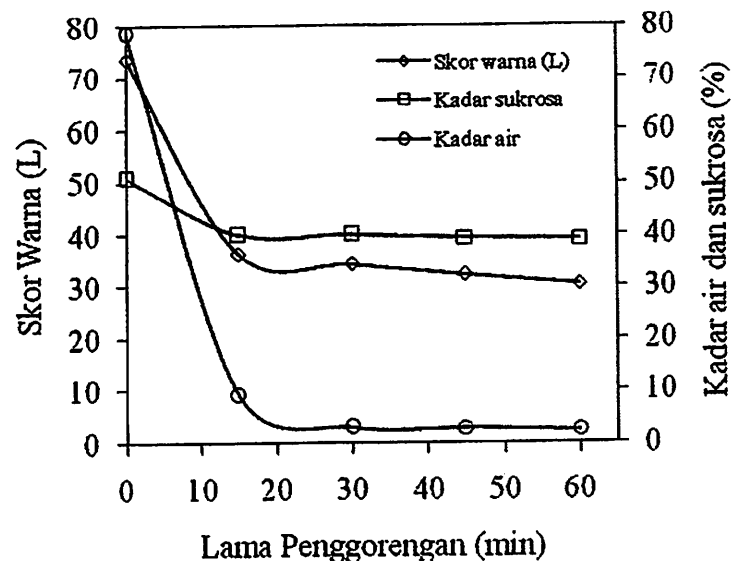
Gambar 5.37. Kadar sukrosa padatan selama penggorengan dengan variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

Penurunan kadar air, penurunan kadar sukrosa nampak mempengaruhi perubahan warna (L, a dan b). Penggabungan perubahan nilai L, a dan b dengan penurunan kadar air dan kadar sukrosa dapat menjelaskan dengan baik ketiga proses tersebut.

6. Perubahan warna (L) sebagai fungsi penurunan kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan hampa udara

Penggabungan perubahan warna (L), penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa disajikan pada Gambar 5.38. Berdasarkan gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan nilai L, penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan selama penggorengan pada kondisi vakum. Perubahan nilai L dalam padatan dimulai dari nilai L awal kemudian berubah dengan cepat sampai menit ke 15, setelah beberapa lama nilai L padatan

menjadi konstan. Penurunan nilai L 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, sehingga penurunan nilai L ada hubungan dengan penguapan air bebas dari dalam padatan.



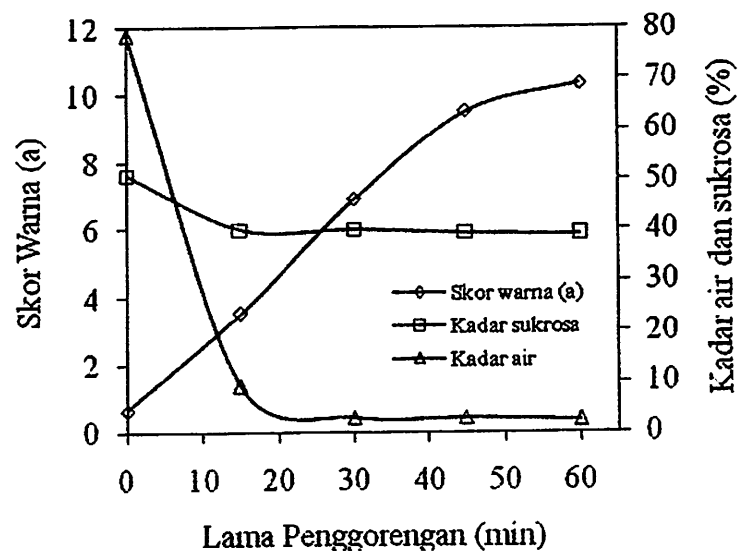
Gambar 5.38. Warna (L), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Pada Gambar 5.38 tampak nilai L terus mengalami penurunan selama penguapan air bebas belum konstan ketika kadar air masih di atas 15%, beberapa lama setelah penguapan air bebas sudah mulai konstan pada saat kadar air di bawah 15%, nilai L juga cenderung menjadi konstan. Demikian pula halnya dengan penurunan kadar sukrosa nampak berpengaruh terhadap penurunan nilai L dalam padatan. Nilai L terus mengalami penurunan selama penurunan kadar sukrosa masih terus berlangsung atau pada saat kadar sukrosa masih di atas 40%, setelah beberapa lama nilai L sudah mulai cenderung konstan ketika penurunan

kadar sukrosa dalam padatan juga sudah konstan pada saat kadar sukrosa di bawah 40%.

7. Perubahan warna (a) sebagai fungsi penurunan kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan hampa udara

Penggabungan penurunan nilai a, penurunan kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan vakum pada suhu 100°C dan tekanan vakum 10 kPa disajikan pada Gambar 5.39, dari gambar nampak nilai a dipengaruhi oleh penguapan air bebas dan penurunan kadar sukrosa. Dimulai dari awal penggorengan nilai a mengalami perubahan secara cepat ke arah kemerahan. Peningkatan nilai a diduga karena penguapan air bebas dan penurunan kadar sukrosa dari dalam padatan.



Gambar 5.39. Warna (a), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

Berdasarkan Gambar 5.39 tampak nilai a terus mengalami peningkatan warna ke arah kemerahan sebelum penguapan air bebas konstan pada saat kadar

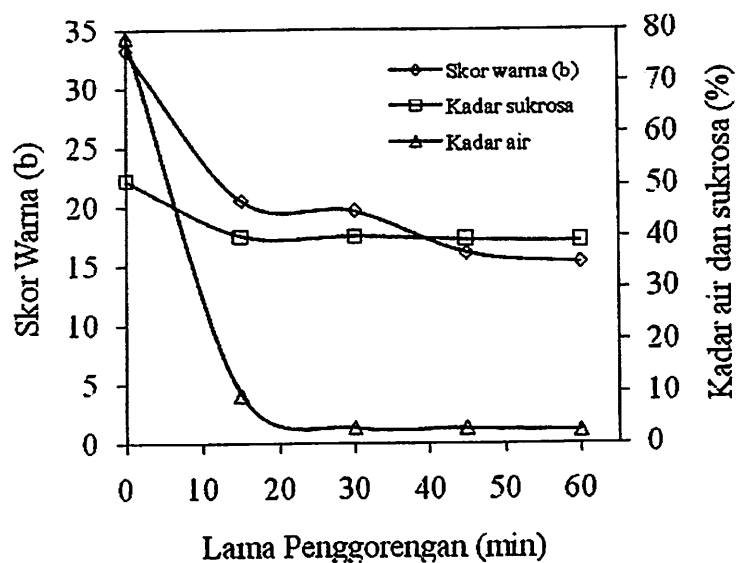
air masih di atas 15%, beberapa lama kemudian peningkatan nilai a ke arah kemerahan cenderung melambat dan konstan seiring dengan penguapan air bebas yang sudah mulai konstan pada saat kadar air di bawah 15%, begitu pula dengan penurunan kadar sukrosa nampak mempengaruhi penurunan nilai a dalam padatan. Nilai a terus mengalami peningkatan ke arah kemerahan selama penurunan kadar sukrosa belum konstan pada saat kadar sukrosa masih di atas 40%, namun beberapa lama setelah kadar sukrosa dalam padatan konstan pada saat kadar sukrosa di bawah 40%, nilai a ke arah warna kemerahan juga menjadi konstan.

8. Perubahan warna (b) sebagai fungsi penurunan kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan hampa udara

Penggabungan perubahan warna (b), penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa disajikan pada Gambar 5.40, dari gambar nampak saling keterkaitan ketiga proses, yaitu perubahan nilai b, penurunan kadar air dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan selama penggorengan pada kondisi vakum. Penurunan nilai b dalam padatan dimulai dari nilai b awal kemudian berubah dengan cepat ke arah warna kuning kecoklatan sampai menit ke 15, kemudian beberapa lama nilai b padatan menjadi konstan. Titik penurunan nilai b ke arah warna kecoklatan tampak ada keterkaitan dengan penguapan air bebas dan penurunan kadar sukrosa dalam padatan.

Berdasarkan Gambar 5.40 nilai b terus mengalami penurunan warna ke arah kuning kecoklatan selama penguapan air bebas belum konstan pada saat

kadar air dalam padatan masih di atas 15%, namun beberapa lama nilai b cenderung menjadi konstan setelah penguapan air bebas mulai konstan pada saat kadar air di bawah 15%. Pola yang sama nampak terjadi pada titik penurunan kadar sukrosa yang berpengaruh terhadap penurunan nilai b dalam padatan. Dimulai dari awal penggorengan nilai b terus mengalami penurunan warna ke arah kuning kecoklatan selama penurunan kadar sukrosa belum konstan pada saat kadar sukrosa masih di atas 40%, namun beberapa lama nilai b cenderung konstan ketika penurunan kadar sukrosa dalam padatan juga sudah konstan pada saat kadar sukrosa di bawah 40%.



Gambar 5.40. Perubahan warna (b), kadar air dan kadar sukrosa padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan vakum 10 kPa

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penggorengan hampa udara keripik buah, suhu dan tekanan vakum mempengaruhi laju perubahan suhu, penguapan air, penyerapan minyak, penurunan kadar sukrosa, perubahan volume, rasio perubahan densitas, perubahan kekerasan, perubahan kerenyahan, perubahan warna (L, a dan b) padatan selama penggorengan.
2. Perpindahan panas dan penyerapan minyak dipengaruhi oleh penguapan air sesuai dengan kandungan air dalam padatan, bilamana kadar air dalam padatan masih di atas 15% ada kecenderungan suhu padatan konstan pada suhu 70 sampai 80°C yang merupakan suhu titik didih air pada tekanan vakum 80 sampai 10 kPa, begitu pula dengan laju penyerapan minyak meningkat ketika laju penguapan air menurun pada saat kadar air dalam padatan di bawah 15%.
3. Perubahan volume dan rasio perubahan densitas dipengaruhi oleh penguapan air dan penurunan kadar pati, apabila penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, terjadi penyusutan dan pengecilan pori, setelah penguapan air konstan pada saat kadar air di bawah 15%, mulai terjadi pemekaran dan pembesaran pori sampai akhir penggorengan. Demikian pula dengan penurunan kadar pati, perubahan volume dan rasio perubahan densitas

berupa penyusutan dan pengecilan pori nampak terjadi sampai penurunan kadar pati belum konstan, setelah kadar pati konstan terjadi pemekaran dan pembesaran pori dalam padatan.

4. Perubahan kekerasan dan perubahan kerenyahan dipengaruhi oleh penguapan air sesuai dengan kandungan air dan penurunan kadar pati yang ada dalam padatan, bilamana kandungan air dalam padatan belum konstan sebelum kadar air mencapai 15%, peningkatan nilai kekerasan dan kerenyahan masih rendah, namun ketika kadar air dalam padatan mulai konstan atau di bawah 15% terjadi peningkatan kekerasan dan kerenyahan padatan yang tinggi sampai akhir penggorengan. Begitu pula dengan penurunan kadar pati, perubahan kekerasan dan kerenyahan meningkat pada saat penurunan kadar pati mulai menjadi konstan pada saat kadar pati di bawah 15%, tekstur padatan menjadi semakin keras dan renyah.
5. Perubahan warna (L, a dan b) dipengaruhi oleh penguapan air bebas sesuai dengan kandungan air dan penurunan kadar sukrosa yang ada dalam padatan, bilamana penguapan air bebas dalam padatan belum konstan sebelum kadar air mencapai 15% nilai L, a dan b terus mengalami perubahan, namun ketika penguapan air bebas mulai konstan atau di bawah 15%, nilai L, a dan b juga cenderung konstan. Begitu pula dengan penurunan kadar sukrosa, perubahan nilai L, a dan b terus berubah sebelum penurunan kadar sukrosa konstan atau pada saat kadar sukrosa di atas 40%, beberapa lama nilai L, a dan b tidak berubah setelah penurunan kadar sukrosa konstan atau pada saat kadar sukrosa di bawah 40%.

