

# SIFAT FISIK, KIMIA, DAN FUNGSIONAL TEPUNG JAGUNG YANG DIPROSES MELALUI FERMENTASI

Physical, Chemical, and Functional Properties of Corn Flour Processed by Fermentation

Nur Aini, Gunawan Wijonarko, Budi Sustriawan

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Jenderal Soedirman,  
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto 53123  
Email: nuraini.1973@gmail.com; nuraini@unsoed.ac.id

## ABSTRAK

Tepung jagung memiliki beberapa keterbatasan untuk dikembangkan menjadi produk pangan. Untuk memperluas penggunaannya dalam bidang pangan, tepung jagung perlu dimodifikasi. Pembuatan tepung jagung menggunakan proses fermentasi diharapkan mampu mengubah karakteristiknya sehingga memperluas aplikasi tepung ini sebagai produk pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media fermentasi dan lama fermentasi terhadap karakteristik fisik, kimia dan fungsional tepung jagung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Faktor yang dicoba yaitu media fermentasi (air, bakteri asam laktat, *Lactobacillus casei*, dan ragi tape) dan waktu fermentasi (20, 40, 60, dan 80 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung jagung yang memiliki sifat fungsional terbaik (dilihat dari sifat gelatinisasinya) adalah tepung jagung yang dihasilkan dengan metode fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam. Sifat gelatinisasi tepung jagung tersebut adalah: suhu awal gelatinisasi 72 °C, viskositas maksimum 1646 BU, suhu puncak gelatinisasi 74 °C, *breakdown viscosity* 402 BU dan setback *viscosity* 1575 BU. Tepung jagung memiliki kadar air 7,68%, kadar abu 0,27%, kadar protein terlarut 2,48%, protein total 8,27%, kadar amilosa 33,10%, kapasitas penyerapan air 117,80%, kapasitas penyerapan minyak 149,50%, dan *swelling power* 13,80%.

**Kata kunci:** Media fermentasi, waktu fermentasi, tepung jagung, sifat fungsional

## ABSTRACT

Corn flour has some limitations to be developed as food products. To expand the use of corn flour for food production, some modifications on its characteristic were needed. The production of corn flour by fermentation may change its characteristics; therefore could expand the application of corn flour to develop food products. The aim of this study was to determine the effect of fermentation media and fermentation time on physical, chemical and functional characteristics of corn flour. This research was performed using factorial randomized block design. The studied factors were: fermentation medium (water, lactic acid bacteria, *Lactobacillus casei*, and 'ragi tape') and fermentation time (20, 40, 60, and 80 h). The results of this research showed that corn flour produced by fermentation using *Lactobacillus casei* for 60 h has the best functional properties (based on gelatinization properties). The gelatinization properties of this corn flour were: the initial gelatinization temperature of 72 °C, maximum viscosity of 1646 BU, gelatinization peak temperature of 74 °C, *breakdown viscosity* of 402 BU and setback viscosity 1575 BU. The corn flour has a moisture content of 7.68%, ash content of 0.27%, soluble protein content of 2.48%, total protein of 8.27%, amylose content of 33.10%, water absorption capacity of 117.80%, oil absorption capacity of 149.50% and swelling power of 13.80%.

**Keywords:** Fermentation media, fermentation time, corn flour, functional properties

## PENDAHULUAN

Tepung merupakan hasil pertanian yang luas penggunaannya untuk berbagai bahan pangan, dan salah satu jenis tepung yang mendominasi di Indonesia adalah tepung terigu. Kebutuhan terigu di masyarakat mengakibatkan pengadaannya melalui impor dalam jumlah cukup besar, walaupun sebenarnya tanaman pangan lain yang berpotensi sebagai sumber bahan baku pembuatan tepung cukup melimpah. Jagung merupakan salah satu tanaman pangan penting, yang produksinya terus meningkat beberapa tahun terakhir, dengan jumlah produksi dari tahun 2008 sampai 2012 adalah 16.317.252, 17.629.748, 18.327.636, 17.643.250 dan 19.387.022 ton (Badan Pusat Statistik, 2014).

Karakteristik tepung sangat menentukan penggunaannya pada produk pangan dalam hubungannya dengan kualitas produk tersebut. Untuk mendapatkan karakter tepung sesuai yang diinginkan, dapat dilakukan modifikasi melalui proses fermentasi (Aini dkk., 2010). Fungsi proses fermentasi pada pembuatan tepung jagung adalah mengubah sifat fisikokimia dan fungsional tepung jagung. Tepung jagung termodifikasi diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti terigu dalam beberapa produk olahan berbasis tepung.

Modifikasi tepung jagung secara enzimatik menunjukkan perubahan sifat fisiko-kimia dan fungsional. Perubahan yang terjadi antara lain kadar amilosa dan derajat polimerisasi mengalami penurunan sedangkan gula reduksi dan dekstrosa equivalen mengalami kenaikan. Tekstur tepung termodifikasi lebih halus dibanding tepung aslinya dan memiliki sifat gelatinisasi yang berbeda.

Penambahan mikroba pada tepung-tepungan dapat memperbaiki kualitas tepung, diantaranya penambahan bakteri asam laktat pada tepung akan meningkatkan pengembangan roti (Gerez dkk., 2006). Bakteri asam laktat adalah kelompok bakteri yang menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dari fermentasi karbohidrat atau gula. Diantara kelompok bakteri asam laktat yang banyak digunakan adalah *Lactobacillus casei* dan *Lactobacillus bulgaricus*.

Ragi tape adalah starter untuk membuat tape ketan atau tape singkong. Di dalam ragi ini terdapat mikroorganisme yang dapat mengubah karbohidrat (pati) menjadi gula sederhana (glukosa) yang selanjutnya diubah lagi menjadi alkohol. Mikroorganisme yang terdapat pada ragi tape cukup banyak jenisnya, terutama dari golongan kapang dan khamir (Suliantari dan Rahayu, 1990). Kapang yang berperan diantaranya adalah *Amylomyces rouxii*, *Mucor sp.*, *Chlamydomucor oryzae*, *Rhizopus sp.*, dan *Aspergillus oryzae*. Khamir yang berperan terutama adalah *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida sp.* Mikroorganisme dari kelompok kapang akan menghasilkan enzim-enzim amilolitik yang akan

memecah pati menjadi gula sederhana, sedangkan khamir akan mengubah sebagian gula sederhana tersebut menjadi alkohol.

