Prosiding

SEMINAR NASIONAL

"Peran Pendidikan dalam Meningkatkan Ketangguhan Industri Pangan di Era Pasar Bebas"

KELOMPOK
" GIZI & KEAMANAN PANGAN "

Malang, 30 - 31 Juli 2002

Patpi

Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia
(The Indonesian Association of Food Technologists)

Bekerjasama dengan

Jurusan THP & TIP
Universitas Muhammadiyah

Fakultas Teknologi
Pertanian
Universitas Brawijaya

Jurusan THP
Fakultas Pertanian
Universitas Widya Gama

bogasari
TURUT MEMBANGUN GIZI BANGSA

Kinetika Perubahan Mutu Sagonpuan Selama Penyimpanan

Gatot Priyanto*, F.A. Azis** dan Parwiyanti*

*) Staf Fakultas Pertanian & Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya,
Jl.Raya Palembang-Prabumulih Km.32. Inderalaya, OKI 30662
**) Alumni Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

Abstract

Kinetics studies on quality changes of sagonpuan during storage had been conducted. Sagonpuan is a South Sumatra traditional food. It was made from buffalo milk. Experiment was done at two replication. It was based on random factorial design consisted of two treatments, i.e. storage temperatures and storage times, respectively, conducted on three level (30, 40 and 50 °C) and four level (0, 10, 20 and 30 days). Sagonpuan quality was reflected by quality parameters consisted of reducing sugar, browning index, moisture content and peroxide value. Result of the experiment show that reducing sugar was decreased during storage while peroxide value was increased. Both could be expressed by second order kinetics models with rate constant (k value) at the range of experiment temperature, respectively, 0.0045 to 0.0072 (% day)$^{-1}$, and 0.119 to 0.190 (meq/kg day)$^{-1}$. Browning index was increased as following zeroth order kinetic models with rate constant 0.0057 to 0.0066 Abs_{420nm} day^{-1}. Moisture content was decreased following the first order kinetic model with rate constant 0.0180 to 0.0268 % day^{-1}. Arrhenius model was satisfy for expressing the rate constant temperature dependency of reducing sugar, peroxide value and browning index, but it could not used for moisture content changes during storage.

Key words: Sagopuan, kinetics, quality changes.

PENDAHULUAN

Sagonpuan adalah salah satu jenis makanan tradisional yang berada di Sumatera Selatan, dengan bahan baku berupa susu kerbau. Pembuatan sagonpuan merupakan salah satu usaha pengawetan dan diversivikasi susu kerbau, terutama di daerah Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI). Produk tersebut dapat dikonsumsi langsung, tetapi pada umumnya digunakan sebagai lauk atau campuran untuk makan nasi. Kelebihan produksi sagonpuan disimpan untuk dijual ke daerah terdekat seperti Kayuagung, Palembang dan sekitarnya. Selama penyimpanan terjadi penurunan mutu, hingga terjadi perubahan warna menjadi lebih gelap, dengan bau kearah ketengikan dan rasa dengan tekstur menyimpang yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Seberapa jauh perubahan tersebut terjadi dan bagaimana prediksi yang tepat dapat dilakukan hingga saat ini belum pernah diteliti dan diperoleh informasi yang tepat. Priyanto (1999) mengemukakan bahwa untuk meningkatkan dayaguna dan daya saing makanan tradisional perlu dilakukan rasionalisasi, sehingga pada rentang waktu dan kondisi tertentu dapat diperoleh informasi dan jaminan kepastian mutu produk. Informasi mengenai perubahan mutu produk selama penyimpanan sangat penting, sehingga dapat diketahui dengan tepat seberapa perubahan mutu terjadi dan sampai kapan produk masih layak dikonsumsi. Penelitian ini berusaha untuk mengungkap model perubahan mutu sagonpuan selama penyimpanan, dengan pendekatan model kinetika reaksi kimia yang terjadi selama penyimpanan produk.