B. Saran

Saran yang dapat dikemukakan berdasarkan hasil penelitian adalah :

1. Hasil penelitian ini hanya mempertimbangkan kondisi dan karakteristik bahan baku dari aspek makrostruktur, sedangkan dari aspek mikrostruktur dan beberapa kondisi serta sifat karakteristik bahan baku belum diteliti, misalnya kondisi antar sel terhadap kualitas produk atau kemungkinan terjadinya perubahan lainnya, sehingga diusahakan pada penelitian selanjutnya dapat lebih memperkuat hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini.
2. Untuk memperoleh kualitas produk makanan goreng sesuai dengan standar mutu yang disukai oleh konsumen, penting diperhatikan karakteristik dan kondisi bahan baku bahan pangan dan pengendalian terhadap kondisi proses penggorengan. Namun dalam penelitian ini peningkatan karakteristik produk goreng melalui proses osmotic dehydration belum dilakukan, oleh karena itu peningkatan kualitas produk goreng melalui proses ini perlu dipertimbangkan untuk diteliti lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Achanta, S., M. R. Okos, J.H. Cushman dan D.P. Kessler, 1995. Moisture transport in shrinking gels during saturated drying. *Journal of Colloid and Interface Science* **169**, pp. 58–68.
- Amerine, M. A., 1965. *Principles of sensory evaluation of food*. Academic Press. London.
- 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.
- Bhat dan Bhattacharya, S., 2003. Concentration polarization, separation factor, and pecllet number in membrane processes. *Journal of Membrane Sciences*, **132**:73-90.
- Boa, A. N. 2001. *The chemistry of food, lecture 3, chemistry in context*. <http://www.hull.ac.uk/php/Chsamb/Food3.pdf>. Diakses pada tanggal 20 Januari 2006
- Chen, Y., dan Moreira, 1996. *Simulation of a deep-fat frying process for tortilla chips*. M.S. thesis, Texas A&M University, College Station, TX.
- Clary, C. D., 1996. *Research Bulletin*. Use of liquid media for dehydration of seedles crapes. CATI Publication.
- Farkas, B.E., dan L.J., Hubbard, 2000. Analysis of convective heat transfer during immersion frying. *Drying Technology* **18**, pp. 1269–1285.
- Farkas, B.E., Singh, R.P., dan T.R., Rumsey, 1996a. Modeling heat and mass transfer in immersion frying, part I: Model development. *Journal of Food Engineering* **29** (1996a), pp. 211–226.
- Farkas, B.E., Singh, R.P., dan T.R., Rumsey, 1996b. Modeling heat and mass transfer in immersion frying, part II: Model solution and verification. *Journal of Food Engineering* **29**, pp. 227–248.

- Firdaus, M., D. A. Bambang, dan Harijono, 2001. Penyerapan minyak pada french fries kentang. *Biosain* 1(2):76-85.
- Gamble, P. Rice dan J.D., Selman, 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slice from UK tubers. *International Journal of Food Science and Technology* 22, pp. 223–241.
- Garayo, J, dan R., Moriera. 2002. Vacuum fraying of potato chips. *Journal of Food Engineerin.* 55, pp. 181–191.
- Juliastuti, S. R., dan Y. P. Dian, 2009. Parameter kinetika reaksi alfa-amylase dan glucoamylase pada yield glukosa dari proses hidrolisa limbah padat tapioka. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. Bandung, 19-20 Oktober 2009.
- Jung, M. Y., D. S. Choi, dan J. W. Ju, 2003. A Novel Technique for Limitation of Acrylamide Formation in Fried and Baked Corn Chips and in French Fries. *Journal of Food Sci.* 68 (4):1287.
- 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.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Penerbit UI-Press. Jakarta.
- Krokida, M. K., 2000. *Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time*. *Journal of Food Engineering* vol. 44 : 39-46.
- Lewis, M.J.,1987. *Physical Properties of Food Processing System*. Ellis Horwood Ltd. Chickester, England
- 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.
- Matz, A. dan Samuel, 1984. *Snack Food Technology*. AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.

- Matz, A. dan Samuel, 1962. *Food Texture*. AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.
- Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., dan Barrufet, M.A., 1999. *Deep-fat frying of food-fundamentals and applications*, Aspen Publishers, Gaithersburg, MD.
- Moreira, R.G., dan M.A., Barrufet, 1998. A new approach to describe oil absorption in fried foods: A simulation study. *Journal of Food Engineering* 35, pp.1–22.
- Moreira, R.G. Moreira, J.E. Palau dan X. Sun, 1995a. Deep-fat frying of tortilla chips: An engineering approach. *Food Technology* 49, pp. 146–150.
- Moreira, R.G., J.E. Palau, V. Sweat dan X. Sun, 1995b. Thermal and physical properties of tortilla chips as a function of frying time. *Journal of Food Processing and Preservation* 19, pp. 175–189.
- Ni, H., dan Datta, A.K., 1999. Moisture, oil and energy transport during deep frying of food materials. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers* 77, pp. 194–203.
- Pedreschi, F. dan P. Mayano. 2005a. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *Lebensm. Wiss. U. Technology*. 38:599-604.
- Pedreschi, F. dan P. Mayano. 2005b. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*. 70(4):786-793.
- Pinthus, E. J., dan I. S. Saguy. 1993. Initial interfacial tension and oil uptake in deep-fat frying foods. *Journal of Food Sci.* 59: 804 – 807, 823.
- Pinthus, E. J., P. Weinberg, dan I. S. Saguy. 1995. Deep-fat fried potato products oil uptake as affected by crust physical properties. *Journal of Food Sci.* 60(4): 770 – 772.
- Saloko, S., dan Iskandar, L., 2009. Pembuatan gula semut aren menggunakan teknik penguapan hampa. *Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA*. AI. 81-89.
- Shyu, S., dan Hwang, L, S. 2001. Effect of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34. 133-142.
- Shyu, S., hau, L., dan Hwang, L, S. 1998. Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *Journal of American Oil Chemical Society*, 75. 1393-1398.

- Soekarto, T.S., 1990. *Dasar-dasar pengawasan dan standarisasi mutu pangan*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Supriyanto, 2007. Proses penggorengan bahan makanan sumber pati: kajian nisbah amilosa – amilopektin. *Disertasi*. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM Yogyakarta.
- Szczesniak, A.s., 1963. Classification of textural characteristics. *Journal Food Science*. Vol. 28p:385-389.
- Taiwo, K. A., dan Baik, O. D., 2006. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural proper-ties of fried sweet potatoes. *LWT* 40 (2007) 661-668.
- Tranggono dan Sutardi, 1989. *Biokimia dan teknologi pascapanen*. Pusat Antar Universitas-Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Whitaker, S.,1977. Simultaneous heat, mass and momentum transfer in porous media: A theory of drying. *Advances in Heat Transfer* 13, pp. 119–203.
- Wibowo, C., Dwiyantri, H., dan P., Hariyanti, 2006. Peningkatan Kualitas Keripik Kentang Varietas Granola dengan Metode Pengolahan Sederhana. *Jurnal Akta Agrosia* 9(2), pp. 102-109.
- Winarno., F. G., dan S., Fardiaz, 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. Edisi II. Gramedia. Jakarta.
- 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.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur analisa kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar gula reduksi, kadar sukrosa dan kadar β -karoten

1.1. Penentuan kadar air, cara pemanasan.

(AOAC 1970, Rangana, 1979)

1. Timbang contoh yang telah berupa serbuk atau bahan yang telah dihaluskan sebanyak 1 – 2 gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya.
2. Kemudian keringkan dalam oven pada suhu 100 – 105°C selama 3 – 5 jam tergantung bahannya. Kemudian dinginkan dalam eksikator dan ditimbang. Panaskan lagi dalam oven 30 menit, dinginkan dalam eksikator dan ditimbang; perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 gram).
3. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

1.2. Penentuan kadar lemak dan minyak dengan Goldfish.

1. Timbang kira-kira 5 g bahan kering dan halus dan pindahkan ke dalam kertas saring atau kertas aluminium (aluminium foil) yang dibentuk sedemikian rupa sehingga membungkus bahan dan dapat masuk dalam thimble, yaitu pembungkus bahan yang terbuat dari alumina yang porous.
2. Pasanglah bahan dan thimble pada sample tube, yaitu gelas penyangga yang bagian bawahnya terbuka, tepat di bawah kondensor alat distilasi Goldfish.
3. Masukkan pelarut, misalnya petroleum-ether secukupnya (paling banyak 75 ml) dalam gelas piala khusus yang telah diketahui beratnya. Pasanglah piala berisi pelarut ini pada kondensor sampai tepat, dan tak dapat diputar lagi.
4. Jangan lupa mengalirkan air pendingin pada kondensor. Naikkan pemanas listrik sampai menyentuh bagian bawah gelas piala dan nyalakan pemanas listriknya.

5. Lakukan ekstraksi selama 3 sampai 4 jam. Setelah selesai, matikan pemanas listriknya dan turunkan. Setelah tidak ada tetesan pelarut, ambillah thimble dan sisa bahan dalam gelas penyangga.
6. Pasanglah gelas piala penampung pelarut (solvent-recovery-tube) di tempat gelas penyangga tadi. Gelas piala yang berisi pelarut dan minyak yang terekstraksi, dipasang lagi dan dilanjutkan pemanasan sampai semua pelarut menguap dan tertampung dalam gelas piala penampung pelarut. Pelarut yang tertampung dapat digunakan lagi.
7. Lepaskan gelas piala yang berisi minyak dari alat distilasi, dan lanjutkan pemanasan di atas alat pemanas sampai berat konstan. Timbang berat minyak dan hitunglah persen minyak dalam bahan.

1.3. Penentuan kadar pati.

(Direct Acid Hydrolysis Method; AOAC, 1970)

1. Timbang 2 – 5 g contoh yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan atau bahan cair dalam gelas piala 250 ml, tambahkan 50 ml aquades dan aduk selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 ml. filtrat ini mengandung karbohidrat yang larut dan dibuang.
2. Untuk bahan yang mengandung lemak, maka pati yang terdapat sebagai residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10 ml ether, biarkan ether menguap dari residu, kemudian cuci lagi dengan 150 ml alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.
3. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam Erlenmeyer dengan pencucian 200 ml aquades dan tambahkan 20 ml HCL \pm 25% (Berat Jenis 1,125), tutup dengan pendingin balik dan panaskan di atas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
4. Setelah dingin netralkan dengan larutan NaOH 45% dan encerkan sampai volume 500 ml, kemudian saring. Tentukan kadar gula yang dinyatakan

sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti pada penentuan gula reduksi. Berat glukosa dikalikan 0,9 merupakan berat pati.

1.4. Penentuan Gula Reduksi.

(Cara spektrofotometri, Metode Nelson-Somogyi)

Penyiapan kurva standar

1. Buat larutan glukosa standar (10 mg glukosa anhidrat/100 ml)
2. Dari larutan glukosa standar tersebut dilakukan 6 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi : 2, 4, 6, 8 dan 10 mg/100 ml.
3. Siapkan 7 tabung reaksi yang bersih, masing-masing diisi dengan 1 ml larutan glukosa standar tersebut di atas. Satu tabung diisi 1 ml air suling sebagai blanko.
4. Tambahkan ke dalam masing-masing tabung di atas 1 ml reagensia Nelson, dan pasangkan semua tabung pada penangas air mendidih selama 20 menit.
5. Ambil semua tabung dan segera didinginkan bersama-sama dalam gelas piala yang berisi air dingin sehingga suhu tabung mencapai 25°C.
6. Setelah dingin tambahkan 1 ml reagensia Arsenomolybdat, gojog sampai homogen.
7. Teralah "optical density" (OD) masing-masing larutan tersebut pada panjang gelombang 540 nm.
8. Buatlah kurva standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD.

Penentuan gula reduksi pada contoh

1. Siapkan larutan contoh yang mempunyai kadar gula reduksi sekitar 2 – 8 mg/100 ml. perlu diperhatikan bahwa larutan contoh ini harus jernih, karena itu bila dijumpai larutan contoh yang keruh atau berwarna maka

perlu dilakukan penjernihan terlebih dahulu dengan menggunakan Pb-asetat atau bubuk Aluminium hidroksida.

2. Pipetlah 1 ml larutan contoh yang jernih tersebut ke dalam tabung reaksi yang bersih.
3. Tambahkan 1 ml reagensia Nelson, dan selanjutnya diperlakukan seperti pada penyiapan kurva standar di atas.
4. Jumlah gula reduksi dapat ditentukan berdasarkan OD larutan contoh dan kurva standar larutan glukosa.

1.5. Penentuan Sukrosa.

(Cara kimia; AOAC, 1970)

Penentuan sukrosa didasarkan atas selisih antara gula reduksi sebelum dan sesudah inversi. Dalam hal ini gula reduksi dinyatakan sebagai gula invert.

Penentuan gula invert sebelum inversi

1. Buat larutan contoh seperti pada penentuan gula reduksi.
2. Ambil filtrat bebas Pb, dan lakukan penentuan gula invert dengan cara Munson-Walker atau Lane-Eynon. Perlu diketahui bahwa dalam filtrat tersebut terdapat gula invert dan sakarosa, oleh karena itu perhatikanlah ketika menggunakan tabel untuk mencari banyaknya gula invert.
3. Berdasarkan banyaknya gula invert dalam filtrat tersebut, hitunglah kadar gula invert sebelum inversi pada contoh (dalam %) dengan tidak melupakan faktor pengenceran yang dikerjakan pada penentuan ini.

