

## PROSES PENYIAPAN GRITS JAGUNG UNTUK PRODUKSI TEPUNG JAGUNG

### CORN GRITS PREPARATION PROCESS FOR CORN FLOUR PRODUCTION

Aton Yulianto <sup>1)\*</sup>, E. Gumbira-Sa'id <sup>2)</sup>, Titi Candra Sunarti <sup>2)</sup>, Bambang Hariyanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Teknologi Agroindustri, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi,  
Jl.MH Thamrin No.8 Jakarta  
Email: aytiaraipb@gmail.com

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

#### ABSTRACT

*This study was aimed to get hybrid corn grits preparation process condition to produce corn flour and to study phenomenon of papain addition effect to the hardness, protein content, morphology, and rheological properties of corn flour produced. Degerminator selection was conducted on three equipment types consisting of rice polisher (type A), corn polisher (type B), and modified equipment (type C), while period of seed soaking consisted of 10, 20, 30, 40, and 50 minutes. Grits produced was incubated with papain. Incubation was carried out at room temperature (30°C) with papain concentrations of 0.1, 0.5, and 1.0% or 70.9; 354.5; and 709 U/100 ml solutions and incubation periods of 3, 6, 12, and 24 hours. Type C degerminator and 20 minutes soaking period gave the best result, which was grits fat content of 0.75% and grits yield of 61.66%. Hardness and grits protein content tend to decrease along with the increase of enzyme concentration and incubation period. Grits hardness decrease was followed by the decrease of corn flour particle size. Scanning Electron Microscope (SEM) observation shows that protein matrix disentanglement occurred on horny endosperm. Visco amilography property analysis result using RVA shows corn flour amylograph profile resulted was similar to that of the profile of commercial corn starch.*

*Keywords: corn grits, degermination, hardness, papain, corn flour, particle size*

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi proses penyiapan *grits* jagung hibrida untuk produksi tepung jagung dan mempelajari fenomena pengaruh penambahan papain terhadap kekerasan, kandungan protein, morfologi, dan sifat rheologi tepung jagung yang dihasilkan. Pemilihan degerminator dilakukan terhadap 3 (tiga) tipe peralatan, yaitu *polisher* beras (tipe A), penyosoh jagung (tipe B) dan peralatan hasil modifikasi (tipe C), sedangkan lama waktu perendaman biji dilakukan selama 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. *Grits* yang dihasilkan selanjutnya diinkubasi dengan papain pada suhu ruang (30°C), konsentrasi papain 0,1; 0,5 dan 1,0% atau 70,9; 354,5; dan 709 U/100 mL larutan, dan waktu inkubasi 3, 6, 12 dan 24 jam. Degerminator tipe C dan waktu perendaman 20 menit memberikan hasil *grits* terbaik, yaitu kandungan lemak 0,75% dan rendemen 61,66%. Kekerasan dan kandungan protein *grits* cenderung menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi enzim dan waktu inkubasi. Penurunan kekerasan *grits* tersebut diikuti dengan meningkatnya kehalusan tepung jagung yang dihasilkan. Pengamatan dengan (*Scanning Electron Microscope*) SEM menunjukkan terjadinya penguraian matriks protein pada *horny endosperm*. Hasil analisis sifat visco amilografi dengan RVA menunjukkan profil amilografi tepung yang dihasilkan memiliki kesamaan dengan profil amilografi pati jagung komersial.

Kata kunci: *grits* jagung, degerminasi, kekerasan, papain, tepung jagung, ukuran partikel

#### PENDAHULUAN

Meningkatnya konsumsi terigu dan tren penggunaan pangan lokal untuk substitusi terigu belum dapat dimanfaatkan oleh pabrik pengolahan jagung. Hal tersebut karena mutu tepung jagung yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan industri penggunaannya, terutama akibat masih kasarnya ukuran partikel tepung jagung, dimana hanya 34-36% produk tepung jagung komersial yang lolos ayakan 60 mesh (BPPT, 2009). Ukuran tersebut lebih kasar daripada terigu atau tepung beras, sehingga tepung jagung belum banyak digunakan sebagai bahan campuran produk olahan pangan.

Banyaknya penelitian pengembangan produk hilir jagung ternyata tidak diikuti dengan penelitian teknologi produksi tepung jagung sebagai bahan baku utamanya. Di sisi lain, terdapat keterbatasan teknologi untuk menghasilkan tepung jagung dengan kehalusan dan keseragaman ukuran partikel yang setara dengan tepung pangan lainnya, yang diakibatkan oleh keras dan uletnya biji jagung hibrida, sehingga tidak mudah dihaluskan menggunakan proses penggilingan kering biasa (*dry corn milling process*).

Hoseney (1994) melaporkan bahwa dalam biji jagung selain terdapat *floury endosperm* yang mudah dihaluskan juga terdapat *horny endosperm* yang keras dan liat karena granula patinya tersusun

rapat dalam sebuah matriks protein secara teratur, sehingga sulit untuk dihaluskan. Upaya membedakan bagian biji jagung yang keras dan bagian yang lunak dapat dilakukan dengan melihat secara visual dengan meletakkan di atas kaca dan menyinarinya dengan cahaya yang terang. Chandrashekar dan Mazhar (1999) melaporkan bahwa bagian yang terlihat *vitrous* (transparan) adalah bagian jagung keras (*horny endosperm*) dan bagian yang terlihat *opaque* (tidak transparan) adalah bagian jagung lunak atau *floury endosperm*

Penelitian perekayasa teknologi produksi tepung jagung menggunakan enzim papain dalam upaya meningkatkan kehalusan ukuran partikel tepung jagung belum pernah dilakukan. Penggunaan papain didasarkan pada penelitian Jonhston dan Singh (2001) yang telah meneliti pengaruh penggunaan enzim secara spesifik untuk mengurangi lama waktu perendaman dan penggunaan SO<sub>2</sub> pada proses pembuatan pati (*wet milling process*). Dilaporkan bahwa enzim tidak dapat berpenetrasi masuk ke dalam biji jagung utuh untuk memecahkan matriks protein yang mengelilingi partikel pati. Untuk itu perlu dilakukan pengecilan ukuran biji agar dapat menghilangkan hambatan difusi enzim ke dalam biji jagung. Menurut Johnston dan Singh (2004), setelah dilakukan perendaman dalam air, pengecilan ukuran biji dan perendaman dengan enzim *protease*, *cellulase*, *xylanase*, *cellobiase*, *β-glucanase*, dan kombinasinya dilaporkan bahwa enzim *protease (bromelain)* menghasilkan rendemen paling tinggi dibandingkan kelompok enzim yang lain. Disamping itu, dilaporkan juga bahwa penggunaan enzim *protease* pada biji yang pecah (*grits*) yang telah terhidrasi terbukti mampu mengurangi waktu perendaman.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi proses penyiapan *grits* jagung hibrida untuk produksi tepung jagung sehingga dapat diterapkan dalam industri rumah tangga maupun pabrik pengolahan jagung, serta mempelajari fenomena pengaruh penambahan papain terhadap kekerasan, kandungan protein, morfologi dan sifat visco amilografi tepung jagung yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian adalah jagung hibrida Pioneer 21 (P21), *crude papain powder* dari lateks papaya produksi Sigma dengan aktivitas 709 U/g (CAS Number 9001-73-4), sistein, pati jagung produksi PT. Redwood Indonesia (Indonesia), dan bahan kimia untuk analisis. Adapun peralatan yang digunakan meliputi tangki perendaman, timbangan, pengaduk, bak pencucian, wadah peniris, *stopwatch*, pH meter, *disk mill* Retsch, *siever*, neraca analitik, pengering kabinet, oven, dan peralatan untuk analisis.

Peralatan untuk analisis meliputi *Moisture Analyser* AND MX-50, spektrofotometer, *Chromameter* CR-200, mikroskop cahaya terpolarisasi Zeiss Axiolab drb KT 450905, *Scanning Electron Microscope* (SEM) Jeol JSM-6510LA, *Rapid Visco Analyzer* (RVA) Tech Master (Newport Scientific Pty Limited, Australia), *Texture analyser* Tinius Olsen tipe XT-2.