Penggunaan kinetika dalam bidang pangan pada dasarnya merupakan penerapan prinsip kinetika yang digunakan dalam reaksi kimia. Kinetika kimia adalah suatu telaah mengenai laju raksi kimia dan perubahannya dalam berbagai kondisi (Labuza, 1983). Kinetika kimia juga berkaitan dengan perubahan suatu sifat kimia dalam suatu waktu (Steinfeld *et al.*, 1989). Kinetika dalam bidang pangan telah meluas penggunaannya, bukan hanya mempelajari perubahan kimia tetapi juga fenomena fisik dapat dijelaskan dengan pendekatan kinetika, seperti pendugaan waktu kedaluwarsa (Labuza, 1972), gelatinisasi dan penyerapan air (Wirakartakusumah, 1981), dan perubahan warna pada kerak roti (Priyanto *et al.*, 1990).

Manfaat informasi kinetika terutama dalam perencanaan proses, pengembangan produk dan penyimpanan pangan (Lenz dan Lund, 1980).

Reaksi-reaksi kimia dalam sistem bahan pangan dapat menjadi sangat kompleks, karena itu umumnya lebih mudah mengungkap reaksinya dengan pendekatan matematis atau semiempiris dibandingkan dengan pendekatan mekanistik di mana setiap tahap harus diketahui mekanismenya (Labuza, 1983). Kinetika dalam bahan pangan merupakan kajian terhadap perubahan dalam bahan pangan dengan metoda pendekatan semiempiris. Salah satu sasaran pokok eksperimen kinetika adalah pengembangan model matematis untuk menggambarkan laju reaksi sebagai fungsi variabel eksperimen tersebut (Hill dan Grieger-Block, 1980). Dalam kinetika perubahan mutu pangan, pada umumnya dilakukan penyederhanaan reaksi-reaksi yang kompleks menjadi reaksi yang sederhana dengan orde reaksi kenol atau kesatu. Hal ini dimungkinkan dengan asumsi bahwa dalam bahan pangan jumlah ,reaktan banyak atau berlimpah ketersediaannya, reaksi *irriversible*, reaksi tidak berbentuk siklis atau tanpa percabangan yang banyak dan sebagainya (Thompson, 1982). Penyederhanaan dari reaksi kompleks atau orde tinggi telah diulas oleh Sweinbourne (1971) dan Steinfeld *et al.*,1989), sehingga dapat diperoleh reaksi sederhana dengan model reaksi kinetika orde kenol, kesatu dan kedua. Boekel (1996) mengemukanan model kinetika orde kenol, kesatu dan kedua dalam bentuk integrasinya dapat dinyatakan dengan persamaan (1), (2) dan (3) berikut ini.

$$C_t = C_o - k(t) \quad \ldots\ldots (1)$$
$$\text{Ln } C_t = \text{Ln } C_o - k(t) \quad \ldots\ldots (2)$$
$$(1/C_t) = (1/C_o) - k(t) \quad \ldots\ldots (3)$$

di mana: C_o adalah keberadaan faktor mutu pada keadaan awal, dan C_t adalah konsentrasi faktor mutu pada waktu ke-t, k adalah laju perubahan faktor mutu, t waktu proses atau penyimpanan.

Secara teoritis orde reaksi dapat sampai tertinggi (tak terhingga), namun dalam eksperimen kinetika kimia yang diketemukan umumnya hanya sampai orde ke tiga (Steinfeld *et al.*, 1989), sedangkan untuk perubahan mutu pangan umumnya mengikuti orde kenol atau kesatu (Labuza, 1983) dan beberapa ada juga yang orde kedua (Bell *et al.*, 1991; Priyanto, 1997). Pengujian atas ketepatan model kinetika dapat dilihat dari nilai koefisien determinasinya (r^2), di mana makin besar nilai tersebut menunjukkan model yang representatif (Steinfeld *et al.*, 1989).