Penentuan gula invert sesudah inversi

1. Ambil 50 ml filtrat bebas Pb dan tuang ke dalam labu takar 100 ml, tambahkan 20 ml aquades dan 10 ml larutan HCl 6,76%, gojog. Inversi dikerjakan dengan salah satu cara berikut ini :

- i. Simpan labu takar tersebut pada suhu $20 - 25^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam atau pada suhu ruangan selama 10 jam.
 - ii. Labu takar dimasukkan ke dalam penangas air suhu 60°C sambil digoyang-goyang selama 3 menit dan selanjutnya tetap biarkan dalam penangas air selama 7 menit. Dinginkan cepat-cepat sampai suhu 20°C .
2. Tambahkan beberapa tetes larutan indikator phenolphthalein 1%, netralkan dengan larutan NaOH 20% sampai timbul warna merah. Tambahkan tetes demi tetes larutan 0,5 N HCl sampai warna merah tepat hilang, akhirnya encerkan dengan aquades sampai tanda.
 3. Lakukan penentuan gula invert dengan cara yang sama dengan penentuan gula invert sebelum inversi. Perlu diketahui bahwa dalam penentuan ini, larutan hanya mengandung gula invert saja (tanpa sukrosa), perhatikan dalam menggunakan tabel.
 4. Berdasarkan banyaknya gula invert dalam larutan tersebut, hitunglah kadar gula invert sesudah inversi pada contoh dengan tidak melupakan faktor pengenceran yang dikerjakan pada penentuan ini.
 5. Pada sukrosa pada contoh dihitung sebagai berikut :
Kadar sukrosa = (selisih antara kadar gula invert sesudah dan sebelum inversi) \times 0,95.

1.6. Penentuan β -Karoten.

(Metode Cagampang dan Rodriguez, F. M, 1980)

1. 1 ml bahan (ekstrak) diekstrak dengan 5 ml petroleum eter berbanding aseton (1:1), kemudian divorlek. Larutan kuning petroleum eter -karotin dipisahkan dengan pipet pengekstraksian dilakukan sampai tiga kali pengulangan.
2. Larutan yang berwarna kuning dicuci dengan aquades menggunakan corong permisah. Larutan aseton aquades akan berada di bawah dan keluar dari corong, sedangkan larutan kuning petroleum eter-karotin berada di atas.

3. Larutan kuning atau fase petroleum eterb-karotin ditambah 0,5 g sodium sulfatan hidrat.
4. Larutan kuning diencerkan dengan petroleum eter sampai dengan 10 ml.
5. Diukur absorbansinya pada λ 450 mm dengan petroleum eter sebagai blangko.

Lampiran 2. Hasil analisis kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten padatan selama penggorengan vakum

2.1. Hasil Analisis Kadar Air

2.1.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Air (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	78.57	78.57	78.57	78.57
15	62.98	53.65	41.79	32.70
30	61.62	36.89	20.50	10.25
45	44.34	15.74	8.90	4.78
60	38.14	10.26	5.71	3.54

2.1.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Air (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	78.57	78.57	78.57	78.57
15	40.55	42.34	34.38	30.28
30	38.53	16.07	10.38	9.60
45	36.04	8.80	5.92	4.71
60	21.58	8.52	5.26	3.22

2.1.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Air (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	78.57	78.57	78.57	78.57
15	28.99	27.37	19.57	9.09
30	16.76	9.65	3.14	2.89
45	6.41	5.77	3.06	2.80
60	5.58	4.00	2.74	2.48

2.2. Hasil Analisis Kadar Minyak

2.2.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Minyak (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.25	1.25	1.25	1.25
15	1.30	1.50	4.42	5.86
30	1.52	6.65	8.64	14.09
45	2.06	7.65	14.05	14.41
60	4.06	9.79	16.11	16.85

2.2.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Minyak (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.25	1.25	1.25	1.25
15	1.17	3.56	4.80	7.10
30	4.02	8.30	14.36	15.96
45	4.89	10.23	15.33	16.07
60	7.17	12.80	16.43	18.58

2.2.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Minyak (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.25	1.25	1.25	1.25
15	5.36	6.38	7.50	7.81
30	11.14	12.50	16.18	20.15
45	13.14	12.63	18.52	21.34
60	17.43	19.32	20.31	21.78

2.3. Hasil Analisis Kadar Pati

2.3.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Pati (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	16.13	16.13	16.13	16.13
15	15.78	16.09	15.99	15.19
30	15.87	15.66	15.68	14.76
45	15.32	15.48	15.17	14.24
60	15.13	14.18	13.57	13.49

2.3.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Pati (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	16.13	16.13	16.13	16.13
15	15.88	15.20	15.92	15.40
30	15.78	15.17	15.46	15.15
45	15.22	14.35	14.63	14.35
60	14.87	13.29	13.68	13.77

2.3.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Pati (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	16.13	16.13	16.13	16.13
15	16.06	15.86	15.21	14.92
30	15.88	15.10	14.47	14.49
45	15.11	14.81	14.32	14.19
60	14.21	13.32	13.21	13.25

2.4. Hasil Analisis Kadar Sukrosa

2.4.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Sukrosa (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	50.88	50.88	50.88	50.88
15	50.08	49.68	45.24	45.04
30	49.29	47.74	44.29	42.47
45	47.22	45.18	42.35	40.69
60	45.89	44.47	41.93	40.15

2.4.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Sukrosa (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	50.88	50.88	50.88	50.88
15	43.12	42.02	42.07	42.42
30	41.92	40.54	41.03	40.55
45	40.28	40.29	40.07	40.47
60	40.26	40.15	40.00	39.69

2.4.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Sukrosa (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	50.88	50.88	50.88	50.88
15	41.52	40.71	40.06	40.03
30	40.18	40.36	40.21	39.59
45	40.25	39.87	39.79	39.29
60	39.31	39.24	39.44	39.10

2.5. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi

2.5.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Gula Reduksi (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	12.20	12.20	12.20	12.20
15	11.98	11.65	11.13	11.11
30	11.31	10.98	10.61	10.53
45	11.08	10.92	10.52	10.45
60	10.80	10.39	10.22	10.13

2.5.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Gula Reduksi (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	12.20	12.20	12.20	12.20
15	11.50	11.39	11.35	11.28
30	11.34	11.07	11.07	10.79
45	10.35	10.35	10.33	10.19
60	10.23	10.19	10.17	9.94

2.5.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar Gula Reduksi (%)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	12.20	12.20	12.20	12.20
15	11.34	11.26	11.19	10.83
30	11.29	11.12	11.14	10.63
45	10.52	10.41	10.23	9.98
60	9.61	9.63	9.60	9.46

2.6. Hasil Analisis Kadar β -Karoten

2.6.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar β -Karoten (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	47.13	47.13	47.13	47.13
15	46.12	45.58	44.90	44.48
30	45.56	45.06	43.66	43.40
45	44.92	44.52	43.06	43.04
60	44.07	43.50	42.64	42.10

2.6.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar β -Karoten (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	47.13	47.13	47.13	47.13
15	44.17	44.08	44.07	44.03
30	43.43	43.07	43.06	43.03
45	43.34	43.30	43.05	42.30
60	43.20	43.02	42.46	41.60

2.6.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Kadar β -Karoten (%)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}$ C)			
	70	80	90	100
0	47.13	47.13	47.13	47.13
15	45.05	44.02	43.50	43.00
30	44.01	43.04	42.03	41.61
45	43.01	42.25	41.54	41.29
60	42.07	41.75	41.35	41.13

Lampiran 3. Hasil pengukuran perubahan volume dan rasio densitas padatan selama penggorengan vakum

3.1. Hasil Pengukuran Perubahan Volume

3.1.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Volume (mm^3/mm^3)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.94	0.92	0.90	0.90
30	0.86	0.92	0.84	0.90
45	1.04	0.98	1.04	1.04
60	1.10	1.04	1.16	1.22

3.1.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Volume (mm^3/mm^3)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.96	0.96	0.92	0.8
30	0.88	0.92	0.96	0.98
45	0.88	0.98	0.98	1.08
60	1.02	1.22	1.22	1.22

3.1.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Volume (mm^3/mm^3)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.98	0.98	0.96	0.90
30	0.99	1.04	1.04	1.10
45	1.08	1.10	1.10	1.16
60	1.16	1.17	1.18	1.24

3.2. Hasil Pengukuran Densitas

3.2.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Rasio Perubahan Densitas ($\text{kg/mm}^3/\text{kg/mm}^3$)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.23	0.20	0.72	0.64
30	0.24	0.30	0.62	0.60
45	0.34	0.59	0.78	0.96
60	0.47	0.65	0.82	1.01

3.2.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Porositas ($\text{kg/mm}^3/\text{kg/mm}^3$)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.25	0.20	0.35	0.59
30	0.31	0.15	0.49	0.84
45	0.55	0.54	0.90	1.05
60	0.62	0.68	1.04	1.07

3.2.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Porositas ($\text{kg/mm}^3/\text{kg/mm}^3$)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	1.00	1.00	1.00	1.00
15	0.25	0.30	0.42	0.56
30	0.42	0.50	0.69	0.94
45	0.65	0.69	1.05	1.28
60	0.74	0.85	1.05	1.18

Lampiran 4. Hasil pengukuran tegangan dan regangan padatan selama penggorengan vakum

4.1. Hasil Pengukuran Tegangan

4.1.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Tegangan (kg/mm ²)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	0.03	0.03	0.03	0.03
15	0.07	0.16	0.21	0.28
30	0.25	0.29	0.35	0.47
45	0.33	0.36	0.41	0.49
60	0.43	0.48	0.56	0.65

4.1.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Tegangan (kg/mm ²)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	0.03	0.03	0.03	0.03
15	0.07	0.12	0.15	0.16
30	0.29	0.28	0.34	0.43
45	0.31	0.34	0.37	0.47
60	0.61	0.64	0.73	0.79

4.1.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Tegangan (kg/mm ²)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	0.03	0.03	0.03	0.03
15	0.04	0.11	0.15	0.23
30	0.05	0.31	0.44	0.55
45	0.08	0.54	0.66	0.73
60	0.11	0.66	0.73	0.81

4.2. Hasil Pengukuran Regangan

4.2.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Regangan (mm/mm)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.28	1.28	1.28	1.28
15	0.96	0.97	0.88	0.86
30	0.83	0.80	0.71	0.77
45	0.75	0.88	0.85	0.75
60	0.89	0.88	0.88	0.85

4.2.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Regangan (mm/mm)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.28	1.28	1.28	1.28
15	0.85	0.97	0.98	0.83
30	0.91	0.78	0.77	0.76
45	0.99	0.74	0.66	0.56
60	0.99	0.77	0.56	0.54

4.2.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Perubahan Regangan (mm/mm)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	1.28	1.28	1.28	1.28
15	0.93	0.87	0.87	0.83
30	0.87	0.77	0.70	0.67
45	0.80	0.75	0.63	0.54
60	0.77	0.73	0.63	0.53

Lampiran 5. Hasil pengukuran warna padatan selama penggorengan vakum

5.1. Hasil Pengukuran Warna (L)

5.1.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (L)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	73.54	73.54	73.54	73.54
15	56.23	54.3	52.55	51.91
30	56.08	53.25	51.86	50.67
45	50.05	49.42	47.56	46.95
60	45.69	46.19	45.34	45.30

5.1.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (L)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	73.54	73.54	73.54	73.54
15	54.6	52.78	50.07	48.37
30	52.55	50.53	48.96	46.28
45	50.04	49.28	47.11	45.47
60	44.98	45.62	45.83	42.80

5.1.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (L)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	73.54	73.54	73.54	73.54
15	47.82	45.09	40.25	36.33
30	45.30	42.98	39.41	34.29
45	43.81	40.45	37.44	32.30
60	40.57	38.40	36.26	30.54

5.2. Hasil Pengukuran Warna (a)

5.2.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (a)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	0.66	0.66	0.66	0.66
15	1.26	1.28	2.69	2.89
30	1.67	2.16	3.89	5.83
45	2.26	3.42	4.44	6.27
60	3.26	3.77	5.31	7.26

5.2.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (a)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	0.66	0.66	0.66	0.66
15	1.58	1.76	2.641	2.83
30	2.27	2.31	4.034	6.07
45	2.84	3.55	4.54	7.83
60	3.45	3.85	5.36	9.14

5.2.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (a)			
	Suhu Penggorengan ($^{\circ}\text{C}$)			
	70	80	90	100
0	0.66	0.66	0.66	0.66
15	1.76	1.98	2.521	3.53
30	2.57	3.51	4.54	6.89
45	3.24	4.25	6.24	9.53
60	4.05	4.85	7.36	10.35