### Tata Laksana

Pembuatan tepung jagung dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap degerminasi yang bertujuan untuk memisahkan bagian *endosperm* dari *germ* (lembaga), *tip cap* (tudung pangkal biji), dan *pericarp* (kulit ari biji). Hasil degerminasi berupa jagung pecah (*grits* jagung) sebagai produk utama, serta ampok (*hominy*), dan kulit ari sebagai produk sampingnya. Pada tahap pertama dilakukan pemilihan degerminator dan waktu perendaman biji jagung. Tahap kedua adalah inkubasi *grits* jagung hasil degerminasi dengan enzim papain. Inkubasi tersebut dimaksudkan untuk menguraikan matriks protein pada *endosperm* jagung sehingga kekerasannya turun dan mudah untuk dihaluskan. *Grits* hasil inkubasi selanjutnya dihaluskan dengan *disk mill* untuk menghasilkan tepung jagung. Kadar lemak, kadar abu, kadar serat, dan ukuran partikel tepung dibandingkan dengan standar mutu tepung jagung SNI No.01-3727-1995 (BSN 1995), syarat mutu tepung terigu SNI No.3751-2009 (BSN 2009), standar mutu *cornmeal* tipe III (*degermed*) USDA No. AA20066B tahun 2008 (USDA 2008).

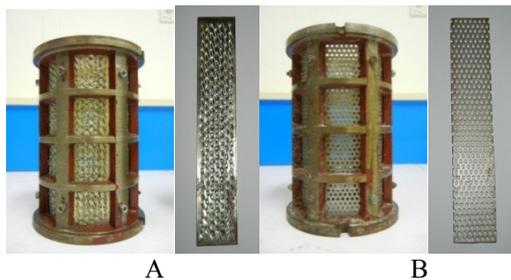
### Karakterisasi Bahan Baku

Contoh biji jagung diukur dimensi, densitas kamba, dan kekerasannya. Pengukuran kekerasan biji dan *grits* jagung dilakukan menggunakan *texture analyzer* Tinius Olsen tipe XT-2. Pengukuran kekerasan dilakukan pada rentang beban:1–100 Newton, rentang jarak deformasi: 0,1–1000mm, kecepatan: 50 mm/min, Gaya : 50 Newton, dan jarak deformasi: 0,5 mm. Selanjutnya dilakukan analisis komponen proksimatnya, meliputi kandungan protein dengan metoda *Kjeldahl* (AOAC 960.52), lemak menggunakan metode Soxhlet (AOAC 1995), kadar abu (Apriyantono *et al.*, 1989), kadar serat kasar (Apriyantono *et al.*,1989), kadar pati menggunakan metode *Luff Scrool* (Sudarmadji, 1997) dan amilosa menggunakan metode spektrofotometri (Apriyantono *et al.*, 1989).

### Pemilihan Degerminator

Degerminator yang digunakan adalah *polisher* beras (tipe A), penyosoh jagung (tipe B), dan peralatan tipe C yang merupakan hasil modifikasi peralatan tipe A. Modifikasi dilakukan dengan mengganti bentuk pamarut statis yang juga berfungsi sebagai saringan pada peralatan tipe A. Gambar 1 menunjukkan perbedaan jenis pamarut statis untuk peralatan tipe A dan tipe C. Bobot

contoh biji jagung untuk peralatan tipe A dan C adalah 5.000 g dan untuk peralatan tipe B adalah 2.500 g. Sebelum dilakukan degerminasi, contoh biji jagung direndam selama 20 menit, ditiriskan selama 20 menit, dan ditimbang. Degerminasi dilakukan selama 2 x 2,5 menit untuk peralatan tipe A dan C, sedangkan untuk peralatan tipe B dilakukan selama 1 x 35 menit. Setelah didegerminasi, selanjutnya *grits* yang dihasilkan diangin-anginkan selama 30 menit. Pengamatan dilakukan terhadap rendemen *grits* dan kadar lemak *grits* yang dihasilkan sebagai ukuran keberhasilan degerminasi.



Gambar 1. Foto bagian pamarut statis pada *polisher*, (A) pamarut pada peralatan tipe A, (B) pamarut pada peralatan tipe C

#### Pemilihan Waktu Perendaman Awal

Perendaman awal dilakukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jonhston dan Singh (2004) dan Matthews *et al.* (2005a, 2005b). Perendaman biji jagung dilakukan selama 10, 20, 30, 40 dan 50 menit dengan rasio biji jagung dan air perendaman 1,2 : 1. Perendaman dilakukan 2 kali ulangan. Bobot contoh yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas peralatan. Setelah direndam pada 5 (lima) taraf waktu perendaman, dilanjutkan dengan penirisan dan degerminasi dengan peralatan terpilih. *Grits* hasil degerminasi dan produk sampingnya diangin-anginkan selama 30 menit, kemudian ditimbang dan diukur kadar airnya. Pengamatan dilakukan terhadap rendemen, kadar lemak dan persentase jumlah *grits* yang lolos ayakan ukuran 5 mesh (5/0 mesh).

#### Penambahan Papain pada Proses Perendaman *Grits* Jagung

*Grits* hasil degerminasi selanjutnya direndam dalam larutan papain (inkubasi) pada suhu ruang (30°C) konsentrasi papain 0,1; 0,5 dan 1,0% atau 70,9; 354,5; dan 709 U/100 mL larutan selama 3, 6, 12 dan 24 jam dengan rasio padatan terhadap cairan 1,8 : 1. Percobaan dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 (dua) ulangan. *Grits* hasil inkubasi dicuci hingga 3 (tiga) kali pencucian sampai filtratnya jernih dan tidak tercium bau menyengat khas papain. *Grits* ditiriskan, dikeringkan dan ditimbang. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan pH selama inkubasi. Selanjutnya

dilakukan pengukuran kadar air, intensitas warna dengan metoda Hunter (Floyd *et al.*, 1995), kekerasan *grits* menggunakan *Texture Analysis* dan morfologi *grits* menggunakan SEM pada perbesaran 1000x tanpa *coating*.

*Grits* dihaluskan dengan *disk mill* dan diukur distribusi ukuran partikelnya menggunakan *shieve analysis mesh* dengan ukuran 60, 80 dan 100 mesh (German, 1994) sehingga diperoleh fraksi tepung jagung yang tidak lolos ayakan 60 mesh (+60 mesh), lolos ayakan 60 mesh dan tidak lolos ayakan 80 mesh (60/80 mesh), lolos ayakan 80 mesh dan tidak lolos ayakan 100 mesh (80/100), serta tepung yang lolos ayakan 100 mesh (100/0 mesh), dan dianalisis kandungan proteinnya (AOAC, 1990). Kemudian dilakukan pengamatan granula patinya pada perbesaran 200x dan sifat rheologinya menggunakan RVA. Pada tahap akhir dilakukan analisis hubungan antar variabel menggunakan *software* minitab 16.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Bahan Baku

Pemilihan biji jagung hibrida varietas P21 didasarkan pada luasnya areal pertanaman jagung petani di daerah sentra jagung di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Data statistik sarana pertanian tentang persentase penyebaran varietas jagung 2011 menunjukkan bahwa penggunaan benih jagung hibrida di Jawa Tengah mencapai 55,08%, dimana sebagian besar didominasi oleh varietas P21 dan BISI 2, sedangkan penggunaan benih varietas lokal adalah 44,04%. Sementara itu, penggunaan benih jagung hibrida di Jawa Timur sudah mencapai 77,77% dan didominasi oleh varietas P21 dan BISI 2, adapun penggunaan varietas lokal hanya 22,23% (Kementan, 2012). Menurut PT. DuPont Indonesia sebagai produsen benih jagung hibrida P21, Benih P21 (30Y87) adalah hibrida dengan hasil memuaskan di kondisi kekeringan, mempunyai potensi hasil panen ± 13.3 ton/ha pipilan kering, dimana tongkol terisi penuh (muput), ukuran tongkol kecil, batang kokoh, perakaran kuat sehingga tahan kerebahan, kelobot menutup biji dengan sempurna, dan “*Stay green*” saat panen sehingga dapat dijadikan hijauan pakan ternak (DuPont, 2013).

Tepung jagung dan pati jagung merupakan produk *intermediate* yang dihasilkan dari pabrik pengolahan jagung. Tepung jagung dihasilkan dari proses kering, sedangkan pati jagung dihasilkan dari proses basah. Adanya perbedaan tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan pada kandungan komponen proksimat tepung maupun pati jagung yang dihasilkan. Kandungan komponen proksimat tepung jagung ditentukan oleh kandungan komponen proksimat pada biji jagung sebagai bahan bakunya maupun proses degerminasinya. Kandungan komponen proksimat biji jagung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi bahan baku

Komponen	Nilai
Kadar air (%)	11,49
Kadar abu(%)	1,55
Kadar protein (%)	8,92
Kadar lemak (%)	5,44
Kadar serat kasar (%)	5,10
Kadar pati (%)	47,13
Kadar amilosa (%)	20,24
Kekerasan biji jagung (N)	87,85
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,735

Kadar air pada biji jagung dapat berpengaruh langsung terhadap proses degerminasi maupun terhadap pengujian kekerasan bijinya. Tingginya kadar air biji jagung dapat menyebabkan lembaga (*germ*) mudah pecah dan lengket selama proses degerminasi (BPPT, 2009). Hasil pengukuran kadar air sudah memenuhi standar mutu jagung sesuai SNI 01-3920-1995, yaitu 14% untuk grade I dan II (BSN, 1995).