Penelitian bertujuan mengetahui karakteristik tepung jagung yang dibuat dengan metode fermentasi dan waktu fermentasi berbeda serta menentukan tepung jagung yang memiliki sifat fungsional terbaik (kapasitas penyerapan air, kapasitas penyerapan minyak, *swelling power* dan sifat gelatinisasi).

## METODE PENELITIAN

Jagung yang digunakan adalah jagung lokal Canggal yang diperoleh dari petani di Temanggung. Jagung lokal Canggal memiliki warna putih, sehingga apabila digunakan untuk aplikasi diharapkan memiliki sifat fisik, terutama warna yang mirip dengan tepung terigu. Pembuatan tepung jagung (80 mesh) dilakukan menggunakan metode Aini dkk. (2010) yang dimodifikasi. Modifikasi dilakukan pada media fermentasi yang digunakan yaitu dengan penambahan ragi tape (berasal dari pasaran), *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Lactobacillus casei*. Pembuatan tepung jagung dilakukan dengan cara sebagai berikut: jagung pipilan disosoh kemudian dipisahkan bagian kulit dan lembaganya. Jagung yang telah disosoh kemudian difermentasi dengan cara perendaman menggunakan media yang telah disebutkan di atas. Perbandingan antara bahan dan media fermentasi adalah 1:2, dan fermentasi dilakukan selama 20, 40, 60, dan 80 jam. Setelah tahap fermentasi, jagung kemudian ditiriskan dan dikeringkan. Pengerian dilakukan menggunakan sinar matahari (suhu kurang lebih 30 °C) selama 12 jam. Tahap berikutnya adalah penggilingan jagung dan pengayakan menggunakan ayakan 80 mesh.

Variabel yang diamati meliputi kadar air dengan metode pengeringan (AOAC, 2007), kadar abu dengan metode pengabuan langsung (AOAC, 2007), kadar lemak dengan metode Soxhlet (AOAC, 2007), kadar protein total dengan metode mikro Kjeldahl (AOAC, 2007), kadar pati menggunakan metode ekstraksi asam perklorat (Apriyantono dkk., 1989), rendemen menggunakan metode gravimetri, kapasitas penyerapan air (Kadan dkk., 2003), *swelling power*, kapasitas penyerapan minyak (Kadan dkk., 2003), serta sifat gelatinisasi menggunakan Brabender *amylograph* menurut metode AACC 22-12 (Hung dan Morita, 2004) meliputi suhu dan waktu awal gelatinisasi, suhu puncak gelatinisasi, viskositas maksimum, *breakdown viscosity* dan *setback viscosity*.

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor yang diuji yaitu media fermentasi (air, ragi tape, *Lactobacillus*

*bulgaricus*, *Lactobacillus casei*) dan waktu fermentasi (20 jam, 40 jam, 60 jam, dan 80 jam) sehingga diperoleh 16 kombinasi perlakuan. Perlakuan diulang dua kali sehingga diperoleh 32 unit percobaan. Data dianalisis dengan uji F, apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Komposisi Kimia Tepung Jagung**

Tepung jagung memiliki kadar air antara 7,4 sampai 9,27% (Tabel 1). Kadar air tepung jagung ini sesuai dengan yang ditetapkan SNI 01-3727 (1995) maksimal 10%. Kadar air tepung jagung ini lebih rendah dibandingkan hasil Aini dkk. (2010) sebesar 10 sampai 11,7%; juga lebih rendah dari

Chanvriev dkk. (2006) yaitu 12%. Perbedaan kadar air ini disebabkan oleh waktu dan metode pengeringan yang berbeda. Aini dkk (2010) membuat tepung jagung menggunakan pengering cabinet suhu 50 °C selama 3 jam, sedangkan pada penelitian ini waktu pengeringan yang digunakan adalah 12 jam. Waktu pengeringan yang lebih lama menghasilkan kadar air yang lebih rendah.

Suatu bahan pangan harus memiliki kadar air rendah sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu lama. Bahan pangan berbentuk tepung untuk dapat disimpan dalam jangka waktu lama harus memiliki kadar air di bawah 10%. Menurut Richana dkk. (2010), tepung terigu yang memiliki kadar air 13 sampai 15% memiliki masa simpan setahun. Tepung jagung yang memiliki kadar air rendah (7,4 – 9,27%) ini diharapkan memiliki umur simpan lebih dari setahun sehingga penggunaan dan distribusinya lebih luas.

Tabel 1. Komposisi kimia tepung jagung yang diproses secara fermentasi

Sampel	Kadar air (bb)	Abu (bk)	Lemak (bk)	Pati (bk)	Protein terlarut (bk)	Protein total (bk)	Amilosa (bk)
F1T1	7,8 <sup>c</sup>	0,4	2,2	73,34 <sup>c</sup>	1,30 <sup>c</sup>	7,2 <sup>bc</sup>	28,0
F1T2	7,5 <sup>c</sup>	0,2	2,1	73,96 <sup>c</sup>	1,61 <sup>bc</sup>	7,6 <sup>b</sup>	32,2
F1T3	7,5 <sup>c</sup>	0,3	1,9	75,43 <sup>c</sup>	1,50 <sup>c</sup>	7,7 <sup>b</sup>	33,0
F1T4	8,3 <sup>bc</sup>	0,2	1,8	74,09 <sup>c</sup>	1,64 <sup>bc</sup>	7,5 <sup>b</sup>	34,0
F2T1	7,4 <sup>c</sup>	0,3	1,9	75,8 <sup>c</sup>	1,63 <sup>bc</sup>	7,6 <sup>b</sup>	28,1
F2T2	7,5 <sup>c</sup>	0,3	1,7	76,31 <sup>bc</sup>	1,80 <sup>bc</sup>	8,4 <sup>a</sup>	27,3
F2T3	7,9 <sup>bc</sup>	0,3	1,9	76,7 <sup>b</sup>	2,02 <sup>ab</sup>	8,5 <sup>a</sup>	29,5
F2T4	8,7 <sup>a</sup>	0,3	1,8	76,1 <sup>bc</sup>	2,23 <sup>ab</sup>	8,4 <sup>a</sup>	33,7
F3T1	8,4 <sup>a</sup>	0,3	2,3	79,1 <sup>a</sup>	1,85 <sup>bc</sup>	7,8 <sup>b</sup>	26,9
F3T2	8,4 <sup>ab</sup>	0,3	1,7	80,3 <sup>a</sup>	2,12 <sup>ab</sup>	8,1 <sup>ab</sup>	33,7
F3T3	9,3 <sup>a</sup>	0,2	1,6	80,1 <sup>a</sup>	2,32 <sup>ab</sup>	8,3 <sup>a</sup>	28,9
F3T4	8,9 <sup>a</sup>	0,1	1,8	80,4 <sup>a</sup>	2,36 <sup>ab</sup>	8,3 <sup>a</sup>	35,9
F4T1	9,0 <sup>a</sup>	0,3	2,0	80,0 <sup>a</sup>	1,87 <sup>bc</sup>	7,8 <sup>b</sup>	27,6
F4T2	8,0 <sup>ab</sup>	0,2	1,9	79,7 <sup>a</sup>	2,28 <sup>ab</sup>	8,1 <sup>ab</sup>	32,8
F4T3	7,7 <sup>bc</sup>	0,3	1,9	79,7 <sup>a</sup>	2,48 <sup>ab</sup>	8,3 <sup>a</sup>	33,2
F4T4	7,9 <sup>bc</sup>	0,1	1,9	80,3 <sup>a</sup>	2,51 <sup>ab</sup>	8,1 <sup>ab</sup>	32,5