Mutu sagonpuan dalam hal ini digambarkan oleh besarnya faktor mutu yang berupa kadar gula reduksi, bilangan peroksida, indeks kecoklatan dan kadar air. Persamaan (1), (2) dan (3) digunakan sebagai model untuk menggambarkan perubahan mutu sagonpuan selama penyimpanan dalam berbagai suhu (T). Laju perubahan mutu (k) dihitung dari model yang paling cocok, dan pengaruh suhu penyimpanannya diperlihatkan dengan pendekatan model Arrhenius atau nilai Q_{10} sebagai berikut (Saguy, 1983):

$$\text{Ln } k = \text{ln } k_o - E_a/(RT) \quad \ldots\ldots (4)$$

$$Q_{10} = (k_T)/(k_{T+10}) \quad \ldots\ldots (5)$$

dimana E_a adalah energi aktivasi, R adalah tetap gas dan T adalah suhu penyimpanan

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah sagonpuan yang diproduksi dengan formula umum masyarakat produsen di Pampangan OKI, yaitu berupa susu kerbau, gula (29,6 persen) dan kuning telur ayam (8 butir per liter susu kerbau). Bahan-bahan lainnya adalah bahan untuk analisis gula pereduksi, bilangan peroksida, dan indeks kecoklatan, berupa reagen Nelson A & B, reagen arsenomolybdat, reagen asetat-khloroform, alkohol 96%, amilum, $Na_2S_2O_3$ dan sebagainya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain termometer air raksa, alat-alat gelas (erlenmeyer, buret, gelas ukur, labu takar, dll.), neraca analitik, oven, spektrofotometer, desikator, komputer, mikroburet, penangas air, dan sebagainya.

Metode Percobaan

Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap faktorial, dengan ulangan dua kali, dan dua faktor perlakuan berupa suhu penyimpanan (T) dan lama penyimpanan (t). Suhu penyimpanan dilaksanakan dalam tiga taraf, yaitu 30°C, 40°C dan 50°C. Lama penyimpanan dilaksanakan dalam empat taraf, yaitu 0, 10, 20, dan 30 hari.

Cara Kerja

Sagonpuan sebanyak 5 kg dipersiapkan, sebagai stok yang homogen. Kemudian daripadanya diambil untuk setiap sampel pengamatan masing-masing sebanyak 20 g dengan kemasan plastik (LDPE). Sampel disimpan masing-masing pada suhu perlakuan (30 °C, 40 °C atau 50 °C), dan dilakukan pengamatan atau analisis terhadap faktor mutunya menurut lama penyimpanannya (0, 10, 20 dan 30 hari). Percobaan dilakukan dengan ulangan dua kali.

Faktor Mutu dan Pengukurannya

1. Kadar Gula Reduksi

Kadar gula reduksi dihitung dengan metode Nelson-Somoghyi (Sudarmadji *et al.*, 1984) dengan prinsip pengujian sebagai berikut. Pertama dibuat kurva standar hubungan antara kadar glukosa dengan nilai *optical density* (OD). Untuk itu dipersiapkan beberapa larutan glukosa dalam tabung reaksi dengan kadar berkisar 0-10 mg/100 mL, kemudian ditambahkan pada masing-masing tabung 1 mL reagen Nelson. Campuran tersebut dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 20 menit, lalu didinginkan.(25 °C). Kemudian ditambahkan reagen Arsenomolybdat dan digojok sampai semua endapan CuO2 larut kembali. Air suling sebanyak 7 mL ditambahkan pada masing-masing tabung dan digojok sampai humogen, lalu diukur nilai OD nya pada panjang gelombang 540 nm. Selanjutnya dapat dibuat kurva hubungan kadar glukosa dengan nilai OD. Pengukuran kadar gula reduksi contoh dilakukan dengan memperlakukan contoh seperti larutan glukosa di atas, kemudian berdasarkan nilai OD nya dapat diketahui kadar glukosanya sebagai gula reduksi.

2. Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida diukur dengan metode titrasi iodometri (Sudarmadji *et al.*, 1984) dengan prinsip pengujian sebagai berikut. Contoh sebanyak lima gram ditimbang secara tertutup dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan 15 ml larutan asam asetat khloroform (3:2). Campuran digoyangkan hingga semua larut, lalu ditambahkan 0,5 ml larutan KI jenuh, didiamkan sebentar dan digoyang hingga rata. Selanjutnya campuran dititrasi dengan Na2S2O3 0,01N sampai warna kuning hampir hilang, lalu ditambahkan 0,5 ml larutan pati 1% . Titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang. Bilangan peroksida dinyatakan sebagai mili eqivalen (meq) peroksida per Kg contoh.

3. Indeks Kecoklatan

Indeks kecoklatan diukur dengan metode spektrofotometri (Weissman *et al.*, 1993), dengan prinsip kerja sebagai berikut. Contoh sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 10 mL alkohol 96% dan digojok sampai semuanya larut dan disentrifusi. Bagian jernih diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm, dan nilainya dinyatakan sebagai indeks kecoklatan

4. Kadar Air

Kadar air diukur dengan metode gravimetri (Sudarmadji *et al.*, 1984), dengan prinsip kerja sebagai berikut. Contoh yang telah dihaluskan sebanyak 2 gram dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105 selama 5 jam. Cawan dengan sampel diambil dan disimpan dalam eksikator, kemudian ditimbang. Kadar air (basis basah) merupakan persen selisih berat awal dengan berat akhir sampel terhadap berat awalnya.

Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi dengan analisis statistika deskriptif, kemudian diolah dengan pendekatan regresi linier sederhana sehingga diperoleh hubungan antara nilai faktor mutu dengan waktu penyimpanan dalam berbagai suhu.

Analisis model kinetika dan perhitungan parameter kinetika serta kertergantungannya terhadap suhu dilakukan berdasarkan persamaan (1) sampai (5), dengan kriteria penerimaan model nilai koefisien determinarinya (Steinfeld *et al.*, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan menunjukkan bahwa mutu sagonpuan selama penyimpanan menurun, yang ditunjukkan oleh adanya penurunan rata-rata kadar gula reduksi dari 3,78 % menjadi 2,35%,, peningkatan bilangan peroksida dari 0 meq/Kg menjadi 0,28 meq/Kg, peningkatan indeks kecoklatan dari 0,164 menjadi 0,348 Abs_{420nm} dan penurunan kadar air dari 4,25% menjadi 2,5%.. Penurunan gula reduksi bersama-sama perubahan kadar air menyebabkan gangguan rasa dan tekstur dan jika berlebihan produk akan ditolak oleh konsumen. Peningkatan bilangan peroksida dan indeks kecoklatan mengindikasikan adanya perubahan aroma menuju yang tidak dikehendaki konsumen. Selain itu peningkatan indeks kecoklatan juga mengindikasikan bahwa warna lebih gelap dan jika perubahan-nya berlebihan dapat menjadi suatu alasan penolakan produk.

Gula Reduksi

Analisis model kinetika penurunan kadar gula reduksi menunjukkan bahwa persamaan model kinetika orde kedua lebih representatif dibandingkan dengan model kinetika orde kenol dan kesatu. Tabel 1 menunjukkan bahwa gula reduksi sagonpuan yang disimpan pada suhu 50°C menurun lebih cepat dibandingkan dengan suhu 40°C, masing-masing dengan laju penurunan sebesar 0,0072 dan 0,0048 $(\%.hari)^{-1}$. Pada penyimpanan suhu kamar (30 °C) penurunan lebih lambat, dengan laju perubahan sebesar 0.0045 $(\%.hari)^{-1}$.