Degerminasi merupakan titik kritis pertama untuk menghasilkan tepung jagung yang bermutu baik. Abu pada tepung jagung dapat mempengaruhi mutunya tepung karena dapat membatasi penggunaannya pada industri pangan. Oleh karena itu, proses degerminasi harus dapat menurunkan kadar abu *grits* jagung dari 1,55% menjadi maksimal 0,7% sesuai standar USDA No. AA20066B (USDA, 2008) dan maksimal 1,5% sesuai SNI 01-3727-1995 (BSN, 1995). Demikian juga kandungan serat kasar harus dapat menurunkan dari 5,1% menjadi maksimal 1,2% (USDA, 2008) dan maksimal 1,5% (BSN, 1995).

Salah satu komponen paling berharga pada jagung adalah lemak. Lemak dapat diekstrak menjadi minyak jagung dan mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi daripada pati jagung. Kandungan lemak tertinggi pada biji jagung adalah pada *germ*. Degerminasi diharapkan dapat mengurangi kadar lemak pada *grits* jagung dari 5,44% menjadi maksimal 1,5% untuk memenuhi standar USDA (USDA, 2008).

Kandungan protein pada biji jagung hibrida P21 adalah 8,92%. Nilai tersebut sesuai dengan kandungan protein jagung jenis *dent corn*, yaitu 9,1% (Watson, 2003). Di samping itu, Watson juga melaporkan bahwa kandungan protein pada biji jagung terdistribusi pada semua bagian biji, dimana kira-kira 46% protein terdistribusi pada *germ* dan hanya 21% yang terdapat pada *endosperm*, selebihnya terdistribusi dalam *tip cap* dan *pericarp*. Oleh sebab itu, *grits* jagung hasil degerminasi diduga masih mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi, yaitu lebih dari 1,9%. Terdapat empat jenis protein dalam jagung, yaitu prolamin atau zein (larut dalam alkohol 80%), glutelin (larut dalam asam atau basa), albumin (larut dalam air) dan Globulin (larut dalam garam). Pada jagung biasa

kandungan zein, glutelin, albumin, dan globulin masing-masing adalah 47,2%, 35,1%, 3,2% dan 1,5% (Inglett, 1987).

Kandungan pati pada biji jagung adalah 47,13%. Bila proses degerminasi terjadi secara sempurna, diperkirakan rendemen *grits* yang dihasilkan berkisar 58,6% (dengan kadar air *grits* 11,49). Sementara itu, kandungan amilosa biji jagung P21 adalah 20,24%. Nilai tersebut lebih rendah bila dibandingkan dengan rata-rata kandungan amilosa jagung, baik jenis gigi kuda (*dent*) maupun mutiara (*flint*) yang mengandung amilosa 25-30% dan amilopektin 70-75%. Seiring dengan kemajuan teknologi, komposisi amilosa dan amilopektin dalam biji jagung dapat dikendalikan secara genetik (Suarni dan Widowati, 2007). Adanya perbedaan pada kandungan amilosa pada pati jagung berpotensi menyebabkan terjadinya perbedaan pada sifat visco amilografinya.

Biji jagung hibrida P21 berwarna kuning kemerah-merahan dan berbentuk panjang serta pipih dengan rata-rata panjang 9,0 mm, lebar 8,0 mm, dan tebal 4,0 mm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bagian pati yang keras (*vitrous*) berada bagian sisi biji, sedangkan bagian pati yang lunak (*opaque*) di bagian tengah sampai ujung biji. Dengan ciri-ciri tersebut, maka jagung hibrida P21 dikelompokkan pada tipe *dent corn* (Subekti *et al.*, 2007).

Densitas kamba biji jagung P21 adalah 73,5 g/100 mL dan kekerasan bijinya adalah 87,85 N. Densitas kamba ini lebih kecil dibandingkan dengan densitas kamba berbagai varietas jagung hibrida yang diteliti oleh Martinez *et al.* (2006), yaitu 103-135 g/100 mL. Meskipun demikian, nilai kekerasan bijinya relatif sama, yaitu 74,51-165,69 N. Proses degerminasi dan inkubasi dengan papain diharapkan dapat menurunkan kekerasan biji dan *grits* jagung sampai pada nilai tertentu yang memudahkan proses penggilingan *grits*nya menjadi tepung jagung. Oleh karena itu, hasil pengukuran dimensi, densitas kamba dan kekerasan tersebut sangat berguna untuk menentukan kondisi proses degerminasi maupun inkubasi.

### Degerminasi

Degerminasi dimaksudkan untuk menghilangkan *germ*, *tip cap* dan *pericarp* dari *endosperm*. Watson (2003) melaporkan bahwa 80% dari 73,40% pati terdapat pada *endosperm*, sedangkan komponen non pati, seperti lemak 85,57% dari 4,40% lemak pada biji jagung terdapat pada *germ*. Demikian juga kandungan abu, 79,5% dari 1,40% abu pada biji jagung terdapat pada *germ*. Sementara itu, 9,50% serat pada biji jagung sebagian besar terdapat pada *pericarp* dan *tip cap*, masing-masing mengandung 45,08% dan 47,22% serat. Oleh karena itu, degerminasi diperkirakan dapat memisahkan sebagian besar lemak, abu dan serat dari *endosperm*. Penghilangan tersebut dapat

merubah sifat fisiko kimia dan memperbaiki sifat fungsional tepung jagung, dimana kandungan karbohidrat, daya serap air, daya pengembangan dan viskositas pasta tepung setelah didegerminasi lebih tinggi dibandingkan tepung jagung tanpa degerminasi (Houssou *et al.*, 2002). Keberhasilan degerminasi ditentukan oleh ketepatan pemilihan peralatan yang digunakan dan kondisi proses degerminasinya.

### Pemilihan Peralatan Degerminasi

Degerminasi diawali dengan perendaman biji jagung selama 20 menit. Perendaman dimaksudkan untuk membasahi bagian *pericarp*, *tip cap* dan *germ*, supaya mudah untuk dipisahkan. Bobot biji jagung setelah direndam dan ditiriskan selama 20 menit bertambah sebesar 10,85%. Pertambahan bobot tersebut disebabkan oleh penyerapan air oleh biji jagung selama perendaman. Terjadinya penambahan bobot akibat perendaman tersebut disebabkan oleh penyerapan air oleh biji atau imbibisi akibat adanya materi koloid yang hidrofil (Sadjad, 1975; Leopold, 1983; Suradinata, 1993). Rendemen *grits*, ampok, dan kulit ari jagung hasil degerminasi menggunakan ketiga tipe peralatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen *grits* dan *losses* setelah degerminasi

Tipe Peralatan	Ampok (%bb)	Kulit ari (%bb)	Rendemen (%bb)	Losses (%bb)
A	22,45	1,99	70,55	5,01
B	12,78	na	72,54	14,68
C	34,4	0,22	61,65	3,73

Keterangan:

na : kulit ari tidak terpisah dari ampok

Dari Tabel 2 diketahui bahwa peralatan tipe B memberikan rendemen *grits* paling tinggi, yaitu 72,54%, disusul peralatan tipe A 70,55%. Tingginya rendemen *grits* hasil peralatan tipe B maupun tipe A disebabkan *grits* yang dihasilkan kedua tipe alat tersebut terlihat masih kotor (masih tercampur dengan ampok dan kulit ari) bila dibandingkan dengan hasil peralatan tipe C. Hasil pengayakan ulang terhadap *grits* yang diperoleh menunjukkan terjadi penurunan persentase rendemen *grits* untuk peralatan tipe A dari 70,55% menjadi 59,63%, sedangkan untuk peralatan tipe B terjadi penurunan dari 72,54% menjadi 60,3%, dan untuk peralatan tipe C dari 61,65% turun menjadi 61,08%. Berdasarkan hasil tersebut, *grits* hasil peralatan tipe C adalah yang paling bersih. Dengan demikian, setelah dilakukan pengayakan ulang, peralatan tipe C memberikan rendemen *grits* yang paling tinggi daripada tipe A dan B.