Keterangan F1 : fermentasi spontan (menggunakan air)  
 F2 : fermentasi menggunakan ragi tape  
 F3 : fermentasi menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*  
 F4 : fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei*  
 T1 : 20 jam  
 T2 : 40 jam  
 T3 : 60 jam  
 T4 : 80 jam  
 Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%

Kadar abu tepung jagung berkisar antara 0,13 sampai 0,35% (Tabel 1). Hasil tersebut sesuai dengan SNI 01-3727 (1995) untuk tepung jagung yaitu kadar abu maksimum 1,5%. Terjadi penurunan kadar abu pada akhir fermentasi bukan karena proses fermentasinya tetapi karena adanya pelepasan mineral pada saat perendaman. Hal tersebut sesuai dengan Aini dkk. (2010), bahwa pada saat proses fermentasi, terjadi *leaching* sebagian mineral pada air perendaman. Hasil tersebut juga mendukung De Angelis dkk. (2006), bahwa kadar abu tidak dipengaruhi oleh fermentasi kecuali pada saat proses fermentasi tersebut ditambahkan garam dan terjadi *leaching* saat bagian yang cair dipisahkan dari makanan yang difermentasi.

Kadar protein terlarut tepung jagung berkisar antara 1,30 sampai 2,51%. Fermentasi dapat meningkatkan kadar protein terlarut karena saat proses fermentasi *Lactobacillus casei* akan merombak substrat berupa pati dan menghasilkan sejumlah besar asam laktat. Asam laktat yang dihasilkan akan menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya (Corsetti dan Settani, 2007). Dengan kondisi demikian, protein yang terlarut terhidrolisis menjadi asam amino sehingga kadar protein terlarut dalam sampel meningkat. Chelule dkk. (2010) melaporkan bahwa penggunaan bakteri asam laktat dalam proses fermentasi dapat meningkatkan palatabilitas makanan dan meningkatkan kualitas makanan yaitu peningkatan ketersediaan protein dan vitamin.

Semakin lama waktu yang digunakan, semakin tinggi kadar protein terlarut dari tepung yang dihasilkan. Semakin lama fermentasi, asam laktat yang dihasilkan semakin banyak, namun apabila terlalu lama akan mempengaruhi rasa dan aroma tepung yang dihasilkan.

Kadar protein total tepung jagung berada pada kisaran 7,19 sampai 8,46%. Kadar protein tepung jagung ini lebih tinggi dibandingkan dengan Richana dkk. (2010) yaitu 5,07-6,84%; akan tetapi lebih rendah dibandingkan hasil oleh Aini dkk. (2010), yaitu 8,7-10%; serta menurut Singh dkk. (2009) yaitu 5,4 sampai 12,9%. Tepung jagung memiliki kadar protein hampir setara dengan tepung terigu berprotein rendah, yaitu 8 sampai 11%, sehingga dapat diaplikasikan ke beberapa produk pangan yang memerlukan tepung terigu berkadar protein rendah dan tidak mengalami pengembangan.

Tepung jagung terfermentasi memiliki kadar amilosa 26,9 sampai 35,9%. Hasil ini sesuai dengan Aini dkk. (2010) yang menyatakan bahwa kadar amilosa jagung putih Lokal Canggal adalah 31,05%. Pada penelitian ini, waktu fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa, sedangkan menurut Aini dkk (2010), fermentasi jagung selama 72 jam menurunkan kadar amilosa tepung jagung yang dihasilkan aktivitas mikroorganisme yang bersifat amilolitik.

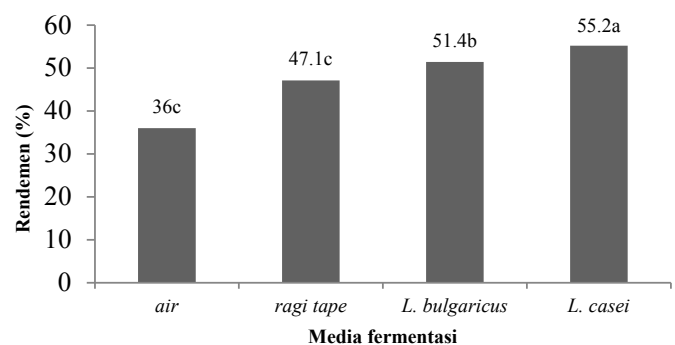
Amilosa merupakan polimer linier dari  $\alpha$ -D glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$ -(1- 4)-D-glukosa. Pada saat

aplikasi ke dalam produk pangan, amilosa terutama berperan terhadap tekstur produk. Hal ini seperti yang dinyatakan Baik dan Lee (2003), bahwa semakin tinggi kadar amilosa, produk memiliki tekstur yang semakin padat. Hal ini disebabkan semakin tinggi kadar amilosa, kapasitas penyerapan air dan elastisitas semakin menurun sehingga kekerasan semakin meningkat. Pada penelitian ini, kadar amilosa tidak berbeda nyata antar perlakuan, sedangkan kadar patinya berbeda nyata. Perubahan kadar pati tidak ditunjukkan oleh adanya perbedaan nyata pada kadar amilosa.