Tabel 1. Model perubahan kadar gula reduksi pada berbagai suhu simpan

No.	Suhu simpan (°C)	Nilai konstanta model ($1/R_o$)	k_r	R^2	Model (dalam bentuk integrasinya)
1.	30	0,259	0,0045	0,93	(1/R)=0,259-0,0045(t)
2.	40	0,269	0,0048	0,97	(1/R)=0,269-0,0048(t)
3.	50	0,261	0,0072	0,93	(1/R)=0,261-0,0071(t)

Ketergantungan laju penurunan kadar gula reduksi terhadap suhu dapat dinyatakan dengan pendekatan model Arrhenius (R^2=0,85), dengan persamaan k_r = 2,271 exp.(-2350/T). Energi aktivasi dari persamaan tersebut terhitung sebesar 4,7 Kal/mol. Berdasarkan nilai-nilai k pada tabel di atas juga dapat dihitung nilai Q_{10}= 1,06 dan 1,50 sehingga rata-rata nilai Q_{10} pada rentang suhu penyimpanan sebesar 1,28.

Penurunan kadar gula reduksi (termasuk glukosa dan fruktosa) dalam suatu sistem bahan pangan yang mengandung amin dengan stimulasi suhu pada umumnya disebabkan oleh mekanisme reaksi kecoklatan, dapat melalui jalur pembentukan furfural, radikal maupun reaksi Maillard (Wong, 1989). Dalam percobaan ini, penurunan gula reduksi sagonpuan diikuti oleh peningkatan indeks kecoklatannya. Hal ini membuktikan bahwa kehilangan gula reduksi sagonpuan terkait dengan proses kecoklatan produk tersebut. Model kinetika orde kedua yang diperoleh dalam percobaan di atas mengindikasikan bahwa terdapat dua faktor pembatas, dalam penurunan kadar gula reduksi. Dengan memperhatikan kadar air sagonpuan yang rendah dan menurun selama penyimpanan, maka faktor pembatas selain gula reduksi dalam hal ini adalah ketersediaan air. Ketersediaan amin sebagai prekusor reaksi Maillard bersama gula reduksi dianggap bukan pembatas, sagonpuan terbuat dari susu kerbau dan kuning telur yang relatif kaya amin.

Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida digunakan sebagai indikator mutu yang berkaitan dengan flavor, khususnya ketengikan. Makin tinggi bilangan peroksida, maka mutu sagonpuan makin tidak baik karena menuju sifat flavor (ketengikan) yang tidak disukai konsumen.

Analisis model kinetika terhadap kenaikan bilangan peroksida sagonpuan menunjukkan bahwa model kinetika orde kedua memadai untuk menggambarkan perubahan mutu dengan faktor tersebut, dengan koefisien determinasi (R^2) tertinggi berkisar antara 0,73-0,87 (Tabel 2), dibandingkan dengan model orde kenol dan kesatu.

Tabel 2. Model perubahan bilangan peroksida pada berbagai suhu simpan

No.	Suhu simpan (°C)	Nilai konstanta model ($1/P_o$)	k_p	R^2	Model (dalam bentuk integrasinya)
1.	30	-0,238	0,119	0,73	(1/P)=-0,238+0,119(t)
2.	40	-0,333	0,133	0,80	(1/P)=-0,333+0,133(t)
3.	50	-0,600	0,190	0,87	(1/P)=-0,600+0,190(t)

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa bilangan peroksida sagonpuan yang disimpan pada suhu 50°C meningkat lebih cepat dibandingkan dengan suhu 40°C, masing-masing dengan laju peningkatan sebesar 0,190 dan 0,133 $(meq.hari)^{-1}$, sedangkan pada suhu kamar (30 °C) lebih lambat lagi dengan laju perubahan sebesar 0.119 $(meq.hari)^{-1}$. Ketergantungan laju peningkatan bilangan peroksida terhadap suhu dapat dinyatakan dengan pendekatan model Arrhenius (R^2=0,92), dengan persamaan $k_p = 5{,}530 \exp.(-2340/T)$. Energi aktivasi dari persamaan tersebut terhitung sebesar 4,7 Kal/mol. Berdasarkan nilai-nilai k pada Tabel 2 di atas juga dapat dihitung nilai Q_{10}= 1,12 dan 1,42 sehingga rata-rata nilai Q_{10} pada rentang suhu penyimpanan sebesar 1,27.

