

PENERAPAN UJI DUC (DAYS UNTIL CAKING) DALAM PENETAPAN WAKTU KADALUWARSA TEPUNG

[Application of Days Until Caking Test In Shelf-Life Determination of Powders]

M. Arpah¹⁾, R. Syarif²⁾, dan S. Daulay²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta-IPB

²⁾Alumni Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta-IPB

ABSTRACT

Soy powder and two mixed powders were subjected to a hydration, according to "days until caking" procedures. Absorption patterns were identified using polarized microscope and related to the physical changes in the samples. With agglomeration, plasticization and caking. When the powders were equilibrated in a series of salt solutions having equilibrium relative humidity (ERH) ranging from 32.38% to 97.00%, the caking phenomenon were completely visible at about 67% ERH, corresponding to a mass of water-uptake equal to 6.95 (g water/100g solid) for soy powder; 2.40 (g water/100g solid) and 3.03 (g water/100g solid) for mixed powder type I and II respectively. These addition caused agglomeration at a magnitude 120 μ m for the soy powder, 91 μ m and 92 μ m for each of the mixed powders. The water contents at "Days until caking" points were used as an initial relevant quality factor for shelf-life determination of package powders, packed in plastics films.

Key words : Days until caking, powders, and agglomeration

PENDAHULUAN

Penggumpalan (*Caking*) merupakan masalah serius bagi industri tepung. Pada tepung instan kering seperti bumbu instan, sup instan dan kopi instan, fenomena penggumpalan dapat menurunkan kelarutan, aktivitas enzim, oksidasi lemak, perubahan aroma dan kekambaan. Bagi konsumen, fenomena penggumpalan adalah indikator rendahnya mutu dan keamanan produk (Chung et al., 2000).

Individu partikel tepung akan bergabung membentuk suatu aglomerat bilamana tersedia cukup air diantaranya yang menjembatani dan memplastisasinya (Chung et al., 2000). Pada tahap aglomerasi, dimana fenomena penggumpalan belum dapat dideteksi secara kasat mata, pengaruhnya pada sifat fisik tepung dapat meningkatkan densitas kamba, penurunan dispersibility dan flowability. Perubahan awal sifat fisik seperti ini dapat meningkatkan biaya pengolahan dan distribusi. (Gerhards et al., 1998). Absorpsi air oleh tepung dapat diukur menggunakan metoda seperti: *Days until caking and sieve test, Absorption capacity test, Baumann methods, Paste-water retention methods, Filtration/centrifugation test* (Lamiot et al., 1998).

Proses aglomerasi tepung selama pengolahan dan penyimpanan diasosiasikan dengan perubahan kandungan air akibat absorpsi uap air dari lingkungan serta redistribusi air antar partikel. Akibatnya permukaan partikel tepung

menjadi lengket dan menyebabkan kohesi antar partikel membentuk *duster*. Penggabungan beberapa *cluster* menghasilkan fenomena penggumpalan (Chung et al., 2000). Kohesi antar partikel selama absorpsi merupakan karakteristik reologi tepung. Pada aglomerat kopi instan berukuran 2.5 hingga 3.5 mm yang dianalisa dengan TA-XT2 *texture analysis*, perubahan kelengketan terjadi dengan tajam pada $a_w=0.57$ yang menunjukkan terjadinya plastisasi akibat pelarutan komponen larut air (Gerhards et al., 1998).

Fenomena penggumpalan dapat pula disebabkan oleh terjadinya perubahan temperatur pada kondisi kadar air yang tetap. Temperatur dimana partikel membentuk *duster* pada tepung disebut *stiky point*. Bagaimanapun *stiky point* merupakan fungsi dari kadar air tepung. Secara tradisional *stiky point* ditentukan dengan mengukur perubahan energi yang diperlukan untuk mengaduk tepung pada temperatur yang berbeda-beda pada suatu kadar air tertentu. *Stiky point* adalah titik dimana energi pengadukan meningkat secara tiba-tiba. *Stiky point* digunakan juga untuk menduga temperatur penggumpalan (Chung et al., 2000).