5.3. Hasil Pengukuran Warna (b)

5.3.1 Pada Tekanan Vakum 20 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (b)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	33.23	33.23	33.23	33.23
15	32.78	30.67	29.71	29.71
30	31.48	29.93	28.45	28.32
45	29.19	28.7	28.29	27.76
60	27.77	27.44	27.23	27.48

5.3.2 Pada Tekanan Vakum 15 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (b)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	33.23	33.23	33.23	33.23
15	28.35	27.58	26.41	24.83
30	27.00	25.31	25.34	22.07
45	26.84	24.55	23.54	20.83
60	26.24	23.85	22.36	19.14

5.3.3 Pada Tekanan Vakum 10 kPa

Lama Penggorengan (min)	Rata-Rata Warna (b)			
	Suhu Penggorengan (°C)			
	70	80	90	100
0	33.23	33.23	33.23	33.23
15	25.45	24.84	23.68	20.51
30	23.30	22.70	20.66	18.63
45	22.19	20.14	18.04	16.10
60	20.80	18.95	16.66	15.28



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
LEMBAGA PENELITIAN

Kampus UNM Jl. A. Pangerang Pettarani, Makassar - 90222
Telepon (0411) 884533 - 868687 Fax. 884533

- * Puslit Kependudukan dan Lingkungan Hidup
- * Puslit Pemberdayaan Perempuan
- * Puslit Budaya dan Seni Etnik Sulawesi
- * Puslit Makanan Tradisional, Gizi dan Kesehatan
- * Puslit Pengembangan Ilmu Pendidikan
- * Puslit Pemuda dan Olah Raga

**SURAT PERJANJIAN
PELAKSANAAN HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
TAHUN ANGGARAN 2010
NOMOR : 792/H36.9/PL/2010**

Pada hari ini **Jumat** tanggal **Dua Puluh Tujuh** bulan **Agustus** tahun **Dua Ribu Sepuluh**, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

- 1 Prof. H. M. Asfah Rahman, M.Ed., Ph.D : Sebagai Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar yang berkedudukan di Makassar dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.
- 2 Drs. Jamaluddin, MP : Dosen FT Universitas Negeri Makassar dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama tim peneliti seperti tercantum dalam proposal penelitian selaku Ketua Pelaksana Penelitian selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Strategis Nasional T.A. 2010 dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal berikut:

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penelitian dengan judul:

Rekayasa Penggorengan, Tekstur, Pemekaran dan Warna Keripik Buah dengan cara Osmotic Dehydration dan Tekanan Hampa Udara Dipertinggi.

Pasal 2

PIHAK PERTAMA memberikan dana penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 sebesar **Rp. 76.500.000,- (Tujuh puluh enam juta lima ratus ribu rupiah)** sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 538/SP2H/PP/DP2M/VII/2010, tanggal 24 Juli 2010, yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Nomor : 0041/023-04.1/-/2010, tanggal 31 Desember 2009.

Pasal 3

Pembayaran biaya penelitian akan dibayarkan secara bertahap sebagai berikut:

- a. Pencairan dana tahap pertama 70% sebesar *Rp.53.550.000,- (Lima puluh tiga juta lima ratus lima puluh ribu rupiah)* setelah surat perjanjian pelaksanaan pekerjaan penelitian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak dan telah melaksanakan seminar awal dan seminar antara.
- b. Pencairan dana tahap kedua 30% sebesar *Rp.22.950.000,- (Dua puluh dua juta Sembilan ratus lima puluh ribu rupiah)* setelah seminar hasil penelitian dan menyerahkan laporan pertanggung jawaban keuangan disertai logbook, laporan kemajuan penelitian, bukti penggunaan dana 70 % dan menandatangani surat pernyataan di Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar.
- c. Dana kegiatan pelaksanaan Hibah Penelitian Strategis Nasional T.A. 2010 sebagaimana dimaksud pada pasal 3 ayat (a,b) dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** :
Nama pada Rekening : **Jamaluddin**
Nomor Rekening : **0141381733 (Bank BNI Cab. UGM Yogya)**
- d. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban mengorganisir dan memfasilitasi:
 - (1) Seminar Awal.
 - (2) Seminar Antara.
 - (3) Seminar Hasil Penelitian sesuai fungsi dan peran Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar.

Pasal 4

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk:

- a. Mengikuti seminar awal.
- b. Mengikuti seminar antara.
- c. Mengikuti seminar hasil penelitian.
- d. Menyerahkan luaran yang ditargetkan sesuai proposal penelitian, seperti (1) proses dan produk ipteks berupa metode, blue print, prototipe, sistem, kebijakan/model, atau (2) HKI berupa paten atau lainnya, atau (3) teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, atau (4) artikel di berkala ilmiah nasional atau yang bereputasi internasional, atau (5) bahan ajar dan (6) laporan lengkap penelitian.
- e. Membayar pajak sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 5

- a. Penelitian ini dilaksanakan dan berakhir tanggal 30 Nopember 2010), terhitung dari tanggal yang tercantum dalam surat perjanjian pelaksanaan.
- b. Apabila **PIHAK KEDUA** dengan suatu alasan tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan perjanjian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerahtherimakan tanggung jawab kepada penggantinya (anggota).
- c. Apabila batas waktu habisnya penelitian ini **PIHAK KEDUA** belum menyerahkan hasil pekerjaan seluruhnya kepada **PIHAK PERTAMA**, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan denda sebesar 1% (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai surat perjanjian pelaksanaan penelitian, terhitung

- dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan sampai dengan berakhirnya pembayaran dana penelitian.
- d. Apabila **PIHAK KEDUA** tidak menyerahkan laporan hasil penelitiannya sampai batas waktu yang telah ditetapkan pada kontrak kerja ini dalam akhir tahun anggaran yang sedang berjalan dan batas waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka seluruh biaya yang bersangkutan yang belum sempat dicairkan, dinyatakan hangus (tidak dapat dicairkan kembali).
 - e. Kelalaian yang menyebabkan tidak selesainya penelitian sehingga luaran yang dijanjikan dalam proposal sebagaimana dimaksud pada pasal 4 ayat (d) tidak terpenuhi menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA**.

Pasal 6

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk menjamin bahwa penelitian dengan judul sebagaimana disebut pada pasal 1 bukan plagiat atau duplikasi penelitian. Jika ternyata bahwa penelitian yang dilakukan adalah plagiat atau duplikasi penelitian, maka **PIHAK KEDUA** bersedia dibatalkan penelitiannya oleh **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan semua dana yang diterima.

Pasal 7

- a. **PIHAK KEDUA** harus menyerahkan laporan hasil penelitian sebanyak 8 (delapan) eksemplar dan 1 (satu) buah *soft copy*.
- b. Laporan hasil penelitian dalam bentuk *hard copy* tersebut harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 1. Bentuk/ukuran kertas kuarto.
 2. Warna sampul muka kuning tua.
 3. Dibawah bagian kulit ditulis: Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 538/SP2H/PP/DP2M/VII/2010, tanggal 24 Juli 2010.
- c. **PIHAK KEDUA** juga diharuskan untuk mengirimkan 1 (satu) eksemplar laporan hasil penelitian (*hard copy*) langsung kepada :
 1. Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, Jalan Salemba Raya 28 A, Jakarta 10002;
 2. Pusat Dokumentasi Ilmiah Indonesia (PDII) LIPI, Jalan Gatot Subroto, Jakarta;
 3. BAPPENAS c.q. Biro APKO, Jalan Suropati No.2, Jakarta;
 4. Perpustakaan Perguruan Tinggi yang bersangkutan;
 5. Fakultas masing-masing peneliti.

Pasal 8

Surat perjanjian pelaksanaan pekerjaan hibah penelitian ini dibuat rangkap 3 (tiga), dua diantaranya dibubuhi materai sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 9

- a. Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah.
- b. Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini ditentukan kemudian oleh kedua belah pihak secara musyawarah.



PIHAK KEDUA

Drs. Jamaluddin, MP
NIP. 19670723 199203 1 002





KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
LEMBAGA PENELITIAN

Kampus UNM Jl. A. Pangerang Pettarani, Makassar - 90222
Telepon (0411) 884533 - 868687 Fax. 884533

- * Puslit Kependudukan dan Lingkungan Hidup
- * Puslit Makanan Tradisional, Gizi dan Kesehatan
- * Puslit Pemberdayaan Perempuan
- * Puslit Pengembangan Ilmu Pendidikan
- * Puslit Budaya dan Seni Etnik Sulawesi
- * Puslit Pemuda dan Olah Raga

Nomor : 757A/H36.9/PG/2010

30 Juli 2010

Lamp : 1 (satu) Exp Proposal

Hal : Izin Penelitian

Yth. Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada
Jogyakarta

Dengan hormat disampaikan bahwa Dosen yang tersebut namanya di bawah ini :

Nama : Drs. Jamaluddin, MP
NIP : 19670723 199203 1 002
Fakultas/Jurusan : FT/Teknik Mesin

akan melakukan penelitian dengan judul :

Rekayasa Penggorengan, Tekstur, Pemekaran dan Warna Keripik Buah dengan cara Osmotic Dehydration dan Tekanan Hampa Udara di Pertinggi

Lokasi Penelitian : Fakultas Teknologi Pertanian UGM Jogyakarta

Anggota : Drs. Suardy, MT

Pelaksanaannya direncanakan selama 4 bulan (Agustus s/d Nopember 2010)

Sehubungan dengan maksud tersebut, dimohon kiranya yang bersangkutan dapat diberikan izin untuk melakukan penelitian.

Atas bantuan dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.



Ketua,
Prof. H. M. Asfah Rahman, M.Ed., Ph.D

NIP. 19520521 107602 1 001

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Teknik Proses dan Produk Pertanian :

Nama : Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi, STP, M.Eng
NIP : 19700104 199803 1 001
Fakultas/Jurusan : Teknologi Pertanian/Teknik Pertanian

Menyatakan bahwa saudara yang tersebut namanya di bawah ini :


Nama : Drs. Jamaluddin, MP
NIP : 19670723 199203 1 002
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin

Telah melakukan penelitian dengan Topik : Penggorengan Buah dalam Keadaan Vakum di Laboratorium Teknik Proses dan Produk Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan.

Yogyakarta, 15 Oktober 2010

Kepala,



Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi, STP, M.Eng
NIP : 19700104 199803 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

Dr. Ir. Dik/Sufiarso, M.Eng
NIP : 19640707 199093 1 002

BIODATA PENELITI

1. Nama/NIP : Drs. Jamaluddin, MP/196707231992031002
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Enrekang, 23 Juli 1967
3. Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar
4. Alamat : Jl. Daeng Tata Raya Kampus Fakultas
Teknik UNM
No. Telepon/Fax : 0411-864935/0411-864935
E-mail : mamal_ptm@yahoo.co.id
No. Telepon Rumah/HP : 0411-885288/081328323593
5. Jabatan Fungsional/Struktural : Lektor Kepala
6. Pendidikan Terakhir :

Gelar	Tahun	Program Studi	Perguruan Tinggi	Kota Negara
Drs	1993	Teknik Mesin	IKIP Ujung Pandang	Makassar, Indonesia
MP	1998	Teknik Pertanian	UGM	Yogyakarta, Indonesia

7. Pengalaman Penelitian dan Pengabdian :

No	Judul	Tahun, Sumber Dana
1.	Perilaku Buah selama Proses Penggorengan Hampa Kajian Terhadap Sifat Mikrostruktural dan Makrostruktural (Anggota) (Tahun I)	2006, PF DIKTI
2.	Perilaku Buah selama Proses Penggorengan Hampa Kajian Terhadap Sifat Mikrostruktural dan Makrostruktural (Penyelesaian dan Validasi Model) (Anggota) (Tahun II)	2007, PF DIKTI
3.	Model Perpindahan Panas dan Massa Proses Penggorengan Makanan Kaya Karbohidrat pada Keadaan Hampa (Ketua) (Tahun I)	2008, HB DIKTI
4.	Rekayasa Tekstur, Pemekaran dan Serapan Minyak pada Penggorengan dan Penyangraian Makanan Berpati (Anggota) (Tahun I)	2008, HIBAH PASCA
5.	Model Perpindahan Panas dan Massa Proses Penggorengan Makanan Kaya Karbohidrat	2009, HB DIKTI

	pada Keadaan Hampa (Ketua) (Tahun II)	
6.	Rekayasa Tekstur, Pemekaran dan Serapan Minyak pada Penggorengan dan Penyangraian Makanan Berpati (Anggota) (Tahun II)	2009, HIBAH PASCA