Peningkatan bilangan peroksida yang mengikuti model orde kedua dapat dijelaskan dengan adanya dua reaktan pembatas dalam mekanismenya. Pembentukan peroksida perlu oksigen dan radikal pada awalnya (Robertson, 1993). Kemasan plastik LDPE yang digunakan sagonpuan membatasi jumlah ketersediaan oksigen, di pihak lain jumlah radikal yang telah terbentuk juga relatif sedikit. Jadi peningkatan bilangan peroksida dalam sagonpuan tersebut masih dalam tahap awal dari suatu proses ketengikan. Nilai E_a yang diperoleh sebesar 4,7 Kal/mol mengindikasikan adanya kontrol difusi terhadap perubahan faktor mutu di atas. Menurut Saguy dan Karel (1980), reaksi yang berada di bawah kontrol difusi mempunyai nilai E_a kurang dari 8 Kal/mol.

Indeks Kecoklatan

Peningkatan indeks kecoklatan dalam sagonpuan menunjukkan telah terjadi reaksi-reaksi yang meningkatkan jumlah senyawa kecoklatan. Analisis terhadap data hasil percobaan membuktikan bahwa model kinetika orde kenol cocok untuk menyatakan peningkatan indeks kecoklatan selama penyimpanan, dengan koefisien determinasi (R^2) tertinggi berkisar antara 0,93--0,94 (Tabel 3), dibandingkan dengan model orde kesatu dan kedua. Hal ini disebabkan oleh tersedianya prekusor kecoklatan dalam sagonpuan, sehingga suplai reaktannya relatif konstan dan bukan merupakan pembatas. Wong (1989) mengemukakan beberapa prekusor potensial dalam senyawa kecoklatan antara lain gula pereduksi, amin, asam askorbat, furfural, aldehid, keton dan hasil-hasil fisi lainnya.

Tabel 3. Model perubahan indeks kecoklatan pada berbagai suhu simpan

No.	Suhu simpan (°C)	Nilai konstanta model B_o	k_b	R^2	Model (dalam bentuk integrasinya)
1.	30	0,1659	0.0057	0,87	B=0,1659+0,0057(t)
2.	40	0,1437	0,0063	0,98	B=0,1437+0,0063(t)
3.	50	0,1885	0,0066	0,94	B=0,1885+0,0066(t)

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa perubahan indeks kecoklatan sagonpuan yang disimpan pada suhu 50°C lebih cepat dibandingkan dengan suhu 40°C, masing-masing dengan laju peningkatan sebesar 0,0066 dan 0,0063 $Abs_{420nm}.hari^{-1}$, sedangkan pada suhu kamar (30 °C) lebih lambat lagi dengan laju perubahan sebesar 0.0057 $Abs_{420nm}.hari^{-1}$. Berdasarkan nilai-nilai k_b tersebut, dapat dihitung nilai Q_{10}= 1,04 dan 1,11 sehingga rata-rata nilai Q_{10} pada rentang suhu penyimpanan percobaan sebesar 1,07.

Pendekatan model Arrhenius untuk menggambarkan ketergantungan laju peningkatan indeks kecoklatan sagonpuan dinyatakan cocok (R^2= 0,97) dengan persamaan k_b = -2,891exp.(-685,42/T). Energi aktivasi terhitung dari persamaan tersebut sebesar 1,36 Kal/mol. Energi aktivasi untuk kasus-kasus kecoklatan nonenzimatik, termasuk reaksi Maillard, pada umumnya di atas 25 Kal/mol (Saguy dan Karel, 1980). Namun demikian, Nelson, Chambers dan Rodriguez (1987) melaporkan bahwa kecoklatan yang melibatkan radikal bebas dan lipida energi aktivasinya kurang dari 10 Kal/mol. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa kecoklatan dalam sagonpuan tersebut didominasi oleh kecoklatan yang berasal dari degradasi lipida.