Terdapat dua jenis produk samping yang dihasilkan selama proses degerminasi, yaitu ampok dan kulit ari. Namun untuk peralatan tipe B hanya

ada satu jenis produk samping, yaitu dedak jagung (campuran ampok dan kulit ari). Hal tersebut karena pada peralatan tipe B kulit ari tercampur dengan ampok. Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa persentase produk samping hasil peralatan tipe C adalah yang paling besar bila dibandingkan dengan tipe A maupun B, yaitu sebesar 34,62%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemisahan *grits* dengan produk samping pada peralatan tipe C lebih baik daripada kedua tipe peralatan lainnya. Hasil tersebut sesuai dengan rata-rata persentase produk samping yang dihasilkan pabrik pengolahan jagung proses kering di USA sebagaimana yang dilaporkan oleh Sharma *et al.* (2008) bahwa ampok sebagai produk samping proses kering pengolahan jagung rata-rata mencapai 35% dari jumlah jagung yang diolah.

Tingginya rendemen dan kebersihan *grits* hasil degerminasi dengan peralatan tipe C juga dapat dilihat dari hasil analisis kandungan lemak *grits* hasil degerminasi. Kandungan lemak *grits* hasil degerminasi peralatan tipe A, B, dan C masing-masing adalah 5,46, 5,48, dan 0,75%. Rendahnya kandungan lemak *grits* hasil peralatan tipe C tersebut membuktikan bahwa proses degerminasi dengan peralatan tipe C berjalan lebih baik dari pada tipe A dan B. Belum ada persyaratan maksimal kandungan lemak dalam standar mutu tepung jagung di Indonesia. Namun untuk standar mutu *cornmeal* tipe III (*degermed*), USDA menetapkan maksimal 1,5% (USDA, 2008).

Rendahnya kandungan lemak dan tingginya rendemen *grits* jagung hasil peralatan tipe C tidak terlepas dari peran pamarut statis yang juga berfungsi sebagai saringan dalam peralatan *polisher* yang digunakan untuk degerminasi. Dari Gambar 1(A) dapat dilihat bahwa lubang pamarut pada peralatan tipe A berbentuk persegi panjang, dengan ukuran panjang 14,4 mm dan lebar 1,0 mm. Di samping itu, permukaan bidang pamarutnya tidak rata (ada tonjolan berbentuk bulat berdiameter 2 mm). Dengan ukuran lubang pamarut tersebut, sebagian ampok tidak dapat keluar saringan dan menjadi satu dengan fraksi *grits*. Di samping itu, dengan bentuk bidang pamarut yang tidak rata, memungkinkan terjadinya pengirisan (penggerusan) yang menyebabkan ikut tergerusnya bagian *endosperm*. Hal tersebut disebabkan kulit ari jagung yang tipis, berbeda dengan kulit ari gabah yang jauh lebih tebal. Modifikasi bentuk dan ukuran pamarut dimaksudkan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pamarut tipe tersebut. Pamarut hasil modifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1(B), dimana bentuk pamarut dirubah menjadi berbentuk bulat dan rata dengan diameter 3 mm. Penggantian bentuk dan ukuran lubang pamarut tersebut terbukti dapat memberikan rendemen *grits* yang lebih tinggi, lebih bersih, dan mempunyai kandungan lemak yang lebih rendah. Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, peralatan tipe C dipilih sebagai degerminator

terbaik untuk menyiapkan *grits* jagung sebagai bahan baku tepung jagung.

### Pemilihan Waktu Perendaman Awal

Biji jagung mempunyai kekerasan antara 74,51 hingga 165,69 N (Martinez *et al.*, 2006). Kekerasan biji jagung tersebut tidak berbeda jauh dengan kekerasan berbagai varietas gandum, yaitu antara 80,45 hingga 131,81 N (Baslar *et al.*, 2012). Oleh karena itu, pada proses pembuatan tepung terigu dilakukan tahap *dempening* dan *conditioning* untuk memudahkan pemisahan bagian *pericarp* dan *tip cap* dari *endosperm* (Bogasari, 2013). Demikian juga, perendaman awal pada biji jagung sebelum proses degerminasi dimaksudkan untuk memudahkan degerminasi. Menurut Matthews *et al.* (2003), perendaman awal pada proses kering dimaksudkan untuk menyamakan kadar air dan melonggarkan *pericarp*, karenanya perendaman dilakukan dalam waktu yang singkat (5 hingga 15 menit) bergantung varietas jagung dan kadar air akhir yang diinginkan. Perendaman tersebut dibatasi supaya tidak sampai terjadi penetrasi air hingga masuk ke dalam *germ* maupun *endosperm*. Perendaman dihentikan ketika penyerapan air sudah sampai pada level kadar air tertentu yang diinginkan. Pada penelitian ini, setelah direndam dalam air pada suhu ruang selama 10, 20, 30, 40 dan 50 menit, biji jagung kemudian ditiriskan selama 20 menit. Setelah ditiriskan, dilakukan degerminasi menggunakan degerminator tipe C. Besarnya rendemen, kadar lemak, distribusi ukuran *grits* jagung hasil degerminasi disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa rendemen *grits* di atas 60% diperoleh untuk waktu perendaman 10 dan 20 menit, dan mulai turun setelah perendaman 30 menit. Perendaman dapat menyebabkan terjadinya absorpsi air oleh biji jagung. Proses absorpsi air oleh biji diawali dari terjadinya penyerapan air ke dalam rongga jaringan melalui pori-pori secara pasif, terutama karena daya serap senyawa polisakarida, seperti hemiselulosa, pati, dan selulosa (Sadjad, 1975). Proses absorpsi

tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air biji jagung, suhu, dan kelembaban udara, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi biji tersebut. Biji jagung yang pecah menyerap air paling banyak pada semua kondisi karena *endospermnya* terbuka. Diketahui juga bahwa dari semua perlakuan (perbedaan suhu, kelembaban, kadar air bahan, dan kondisi biji) didapati bahwa pada waktu perendaman 10 hingga 20 menit, penyerapan air terlihat sudah mulai mencapai titik kesetimbangan, dan pada waktu perendaman lebih dari 20 menit laju penyerapan air terjadi sangat lambat (Chung *et al.*, 1972). Hasil tersebut sejalan dengan yang dilaporkan Leopold (1983) bahwa terjadi pertambahan volume biji yang sangat cepat pada awal proses imbibisi dan semakin lama pertambahannya semakin lambat.

Terjadinya penyerapan air oleh biji jagung dimulai dari masuknya air dalam *tip cap* dengan gaya kapiler. Air dengan cepat melewati dinding *pericarp* menuju bagian atas biji. Penyerapan air mulai melambat ketika melewati *aluerone* menuju ke dalam *germ* dan *endosperm*. Hal sama dilaporkan oleh Laria *et al.* (2005), secara kinetika, proses perendaman dalam larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  untuk memudahkan pemisahan *pericarp* dibagi dalam 4 (empat) tahap. Tahap pertama adalah tahap penyerapan yang sangat cepat ketika larutan alkali masuk melalui *tip cap* hingga pada permukaan *pericarp*. Tahap kedua adalah masuknya larutan alkali sampai pada *aleurone* dan tahap ketiga adalah masuknya larutan sampai pada bagian terluar *endosperm*, dimana laju penyerapan sudah mulai terjadi perlambatan pada tahap kedua tersebut. Di lain pihak, tahap keempat adalah tahap penyerapan yang sangat lambat karena mulai terjadi reaksi antara larutan alkali dengan matriks protein pada bagian luar *endosperm* hingga larutan masuk pada bagian dalam *endosperm*. Setelah tahap keempat tersebut mulai terjadi pelepasan granula pati dari matriks protein dan biji mulai mengembang.

Tabel 3. Pengaruh waktu perendaman terhadap rendemen, kadar lemak, dan distribusi ukuran *grits* jagung hasil degerminasi

Waktu Perendaman (menit)	Rendemen (%)	Kadar Lemak (%)	Distribusi Ukuran Grits	
			+5 mesh (%)	5/0 mesh (%)
10	61,86	0,75	48	52
20	61,66	0,75	49	51
30	58,24	0,76	45	55
40	57,50	0,77	46	54
50	58,10	0,77	40	60

Keterangan:

+ 5 mesh : ukuran *grits* lebih besar dari 5 mesh (fraksi tidak lolos ayakan 5 mesh)

5/0 mesh : ukuran *grits* lebih kecil dari 5 mesh (fraksi *grits* lolos ayakan 5 mesh)

Kinetika absorpsi air oleh biji jagung tersebut juga sejalan dengan hasil penelitian Noorbakhsh *et al.* (2006) yang membuat persamaan kinetika laju absorpsi biji jagung sebagai fungsi waktu dan suhu perendaman. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diperkirakan pada waktu perendaman lebih dari 20 menit, air sudah mulai masuk pada bagian *endosperm*, dan mengembang, sehingga memungkinkan sebagian *endosperm* ikut tergerus selama degerminasi. Akibatnya, rendemen pada perendaman lebih dari 20 menit menjadi lebih rendah. Namun demikian Laria *et al.* (2005) juga melaporkan bahwa laju penyerapan air oleh setiap biji jagung berbeda-beda bergantung pada kekerasan dan struktur *endosperm*, serta struktur dan ketebalan *pericarp*.