Dewasa ini, lengketnya permukaan antar partikel tepung, dipandang sebagai fenomena fisik yang sama dengan temperatur transisi gelas (T_g). Penyimpanan dibawah temperatur transisi gelas (T_g) akan memperlambat terjadinya penggumpalan, sedangkan penyimpanan pada temperatur diatas T_g akan memicu dengan cepat terjadinya

penggumpalan. Pengukuran Tg diantaranya dilakukan menggunakan NMR (*nuclear magnetic resonance*) dan DSC (*differential scanning calorimeter*).

Days until caking (DUC) didefinisikan sebagai waktu hingga kondisi partikel tepung tidak dapat lagi memisah seperti semula dan berubah menjadi lengket antara satu dengan lainnya meskipun diaduk dan dituangkan. Sedangkan *sieve test* adalah penentuan ukuran aglomerat terkecil yang terbentuk. Menurut Chung et al., (2000), nilai *DUC* dan ukuran partikel aglomerat (*cluster*) dari hasil *sieve test* berkorelasi sangat tinggi ($r=0.93$) dengan nilai Tg yang diperoleh dari spektra NMR. Dengan kata lain nilai *DUC* dan ukuran aglomerat dapat digunakan untuk menduga dengan baik nilai Tg, demikian juga sebaliknya, dengan demikian metoda *DUC* dianggap memberikan hasil yang lebih menggambarkan keadaan sebenarnya.

Dalam mengkuantifikasi waktu kadaluarsa produk pangan kering, dilakukan penetapan kadar air kritis (m_c). Parameter ini diformulasikan oleh Labuza (1982) dan telah diterapkan cukup luas dalam penentuan waktu kadaluarsa pangan kering, khususnya biskuit (Arpah et al., 2000), produk ekstrusi (Hermanianto et al. 2000), kacang garing (Arpah et al., 1999). Oleh karena pada produk tepung, kadar air kritis adalah kadar air pada saat terjadinya fenomena penggumpalan, maka penerapan uji *DUC* dan *sieve test* sangat sesuai untuk menentukan dan memverifikasi nilai parameter tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu kadaluarsa tepung selama penyimpanan menggunakan fenomena penggumpalan sebagai kriteria kadaluarsa.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : tepung kedelai, tepung komposit, larutan garam jenuh MgCl₂, KI, KCl, BaCl₂, K₂Cr₂O₇, akuades, plastik polietilen, parafin, dan wadah plastik. Alat-alat yang digunakan meliputi : *polarized microscope*, peralatan *sieve test*, oven, desikator, termometer, timbangan, *sealer*, cawan aluminium, *humidity chamber*, dan alat-alat gelas.

Tepung komposit I dan II adalah bahan baku pembuatan mie yang disubstitusi tepung kedelai dan tepung tapioka. Tepung komposit I adalah tepung dengan komposisi 10 % tepung kedelai dan 90% tepung terigu. Tepung komposit II adalah tepung dengan komposisi 10% tepung kedelai, 60% tepung terigu, dan 30% tepung tapioka. Semua tepung diperoleh dari *Noodle Food Assistance (NFA)-USDA*, melalui Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM-IPB).