Kadar Air

Analisis model kinetika menunjukkan bahwa model kinetika orde kesatu lebih tepat untuk menggambarkan oerubahan kadar air sagonpuan dibandingkan dengan model kinetika lainnya, dengan koefisien (R^2) berkisar antara 0,54 sampai 0,59 (Tabel 4). Adanya koefisien determinasi kurang dari 0,6 mengindikasikan bahwa model kinetika terpilih masih kurang memadai untuk menggambarkan perilaku kadar air secara keseluruhan.. Boekel (1996) menyatakan bahwa memang ada fenomena-fenomena yang kurang dapat digambarkan dengan model kinetika, misalnya dalam berbagai kasus difusi dan dehidrasi. Meskipun demikian, dengan data yang ada masih dapat diperoleh informasi bahwa perubahan kadar air pada suhu 50°C yang lebih tinggi berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan lainnya, dengan laju perubahan sebesar 0,0268 $hari^{-1}$ sedangkan untuk suhu 40 dan 30 °C masing-masing 0,0137dan 0,0180 $hari^{-1}$ (Tabel 4). Nilai Q_{10} yang diperoleh dari laju perubahan kadar air antara 40-50 °C adalah 1,96.

Tabel 4. Model perubahan kadar air sagonpuan pada berbagai suhu simpan

No.	Suhu simpan (°C)	Nilai konstanta model (Ln M_o)	k_m	R^2	Model (dalam bentuk integrasinya)
1.	30	1,604	0,0180	0,59	Ln M_o =1,604-0,0180(t)
2.	40	1,304	0,0137	0,57	Ln M_o =1,304-0,0137(t)
3.	50	1,417	0,0268	0,54	Ln M_o =1,417-0,0268(t)

Ketergantungan laju penurunan kadar air sagonpuan tidak dapat dijelaskan dengan baik dengan pendekatan model Arrhenius di mana persamaan yang diperoleh k_m=2,088.exp.(-1902/T) mempu-nyai koefisien determinasi (R^2) 0,29. Perubahan kadar air pada suhu kamar mekanismenya lebih dikontrol oleh faktor kesetimbangan antara katar air bahan dengan lingkungannya, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi (50°C) pengaruh suhu telah mulai tertampak. Penurunan laju perubahan kadar air sagonpuan pada suhu penyimpanan 40°C diduga terjadi akibat konflik mekanisme penurunan kadar air akibat kesetimbangan dengan pengaruh faktor peningkatan suhu. Pendekatan model nonArrhenius, seperti model hiperbola dan model matematis lainnya, mungkin lebih tepat untuk menggambarkan fenomena perubahan kadar air tersebut.

KESIMPULAN

Mutu sagonpuan selama penyimpanan menurun, dengan ditandai oleh penurunan gula reduksi, peningkatan bilangan peroksida dan indeks kecoklatan, serta penurunan kadar air. Penurunan gula reduksi maupun peningkatan bilangan peroksida dapat digambarkan dengan model kinetika orde kedua, masingmasing dengan laju sebesar 0,0045 sampai 0,0072 $(\%.hari)^{-1}$dan 0,119-0,190 $(meq.hari)^{-1}$. Ketergantungan laju perubahan faktor mutu dapat dinyatakan dengan pendekatan Arrhenius, masing-masing dengan model k_r=2,271.exp.(-2350/T) dan k_p=5,530.exp.(-2340/T), dengan energi aktivasi sebesar 4,7 Kal/mol.

Peningkatan indeks kecoklatan dapat dinyatakan dengan model kinetika orde kenol, dengan laju perubahannya sebesar 0,0057-0,0066 $Abs_{420nm}.hari^{-1}$ yang ketergantungannya terhadap suhu dapat dinyatakan dengan pendekatan model Arrhenius k_b=-2,89.exp.(-685,42/T) dengan energi aktivasi 1,36 Kal/mol.