### Rendemen

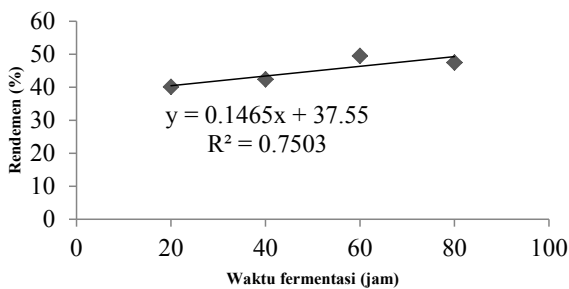
Media fermentasi dan waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap rendemen tepung jagung yang dihasilkan, sedangkan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen. Gambar 1 menyajikan rata-rata rendemen tepung jagung berdasarkan media fermentasi. Fermentasi jagung secara spontan menghasilkan rendemen tepung jagung paling rendah (36%) yang dihasilkan pada waktu perendaman selama 20 jam, sedangkan fermentasi jagung menggunakan *Lactobacillus casei* menghasilkan rendemen paling tinggi (55,2%) yang dihasilkan pada waktu perendaman 60 jam. Adanya bakteri-bakteri asam laktat (termasuk *L. bulgaricus* dan *L.casei*) mampu mendegradasi dinding sel jagung, sehingga granula pati keluar dari sel yang mempermudah proses penggilingan. *L. bulgaricus* dan *L. casei* juga memiliki kemampuan mendegradasi pati yang terkandung dalam media pertumbuhannya menjadi gula sederhana, mendegradasi protein dan peptida menjadi asam amino (Ganzle dkk., 2008).

Selama fermentasi jagung dengan ragi tape juga terjadi perombakan pada struktur jagung yang diakibatkan oleh aktifitas mikroorganisme. Ragi tape mengandung mikrobial, seperti *Saccharomyces cereviciae* yang dapat menghidrolisis pati menjadi gula. Menurut Sandhu dkk. (2007), adanya penurunan kandungan komponen saat fermentasi, diduga disebabkan adanya perombakan bahan organik oleh mikroorganisme.



Gambar 1. Rendemen tepung jagung yang diproses dengan variasi media fermentasi

Fermentasi jagung selama 60 jam menghasilkan tepung jagung yang memiliki rendemen terbanyak (49,5%) dibandingkan fermentasi jagung selama 20 (40,1%), 40 (42,4%) dan 80 jam (47,5%) (Gambar 2). Fermentasi menyebabkan biji jagung mengembang sehingga biji menjadi lebih lunak. Menurut Singh dkk. (2009), perendaman butiran jagung pada proses fermentasi mengubah bagian yang keras pada endosperm (*horny endosperm*) menjadi bagian yang lunak (*floury endosperm*) dan lebih mudah digiling. Hal tersebut mengakibatkan adanya peningkatan rendemen dengan meningkatnya waktu fermentasi yang mengikuti persamaan  $y = 0,146x + 37,55 (R^2 = 0,75)$ .



Gambar 2. Perubahan rendemen tepung jagung selama fermentasi

Larutan yang digunakan sebagai media fermentasi masuk kedalam biji jagung, yang mengakibatkan biji mengembang dan menjadi lunak. Semakin lama proses fermentasi, semakin banyak cairan yang masuk ke dalam biji sehingga memudahkan proses penghancuran biji dan dihasilkan rendemen tepung yang lebih banyak. Proses fermentasi melunakkan struktur jagung awal yaitu kristalin yang memiliki tekstur keras menjadi lebih *amorf* yang memiliki tekstur lunak sehingga dapat meningkatkan rendemen tepung jagung. Semakin lama fermentasi pada jagung menghasilkan rendemen tepung jagung yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini sesuai dengan Singh dkk. (2009) bahwa fermentasi melunakkan struktur jagung sehingga proses penggilingan menjadi lebih mudah sehingga semakin lama proses fermentasi, tepung jagung lebih banyak terdistribusi pada ukuran partikel yang kecil. Fermentasi selama 80 jam menghasilkan rendemen tepung jagung sedikit lebih rendah daripada fermentasi selama 60 jam paling rendah, kemungkinan karena adanya *leaching* jagung dalam media perendam, seperti yang dinyatakan bahwa Yuan dkk (2008) bahwa fermentasi butiran jagung dalam air dapat mengakibatkan proses *leaching*.

### Kapasitas Penyerapan Air

Media fermentasi, lama fermentasi dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas

penyerapan air tepung jagung termodifikasi. Tepung jagung termodifikasi memiliki kapasitas penyerapan air berkisar 117,8-146,1% bk.

Kapasitas penyerapan air merupakan kemampuan untuk menyerap air dan menahannya dalam suatu sistem pangan. Penyerapan dan pengikatan air merupakan salah satu sifat fungsional protein. Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakan. Bila jumlah air kurang maka pembentukan gel tidak mencapai kondisi optimum.

Kapasitas penyerapan air juga mempengaruhi kemudahan dalam penghomogenan adonan tepung ketika dicampurkan dengan air. Tepung dengan daya serap air yang tinggi cenderung lebih cepat dihomogenkan. Adonan homogen ini akan berpengaruh terhadap kualitas hasil pengukusan. Tepung yang homogen, setelah dikukus akan mengalami gelatinisasi yang merata yang ditandai tidak terdapatnya spot-spot putih atau kuning pucat pada adonan yang telah dikukus (Tam dkk., 2004).