8. Publikasi Ilmiah :

No	Judul
1.	Perubahan Volume dan Tekstur Penggorengan Buah pada Kondisi Hampa, 2007. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian
2.	Penguapan Air dan Penyerapan Minyak Proses Penggorengan Buah pada Kondisi Hampa, 2008. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian
3.	Perpindahan Panas dan Massa Proses Penggorengan Buah pada Keadaan Hampa, 2008. Agrosains
4.	Perpindahan Panas dan Massa Proses Penggorengan Buah pada Keadaan Hampa, 2008. Proceeding (PERTETA)
5.	Efek Pemanasan terhadap Perubahan Fisik Makanan Kaya Karbohidrat selama Penggorengan, 2009. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian
6.	Efek Pemanasan terhadap Perubahan Kimia Makanan Kaya Karbohidrat selama Penggorengan, 2009. Agrosains

Makassar, 15 November 2010

Peneliti,



Drs. Jamaluddin, MP
NIP. 196707231992031002

BIODATA PENELITI

1. Nama/NIP : Siswantoro/ 196004011987021001
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Kediri, 1 April 1960
3. Program Studi : Teknik Pertanian
Fakultas : Pertanian
Perguruan Tinggi : Universitas Jenderal Soedirman
4. Alamat : Jurusan Teknologi Pertanian, Faperta,
Universitas Jenderal Soedirman
- No. Telepon/Fax : 0281 638791
 - E-mail : siswantoro_07@yahoo.co.id
 - No. Telepon Rumah : 0281 6841172
5. Jabatan Fungsional/Struktural : Lektor Kepala
6. Pendidikan Terakhir :

Gelar	Tahun	Program Studi	Perguruan Tinggi	Kota Negara
Ir	1984	Teknik Pertanian	IPB	Bogor
MP	1995	Teknik Pertanian	UGM	Yogyakarta

7. Pengalaman Penelitian :


No	Judul	Tahun, Sumber Dana
1	Pengembangan Alat Pengering Energi Surya Untuk Menunjang Agroindustri	2004, Program Kompetisi Pengembangan Pendidikan
2	Analisis Sifat Termis Biji Kedele sebagai Acuan Rancang Bangun Alat Pengering	2004, SPP-DPP
3	Rancang Bangun Alat Pengering Model Kabinet untuk Pengeringan Gula Semut	2005, Program Hibah Kompetisi (PHK-A2)
4	Penggorengan dengan Pasir sebagai Media Penghantar Panas	2009, Hibah Penelitian untuk Mahasiswa Program Doktor

8. Publikasi Ilmiah :

No	Judul
1	Rancang Bangun Alat Pengering Energi Surya untuk Menunjang Agroindustri, Jurnal Pembangunan Pedesaan, Lembaga Penelitian Universitas Jenderal Soedirman, Vol. 6, No. 1, Juli 2004.
2	Peningkatan Efisiensi Proses Pengeringan Melalui Pengembangan Alat Pengering Model Kabinet, Jurnal Penelitian Informasi Pertanian, Agricultural Research Information/ AGRIN, Faperta Universitas Jenderal Soedirman, Vol. 7, No. 1, April 2004 (Akreditasi B)
3	Analisis Sifat Termis Biji Kedele sebagai Acuan Rancang Bangun Alat Pengering, Jurnal Pembangunan Pedesaan, Lembaga Penelitian Universitas Jenderal Soedirman, Vol. 9, No. 1, April 2005

Purwokerto, 15 November 2010

Peneliti,



Ir. Siswantoro, MP.
NIP 196004011987021001

BIODATA PENELITI

1. Nama/NIK : Ir. Suriana Laga, MP/450112
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Enrekang, 07 Desember 1968
3. Program Studi : Teknologi Pangan
Fakultas : Pertanian
Perguruan Tinggi : Universitas "45" Makassar
4. Alamat : Jln. Urip Sumiharjo km 4 Makassar
• No. Telepon/Fax : 0411-452901/ 0411-424568
• E-mail : surianalaga@yahoo.co.id
• No. Telepon Rumah : 0411-4770469
5. Jabatan Fungsional/Struktural : Lektor
6. Pendidikan Terakhir :

Gelar	Tahun	Program Studi	Perguruan Tinggi	Kota & Negara
Ir	1991	Teknologi Pangan	Universitas "45" Makassar	Makassar-Indonesia
MP	2000	Teknologi Hasil Perkebunan	Universitas Gadjah Mada	Yogyakarta-Indonesia

7. Pengalaman Penelitian :

No	Judul	Tahun, Sumber Dana
1	Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Markisa	2002, Dikti
2	Pembuatan Pektin dari Limbah Kulit Buah Markisa	2003, Dikti
3	Pengembangan Potensi Kulit Buah Markisa Untuk Pembuatan Biodegradable Film	2004 – 2005, Dikti
4	Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao Untuk Pembuatan Edible Film	2007, Dikti
5	Aplikasi Edible Coating Untuk Mempertahankan Umur Simpan Buah Pepaya Terolah Minimal	2007, Dikti
6	Pengembangan Potensi Pati Sagu Untuk Pembuatan Biodegradable Film	2008, Dikti
7	Penggunaan Edible Coating Untuk Mengawetkan Buah Lengkeng	2009, Dikti
8	Pengembangan Edible Film/Coating Dari Kitosan Kulit Udang Perairan Sulawesi Selatan Untuk Mengawetkan Buah-Buahan Tropis	2009 – 2010, Dikti

8. Publikasi Ilmiah

No	Judul
1	Varying temperature extraction, coagulant and characterization of Passion Fruit Rind pectin. Proceeding of National Seminar on Food Science and Technology, Surabaya 10 – 11 October 2000.
2	Ekstraksi dan Isolasi serta karakterisasi pektin dari kulit buah markisa (<i>Passiflora edulis</i>). Agrosains. Vol. 14 No. 2. hal. 121 – 128.
3	Aplikasi Edible Coating Untuk Mempertahankan Untuk Mempertahankan Buah Pepaya Terolah Minimal. Ecosystem. Vol. 7 No2. Hal 323-329.
4	Pemanfaatan Limbah Buah Kakao Untuk Pembuatan Edible Film. Ecosystem. Vol.8 No 1 hal 372-377
5	Karakterisasi Biodegradable Film dari Pati Sagu. Ecosystem. Vol. 8. No. 2. Hal. 423-428

Makassar, 15 November 2010

Peneliti,



Ir. Suriana Laga, MP
NIK.450112

BIODATA PENELITI

1. Nama/NIP : Drs. Suardy, MT/195412311984011001
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Cakke, 8 September 1954
3. Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar
4. Alamat : Jl. Daeng Tata Raya Kampus Fakultas Teknik UNM
- No. Telepon/Fax : 0411-864935/0411-864935
 - E-mail : suardy@yahoo.com
 - No. Telepon Rumah : 0411-885916
5. Jabatan Fungsional/Struktural : Lektor Kepala
6. Pendidikan Terakhir :

Gelar	Tahun	Program Studi	Perguruan Tinggi	Kota Negara
Drs	1982	Teknik Mesin (Mesin Produksi)	IKIP Ujung Pandang	Makassar, Indonesia
MT	2004	Teknik Mesin (Konversi Energi)	UNHAS	Makassar, Indonesia

7. Pengalaman Penelitian :

No	Judul	Tahun, Sumber Dana
1.	Hubungan Besar Arus dengan Kekuatan Hasil Pengelasan pada Pipa Baja (Ketua)	2002, Mandiri
2.	Perilaku Buah selama Proses Penggorengan Hampa Kajian Terhadap Sifat Mikrostruktural dan Makrostruktural (Ketua) Tahun I	2006, PF DIKTI
3.	Perilaku Buah selama Proses Penggorengan Hampa Kajian Terhadap Sifat Mikrostruktural dan Makrostruktural (Ketua) Tahun II	2007, PF DIKTI


8. Publikasi Ilmiah :

No	Judul
1.	Kualitas Geometris Penggerindaan Permukaan secara Panjang dan Pendek, 2007. Teknologi
2.	Perubahan Volume dan Tekstur Penggorengan Buah pada Kondisi Hampa, 2007. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian

3.	Penguapan Air dan Penyerapan Minyak Proses Penggorengan Buah pada Kondisi Hampa, 2008. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian
4.	Perpindahan massa dan Panas Proses Penggorengan Buah pada Kondisi Hampa, 2008. Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian (sedang dipreparasi)

Makassar, 15 November 2010

Peneliti,



Drs. Suardy, MT
NIP. 195412311984011001

**KETAHANAN DAN KEAMANAN PANGAN
REKAYASA**

**DRAF ARTIKEL ILMIAH
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**



**PENGARUH SUHU DAN TEKANAN VAKUM TERHADAP
PENGUAPAN AIR, VOLUME DAN POROSITAS KERIPIK BUAH
SELAMA PROSES PENGGORENGAN HAMPA UDARA**

**Drs. Jamaluddin, MP
Ir. Siswantoro, MP
Ir. Suriana Laga, MP
Drs. Suardy, MT**

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan Nasional
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor: 538/SP2H/PP/DP2M/VII2010 Tanggal 24 Juli 2010

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

NOVEMBER 2010

PENGARUH SUHU DAN TEKANAN VAKUM TERHADAP PENGUAPAN AIR, VOLUME DAN POROSITAS KERIPIK BUAH SELAMA PROSES PENGGORENGAN HAMPA UDARA

Jamaluddin ¹⁾, Suardy ¹⁾, Siswantor²⁾, dan Suriana Laga³⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

³⁾ Fakultas Pertanian Universitas 45 Makassar

Email:mamal_ptm@yahoo.co.id

ABSTRACT

Simultaneous heat and mass transfer occur during product vacuum frying process. Heat transfer from hot oil to the surface and creep inside and water content comes out of the surface causing product volume change. At the same time, the fruit absorbs oil. The objective of this research is to study the influence of temperature and vacuum pressure on water vaporization and volume change of fruit crisp during vacuum frying. The samples are jack fruits which are fried at 90 and 100^oC, frying period of 15 – 60 minutes, and vacuum pressure of 10 and 15 kPa. Model arrangement are based on concept of 'lump capacitance'. The model is a one order simultanour ordinary differential equation solved by runge-kutta numerical method. All water in material are regarded as free water causing shrinkage if released. The observed parameters are volume, porosity, water content, temperature, and vacuum pressure. The results show that temperature and vacuum pressure influence water vaporization, volume change, and product porosity during vacuum frying process. Volume change rate and porosity are affected by water vaporization rate. If free water vaporization is not constant yet, shrinkage and reduction of pore occur. After free water vaporization being constant, it start to become puffing and blowing of pore until end of frying.

Keyword: temperature, water content, volume, and porosity

PENDAHULUAN

Penggorengan hampa (*vacuum frying*) didefinisikan oleh Garayo dan Moriera (2002) sebagai proses penggorengan yang dilakukan dengan tekanan di bawah tekanan atmosfer, umumnya di bawah 50 Torr (6,65 kPa) disebabkan karena adanya penurunan tekanan titik didih minyak maupun dalam bahan juga akan lebih rendah. Penggorengan hampa memiliki beberapa kelebihan antara lain: (1) dapat mengurangi kadar minyak dalam produk, (2) dapat mempertahankan warna dan cita rasa khas produk karena penggunaan suhu rendah dan kadar oksigen yang rendah selama proses, dan (3) memiliki pengaruh negatif yang lebih sedikit terhadap kualitas minyak (Shyu, Hau, dan Hwang, 1998). Penggorengan makanan dapat merubah struktur pori dari produk dengan

fenomena pengerutan atau pengembangan (Kawas dan Moriera, 2000; Lujan, Acosta dan Moriera, 1996). Perubahan struktural tersebut mempengaruhi difusivitas gas dan cairan dalam bahan (Xiong, Narsimhan, dan Okos, 1991). Berbagai pendekatan telah diusulkan untuk mempelajari perubahan struktur selama pengeringan. Crapiste, Whitaker, dan Potstein (1988) mempelajari pengeringan kentang dan apel dengan memperhitungkan pengerutan bahan dan memasukkan variabel (term) kecepatan pada persamaan transfer air total dengan menganggap sebagai pengeringan kuasi isothermal. Achanta, Okos, Cushman, dan Kessler (1995) mempelajari pengerutan gel makanan menggunakan gel gluten pati dengan memodifikasi Hukum Darcy's untuk memperhitungkan deformasi fiskoelastis.

Uraian di atas menggambarkan bahwa perubahan yang terjadi selama penggorengan masih sulit untuk dimodelkan karena banyaknya faktor yang saling berhubungan dan harus diperhitungkan, sehingga perlu diidentifikasi perubahan struktural selama penggorengan agar diperoleh pemahaman lebih baik mengenai perubahan mutu yang terjadi. Porositas produk yang terbentuk selama penggorengan memainkan peranan penting dalam penyerapan minyak selanjutnya jika kerak mulai terbentuk pada permukaan produk misalnya akan terdapat tekanan yang cukup tinggi kemudian produk menjadi mengembang. Penelusuran pustaka memperlihatkan model penggorengan yang telah dikembangkan selama belum memperlihatkan hubungan antara bahan mentah dan kondisi penggorengan terhadap perubahan volume, misalnya pengerutan, pengembangan dan perubahan porositas pada produk. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mempelajari pembentukan kerak, pengerutan, pengembangan dan membuat model perubahan volume produk selama penggorengan.