]

Pendekatan model kinetika kurang memadai untuk menggambarkan perubahan kadar air sagonpuan selama penyimpanan, meskipun model kinetika orde kesatu dapat menggambarkan sebagian perilaku perubahan kadar air dengan laju perubahan sebesar 0,0137-0,0268 $hari^{-1}$. Pendekatan model Arrhenius tidak dapat digunakan untuk menyatakan ketergan-tungan laju perubahan kadar air sagonpuan terhadap suhu penyimpanan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Unsri yang telah memberikan bantuan dana untuk publikasi/seminar ini

DAFTAR PUSTAKA

Bell, L.N., B.Fu dan T.P.Labuza. 1991. Criteria for experimental kinetics design and prediction of food shelflife. Paper presented at The Workshop on The Role of Food Engineering Research in Developing Indonesian Food Industry. Jakarta, Sep.,2-7, 1991.

Boekel,M.A.J.S. 1996. Statistical aspect of kinetic modelling for food science problem. J.Food Sci.61(3):477.

Hil Jr, C.G. dan R.A.Grieger-Block. 1980. 1980. Kinetic data: generation, interpretation and use. Food Technol. Feb.:56

Labuza, T.P. 1972. Nutriont losses during drying and storage of dehydrated foods. CRC Crit.Rev. Food Technol. 2:217.

Labuza, T.P. 1983. Reaction Kinetics and Accelerated Test Simulation as Function of Temperature. Dalam I.Saguy (ed): Computer Aided Techniques in Food Technology. Marcel Dekker, Inc. New York.

Lenz, M.K. dan D.B. Lund. 1980. Experimental of thermal processing for maximizing nutrient retention. Food technol. 2:71

Nelson, P.E.,J.V. Chambers dan J.H. Rodriguez. 1987. Principle of Aseptic Processing and Packaging. The Food Processor Institute, Washington D.C.

Priyanto, G., M.A. Wirakartakusumah, A. Rachman dan Y. Sagara. 1990. Kinetics of crust color formation during baking process. Proceeding Joint Seminar JICA-IPB/DGHE, Bogor, Octb.,8-9, 1990.

Priyanto, G. 1997. Kinetika Perubahan Mutu Saribuah Nenas dalam Proses Aseptik. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.

Priyanto, G. 1999. Pemberdayaan makanan tradisional di Sumatera Selatan jangka Pendek dan Menengah. Makalah disampaikan pada Pelatihan dan Penyusunan Proposal Penelitian dan Penerapan Iptek Makanan Tradisional (P4I-MT), PKMT Universitas Sriwijaya, Inderalaya OKI, 8-12 Maret 1999.

Robertson, G.L. 1993. Food Packaging: Principle and Practice. Marcel Dekker,Inc. New York.

Saguy, I. 1983. Computer Aided Techniques in Food Technology. Marcel Dekker,Inc. New York

Saguy, I. dan M. karel. 1980. Modelling of quality deterioration during food processing and storage. Food Technology. 2:78

Steinfeld, J.I., J.S. Francisco dan W.L. Hase. 1989. Chemical Kinetics and Dynamics. Prentuce-Hill,Inc. New Jersey.

Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1984. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty, Yogyakarta.

Sweinbourne, E.S. 1971. Analysis of Kinetics data. Aplication Century Crofts. New York.

Thompson, D.R. 1982. The challenge in predicting nutrient changes during food processing. Food Technol. Feb.::97

Weissman, I., O. Ramon, I.J. Koppelman dan S. Mizrahi. 1993. A kinetic model for accelerated browning in liquid model system. J. Food Process.and Preserv. 17:455-470

Wirakartakusumah,M.A. 1981. Kinetics of Starch gelatinization and Water Absorption in Rice. PhD Thesis. University of Wisconsin, Madison.

Wong, D.W. 1989. Mechanism and Theory in Food Chemistry. Van Nostrand Reinhold, New York.