Kadar lemak *grits* setelah degerminasi menunjukkan tren peningkatan yang tipis seiring dengan meningkatnya waktu perendaman. Waktu perendaman yang berlebih dapat menyebabkan *germ* menjadi lunak, sehingga mudah pecah ketika dilakukan pemisahan. Oleh sebab itu, pecahnya *germ* yang mengandung lemak tinggi tersebut berpotensi tercampur dalam bagian *grits*, sehingga kadar lemak pada *grits* hasil degerminasi terlihat sedikit naik untuk waktu perendaman lebih dari 20 menit. Namun demikian, hingga perendaman 50 menit, penurunan kandungan lemak relatif tidak signifikan. Pemilihan waktu perendaman juga didasarkan pada persentase ukuran *grits* yang tidak lolos ayakan ukuran 5 mesh. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengurangi risiko terjadinya *losses* pada tahap perendaman berikutnya. Dari Tabel 3 terlihat bahwa pada perendaman 10 dan 20 menit diperoleh rendemen *grits* tertinggi dan kandungan lemak terendah. Namun demikian, rasio jumlah *grits* yang tidak lolos ayakan 5 mesh pada perendaman 20 menit adalah sedikit lebih besar daripada perendaman 10 menit. Dengan demikian, lama waktu perendaman 20 menit dipilih sebagai waktu perendaman terbaik.

### **Pengaruh Penambahan Papain pada Proses Perendaman *Grits* terhadap Karakteristik Tepung Jagung yang Dihasilkan**

Penambahan papain pada proses pembuatan tepung jagung bertujuan untuk menurunkan kekerasan biji jagung sehingga mudah untuk dihaluskan. Upaya-upaya untuk menggunakan enzim dalam proses pengolahan jagung sudah dimulai sejak tahun 1988 oleh Caransa *et al.* (1988); Steinke dan Johnson (1991); Steinke *et al.* (1991); serta Moheno-Perez *et al.* (1999). Penggunaan enzim-enzim tersebut dimaksudkan untuk meningkatkan rendemen dan memperpendek lama waktu perendaman dalam larutan SO<sub>2</sub> pada proses produksi pati jagung. Penggunaan enzim untuk tujuan menggantikan penggunaan SO<sub>2</sub> baru dimulai Johnston dan Singh (2001), Serna-Saldivar dan Mezo-Villanueva (2003), Core (2004), Johnston and Singh (2004;2005), dan Ramirez *et al.* (2009).

Dilakukannya perendaman dengan papain setelah tahap degerminasi dimaksudkan untuk mempercepat penetrasi enzim papain ke dalam *endosperm*. Hal tersebut karena setelah degerminasi, *endosperm* sudah tidak terlindungi oleh *pericarp* maupun *tip cap*, bahkan setelah degerminasi bentuknya sudah berupa jagung pecah (*grits*) dan bukan jagung utuh. Johnston dan Singh (2001) menyatakan bahwa perendaman dengan enzim *protease* pada biji utuh, enzim tidak mampu berpenetrasi ke dalam biji dengan sempurna, sehingga enzim tidak mampu mendegradasi protein yang berikatan dengan pati. Menurut Wang *et al.* (2006), penghilangan *pericarp* dapat mengurangi waktu yang diperlukan pada perendaman secara signifikan, karena jagung tanpa *pericarp* terhidrasi lebih cepat dan sempurna. Pada jagung kuning, efektifitas penggunaan enzim dapat dilihat dengan mengamati terjadinya perubahan warna *grits* jagung setelah inkubasi. Hasil pengukuran warna *grits* jagung menunjukkan bahwa nilai L (kecerahan) cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi papain pada waktu perendaman mulai 6 (enam) jam (Tabel 4). Hal tersebut berarti tingkat kecerahan *grits* semakin meningkat setelah inkubasi dengan papain selama lebih dari 6 (enam) jam.

Dari Tabel 4 juga terlihat bahwa a bernilai positif yang berarti warna *grits* cenderung berwarna kemerah-merahan, dan nilai b juga positif yang menunjukkan *grits* jagung cenderung berwarna kekuning-kuningan. Warna kuning pada *grits* jagung disebabkan oleh adanya pigmen *xantofil* yang terdapat pada jagung. *Xantofil* termasuk pigmen karotenoid yang memiliki gugus hidroksil. Pigmen *xantofil* yang utama adalah *lutein* dan *zeaxanthin*, yaitu mencapai 90% dari total pigmen *karotenoid* di dalam jagung. Kandungan pigmen *xantofil* yang terdapat dalam jagung rata-rata sebesar 23 mg/kg dengan kisaran 12-36 mg/kg, sedangkan total *karoten* rata-rata sebesar 2,8 mg/kg (Watson, 2003). Nilai a dan b cenderung turun dengan meningkatnya konsentrasi papain pada semua waktu perendaman.

Meningkatnya nilai L dan turunnya nilai a dan b seiring meningkatnya konsentrasi dan waktu inkubasi mengindikasikan terjadinya penguraian beberapa komponen penyusun biji jagung. Hal tersebut menunjukkan enzim *proteolitik* telah bekerja dengan baik untuk menguraikan protein. Terdegradasinya matriks protein dalam *endosperm* memungkinkan terlepasnya pigmen karotenoid. Enzim *protease* telah digunakan untuk mengekstraksi karotenoid dari bahan yang mengandung protein tinggi. Keberhasilan penggunaan bromelain oleh Dewi (1997) dan papain oleh Desiana (2000) untuk mengekstraksi karotenoid dari limbah kulit udang merupakan contoh bekerjanya enzim *protease* untuk melepaskan pigmen karotenoid dari keterikatannya dalam protein.

Tabel 4. Hasil pengukuran warna *grits* jagung

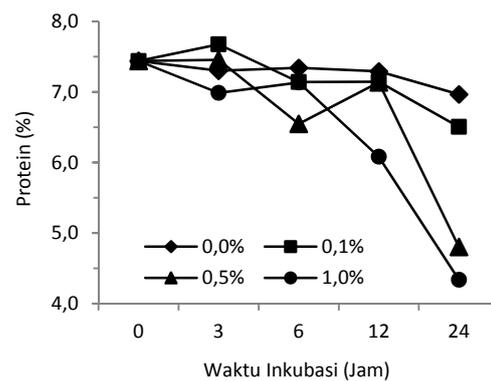
Waktu (Jam)	Konsentrasi (%)	Nilai Parameter			
		L	a	b	°Hue
3	0,0	41,75	4,37	12,36	74,30
	0,1	41,85	4,12	11,42	73,67
	0,5	41,32	4,00	9,46	70,50
	1,0	40,77	2,54	7,57	73,77
6	0,0	38,06	3,53	8,94	71,77
	0,1	40,31	4,15	10,07	71,30
	0,5	41,99	3,24	8,46	71,87
	1,0	45,81	2,88	6,79	74,20
12	0,0	37,27	3,54	8,64	71,07
	0,1	41,59	3,08	8,27	72,30
	0,5	41,78	2,54	5,84	76,60
	1,0	44,47	1,79	5,57	76,30
24	0,0	38,98	4,82	10,82	70,23
	0,1	40,96	3,29	8,88	72,53
	0,5	42,54	1,82	5,93	74,63
	1,0	50,48	1,43	5,48	81,47

Hasil pengamatan selama proses inkubasi menunjukkan terjadinya perubahan warna larutan perendaman dari bening menjadi kekuning-kuningan, dan menjadi bening kembali adalah petunjuk bahwa telah terjadi pelepasan pigmen karotenoid. Pigmen karotenoid bebas yang tidak larut dalam air tersebut bersifat sangat sensitif terhadap adanya oksigen, cahaya, panas, asam dan beberapa alkali. Oleh karena itu, karotenoid pada umumnya disimpan dalam ruangan gelap (tidak ada cahaya), tidak mengandung nitrogen, dan dalam ruangan vakum dengan suhu penyimpanan  $-20^{\circ}\text{C}$  (Goodwin, 1976).