Model matematika dengan kompleksitas beragam telah dikembangkan. Model tersebut berkaitan dengan penggorengan produk individual dengan asumsi sifat fisik yang konstan, sejumlah besar model telah didasarkan pada difusi sederhana, perpindahan panas dan massa menggunakan berbagai pendekatan yang melibatkan atau mengabaikan penguapan (Ateba dan Mittal, 1994; Dincer dan Yildiz, 1996; Moriera *et. al.*, 1995; Rice dan Gamble, 1989). Namun demikian, model penggorengan yang telah dikembangkan sejauh ini tidak memperlihatkan hubungan kombinasi antara bahan baku dan kondisi penggorengan dengan perubahan struktural (pengembangan ketebalan dan penyusutan), bahkan model tersebut tidak mencakup transport fasa minyak pada produk

yang digoreng, padahal banyak perubahan yang tidak diinginkan terjadi dalam makanan selama penggorengan, dimana bisa diperkecil dan proses bisa dikendalikan apabila mutu produk dapat diperkirakan secara akurat. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan vakum terhadap perubahan volume dan penguapan air di dalam padatan selama proses penggorengan pada kondisi hampa udara, selanjutnya mengembangkan model perubahan volume dengan mempertimbangkan kondisi bahan baku dan perubahan yang terjadi selama penggorengan.

METODE PENELITIAN

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 konsentrasi bahan dianggap 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*) dilengkapi dengan data logger sistem komputer dibuat secara khusus untuk skala laboratorium dan dirancang sesuai dengan kebutuhan penelitian, sedangkan alat pendukung adalah alat untuk analisa kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten serta *Universal Testing Machine* Do-FBO.STS (Zwisch/Zo.5).

Pelaksanaan Penelitian. Sampel buah nangka digoreng pada variasi suhu 90 sampai 100°C, lama penggorengan 15 sampai 60 menit dan tekanan vakum 10 sampai 15 kPa.

Pengamatan suhu. Selama proses penggorengan vakum diamati perubahan suhu minyak di permukaan dan di titik tengah sampel dengan termokopel tipe K dilengkapi pembacaan dan data logger yang mempunyai akurasi $\pm 1^\circ\text{C}$.

Analisis kadar air. Kadar air sampel sebelum dan sesudah penggorengan dianalisis menggunakan metode oven vakum (AOAC, 1970), ukuran sampel 10 g dibuat sebanyak 3 sampel. Analisa dilakukan tiga kali pengulangan untuk setiap satu kali proses dan semua proses penelitian dilakukan sebanyak tiga kali.

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.

Pengukuran porositas. porositas perubahan densitas sampel diukur dengan menggunakan metode Taiwo dan Baik (2006). Rasio perubahan densitas adalah kepadatan sampel sebelum digoreng dikurangi dengan kepadatan sampel setelah digoreng dibagi dengan kepadatan sampel sebelum digoreng.

Analisis data. Data penelitian dianalisis secara statistik menggunakan program *excel*. Analisis statistik digunakan adalah analisis korelasi produk moment untuk mencari hubungan antara data hasil pengamatan dengan hasil simulasi model. Data-data yang akan dikorelasikan antara lain adalah: kenaikan suhu, penurunan kadar air dan penyerapan minyak di dalam padatan.

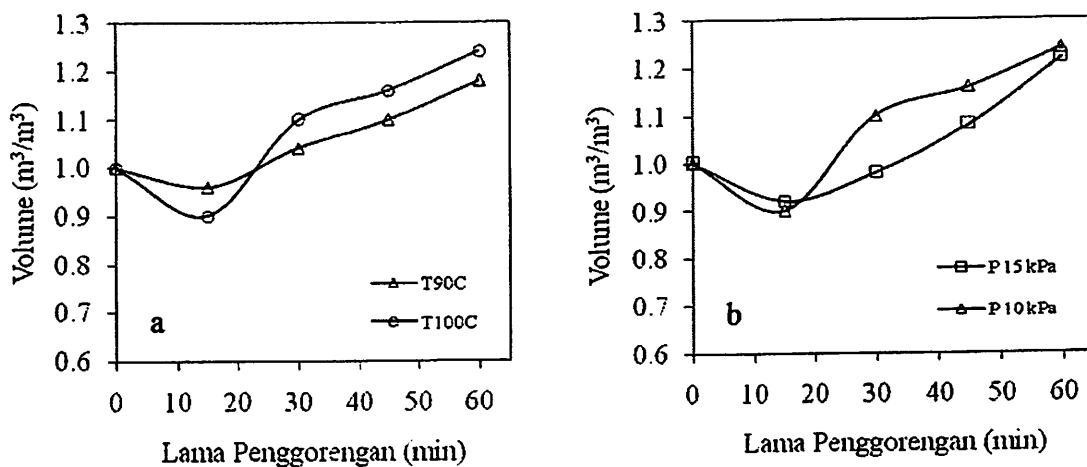
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh suhu terhadap perubahan volume padatan selama penggorengan pada kondisi hampa udara

Selama penggorengan padatan mengalami penyusutan pada arah panjang dan lebar, namun dalam penelitian ini yang diamati hanya pada arah lebar bahan, dan pengembangan pada arah ketebalan. Kebanyakan penyusutan terjadi selama 15 menit penggorengan dan kebanyakan pengembangan terjadi setelah 15 menit penggorengan, atau pada kandungan air sangat rendah. Volume padatan nangka pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan hampa udara disajikan pada Gambar 1a dan 1b. Tekanan hampa udara dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Dari gambar nampak perubahan volume berupa penyusutan dan pemekaran dipengaruhi oleh suhu dan tekanan hampa udara. Makin tinggi suhu dan semakin rendah tekanan hampa udara ada kecenderungan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran yang cepat atau sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena penggorengan pada suhu tinggi dan tekanan hampa udara lebih rendah, perpindahan panas ke permukaan dan kemudian masuk ke dalam padatan lebih cepat dibanding pada suhu rendah dan tekanan hampa udara lebih tinggi, sehingga air di permukaan dan di dalam padatan lebih cepat keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan beberapa lama menjadi mekar.

Berdasarkan Gambar 1a dan 1b nampak titik laju penyutan dan pemekaran padatan. 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. Pengembangan terjadi pada saat kerak mulai

terbentuk dan peristiwa pembentukan kerak ini sangat mengurangi laju perpindahan panas yang dapat menyebabkan peningkatan tekanan di dalam padatan. Peningkatan tekanan tersebut mengakibatkan pengembangan pori, yang dapat menghasilkan produk akhir yang renyah. Ketika faktor pengembangan tidak diperhitungkan, tekanan akan lebih meningkat lagi secara berlebihan sehingga cara penyelesaiannya biasanya menjadi menyimpang (Yamsaengsung dan Moreira, 2002a).



Gambar 1. Volume padatan selama penggorengan (a) variasi suhu minyak pada tekanan 10 kPa dan (b) variasi tekanan vakum pada suhu minyak 100°C

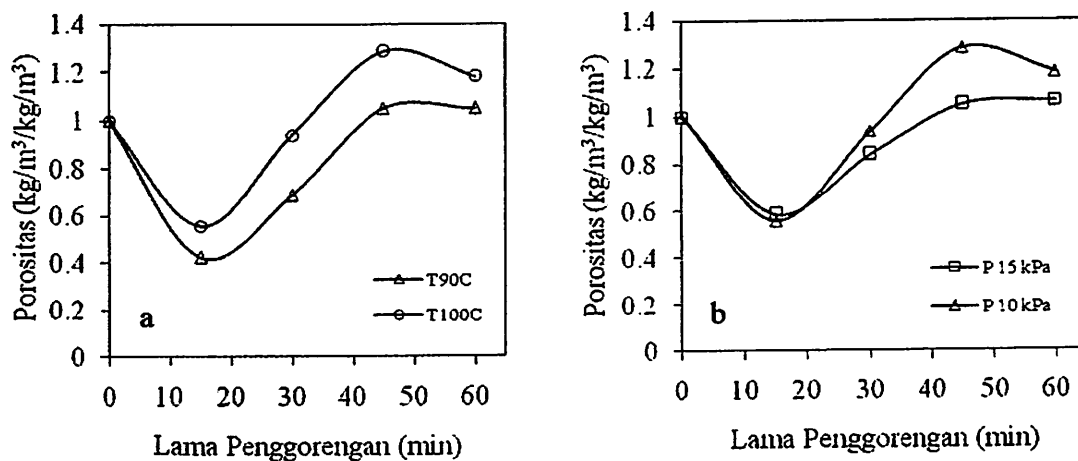
Penyusutan dan pemekaran diduga ada hubungan dengan penguapan air bebas dalam padatan, sehingga penguapan air bebas menyebabkan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Asensio (1999) serta Yamsaengsung dan Moreira (2002a) yang menjelaskan bahwa perubahan volume 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.

Selama penggorengan, padatan menyusut sekitar 1,2 – 1,7% pada temperatur 90 -100°C. Penggorengan pada suhu minyak lebih tinggi mengakibatkan penyusutan lebih besar pada masa penggorengan yang sama. Suhu minyak lebih tinggi mengakibatkan ukuran penyebaran uap lebih tinggi pada padatan dan suhu padatan juga lebih tinggi. 1,5% penyusutan terjadi dalam setengah dari total waktu penggorengan untuk semua

kondisi penggorengan. Setelah semua air bebas keluar menguap dan kandungan air turun, selanjutnya bahan akan mulai mengembang disebabkan adanya tekanan gas di dalam bahan. Pengembungan didefinisikan sebagai penambahan ketebalan padatan yang disebabkan oleh pembentukan gelembung udara pada permukaan. Wilayah kerak akan menimbulkan hambatan yang tinggi terhadap difusi gas yang oleh karenanya akan menyebabkan timbulnya tekanan serta pembentukan kantong gas.

Pengaruh suhu terhadap perubahan porositas padatan selama penggorengan pada kondisi hampa udara

Porositas padatan angka selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan hampa udara disajikan pada Gambar 2a dan 2b. Tekanan hampa udara dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Dari gambar nampak porositas padatan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan hampa udara. Makin tinggi suhu dan semakin rendah tekanan hampa udara, semakin cepat porositas mengalami penurunan dan sebaliknya. Pada awalnya padatan mengalami penurunan porositas, namun kemudian beberapa lama terjadi peningkatan porositas padatan. Titik laju penurunan dan peningkatan porositas nampak terjadi pada menit ke 15. Titik perubahan tersebut dipengaruhi oleh suhu dan tekanan hampa udara. Di samping itu penurunan dan peningkatan porositas nampak dipengaruhi oleh penguapan air bebas dalam padatan. Penurunan porositas nampak terjadi ketika penguapan air bebas belum konstan pada saat kadar air masih di atas 15%, namun beberapa lama setelah penguapan air bebas menjadi konstan ketika kadar air di bawah 15% porositas padatan mulai menjadi meningkat sampai akhir penggorengan.