Metode Penelitian

Kadar air pada titik *DUC* (Chung et al., 2000)

Penentuan titik *DUC* dilakukan berdasarkan metoda Chung et al., (2000). Produk tepung disimpan secara terbuka (tanpa kemasan) pada kondisi suhu 30°C dan RH 97.06% dengan lama waktu yang berbeda. Secara periodik sampel diambil dari tempat penyimpanan dan diberi perlakuan pengadukan dan penuangan membentuk kerucut dan dilihat *flowbility*-nya. Terhadap sampel juga dilakukan uji indrawi terhadap penampakan penggumpalan sebagai berikut: terhadap ketiga jenis sampel tepung serta kontrol (disimpan selama 0 hari) diambil sebanyak 10 g, kemudian disajikan kepada 30 orang panelis dan dinilai penampakan dan tingkat penggumpalannya. Kadar air *DUC* diukur dengan metode oven (AOAC, 1984) dan merupakan nilai parameter kadar air kritis (m_c) untuk perhitungan waktu kadaluarsa. Sampel tepung yang telah mencapai kadar air kritis dilihat bentuk aglomeratnya dengan *Polarize Microscope* dengan perbesaran 200X.

Sieve Test (Chung et al., 2000).

Sampel tepung dengan berbagai kadar air setelah diekuilibriumkan pada berbagai RH, ditentukan ukuran *cluster* dan aglomeratnya. Sampel tepung dilewatkan pada berbagai ukuran ayakan mulai dari 32 mesh sampai 230 mesh sehingga didapatkan ukuran partikel terkecil. Tepung yang menggumpal (*caking*) akan memiliki ukuran partikel terkecil yang lebih besar dari ukuran partikel awalnya.

Waktu Kadaluarsa (Labuza, 1982)

Waktu kadaluarsa dinyatakan sebagai waktu pada saat kadar air produk sama dengan kadar air yang menyebabkan penggumpalan (kadar air pada titik *DUC*) yang diverifikasi dengan *sieve test*. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\theta \text{ gain} = \frac{\ln \left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} \right]}{\frac{k}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_0}{b}}$$

Keterangan :

- θ gain = waktu kadaluarsa (hari)
- m_e = kadar air kesetimbangan (%BK)
- m_i = kadar air awal (%BK)
- m_c = kadar air kritis (kadar air pada titik *DUC*)
- W_s = berat kering bahan (g)
- A = luas permukaan kemasan (m²)
- k/x = permeabilitas uap air kemasan (g/m².hari.mmHg)
- P_0 = tekanan uap jenuh (mmHg)
- b = slope kurva sorpsi isotermik

Kurva Sorpsi Isotermik (Spiess dan Wolf, 1987).

MgCl₂, KI, KCl, BaCl₂, K₂Cr₂O₇, masing-masing dilarutkan dalam air destilata sampai jenuh dan berbibih untuk menjaga kondisi kejenuhan larutan sehingga kelembaban relatif yang dihasilkan konstan dan tidak mempengaruhi proses absorpsi. Contoh ketiga jenis tepung (duplo @ ± 5 g) diletakkan pada cawan alumunium lalu dimasukkan ke dalam desikator yang telah dijenuhkan dengan larutan garam yang sesuai. Desikator kemudian disimpan pada ruangan terbuka (30 ± 1°C). Contoh ditimbang secara periodik hingga beratnya konstan dan diukur kadar airnya dengan metode oven (AOAC, 1984).

Uji Ketepatan Model (Isse et al., 1983).

Untuk menguji ketepatan suatu persamaan sorpsi isotermik digunakan Mean Relative Determination (MRD):

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Mi - Mpi}{Mi} \right|$$

Dimana Mi adalah kadar air hasil percobaan, Mpi adalah kadar air hasil perhitungan, dan n adalah jumlah data.

Jika nilai MRD < 5 maka model sorpsi isotermik itu dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya atau sangat tepat, jika 5 < MRD < 10 maka model tersebut agak tepat, dan jika MRD > 10 maka model tersebut tidak tepat untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Absorpsi Air pada Fenomena Penggumpalan

Jumlah air yang diperlukan untuk penggumpalan bervariasi antar tepung. Indikator ini ditunjukkan oleh selisih antara kadar air pada saat penggumpalan (m_c) dengan kadar air awal (m), seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah air untuk penggumpalan dan ukuran aglomeratnya.