Pengaruh lama waktu perendaman dan konsentrasi papain terhadap kandungan protein *grits* jagung disajikan pada Gambar 2. Terlihat terjadi penurunan kandungan protein *grits* jagung setelah inkubasi, yakni cenderung turun dengan meningkatnya konsentrasi papain dan waktu inkubasi. Hasil analisis korelasi menunjukkan pengaruh waktu inkubasi terhadap penurunan kandungan protein *grits* jagung signifikan pada konsentrasi papain 1% ( $p\text{-value}<0,05$ ) dengan korelasi *pearson* sebesar 98,4%. Di lain pihak, pengaruh konsentrasi terhadap penurunan kandungan protein *grits* jagung signifikan pada waktu perendaman 24 jam dengan  $p\text{-value}<0,05$  dan korelasi *pearson* sebesar 94,9%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan papain efektif menurunkan kandungan protein *grits* pada konsentrasi papain 1% dan waktu inkubasi 24 jam.

Menurunnya kandungan protein *grits* jagung setelah inkubasi mengindikasikan terjadinya penguraian protein sebagai akibat bekerjanya enzim papain. Namun demikian, efektivitas penggunaan papain baru terlihat pada konsentrasi papain 1,0% dan terjadi pada waktu perendaman 24 jam. Hal tersebut mengindikasikan kuatnya matriks protein

yang melingkupi granula pati pada bagian *horny endosperm*.



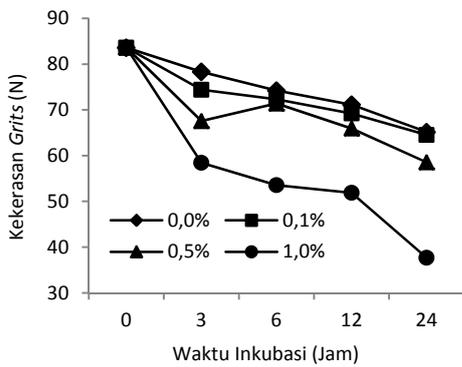
Gambar 2. Grafik pengaruh waktu inkubasi dan konsentrasi papain terhadap kandungan protein *grits* jagung

Kuatnya matriks protein tersebut sebelumnya juga dilaporkan oleh Martinez *et al.* (2006) dari hasil pengamatan dengan SEM terhadap bagian jagung keras dan jagung lunak, dan dari lamanya waktu perendaman dengan larutan  $\text{SO}_2$  (0,1-0,4%) pada proses pembuatan pati jagung yang membutuhkan waktu hingga 36 jam pada suhu  $48-52^{\circ}\text{C}$  (Watson dan Eckhoff, 2004). Selain menggunakan enzim (tunggal maupun majemuk), berbagai upaya untuk melonggarkan matriks protein pada *horny endosperm* juga telah dilakukan, diantaranya dengan penambahan asam fosfat, asam asetat, asam sitrat, asam sulfat dan asam klorida ke dalam air rendaman yang mengandung sulfur dioksida (Du *et al.*, 1996), penambahan asam laktat bersama-sama dengan  $\text{SO}_2$  (Haros *et al.*, 2004), penambahan asam kuat dan asam lemah bersama-sama dengan  $\text{SO}_2$  juga dilakukan oleh Yang *et al.*

(2005). Namun demikian upaya-upaya tersebut tidak berdampak signifikan terhadap percepatan waktu perendamaannya.

**Pengaruh Penambahan Papain terhadap Kekerasan Grits dan Ukuran Partikel Tepung**

Terjadinya penguraian matriks protein dapat menurunkan kekerasan *grits* jagung, dan pada akhirnya dapat memudahkan penghalusan *grits* menjadi tepung jagung. Pengaruh konsentrasi papain dan lama waktu inkubasi terhadap penurunan kekerasan *grits* dilakukan dengan mengukur kekerasan *grits* sebelum dan setelah inkubasi. Hasil pengukuran kekerasan *grits* jagung sebagai fungsi konsentrasi papain dan waktu inkubasi ditunjukkan pada Gambar 3.

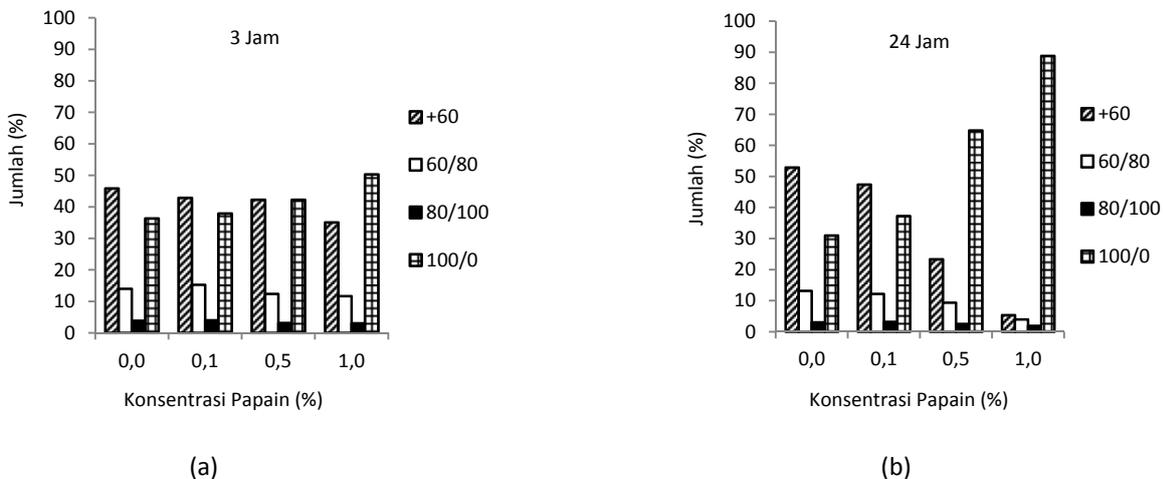


Gambar 3. Grafik pengaruh waktu inkubasi dan konsentrasi papain terhadap kekerasan *grits* jagung

Hasil analisis korelasi antara pengaruh waktu inkubasi terhadap kekerasan *grits* jagung menunjukkan terjadi korelasi signifikan pada konsentrasi papain 1% dengan nilai korelasi *pearson* sebesar 98,2% dan *p-value* 0,02. Di lain pihak, korelasi *pearson* antara konsentrasi dan kekerasan *grits* pada waktu 12 dan 24 jam masing-masing

96,8% dan 96,5% dengan *p-value* 0,03 dan 0,04. Hasil analisis korelasi tersebut menunjukkan bahwa penambahan papain untuk menurunkan kekerasan *grits* secara efektif terjadi pada konsentrasi papain 1% dan waktu inkubasi antara 12 hingga 24 jam. Untuk mengetahui besarnya pengaruh penurunan kekerasan *grits* jagung terhadap ukuran partikel tepung jagung yang dihasilkan dapat dilakukan dengan menghaluskan *grits* menjadi tepung dan mengukur distribusi ukuran partikelnya. Distribusi ukuran partikel tepung jagung setelah penambahan papain selama 3 dan 24 jam disajikan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat dilihat terjadinya pergeseran distribusi ukuran partikel tepung jagung seiring dengan meningkatnya konsentrasi papain. Pada konsentrasi papain 1,0% dan waktu perendaman 3 dan 24 jam, ukuran partikel tepung yang tidak lolos ayakan 60 mesh adalah 5,35% turun drastis dari 45,86% pada kondisi awal. Demikian juga ukuran partikel yang lolos ayakan ukuran 80 mesh, naik drastis dari 40,17% menjadi 90,73%. Terjadinya pergeseran distribusi ukuran partikel tepung jagung setelah inkubasi dengan papain tersebut menunjukkan telah terjadinya penguraian matriks protein pada bagian *horny endosperm*, yang ditandai oleh turunnya kandungan protein dan kekerasan *grits* setelah inkubasi. Ukuran partikel tepung jagung hasil inkubasi tersebut lebih halus dibandingkan dengan ukuran partikel tepung jagung komersial dengan persentase ukuran yang tidak lolos ayakan 60 mesh mencapai 64-66%, dan kurang dari 5% yang lolos ayakan 100 mesh (BPPT, 2009). Dengan ukuran kehalusan tersebut, tepung jagung hasil inkubasi *grits* dengan papain sudah memenuhi persyaratan ukuran kehalusan standar mutu tepung jagung sesuai SNI No.01-3727-1995 dan tepung terigu sesuai SNI No.3751-2009 (BSN, 1995; 2009).