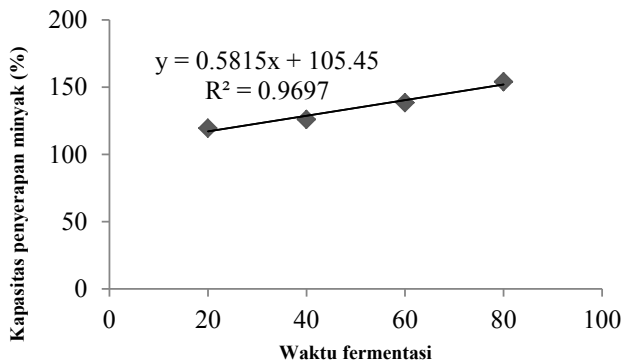
Proses fermentasi cenderung menyebabkan peningkatan kapasitas penyerapan air tepung jagung termodifikasi. Jagung yang mengembang akibat menyerap air selama perendaman memudahkan penyerapan air karena pecahnya molekul kompleks menjadi lebih sederhana. Menurut Chelule dkk. (2010), semakin lama waktu fermentasi, degradasi makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana semakin besar. Makromolekul yang tadinya relatif kompak menjadi agak berporous karena terpecah menjadi molekul sederhana berbobot massa kecil sehingga agak renggang dan lebih mudah menyerap air.

### Kapasitas Penyerapan Minyak

Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kapasitas penyerapan minyak tepung jagung, sedangkan media fermentasi dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Kapasitas penyerapan minyak memiliki kecenderungan meningkat selama proses fermentasi (Gambar 3). Kapasitas penyerapan minyak dipengaruhi kadar protein dan lemak, seperti yang dinyatakan Aini dkk. (2010) bahwa semakin besar kadar lemak atau protein, semakin besar kapasitas penyerapan minyak. Hal ini berhubungan dengan mekanisme kapasitas penyerapan minyak yang disebabkan pemerangkapan minyak secara fisik dengan gaya kapiler dan peran hidrofobisitas protein. Hal ini juga sesuai dengan Sirivongpaisal (2008) yang menyatakan bahwa kapasitas penyerapan minyak pada tepung *bambara groundnut* lebih besar daripada pati *bambara groundnut* karena kadar protein dan lemak yang lebih tinggi pada tepung, yang dapat memerangkap lebih banyak minyak.

Kapasitas penyerapan minyak juga dipengaruhi struktur pati. Jagung yang mengembang akibat menyerap air selama perendaman juga memudahkan penyerapan

minyak karena pecahnya molekul kompleks menjadi lebih sederhana. Menurut Chelule dkk. (2010), semakin lama waktu fermentasi, degradasi makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana semakin besar. Makromolekul yang tadinya relatif kompak menjadi agak berporous karena terpecah menjadi molekul sederhana berbobot massa kecil sehingga agak renggang dan lebih mudah menyerap minyak. Kapasitas penyerapan minyak tepung jagung ini memiliki korelasi tinggi dengan waktu fermentasi jagung, yang dapat dinyatakan dengan persamaan  $y = 0,581x + 105,4$  ( $R^2 = 0,969$ ).



Gambar 3. Kapasitas penyerapan minyak tepung jagung yang dipengaruhi lama fermentasi

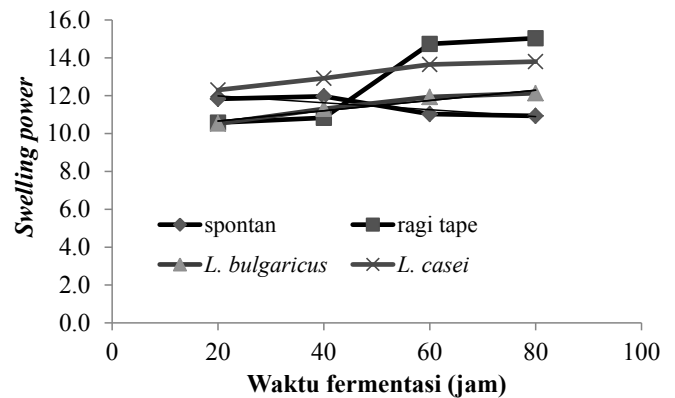
Penyerapan minyak merupakan sifat penting dalam formulasi makanan karena dapat memperbaiki flavor dan *mouthfeel* makanan. Menurut Odoemelum (2003), pada umumnya protein yang bersifat hidrofobik memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mengikat minyak. Kapasitas penyerapan minyak tepung jagung ini lebih besar daripada tepung terigu, yaitu 84,2%.

### Swelling Power

*Swelling power* tepung jagung dipengaruhi oleh interaksi antara jenis fermentasi dan waktu fermentasi jagung pada pembuatan tepung jagung termodifikasi. Interaksi kombinasi perlakuan pengolahan tepung jagung termodifikasi berkisar antara 10,5 sampai 15% (Gambar 4).

Tepung jagung yang dibuat melalui fermentasi menggunakan ragi tape memiliki peningkatan *swelling power* lebih tajam setelah 40 jam fermentasi (Gambar 4). Ragi tape mengandung enzim selulase yang dihasilkan oleh *Aspergillus* sehingga mampu merombak selulosa yang terdapat pada jagung. Hal tersebut mengakibatkan granula pati jagung lebih porous sehingga mampu menyerap air pada saat pati dipanaskan. Pengembangan granula pati juga disebabkan masuknya air kedalam granula dan terperangkap pada susunan molekul penyusun pati.

*Swelling power* dipengaruhi oleh kadar lemak dan pati dalam tepung jagung. Kadar pati yang cukup tinggi (73,34



Gambar 4. *Swelling power* tepung jagung termodifikasi yang dipengaruhi jenis dan waktu fermentasi

sampai 80,43%) mengakibatkan *swelling power* tepung jagung dengan jenis perendam bakteri asam laktat cukup rendah. Hubungan *swelling power* dengan kadar lemak menunjukkan bahwa ketika kandungan lemak dalam pati dikurangi, maka terjadinya pengembangan (*swelling*) semakin cepat (Sung dan Stone, 2004).

Semakin lama proses fermentasi jagung, semakin besar *swelling power* tepung jagung termodifikasi. Hal ini diduga karena semakin lama proses fermentasi maka semakin banyak pati yang dipecah. Pemecahan pati mampu meningkatkan *swelling power* karena granula pati yang terpecah mampu mengikat air pada saat dipanaskan.

*Swelling power* dipengaruhi oleh adanya pemecahan granula pati, amilosa dan amilopektin yang mampu berikatan dengan air pada saat terjadi proses pemanasan. Daya ikat tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu (1) perbandingan amilosa dan amilopektin, (2) bobot molekul amilosa dan amilopektin, (3) distribusi bobot molekul, (4) derajat percabangan, dan (5) panjang dari cabang molekul amilopektin terluar yang dapat berperan dalam kumpulan ikatan (Yuan dkk., 2008).