m (g air/100 g BK)	Tepung Kedelai	Tepung Komp. I	Tepung Komp. II
m _i	6.80	13.35	11.44
m _c	13.75	15.57	14.47
(m _i - m _c)	6.95	2.40	3.03
Aglomerat	120 μm	91 μm	92 μm

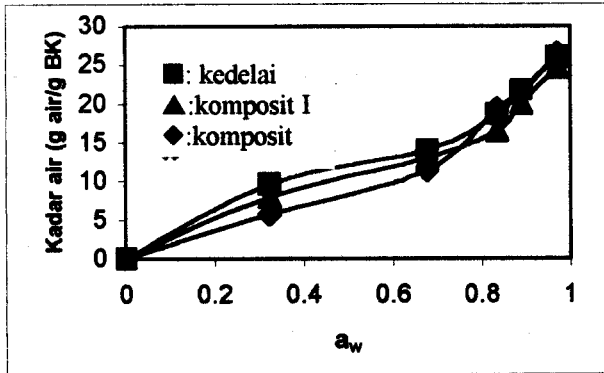
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah air yang dibutuhkan untuk penggumpalan hampir menunjukkan perbandingan: 3 : 1 : 2. Menurut Chung et al., (2000) semua tepung yang mengandung protein dan gula berberat molekul rendah sangat higroskopis, menyerap air dengan mudah dan memperlihatkan fenomena penggumpalan dengan cepat. Tingginya daya

serap air tepung kedelai dengan demikian diduga disebabkan oleh kadar proteinnya yang tinggi. Sedangkan tepung komposit II yang menyerap air lebih banyak dari tepung komposit I, kemungkinan disebabkan oleh kandungan oligosakarida tepung tapioka.

Menurut Lamiot et al., (1998), jumlah air yang dapat diabsorpsi oleh tepung pada suhu ruang dipengaruhi oleh komposisi tepung dan metoda pengukuran yang digunakan. Variasi akibat metoda yang berbeda bahkan dapat lebih besar dari pada variasi akibat perbedaan komposisi tepung itu sendiri. Pengukuran Lamiot et al., (1998) terhadap hidrasi tepung whey menggunakan 4 metoda yaitu: *Absorption capacity test*, *Baumann methods*, *Paste-water retention methods* dan *Filtration/centrifugation test*, memberikan hasil antara 0.21 hingga 4.64 ml air/g tepung. Disamping itu lebih lanjut Lamiot et al., (1998), mengatakan, terhadap tepung dengan komposisi yang dapat dianggap sama (diproduksi dari sumber yang sama) namun dengan cara pengolahan/produksi tepung yang berbeda dapat mempengaruhi kapasitas absorpsi air terhadap tepung. Protein yang terdenaturasi dan pati yang mengalami sebagian hidrolisa selama produksi dapat mempengaruhi secara signifikan jumlah air terabsorpsi. Oleh karena metoda produksi tepung komposit I dan komposit II persis sama dan perbedaannya hanya pada jumlah persentase komponen tepung, maka variasi perbedaan yang ditemukan disini adalah karena perbedaan komposisi tepung.

Dari penelitian Lamiot et al., (1998), dapat dihitung bahwa kapasitas maksimum absorpsi air pada tepung whey berkisar antara 20 hingga 464%. Hasil ini sangat jauh lebih besar dibandingkan dengan yang diperoleh dalam penelitian ini untuk tepung kedelai dan komposisinya. Hasil pengukuran dengan metoda DUC pada tepung kedelai dan tepung komposisinya hanya memberikan hasil antara 2 hingga 6% (dihitung sebagai penambahan dari kadar air awal). Hal ini disebabkan karena yang terukur pada percobaan Lamiot et al., (1998) adalah kapasitas maksimum retensi air oleh tepung. Sedangkan pada penelitian ini jumlah air yang diabsorpsi dibatasi hanya sampai batas dimana dimungkinkan terjadinya aglomerasi antar partikel membentuk *cluster*. Perbedaan ini, bagaimanapun, mengkonfirmasi sensitifitas tepung terhadap uap air, yang menyebabkan perubahan bukan saja terhadap sifat fisik tetapi juga perubahan lainnya.