Gambar 4. Distribusi ukuran partikel tepung jagung setelah inkubasi dengan papain (A) 3 jam dan (B) 24 jam

### Pengaruh Penambahan Papain terhadap Struktur Morfologi *Grits* Jagung

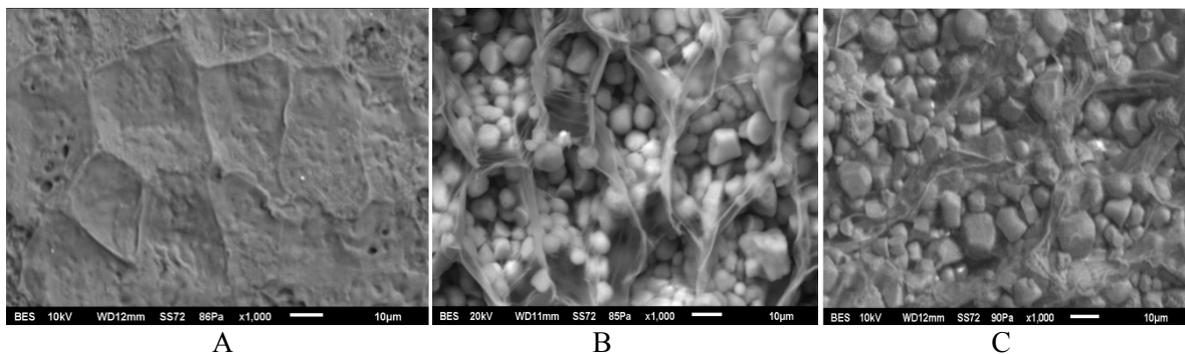
Pengamatan dengan SEM memberikan informasi penting untuk menjawab dugaan terjadinya penguraian matriks protein sebagai akibat kerja enzim papain. Indikasi penguraian dilihat dari terjadinya penurunan kandungan protein dalam *grits* jagung setelah inkubasi, dan penurunan kekerasan *grits* yang diikuti oleh peningkatan kehalusan tepung yang dihasilkan. Gambar 5(A) menunjukkan foto bagian *horny endosperm grits* jagung hibrida setelah waktu inkubasi 3 jam pada konsentrasi papain 0%, sedangkan Gambar 5(B) dan (C) masing-masing foto SEM setelah inkubasi 24 jam pada konsentrasi papain 0,5 dan 1,0%.

Pada Gambar 5(A) dapat dilihat adanya lapisan tebal yang menyelimuti granula pati. Lapisan tersebut merupakan matriks protein yang akan diuraikan dengan menggunakan enzim papain, sedangkan pada Gambar 5(B) terlihat mulai berkurangnya lapisan tebal matriks protein, dan pada Gambar 5(C), sebagian besar lapisan matriks protein sudah hilang dan granula-granula pati pada bagian *horny endosperm* dapat dilihat dengan jelas. Pada Gambar 5(C) juga terlihat bahwa bentuk granula pati pada *horny endosperm* jagung hibrida berbentuk *polygonal* dengan diameter 3-12  $\mu\text{m}$ . Hilangnya lapisan tebal matriks protein tersebut memudahkan penghalusan *grits* dan meningkatkan granula pati yang tidak terikat dengan matriks protein sehingga berpotensi meningkatkan rendemen patinya. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian Serna-Saldivar dan Mezo-Villanueva (2003) yang melakukan penambahan *cell wall degrading enzyme* (CWDE) pada sorgum dan jagung kuning yang telah digiling kasar dengan perendaman selama 4 hingga 48 jam yang terbukti dapat meningkatkan rendemen pati akibat longgarnya matriks protein. Upaya untuk memudahkan penggilingan biji jagung juga dilakukan oleh Core (2004) yang menggunakan gas amonia dan dilanjutkan dengan menggunakan enzim *protease* untuk melonggarkan ikatan pada matriks protein dalam biji jagung, sehingga hanya

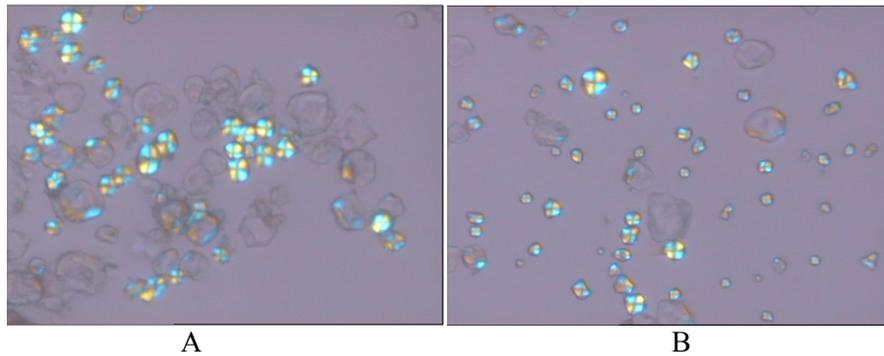
dibutuhkan waktu 6 (enam) jam pada proses perendamannya. Hal tersebut jauh lebih efisien dibandingkan dengan proses konvensional yang membutuhkan waktu 24 hingga 36 jam. Dengan demikian, hasil pengamatan dengan SEM terhadap *grits* jagung setelah penambahan papain tersebut, telah membuktikan terjadinya penguraian matriks protein pada bagian *horny endosperm* yang diindikasikan dengan terjadinya penurunan kandungan protein dan kekerasan *grits*nya.

Pengaruh kerusakan matriks protein pada *grits* jagung akibat kerja enzim *protease* dan waktu perendaman yang cukup lama akan memicu pertumbuhan mikroorganisme spontan yang dapat menghasilkan asam-asam organik. Nur Aini (2009) melaporkan terbentuknya asam-asam organik tersebut dapat mempengaruhi karakteristik tepung jagung yang dihasilkan. Pengaruh kerusakan matriks protein dan lama waktu perendaman terhadap granula pati tepung jagung diamati dengan mikroskop cahaya terpolarisasi. Pengamatan dimaksudkan untuk melihat kerusakan *birefringence* granula patinya. Terjadinya kerusakan *birefringence* granula pati dapat menyebabkan perubahan pada mikrostruktur granula pati yang berakibat pada berubahnya sifat alami tepung jagung yang dihasilkan. Pengamatan dilakukan terhadap granula pati tepung jagung yang dihasilkan pada berbagai waktu inkubasi dan konsentrasi papain. Hasil pengamatan granula pati tepung jagung setelah perendaman 3 (tiga) jam tanpa papain dan setelah perendaman 24 jam pada 1% papain disajikan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6(A), selain terdapat *birefringence* granula pati, juga terlihat adanya komponen-komponen mikro selain pati. Namun demikian, setelah perendaman selama 24 jam dengan 1% papain (Gambar 6(B)) terlihat persentase komponen-komponen mikro tersebut semakin berkurangnya. Di samping itu, dapat dilihat juga bahwa perendaman papain tersebut tidak menyebabkan terjadinya kerusakan *birefringence* pada granula-granula patinya.



Gambar 5. Foto SEM *grits* jagung hibrida setelah inkubasi: (A) 3 jam pada 0% papain, (B) 24 jam pada 0,5% papain, dan (C) 24 jam pada 1,0% papain



Gambar 6. Foto granula pati tepung jagung setelah inkubasi (A) 3 jam pada 0% papain, (B) 24 jam pada 1,0% papain

Hasil analisis komponen proksimat tepung jagung setelah diinkubasi selama 24 jam dengan 1% papain dibandingkan dengan tepung jagung setelah direndam selama 3 jam tanpa penambahan papain menunjukkan terjadinya penurunan kandungan komponen mikro seperti protein, abu dan serat. Kandungan protein turun dari 7,30% menjadi 4,34%, abu turun dari 0,20% menjadi 0,11%, dan serat kasar turun dari 2,21% menjadi 0,80%. Sementara itu kandungan lemak tidak terjadi penurunan yang signifikan karena sebagian besar sudah terpisahkan pada tahap degerminasi. Terjadinya penurunan kandungan protein tersebut disebabkan oleh bekerjanya papain yang menguraikan matriks protein pada *endosperm*.

Seperti halnya lemak, abu pada biji jagung sebagian besar terdapat pada germ (79,6%), dan hanya 2,3% terdapat pada *endosperm* (Watson, 2003), sehingga sebagian besar abu sudah terpisahkan ketika proses degerminasi. Masih tersisanya abu setelah degerminasi diduga berasal dari mineral-mineral yang terdapat pada *endosperm*. Oleh karena itu, terjadinya penurunan kandungan abu dimungkinkan terjadi karena mineral-mineral natrium, kalium, flour, dan iodine yang terdapat pada biji jagung mempunyai kelarutan yang tinggi dalam air. Penurunan kadar abu selama perendaman juga terjadi pada fermentasi spontan *grits* jagung putih, yang turun dari 1,01% menjadi 0,55% setelah difermentasi spontan selama 24 jam (Nur Aini, 2009). Nago *et al.* (1998) juga melaporkan terjadinya penurunan kadar abu selama fermentasi jagung dalam pembuatan *ogi* dari 1,35-1,38 menjadi 0,4-0,6%.