### Sifat Gelatinisasi Tepung Jagung

Pengukuran sifat gelatinisasi dilakukan untuk mengetahui karakter tepung jagung selama pemasakan. Parameter yang diamati meliputi suhu awal gelatinisasi, viskositas maksimum, suhu puncak gelatinisasi, *breakdown viscosity*, dan *setback viscosity*. Data hasil pengukuran sifat gelatinisasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.

### Suhu dan Waktu Awal Gelatinisasi; Suhu Puncak Gelatinisasi

Suhu awal gelatinisasi menunjukkan suhu awal meningkatnya viskositas pati saat dipanaskan atau awal terjadinya gelatinisasi. Waktu pertama kali terjadi

Tabel 2. Sifat gelatinisasi tepung jagung

Sampel	Viskositas maksimum (BU)	Breakdown viscosity (BU)	Setback viscosity (BU)	Waktu awal gelatinisasi (menit)	suhu awal gelatinisasi (°C)	suhu puncak gelatinisasi (°C)
F1T1	3068,5	1412,0 <sup>a</sup>	2682,5	7,5 <sup>b</sup>	78,8	81,7
F1T2	2350,0	764,5 <sup>e</sup>	2092,5	8,5 <sup>ab</sup>	83,9	86,5
F1T3	2811,5	1301,5 <sup>b</sup>	2006,0	8,3 <sup>ab</sup>	81,3	88,5
F1T4	2747,5	1151,5 <sup>c</sup>	1951,5	8,6 <sup>a</sup>	82,3	86,2
F2T1	3143,0	1489,5 <sup>a</sup>	2715,0	7,9 <sup>b</sup>	78,7	81,8
F2T2	2753,0	1298,5 <sup>b</sup>	2015,0	8,1 <sup>b</sup>	80,3	87,4
F2T3	2768,5	1279,0 <sup>b</sup>	1989,0	8,5 <sup>ab</sup>	83,0	85,5
F2T4	2751,5	1286,5 <sup>b</sup>	1803,0	9,3 <sup>a</sup>	85,3	87
F3T1	2802,5	716,5 <sup>e</sup>	2229,5	8,1 <sup>b</sup>	81,7	84,8
F3T2	2293,0	736,0 <sup>e</sup>	2097,0	7,5 <sup>b</sup>	78,1	85,9
F3T3	2435,5	832,5 <sup>e</sup>	2114,0	9,5 <sup>a</sup>	85,5	87,3
F3T4	2182,5	701,5 <sup>e</sup>	1878,5	7,8 <sup>b</sup>	78,1	86,4
F4T1	1987,0	745,0 <sup>e</sup>	1624,0	7,5 <sup>b</sup>	78,5	82,5
F4T2	1736,0	982,0 <sup>d</sup>	1738,0	7,5 <sup>b</sup>	76,0	83,5
F4T3	1646,0	402,0 <sup>f</sup>	1575,0	6,5 <sup>c</sup>	72,0	74,0
F4T4	2123,0	745,0 <sup>e</sup>	1620,0	7,3	75,0	78,0

Keterangan F1 : fermentasi spontan (mengggunakan air)  
 F2 : fermentasi menggunakan ragi tape  
 F3 : fermentasi menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*  
 F4 : fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei*  
 T1 : 20 jam  
 T2 : 40 jam  
 T3 : 60 jam  
 T4 : 80 jam

kenaikan viskositas disebut waktu awal gelatinisasi. Peningkatan viskositas disebabkan terjadi penyerapan air dan pembengkakan granula pati yang *irreversible* di dalam air, dimana energi kinetik molekul-molekul air lebih kuat daripada daya tarik menarik pati di dalam granula.

Saat suspensi pati mencapai viskositas maksimum yaitu pada waktu granula pati mencapai pengembangan maksimum hingga selanjutnya pecah, saat itu dicapai suhu puncak gelatinisasi. Granula pati mengalami pengembangan dan semakin lama perendaman bagian yang *amorf*, terutama amilosa dapat mengalami *leaching*.

Suhu awal gelatinisasi tepung jagung termodifikasi berada pada kisaran 72-85,5 °C yang dapat dicapai selama 7,5-9,5 menit. Suhu awal gelatinisasi ini mendekati suhu gelatinisasi tepung jagung termodifikasi spontan selama 0-72 jam, yaitu pada range 76,2-85,2 °C. Nilai suhu awal gelatinisasi paling rendah (72 °C) dicapai melalui fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam. Suhu awal ini lebih tinggi dari suhu awal gelatinisasi tepung jagung tanpa modifikasi menurut Sandhu dkk. (2007) yaitu 60-

72 °C. Penurunan suhu gelatinisasi merupakan akibat dari melemahnya struktur selama proses fermentasi. Selama fermentasi jagung, granula pati mengalami pengembangan, dan semakin lama perendaman bagian amilosa yang *amorf* dapat mengalami *leaching*. Adanya *leaching* mengakibatkan partikel tepung jagung yang dihasilkan mudah tergelatinisasi sehingga suhu gelatinisasi menurun.

Suhu awal gelatinisasi tepung jagung termodifikasi lebih tinggi daripada tepung jagung non modifikasi, namun tidak memerlukan waktu lama untuk menyelesaikan proses pemasakan. Hal ini dapat dilihat dari suhu puncak gelatinisasi tepung jagung yang tidak berbeda jauh dengan suhu awal gelatinisasi, yaitu 74-88,5 °C. Tepung jagung tanpa modifikasi memiliki suhu puncak gelatinisasi 82 °C.

Tepung jagung termodifikasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam memerlukan waktu awal gelatinisasi paling singkat (6,5 menit) dan suhu puncak gelatinisasi paling rendah (74 °C). Waktu gelatinisasi yang singkat ini akan menurunkan biaya, sedangkan suhu gelatinisasi yang rendah akan mempersingkat proses pengolahan.

Suhu gelatinisasi dipengaruhi oleh kadar lemak dan kadar amilosa tepung jagung termodifikasi, seperti yang dinyatakan Aini dkk (2010). Keberadaan lemak menyebabkan suhu puncak meningkat, sebab kompleks amilosa-lemak cenderung mencegah terjadinya pengembangan granula pati secara berlebihan. Daya ikat tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu (1) perbandingan amilosa dan amilopektin, (2) bobot molekul amilosa dan amilopektin, (3) distribusi bobot molekul, (4) derajat percabangan, dan (5) panjang dari cabang molekul amilopektin terluar yang dapat berperan dalam kumpulan ikatan.