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran besarnya partikel tepung pada kadar air awal, sehingga tidak dapat diketahui secara akurat besarnya pertambahan ukuran partikel dari partikel awal menjadi *cluster* atau aglomerat setelah terjadinya penggumpalan. Namun demikian jika digunakan ukuran partikel tepung hidrolisis protein nabati dan tepung jagung sebagai pembanding yang mempunyai ukuran partikel yang sama sekitar 25 μm



Gambar 3. Hasil plot nilai kadar air kesetimbangan vs. nilai a_w

Laju penyerapan uap air pada tepung menunjukkan fenomena yang cukup kompleks. Kadar air keseimbangan dari masing-masing contoh tercapai setelah 1 – 2 minggu tergantung dari RH masing-masing lingkungan tepung tersebut. Tepung kedelai dan tepung komposit I yang disimpan pada RH 32.38%, dan tepung komposit II yang disimpan pada RH 67.85% mencapai kadar air keseimbangan dengan waktu tercepat yaitu masing-masing 5 hari. Sedangkan tepung kedelai dan tepung komposit II yang disimpan pada RH 97.06% mencapai kadar air keseimbangan dengan waktu terlama yaitu masing-masing 8 dan 11 hari, sementara tepung komposit I yang disimpan pada RH 83.53% mencapai kadar air keseimbangan dengan waktu 11 hari.

Secara umum, pola laju penyerapan uap air pada tepung dibagi atas 2 jenis (Chung et al., 2000), yaitu: laju penyerapan sebelum terjadinya penggumpalan dan laju penyerapan sesudah terjadinya penggumpalan. Besarnya laju ini selanjutnya dibagi atas 2 jenis pula yaitu: $k > 0$ dan $k < 0$. Kemudian kombinasi pola penyerapan sebelum dan sesudah penggumpalan dengan besarnya laju akan menghasilkan 4 jenis kategori yaitu: tipe I, tipe II, tipe III atau tipe IV. Tepung kedelai dengan mudah dapat dimasukkan ke dalam tipe I ($k > 0$ sebelum dan sesudah penggumpalan). Sedangkan tepung komposit I dan II tidak dapat digolongkan lebih lanjut. Untuk menjawab pertanyaan ini diperlukan penelitian yang didesain khusus untuk itu.

Hasil regresi hubungan kadar air dengan a_w (menggunakan data Tabel 2) yang disubstitusikan ke dalam lima persamaan sorpsi isotermik yaitu: *Oswin*, *Henderson*, *Hasley*, *Chen-Clayton* dan *Caurie*, menghasilkan nilai slope b seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai slope kurva sorpsi isotermik.

Persamaan	Nilai slope b ($\Delta KA/\text{unit } a_w$)		
	Tepung Kedelai	Tepung Komp. I	Tepung Komp. II
Oswin	0.3789	0.2436	0.2736
Henderson	1.3376	2.1298	1.9065
Harsley	2.0666	3.3999	3.0284
Chen-Clayton	0.1608	0.2105	0.2101
Caurie	2.4050	1.4907	1.6795

Mean Relative Determination (MRD) terkecil untuk tepung komposit I dan komposit II diperoleh bila dipergunakan model *Chen-Clayton*, dengan nilai slope b sebesar 0.2101 (g air /100 g BK. satuan a_w) dan 0.2105 (g air /100 g BK. satuan a_w). Sedangkan untuk tepung kedelai, nilai MRD terkecil diperoleh jika digunakan model *Caurie* dengan nilai slope $b = 2.4050$ (g air/100 g BK. satuan a_w). MRD untuk ketiga tepung tersebut masing-masing adalah: 2.427; 3.188 dan 4.781. Ketiga nilai tersebut < 5 , sehingga dengan demikian menggambarkan dengan baik keadaan yang sebenarnya. Ketiga persamaan ini juga digunakan untuk mendapatkan nilai kadar air ekuilibrium (m_e) pada RH: 75, 80 dan 85%, yaitu tepung kedelai masing-masing: 15.16, 17.03 dan 19.22%; Komposit I, yaitu: 16.07, 16.78 dan 17.27%; Komposit II, yaitu: 14.52, 15.72 dan 17.23%.