Gambar 2. Porositas padatan selama penggorengan (a) variasi suhu minyak pada tekanan 10 kPa dan (b) variasi tekanan pada suhu minyak 100°C

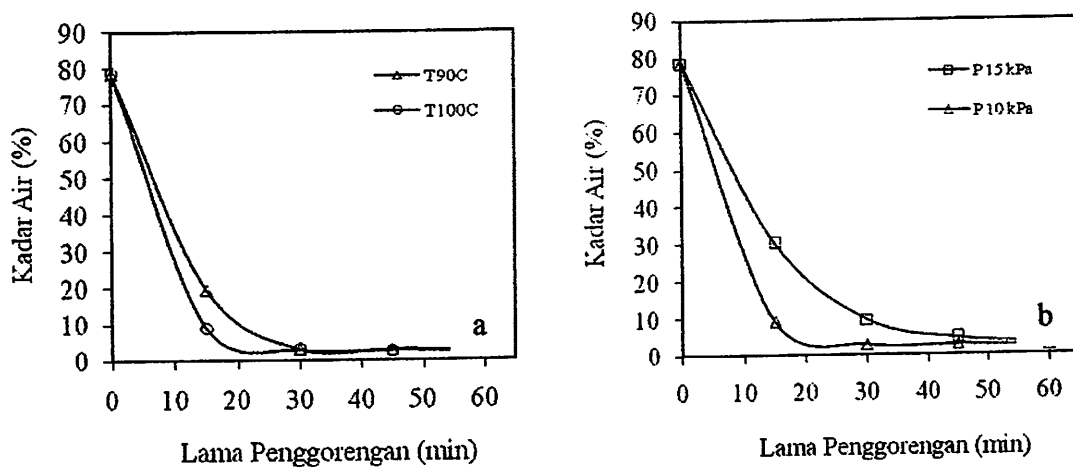
Keluarnya secara perlahan-lahan sebagian air bebas menyebabkan rongga menjadi mengecil dan secara bersamaan terbentuk lapisan keras di permukaan padatan. Pada saat itu pembentukan rongga mulai menjadi besar sampai akhir penggorengan. Kondisi tersebut diduga karena lapisan keras yang terbentuk membatasi difusi air dari dalam, akhirnya air menguap dan menyebabkan terjadinya tekanan dari dalam, sehingga padatan yang digoreng struktur porinya menjadi mengembang dan membentuk kantong udara. Kantong udara yang terbentuk inilah yang mungkin memberikan bunyi berderak dan renyah ketika produk digigit. Hasil penelitian ini mendukung penelitian Yamsaengsung dan Moreira (2002b) yang menjelaskan bahwa pembentukan lapisan keras pada penggorengan tortilla chip sangat mengurangi laju penguapan air dan menyebabkan tekanan di dalam chip. Peningkatan tekanan tersebut menyebabkan pengembangan pori sehingga menghasilkan produk akhir yang renyah.

Pengaruh suhu terhadap penguapan air dalam padatan selama penggorengan pada kondisi hampa udara

Kadar air padatan nangka selama penggorengan pada berbagai variasi suhu minyak dan tekanan hampa udara disajikan pada Gambar 3a dan 3b. Tekanan hampa udara dan suhu selama penggorengan dijaga tetap pada 10 kPa dan 100°C. Berdasarkan gambar nampak laju penguapan air bebas selama penggorengan dipengaruhi oleh suhu dan tekanan hampa udara. Makin tinggi suhu dan semakin rendah tekanan hampa udara ada kecenderungan laju penguapan air bebas semakin cepat atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena titik didih air dan lama penguapan air dipengaruhi oleh tekanan hampa udara. Penelitian ini mendukung penelitian Garayo dan Moreira (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, energi panas digunakan untuk memanaskan permukaan kemudian bagian dalam padatan. Pada kondisi ini proses penguapan air bebas mulai berlangsung dari bagian dalam ke permukaan, karena adanya perbedaan konsentrasi massa air pada bagian dalam dengan permukaan dan karena konsentrasi massa air di permukaan lebih rendah dibandingkan konsentrasi massa air di dalam padatan. Air di permukaan lebih cepat menjadi uap disebabkan adanya kontak langsung padatan dengan minyak goreng. Penurunan kadar air dicirikan adanya penguapan air dan terjadinya gelembung gas dari permukaan padatan ke media minyak panas. Pada

awal penggorengan penguapan air bebas dari dalam padatan nampak mendekati konstan sebelum kadar air mencapai 15%, beberapa lama kemudian melambat dan menjadi konstan setelah kadar air di bawah 15%.



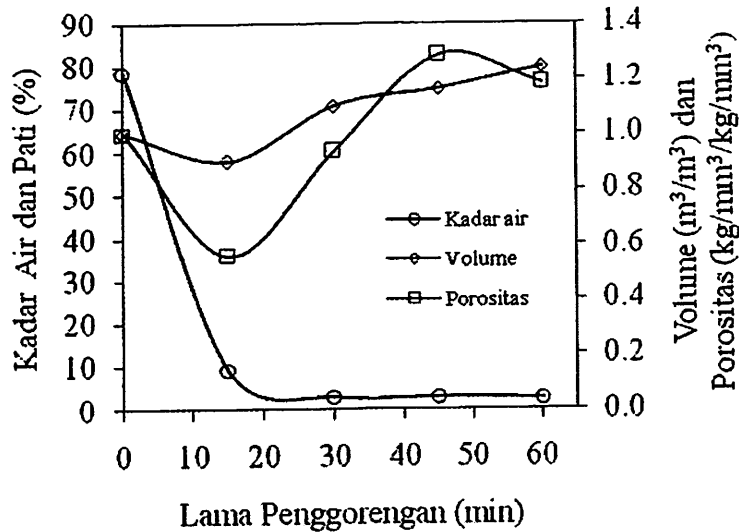
Gambar 3. Kadar air padatan selama penggorengan (a) variasi suhu minyak pada tekanan 10 kPa dan (b) variasi tekanan pada suhu minyak 100°C

Penggabungan perubahan volume dan porositas karena penguapan air dalam padatan selama penggorengan pada kondisi hampa udara

Penurunan kadar air nampak ada keterkaitan dengan perubahan volume dan porositas padatan. Dengan demikian penggabungan laju perubahan volume dan laju perubahan porositas disebabkan oleh penguapan air bebas akan dapat memperlihatkan keterkaitan ketiga proses tersebut. Hasil penggabungan laju perubahan volume, laju perubahan porositas dan penurunan kadar air dalam padatan selama penggorengan pada suhu 100°C dengan tekanan hampa udara 10 kPa disajikan pada Gambar 4. Titik perubahan volume dan porositas, 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 penelitian ini sesuai dengan penelitian Kawas (2002) serta Yamsaengsung dan Moreira (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.

Perubahan volume padatan dimulai dari volume awal kemudian berubah menjadi menyusut dengan cepat, setelah beberapa lama volume padatan 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.



Gambar 4. Perubahan volume dan porositas serta penurunan kadar air padatan selama penggorengan pada suhu minyak 100°C dengan tekanan hampa udara 10 kPa.

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. Sama halnya dengan perubahan volume, perubahan porositas diduga disebabkan karena penguapnya air bebas dari dalam padatan. Titik penurunan dan peningkatan perubahan porositas dimulai dari awal penggorengan dimana pengecilan pori mulai terjadi dengan cepat saat kadar air di atas 15%. Pada kondisi ini pori dalam padatan mengalami pengecilan dan tidak mengalami pembesaran. tetapi setelah kadar air berada di bawah 15% nampak pembesaran pori mulai terjadi sampai akhir penggorengan.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa suhu dan tekanan vakum berpengaruh terhadap penguapan air, perubahan volume dan porositas

dalam padatan selama penggorengan pada kondisi hampa udara. Laju perubahan volume dan porositas dipengaruhi oleh laju penguapan air. Apabila penguapan air bebas belum konstan atau pada saat kadar air masih di atas 15%, terjadi penyusutan dan pengecilan pori, beberapa lama setelah penguapan air bebas konstan atau kadar air di bawah 15% mulai terjadi pemekaran dan pembesaran pori sampai akhir penggorengan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achanta, S, M.R. Okos, J.H. Cushman dan D.P. Kessler, 1995. Moisture transport in shrinking gels during saturated drying. *Journal of Colloid and Interface Science* **169**, pp. 58–68.
- 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.
- Ateba, 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.
- Crapiste, G.H., S. Whitaker dan E. Rotstein, 1988. Drying of cellular material-I. A mass theory. *Chemical Engineering Science* **43** 11, pp. 2919–2928.
- Dincer, I., dan M. Yildiz, 1996. Modeling of thermal and moisture diffusions in cylindrically shaped sausages during frying. *Journal of Food Engineering* **28**, pp. 35–43.
- Garayo, J, dan R. G. Moriera, 2002. Vacuum fraying of potato chips. *Journal of Food Engineering* **55**, pp. 181–191.
- Kawas, M. L. dan R. G. Moreira, 2000. Characterization of product quality attributes of tortilla chips during the frying process. *Journal of Food Engineering* **47**, pp. 97–107.
- Kawas, M. L., 2002. *Characterization of product quality attributes of tortilla chips during the frying process*. M.S. thesis, Texas A&M University, College Station, TX.
- Lujan, Acosta dan R. G. Moreira, 1996. F.J. Lujan-Acosta and R.G. Moreira , Relationship between tortilla chips microstructure and oil reduction. *Cereal Chemistry Journal* **74**, pp. 216–223.
- Moreira, R.G. Moreira, J.E. Palau dan X. Sun, 1995. 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**, pp. 183–187.
- Shyu, S., Hau, L. dan L. S. Hwang, 1998. Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *Journal of American Oil Chemical Society*, **75**. 1393-1398

- Taiwo, K. A., dan O. D., Baik, 2006. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural proper-ties of fried sweet potatoes. *LWT* 40 (2007) 661-668.
- Whitaker, S., 1977. Simultaneous heat, mass and momentum transfer in porous media: A theory of drying. *Advances in Heat Transfer* 13, pp.119-203.
- 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 R. G. 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 R. G. Moriera, 2002b. *Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying*. Part II: Model solution & validation. *Journal of Food Engineering* 53, pp. 11-25.

**KETAHANAN DAN KEAMANAN PANGAN
REKAYASA**

**SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**



**REKAYASA PENGGORENGAN, TEKSTUR, PEMEKARAN DAN WARNA
KERIPIK BUAH DENGAN CARA *OSMOTIC DEHYDRATION* DAN
TEKANAN HAMPA UDARA DIPERTINGGI**

**Drs. Jamaluddin, MP
Ir. Siswantoro, MP
Ir. Suriana Laga, MP
Drs. Suardy, MT**

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan Nasional
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor: 538/SP2H/PP/DP2M/VII2010 Tanggal 24 Juli 2010

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

NOVEMBER 2010

SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN

REKAYASA PENGGORENGAN, TEKSTUR, PEMEKARAN DAN WARNA KERIPIK BUAH DENGAN CARA *OSMOTIC DEHYDRATION* DAN TEKANAN HAMPA UDARA DIPERTINGGI

Oleh:

Jamaluddin, Siswantor, Suriana Laga dan Suardy

PENDAHULUAN

Saat ini buah salak, nangka, apel, pepaya dan masih banyak lagi jenisnya, sudah diolah dan dikembangkan menjadi produk keripik buah. Keripik buah sangat disukai oleh konsumen karena mempunyai sifat yang khas, nikmat, enak, gurih dan renyah jika dikunyah, sehingga permintaan terhadap keripik buah semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa keripik buah mempunyai peluang pasar yang sangat besar untuk lebih dikembangkan baik pada skala nasional maupun internasional. Namun yang menjadi permasalahan standarisasi mutu produk keripik buah belum banyak diketahui saat ini, sehingga diperlukan temuan untuk memperoleh produk keripik buah sesuai dengan standar mutu yang disukai oleh konsumen. Sistem penggorengan keripik buah sekarang ini masih dilakukan secara langsung tanpa adanya perlakuan awal pada buah yang akan digoreng, misalnya dilakukan dengan cara *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara dipertinggi. Padahal jika dilakukan *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara, maka kualitas produk keripik buah akan menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa *osmotic dehydration*, misalnya teksturnya akan menjadi lebih renyah, pemekaran menjadi besar, sifat warna dapat dipertahankan, serta serapan minyak dapat diminimalisasi dalam usaha menyelaraskan dengan isu kesehatan. Sudah banyak penelitian yang menjelaskan adanya perubahan selama proses penggorengan, baik secara kimiawi maupun fisik. Namun penelitian yang ada belum mempertimbangkan kondisi dan karakteristik bahan baku dan *osmotic dehydration*, serta reaksi yang terjadi dengan perubahan tekstur, pemekaran, warna produk dan penyerapan minyak selama proses penggorengan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menemukan pengaruh cara *osmotic dehydration* dan penggorengan dengan tekanan hampa udara terhadap pengembangan kualitas produk keripik buah. Membuat model perpindahan panas dan massa secara simultan, membuat model empirik perubahan tekstur, pemekaran, warna, sehingga produk keripik buah yang ditemukan dalam penelitian ini dapat sesuai dengan standar mutu yang disukai oleh konsumen.