### Viskositas Maksimum

Pada saat suspensi pati dipanaskan, granula yang mulai mengembang sejak mencapai suhu gelatinisasi akan terus mengembang. Selama gelatinisasi, amilosa mengalami *leaching* dari granula pati dan bersama amilopektin menjadi sangat terhidrasi. Hal tersebut mengakibatkan suspensi menjadi lebih jernih dan viskositas meningkat terus sampai mencapai puncak, saat granula mengalami hidrasi maksimum.

Viskositas maksimum merupakan titik puncak viskositas adonan pada proses pemanasan yang merupakan indikator kemudahan jika dimasak. Viskositas maksimum juga menunjukkan kekuatan adonan, yang terbentuk dari gelatinisasi selama pengolahan dalam aplikasi makanan. Viskositas maksimum tepung jagung termodifikasi berada pada kisaran 1646 -3143 BU. Tepung jagung yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam memiliki viskositas maksimum terendah (1646 BU). Viskositas maksimal tepung jagung termodifikasi yang rendah diharapkan lebih memudahkan aplikasinya pada produk pangan (Yuan dkk., 2008).

Viskositas maksimum tepung jagung turun dengan adanya fermentasi (Tabel 2). Selama fermentasi terjadi *leaching* pati, terutama granula pati yang bersifat amorf yaitu amilosa sehingga viskositas maksimum tepung jagung terfermentasi menggunakan ragi tape, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus casei* lebih rendah dibanding yang direndam air. Hal ini sejalan dengan Onyango dkk. (2003) bahwa pada fermentasi sereal menjadi ogi terjadi penurunan viskositas. Dufour (2006) juga menyatakan bahwa pada adonan ubi kayu yang difermentasi, terjadi penurunan viskositas maksimum.

Viskositas maksimum dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kadar amilosa, kadar protein, kadar lemak, dan ukuran granula (Aini dkk., 2010). Pengembangan granula terutama dipengaruhi oleh keberadaan lemak dalam bahan yang mampu menghalangi pengembangan granula dengan membentuk kompleks inklusi amilosa-lemak sehingga dihasilkan viskositas maksimum yang rendah (Baah, 2009). Pati deproteinasi mempunyai viskositas lebih tinggi karena

pengembangan lebih besar karena protein dapat menghambat pengembangan pati dan peningkatan viskositas selama pemanasan.

### Breakdown dan Setback Viscosity

*Breakdown viscosity* merupakan penurunan viskositas yang terjadi dari viskositas maksimum menuju viskositas terendah ketika suspensi dipanaskan pada 95 °C selama 10 menit. *Breakdown viscosity* menggambarkan kestabilan pasta pati terhadap proses pemanasan. Semakin rendah *breakdown viscosity*, maka pati semakin stabil pada kondisi panas. Nilai *breakdown viscosity* besar menunjukkan bahwa granula-granula tepung yang telah membengkak bersifat rapuh dan tidak tahan terhadap pemanasan.

*Breakdown viscosity* tepung jagung termodifikasi berada pada kisaran 402-1489 BU. Tepung jagung yang dibuat melalui proses fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* memiliki *breakdown viscosity* paling rendah (402 BU) sehingga paling stabil terhadap pemanasan.

*Setback viscosity* adalah kenaikan viskositas ketika pasta pati didinginkan yang disebabkan oleh retrogradasi pati. Menurut Singh dkk. (2009), selama pendinginan, antar molekul pati terutama amilosa akan berkumpul kembali menghasilkan pembentukan struktur gel dan viskositas meningkat. Peningkatan viskositas saat pendinginan menunjukkan kecenderungan berkumpulnya kembali pati yang merefleksikan kecenderungan produk untuk teretrogradasi.

*Setback viscosity* digunakan untuk mengukur kecenderungan retrogradasi maupun sineresis dari pasta. Semakin tinggi *setback viscosity*, proses retrogradasi semakin kuat dan bila nilainya semakin negatif, yang terjadi adalah proses sineresis. Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi, sedangkan sineresis adalah keluarnya air dari granula-granula pati.

Nilai *setback viscosity* tepung jagung termodifikasi berada pada kisaran 1575 - 2715 BU. Tepung jagung yang dibuat melalui fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam memiliki *setback viscosity* terendah (1575 BU). Hal ini menunjukkan bahwa tepung jagung tersebut memiliki stabilitas paling baik terhadap retrogradasi.

Beberapa karakter kimia tepung mempengaruhi stabilitas tepung selama pemanasan dan pendinginan (*breakdown* dan *setback viscosity*), yang paling utama adalah kadar lemak dan amilosa. Hal ini didukung oleh Singh dkk. (2009) bahwa pembentukan kompleks amilosa-lipid akan menghambat pengembangan granula pati. Pada saat gelatinisasi, amilosa keluar dari granula pati dan membentuk kompleks inklusi amilosa-lemak. Pembentukan kompleks ini mengurangi kecenderungan amilosa untuk berikatan, membentuk gel dan teretrogradasi sehingga menghambat kecepatan pengerasan selama pemanasan.



## Pembahasan Umum

Tepung jagung termodifikasi memiliki kecenderungan berbeda dengan tepung jagung alami. Proses fermentasi dapat memecah komponen-komponen kompleks menjadi lebih sederhana sehingga dapat mengubah sifat kimia, fisik dan fungsional tepung jagung. Penambahan bahan perendam seperti ragi tape, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus casei* mampu menghasilkan enzim yang dapat mempercepat proses degradasi.

Tepung jagung yang dibuat melalui fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam memiliki karakter yang cukup baik seperti suhu puncak gelatinisasi lebih rendah dan waktu gelatinisasi lebih singkat dibanding tepung jagung tanpa modifikasi. Waktu gelatinisasi yang singkat akan menurunkan biaya, sedangkan suhu gelatinisasi yang rendah akan mempersingkat proses pengolahan. Tepung jagung tersebut juga stabil selama pemanasan, ditunjukkan dari *breakdown viscosity* yang rendah. Karakter positif yang lain dari tepung jagung yang dibuat melalui fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* tersebut adalah tahan terhadap retrogradasi dan sineresis, yang ditunjukkan dari nilai *setback viscosity* rendah.