Days Until Caking (DUC) Tepung dalam Kemasan

Penetapan *days until caking* produk tepung dalam kemasan dilakukan menggunakan persamaan Labuza (1982): Produk dikemas di dalam plastik film A, B, C dan D dengan nilai (k/x) masing-masing, adalah: 0.5; 0.3; 0.1 dan 0.85 g/m². hari.mmHg. Rasio luas permukaan dengan berat kering produk adalah $2.4 \cdot 10^{-4}$. Perhitungan DUC dilakukan pada tiga titik RH yaitu: 75, 80 dan 85% yang semuanya mengambil basis temperatur pada 30°C. Hasil penetapan DUC diperlihatkan pada Tabel. 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Days until caking tepung dalam kemasan pada RH=75%.

k/x (g/hari.m ² .mmHg)	DUC (hari), pada RH=75%		
	Tepung Kedelai	Tepung Komp. I	Tepung Komp. II
Plastik A=0.5	165	93	249
Plastik B=0.3	275	156	415
Plastik C=0.1	824	467	1246
Plastik D=0.185	445	252	674

Tabel 5. Days until caking tepung dalam kemasan pada RH=80%.

k/x (g/hari.m ² .mmHg)	DUC (hari), pada RH=80%		
	Tepung Kedelai	Tepung Komp. I	Tepung Komp. II
Plastik A=0.5	110	50	78
Plastik B=0.3	183	84	130
Plastik C=0.1	549	252	389
Plastik D=0.185	297	136	210

Tabel 6. Days until caking tepung dalam kemasan pada RH=85%.

k/x (g/hari.m ² .mmHg)	DUC (hari), pada RH=85%		
	Tepung Kedelai	Tepung Komp. I	Tepung Komp. II
Plastik A=0.5	84	36	53
Plastik B=0.3	141	59	88
Plastik C=0.1	422	178	263
Plastik D=0.185	228	96	142

Parameter-parameter persamaan Labuza (1982), dapat dikelompokkan kedalam 3 unsur yaitu: unsur sifat fisik produk (m_e , m_i , m_c , W_s dan b), unsur pengemas (k/x , A) dan lingkungan luar/dalam pengemas (RH penyimpanan dan b). Variasi hasil penetapan nilai DUC dengan demikian berasal dari ketiga unsur tersebut. Pengaruh ketiga unsur ini seperti terlihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6, berbeda nyata (ANOVA tidak diperlihatkan). Besarnya variasi nilai DUC berdasar pada Tabel diatas berturut-turut adalah: pengemas > sifat fisik produk > lingkungan. Hasil ini menonjolkan pentingnya proteksi pengemas pada produk higroskopis. Pengemasan produk jenis ini tidak cukup mendapatkan proteksi kalau hanya dikemas dengan bahan plastik yang nilai permeabilitas (k/x) uap airnya rendah. Disamping itu keseragaman seal dan proses penutupan sangat vital terhadap daya tahan produk. Pengemasan produk bubuk instan sebaiknya menggunakan pengemas yang memiliki nilai permeabilitas uap air sangat kecil.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah temperatur penyimpanan. (Man dan Jones, 1994). Pada penelitian ini temperatur tidak divariasikan karena pertama: kerusakan pada tepung akibat uap air jauh lebih cepat dibandingkan dengan perubahan lain yang dipicu oleh temperatur. Kedua, pengaruh temperatur terhadap absorpsi uap air sangat dibatasi oleh pengemas. Menurut Jasse et al., (1994), permeabilitas pengemas berubah sangat kecil dengan perubahan temperatur sehingga dapat diabaikan. Nilai DUC pada Tabel 4 Tabel 5 dan Tabel 6 selanjutnya akan dengan mudah

ditransformasi menjadi tanggal, bulan dan tahun kadaluwarsa sesuai dengan pola distribusi yang diinginkan.