Penggorengan pada tekanan hampa udara adalah merupakan salah satu cara proses penggorengan dengan penerapan panas pada bahan makanan yang digoreng dan dilakukan pada tekanan vakum (di bawah tekanan atmosfer). Selama proses penggorengan, terjadi secara simultan perpindahan panas dari minyak goreng ke bahan (bahan menyerap minyak), dan perpindahan massa air dari dalam ke permukaan bahan (penguapan), menyebabkan terjadinya perubahan secara fisik dan kimia pada bahan yang digoreng. Perubahan secara fisik antara lain pemasakan menjadi lebih cepat, garing, perubahan volume, perubahan porositas, perubahan tekstur, perubahan warna dan pengembangan rasa. Sedangkan perubahan secara kimia antara lain adalah penguapan air, penyerapan minyak, gelatinisasi pati, denaturasi protein, pencoklatan

dan karamelisasi. Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk menggambarkan kondisi dan perubahan yang terjadi selama proses penggorengan bahan pangan. Moreira et. al., (1995) dan Jung et. al., (2003) menjelaskan bahwa pada penggorengan vakum terbentuknya lapisan keras menjadi lambat sehingga memberi kesempatan penguapan air dari dalam sebelum produk menjadi kering, dengan warna produk yang cerah. Atteba dan Mittal (1994) telah mengembangkan model untuk memprediksi penyebaran panas, uap dan minyak pada penggorengan bakso daging menggunakan persamaan difusi untuk penyebaran panas dan uap, penyebaran minyak selama masa absorpsi dan persamaan aliran kapiler untuk penyebaran minyak selama masa desorpsi. Akan tetapi permasalahan yang belum berhasil dijelaskan adalah pengaruh *osmotic dehydration*, karakteristik bahan baku, dan kondisi proses terhadap peristiwa perpindahan massa dan panas secara simultan, perubahan tekstur, volume dan warna selama proses penggorengan buah pada tekanan hampa udara dipertinggi.

Pengembangan model matematik secara lebih detail yang menjelaskan perubahan yang mungkin terjadi selama proses penggorengan telah berhasil dikembangkan dengan baik oleh Kawas dan Moreira (1996); Lujan et. al., (1996); Yamsaengsung dan Moreira (2002); Math et. al., (2003). Hasil-hasil penelitian tersebut berhasil menjelaskan bahwa penggorengan dapat merubah struktur produk dengan fenomena pengerutan, pemekaran, kepadatan, perubahan tekstur dan kimiawi pada bahan yang digoreng. Namun model matematik yang telah dikembangkan tersebut, belum juga mempertimbangkan kemungkinan adanya cara *osmotic dehydration* dan penggorengan pada tekanan hampa udara untuk memperbaiki kualitas produk, bahkan model-model tersebut belum memasukkan energi panas yang dibutuhkan untuk proses gelatinisasi, perubahan fase, denaturasi, pencoklatan, perubahan warna alami, dan pemasakan bahan. Yamsaengsung dan Moreira, (2002) membuat model secara empirik untuk menggambarkan perubahan volume (pemekaran) tortilla chip selama penggorengan. Hasil penelitiannya menunjukkan tortilla chip mengalami penyusutan pada arah radial dengan kejenuhan air yang sangat rendah, dan pengembangan pada arah ketebalan disebabkan pengembangan gelembung gas dalam tortilla chip. Whitaker (1977) dan Asensio (1999) mengembangkan model untuk menjelaskan perpindahan panas dan massa pada pengeringan kertas, penghilangan air yang terikat dianggap sebagai penyebab pengerutan pada struktur sel bahan. Penelitian tersebut berhasil menjelaskan sebagian gejala perpindahan panas dan massa yang belum terungkap pada penelitian sebelumnya. Namun permasalahan yang belum dijelaskan adalah pengaruh kondisi bahan baku dengan fenomena perpindahan panas dan massa secara simultan selama proses penggorengan, dan hubungan secara empirik kondisi bahan mentah dengan perubahan volume dan tekstur dengan hanya melihat pada dimensi bahan.

Penelitian lebih menyeluruh selama proses penggorengan pada makanan berpati telah dilakukan oleh Supriyanto, et. al, (2007) dan memodelkan secara baik untuk menggambarkan fenomena pemanasan, penurunan kadar air dan peningkatan kadar minyak pada bahan makanan sumber pati. Energi panas yang diterima oleh bahan makanan digunakan untuk menaikkan suhu bahan, gelatinisasi, penguapan air dan pemasakan. Proses transfer massa air berlangsung dari dalam ke permukaan bahan karena adanya perbedaan konsentrasi massa air antara bagian dalam dan permukaan. Proses transfer massa minyak masuk ke dalam bahan dengan cara difusi karena adanya perbedaan konsentrasi minyak antara bagian permukaan dan bagian dalam bahan. Perubahan volume produk dipengaruhi oleh nisbah amilosa dan amilopektin. Akan tetapi penelitian tersebut hanya memperhitungkan adanya energi panas untuk proses

gelatinisasi, perubahan fase, dan pemasakan bahan, sedangkan energi panas untuk proses denaturasi, pencoklatan non enzimatis, dan perubahan warna alami produk belum dimasukkan ke dalam model. Penelitian ini juga belum mengungkap karakteristik bahan baku, reaksi-reaksi yang terjadi dan pengaruh proses *osmotic dehydration* dan kondisi penggorengan terhadap perubahan volume, tekstur dan warna produk. Padahal proses ini sangat penting untuk dimasukkan ke dalam model. Saat ini belum ada penelitian yang memperlihatkan hubungan antara karakteristik bahan baku dan peningkatan kualitas produk keripik buah dengan cara *osmotic dehydration* dan tekanan hampa udara. Bahkan model matematika perpindahan panas dan massa yang menggambarkan sistem penggorengan pada tekanan hampa udara sampai saat ini nampaknya masih terbatas. Model matematika yang telah dikembangkan sejauh ini belum memasukkan ke dalam model mengenai keadaan bahan baku yaitu, kadar air, kadar minyak, kadar pati, kadar sukrosa, kadar gula reduksi, kadar β -karoten dan porositas, selanjutnya belum memperlihatkan perpindahan panas dan massa secara simultan berdasarkan keadaan bahan baku tersebut. Model yang ada saat ini belum menunjukkan hubungan perubahan kadar air, kadar pati dan porositas dengan perubahan volume (pengkerutan dan pemekaran) serta perubahan tekstur (kerenyahan dan kekerasan), bahkan sampai saat ini belum ada model yang menjelaskan hubungan perubahan kadar sukrosa, kadar gula reduksi dan kadar β -karoten terhadap perubahan warna produk selama penggorengan. Diharapkan dengan pemahaman dan pengkajian lebih mendalam untuk menemukan model matematik yang sesuai, maka fenomena perpindahan panas dan massa, perubahan volume, tekstur, dan warna selama proses penggorengan pada tekanan hampa udara dengan bahan baku buah, akan dapat dijelaskan dengan baik. Dengan model ini, rekayasa kualitas pada produk goreng dimungkinkan untuk dilakukan, untuk dapat memenuhi selera konsumen dalam usaha menyelaraskan dengan isu kesehatan, dan menghasilkan produk goreng yang lebih berkualitas untuk pengembangan teknologi dalam proses penggorengan.

HASIL YANG DIPEROLEH DAN RENCANA PENELITIAN LANJUTAN

Selama penggorengan keripik buah pada tekanan hampa udara, suhu dan tekanan berpengaruh terhadap laju perubahan suhu, penguapan air dan penyerapan minyak. Laju perubahan suhu dan laju penyerapan minyak dipengaruhi oleh penguapan air sesuai dengan konsentrasi air yang tinggal dalam padatan, apabila kadar air dalam padatan masih di atas 20% ada kecenderungan suhu padatan konstan pada suhu 50 sampai 65°C karena pada suhu tersebut merupakan suhu titik didih air pada tekanan vakum 20 sampai 10 kPa, begitu pula dengan laju penyerapan minyak mula-mula rendah, namun akhirnya meningkat ketika laju penguapan air menurun pada saat konsentrasi air dalam padatan sudah di bawah 20%. *Selama penggorengan keripik buah pada tekanan hampa udara, energi panas nampaknya tidak hanya digunakan untuk proses penguapan air dan penyerapan minyak, tetapi juga digunakan untuk proses reaksi sesuai dengan kandungan dalam padatan, kemudian salah satu cara yang dapat dilakukan untuk lebih menghemat energi panas pada proses penggorengan adalah dengan cara osmotic dehydration. Oleh karena itu pada penelitian berikutnya akan dilakukan proses osmotic dehydration pada buah sebelum digoreng dan mempertimbangkan perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada buah selama digoreng, selanjutnya mengembangkan model matematik perpindahan panas dan massa secara simultan dan memasukkan ke dalam model perubahan-perubahan pada bahan, agar nantinya perubahan mutu produk keripik dapat*

diperkirakan secara akurat sehingga kualitas produk keripik buah dapat lebih ditingkatkan dalam usaha memenuhi selera konsumen yang semakin meningkat.

Selama penggorengan keripik buah pada tekanan hampa udara, suhu dan tekanan berpengaruh terhadap laju perubahan volume dan laju rasio perubahan densitas produk. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum ada kecenderungan padatan mengalami penyusutan dan pemekaran yang cepat atau sebaliknya disebabkan karena penggorengan pada suhu tinggi dan tekanan vakum lebih rendah, penguapan air dari dalam padatan lebih cepat dibanding pada suhu rendah dan tekanan vakum lebih tinggi, sehingga air di permukaan dan di dalam padatan lebih cepat keluar menyebabkan padatan menjadi menyusut dan beberapa lama menjadi mekar. Begitupula halnya dengan rasio perubahan densitas, dimana pengecilan dan pembesaran pori dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum, makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum, semakin tinggi rasio perubahan densitas mengalami pengecilan dan sebaliknya. Pada awalnya rasio perubahan densitas padatan mengalami pengecilan, namun kemudian beberapa lama terjadi pembesaran rasio perubahan densitas. Laju perubahan volume dan laju rasio perubahan densitas tampak dipengaruhi oleh laju penurunan konsentrasi air dan laju penurunan konsentrasi kadar pati dalam padatan. Demikian pula dengan penurunan kadar pati, perubahan volume dan rasio perubahan densitas berupa pengecilan pori nampak terjadi sampai penurunan kadar pati belum konstan, namun setelah kadar pati mulai konstan terjadi pemekaran dan pembesaran pori dalam padatan. *Pada penelitian berikutnya adanya laju penguapan air dan laju penurunan kadar pati yang menyebabkan perubahan volume (penyusutan dan pemekaran) serta perubahan rasio densitas (pengecilan dan pembesaran pori) produk akan dimodelkan secara empirik sebab penelitian sebelumnya belum dikemukakan.*

Selama penggorengan hampa udara, tekstur (kekerasan dan kerenyahan) keripik buah pada tekanan hampa udara dipengaruhi oleh suhu dan tekanan vakum. Makin tinggi suhu dan rendah tekanan vakum semakin cepat kekerasan dan kerenyahan keripik buah mengalami perubahan atau sebaliknya. Selain itu perubahan kekerasan dan kerenyahan keripik buah nampak dipengaruhi oleh penguapan air dan penurunan konsentrasi pati di dalam padatan. 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 terjadi 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 tampak ada keterkaitan dengan perubahan kekerasan padatan, pada titik dimana penurunan kadar pati cukup drastis pada saat kandungan kadar pati masih belum konstan padatan mengalami perubahan tekstur dari lunak menjadi keras, namun setelah melewati titik tersebut pada saat penurunan kadar pati mulai konstan, tekstur padatan sudah mulai menjadi semakin keras dan renyah. *Pada penelitian selanjutnya adanya laju perubahan konsentrasi air dan laju perubahan konsentrasi pati dalam padatan yang menyebabkan terjadinya perubahan tekstur (kekerasan dan kerenyahan) produk akan dimodelkan secara empirik dengan memasukkan ke dalam model perubahan-perubahan tersebut sebab penelitian sebelumnya belum dikemukakan.*

Selama penggorengan hampa udara keripik buah, suhu dan tekanan vakum berpengaruh terhadap perubahan warna (L, a dan b) produk. Makin tinggi suhu dan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
LEMBAGA PENELITIAN

Kampus UNM Jl. A. Pangerang Pettarani, Makassar – 90222
Telepon (0411) 884533 – 868687 Fax. 884533

- * Puslit Kependudukan dan Lingkungan Hidup
- * Puslit Makanan Tradisional, Gizi dan Kesehatan
- * Puslit Pemberdayaan Perempuan
- * Puslit Pengembangan Ilmu Pendidikan
- * Puslit Budaya dan Seni Etnik Sulawesi
- * Puslit Pemuda dan Olah Raga

SURAT KETERANGAN
No.1076 /H36.9/PI/2010

Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar menerangkan bahwa :

Nama : Drs. Jamaluddin, MP
NIP : 196707231992031002
Fakultas/Jurusan : FT UNM

Telah melaksanakan penelitian dengan judul :
Rekayasa Penggorengan, Tekstur, Pemekaran Dan Warna Keripik Buah Dengan Cara Osmotic Dehydration Dan Tekanan Hampa Udara Dipertinggi

Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan (April s.d November 2010)

Anggota tim peneliti : 1. Ir. Siswantoro, MP
2. Suriana Laga, MP
3. Drs Suardy, MT

Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar mendokumentasikan Laporan Penelitiannya pada bulan November 2010

Demikian surat keterangan dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 06 Desember 2010

Ketua,



Prof. H.M. Asfah Rahman, M.Ed.,Ph.D
NIP.19520521 197602 1 001