Karakter lain tepung jagung termodifikasi tersebut adalah kapasitas penyerapan air rendah sedangkan kapasitas penyerapan minyak tinggi. Tepung dengan karakteristik fungsional seperti itu yang cocok diaplikasikan pada biskuit. Hal ini disebabkan tepung yang mampu mengikat minyak lebih besar maka akan mampu mengikat bahan tambahan seperti telur dan margarine secara optimum. Kapasitas penyerapan air yang rendah mengakibatkan pada proses pengolahan tidak banyak menyerap air sehingga densitas kamba produk rendah dan konsumen tidak cepat merasa kenyang.

## KESIMPULAN

Tepung jagung yang memiliki sifat fungsional terbaik (dilihat dari sifat gelatinisasinya) adalah tepung jagung yang dihasilkan dengan metode fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* selama 60 jam. Sifat gelatinisasi tepung jagung tersebut adalah: suhu awal gelatinisasi 72 °C, viskositas maksimum 1646 BU, suhu puncak gelatinisasi 74 °C, *breakdown viscosity* 402 BU dan *setback viscosity* 1575 BU. Tepung jagung memiliki kadar air 7,68%, kadar abu 0,27%, kadar protein terlarut 2,48%, protein total 8,27%, kadar amilosa 33,1%, kapasitas penyerapan air 117,8%, kapasitas penyerapan minyak 149,5% dan *swelling power* 13,8%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana penelitian melalui Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi 2012-2013, dan kepada Vanessa Len Cahya serta Chatarina Dety Aprilia yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.R. dan Andarwulan, N. (2010). Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **21**: 18-24.
- AOAC International (2007). *Official Methods of Analysis 18<sup>th</sup> Ed.* Gaithersburg, MD, Method 2007.04
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati dan Budiyanto S. (1989). *Analisa Pangan*. IPB Press, Bogor.
- Baah, D.F. (2009). *Characterization of Water Yam (Dioscorea alata) for Existing and Potensial food Products*. Thesis. Faculty of Biosciences, Kwame Nkrumah University, Nigeria.
- Badan Pusat Statistik (2014). <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/868>. [Diakses 4 Desember 2012]
- Badan Standarisasi Nasional (1995). *Standar Nasional Indonesia. SNI 01-3727-1995 Tepung Jagung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Baik, Byung-K. dan Lee, Mee-R. (2003). Effects of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles. *Cereal Chemistry* **80**(3): 304-309.
- Chanvrier, H., Valley, G.D. dan Lourdin. D. (2006). Mechanical behaviour of corn flour and starch-zein based materials in the glassy state: A matrix-particle interpretation. *Carbohydrate Polymers* **65**(3): 346-356.
- Chelule, P.K., Mokoena, M.P. dan Ggaleni, N. (2010). Advantages of traditional lactic acid bacteria fermentation of food in Africa. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biothechnology* **2**: 1160-1167.
- Corsetti, A. dan Settani, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International* **40**: 539-558.

- De Angelis, M., Coda, R., Silano, M., Minervini, F., Rizzello, C.G., Di Cagno, R., Vicentini, O., De Vincenzi, M. dan Gobbetti, M. (2006). Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease coeliac intolerance to rye flour. *Journal of Cereal Science* **43**: 301-314.
- Dufour, D., Larssonneur, S., Alarcon, F., Brabet, C. dan Chuzel, G. (2006). Improving the bread-making potential of cassava sour starch. *Dalam: Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development*. [http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/cassava\\_flour/pdf](http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/cassava_flour/pdf). [Diakses 30 Maret 2006].
- Ganzle, M.G., Lopenon, J. dan Gobbetti, M. (2008). Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in Food Science and Technology* **19**: 513-521.
- Gerez, L.C., Rollan, G.C. dan Font de Valdez, G. (2006). Gluten breakdown by *Lactobacilli* and *pediococci* strains isolated from sourdough. *Letters in Applied Microbiology* **42**(5): 459-464.
- Hung, P.V. dan Morita, N. (2004). Dough properties and bread quality of flours supplemented with cross-linked cornstarches. *Food Research International* **37**(5): 461-467.
- Kadan, R.S., Bryant, R.J., Pepperman, A.B. (2003). Functional properties of extruded rice flours. *Journal of Food Science* **68**(5): 1669-1672.
- Odoemelam, S.A. (2003). Chemical composition and functional properties of conophor nut (*Tetracarpidium conophorum*) flour. *International Journal of Food Science and Technology* **38**(6): 729-734.
- Onyango C., Okoth, M.W. dan Mbugua, S.K. (2003). The pasting behaviour of lactic-fermented and dried uji (an East African sour porridge). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **83**: 1412-1418.
- Richana, N., Budiyo, A. dan Mulyawati, I. (2010). Pembuatan tepung jagung termodifikasi dan pemanfaatannya untuk roti. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*.
- Sandhu, K.S., Singh, N. dan Malhi, N.S. (2007). Some properties of corn grains and their flours I: physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. *Food Chemistry* **101**(3): 938-946.
- Singh, N., Bedi, R., Garg, R., Garg, M. dan Singh, J. (2009). Physico-chemical, thermal and pasting properties of fractions obtained during three successive reduction milling of different corn types. *Food Chemistry* **113**(1): 71-77.
- Sirivongpaisal, P. (2008). Structure and functional properties of starch and flour from bambarra groundnut. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* **30**: 51-56.
- Suliantari dan Rahayu, W.P. (1990). *Teknologi Fermentasi Umbi-umbian dan Biji-bijian*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sung, C.W. dan Stone, M. (2004). Characterization of legume starches and their noodle quality. *Journal of Marine Science and Technology* **12**(1): 25-32.
- Tam, L.M., Corke, H., Tan, W.T., Li, J. dan Collado, L.S. (2004). Production of bihon-type noodle from maize starch differing in amyloza content. *Cereal Chemistry* **81**(4): 475-480.
- Yuan, M.L., Lu, Z.H., Cheng, Y.Q. dan Li, L.T. (2008). Effect of spontaneous fermentation on the physical properties of corn starch and rheological characteristics of corn starch noodle. *Journal of Food Engineering* **85**(1): 12-17.