KESIMPULAN

Penyerapan uap air pada tepung menunjukkan fenomena yang cukup kompleks. Pertama-tama uap air akan menjembatani dan meningkatkan kohesi diantara individu partikel, kemudian beberapa partikel membentuk aglomerat dan selanjutnya membesar berupa cluster hingga akhirnya teramati fenomena penggumpalan. Laju penyerapan uap air berbeda sebelum dan sesudah penggumpalan.

Pemilihan metoda analisa absorpsi air sangat tergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Penggunaan metoda DUC guna menentukan waktu kadaluwarsa tepung dengan fenomena penggumpalan sebagai kriteria kadaluwarsa sangat bermanfaat untuk memverifikasi parameter kadar air kritis, karena memberikan penerangan yang cukup dalam terhadap keadaan fisik tepung pada titik itu.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1984. Method of Analysis. Association of Analytical Chemistry, Washington.
- Arpah, M., dan R. Syarief. 2000. Evaluasi model-model pendugaan umur simpan pangan dari difusi hukum Fick Unidireksional. Bul. Teknol. dan Industri Pangan. XI 1:11
- Arpah, M, P.Setiawan, dan A.B. Ahza. 1999. Pembuatan dan penetapan waktu kadaluwarsa kacang garing tradisional berlemak rendah dari bahan dasar kacang tanah hasil penekanan hidrolik. Prosiding: Seminat Nasional Makanan Tradisional, 16 Maret 1999. Yogyakarta.
- Chung, M.S., R.R. Ruan, P. Chen, S.H. Chung, T.H. Ahn, dan K.H. Lee. 2000. Study of caking in powdered foods using Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. J. Food Science. 65 (1) : 1.
- Gerhards, CN, D.M. Ulbricht. M. Peleg. 1998. Mechanical characterization of individual instant coffee agglomerates. J. of Food Sci. Volume 63, No. 1.
- Gélinas, P, G. Roy, and M. Guillet. 1999. Relative effects of ingredients on cake staling based on an accelerated shelf-life test. J. of Food Sci. Volume 64, No. 5.

- Hermanianto, J. M. Arpah, W.K. Jati. 2000.** Penentuan umur simpan produk ekstrusi dari bahan samping penggilingan padi dengan menggunakan metode konvensional, kinetika Arrhenius dan sorpsi isothermis. *Bul. Teknol. dan Industri Pangan*. XI 2:32.
- Isse, M.G., H. Schuchmann, H. Schubert. 1983.** Divided sorption isotherm concept an alternative way to describe sorption isotherm data. *J. Food Eng.* 16:147-157.
- Jasse. B., A.M. Seuvre. M. Mathlouthi. 1994.** Permeability and structure in polymeric packaging materials. Di dalam : *Food Packaging and Preservation* (M. Mathlouthi, ed.) Blackie Academic and Professional.
- Lamiot, E. M. Pouliot, Y. Lebeuf, P.Paquin. 1998.** Hydration of whey powders as determined by different methods. *J. of Food Sci.* Volume 63, No. 4
- Labuza, T.P. 1982.** Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press., Inc., Westport, Connecticut.
- Man, C.M.D., and A.A. Jones. 1994.** Shelf-Life Evaluation of Foods. Blackie Academic and Professional, London.
- Spiess W.E.L and W. Wolf. 1987.** Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherm. Di dalam: *Water Activity : Theory and Application to Foods*. (R.B. Rocland and L.R. Beuchat, ed.) Marcell-Dekker, NY.