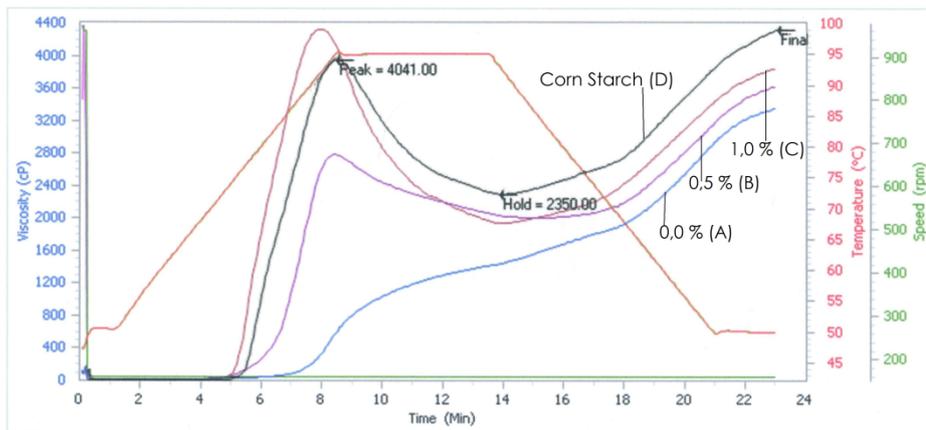
Sementara itu, terjadinya penurunan serat kasar selama inkubasi dengan papain diduga karena adanya aktifitas mikroorganisme yang merubah serat tidak larut menjadi serat yang larut dalam air. Seperti diketahui bahwa serat jagung terdiri dari 67% hemiselulosa, 23% selulosa rantai panjang, dan 0,2% lignin (Burge dan Duensing, 1989). Penurunan kandungan serat selama proses perendaman tersebut juga terjadi pada proses fermentasi ubi kayu untuk menghasilkan *modified cassava flour*, dimana selama proses fermentasi, terjadi penguraian dinding

sel oleh enzim-enzim pektinolitik dan selulolitik yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Subagio, 2006). Bekerjanya enzim selulolitik tersebut, diduga sebagai penyebab terjadinya proses pelarutan serat, yang pada akhirnya menurunkan kandungan serat dalam tepung jagung. Dari kedua gambar di atas juga terlihat bahwa garis-garis pembatas pada *birefringence* granula pati masih dapat terlihat jelas, sehingga diduga kuat tidak terjadi kerusakan pada granula pati jagung setelah diinkubasi dengan papain selama 24 jam pada konsentrasi papain 1,0%.

#### Sifat Visco Amilografi Tepung Jagung

Terjadinya perubahan kandungan komponen mikro pada tepung jagung setelah inkubasi dengan papain menyebabkan perubahan nyata pada sifat visco amilografi tepung jagung yang dihasilkan. Grafik amilografi ditunjukkan pada Gambar 7.

Pada Gambar 7 dapat dilihat terjadinya perbedaan amilografi tepung jagung setelah direndam 3 jam tanpa penambahan papain (A), setelah direndam selama 24 pada konsentrasi papain 0,5% (B), setelah direndam selama 24 jam pada konsentrasi papain 1,0% (C), dan amilografi pati jagung komersial (D). Meningkatnya waktu inkubasi dan konsentrasi papain terlihat jelas menyebabkan terjadinya peningkatan viskositas maksimum dan viskositas dingin (*breakdown viscosity*). Disisi lain, meningkatnya waktu inkubasi dan konsentrasi papain secara nyata menyebabkan turunnya suhu awal gelatinisasi dan waktu untuk menuju viskositas maksimum. Terjadinya perubahan-perubahan ini disebabkan terurainya matriks protein pada bagian *horny endosperm* dan berkurangnya kandungan komponen-komponen mikro selain pati selama proses inkubasi, sehingga granula pati dapat mengalami gelatinisasi tanpa hambatan. Di samping itu, juga terlihat bahwa grafik amilografi tepung jagung setelah inkubasi selama 24 jam pada konsentrasi papain 1,0% (C) memiliki profil yang mirip dengan grafik amilografi pati jagung komersial (D).



Gambar 7. Grafik amilografi tepung jagung setelah inkubasi dengan papain dan pati jagung komersial

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kehalusan partikel tepung dan kemampuan mengembang tepung yang dihasilkan sudah menyamai ukuran partikel dan kemampuan mengembang pati jagung sesuai hasil penelitian sebelumnya oleh Navickis *et al.* (1986). Sementara itu, dari aspek kemudahan untuk dihaluskan, hasil tersebut menunjukkan setelah *grits* diinkubasi dengan 1% papain selama 24 jam, tepung jagung hasil penggilingan *grits* dengan *disk mill* mempunyai bentuk partikel yang mirip dengan partikel pati jagung hasil proses basah. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian Becker *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa tepung hasil penggilingan dengan peralatan yang berbeda (*disk mill*, *impeller mill*, *blade mill*, *rotor beater mill*) memberikan nilai parameter uji sifat rheologinya yang berbeda juga.

Adanya perbedaan tersebut, memperkuat kesimpulan sebelumnya bahwa penurunan kekerasan *grits* setelah diinkubasi dengan papain terbukti dapat mempermudah penggilingan *grits* menjadi tepung, sehingga penggunaan berbagai jenis peralatan penggilingan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat amilografi tepung yang dihasilkan. Fakta tersebut membuktikan bahwa penggilingan *grits* hasil inkubasi dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis peralatan penggilingan tanpa khawatir terjadinya kerusakan pada partikel tepung dan granula patinya. Di samping itu, penelitian ini dapat menginspirasi penggunaan tepung jagung hasil inkubasi tersebut sebagai bahan untuk mensubstitusi penggunaan pati jagung pada berbagai industri makanan, khususnya pada pabrik bihun jagung.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penyiapan *grits* jagung dilakukan melalui peningkatan efektifitas degerminasi dan penurunan kekerasan *grits* hasil degerminasi. Hasil degerminasi menggunakan degerminator tipe C dengan waktu perendaman biji jagung selama 20

menit memberikan hasil yang terbaik, yaitu menghasilkan rendemen *grits* 61,65%, produk samping yang berupa ampok 34,40% dan kulit ari 0,22%, serta kehilangan bobot 3,73%, dan berhasil menurunkan kadar lemak 86,21%. Di lain pihak, perendaman dalam papain menunjukkan tren terjadinya penurunan kekerasan *grits* seiring dengan meningkatnya konsentrasi papain dan lama waktu perendaman.

Perendaman dalam 0,5% papain selama 12 dan 24 jam menurunkan kekerasan *grits* masing-masing 21,15% dan 29,98%, sedangkan pada konsentrasi papain 1% selama 12 dan 24 jam menurunkan kekerasan *grits* 37,95% dan 54,94%. Penurunan kekerasan *grits* tersebut diikuti oleh terjadinya peningkatan jumlah tepung yang lolos ayakan 60 mesh dari 54,14% menjadi 94,65% pada perendaman 3 jam tanpa papain dan 24 jam dalam papain 1%. Serta peningkatan jumlah tepung yang lolos ayakan 80 mesh dari 40,17% menjadi 90,73% pada kondisi yang sama. Hal tersebut membuktikan inkubasi dengan papain berhasil menurunkan kekerasan *grits* dan meningkatkan kehalusan ukuran partikel tepung jagung yang dihasilkan.

Hasil pengamatan dengan SEM menunjukkan telah terjadinya penguraian matriks protein akibat kerja enzim proteolitik setelah inkubasi dengan papain. Di samping itu, semakin berkurangnya komponen mikro akibat proses degerminasi maupun inkubasi dengan papain menyebabkan profil amilografi tepung jagung setelah inkubasi dengan papain 1% selama 24 jam mempunyai kemiripan dengan profil amilografi pati jagung komersial.

Hasil pengamatan granula pati tepung jagung dengan mikroskop cahaya terpolarisasi menunjukkan tidak terjadinya kerusakan *birefringence* pada granula pati yang diamati. Tepung jagung yang dihasilkan dari *grits* jagung melalui tahapan proses ini juga masih mempunyai kandungan protein 4,34%. Dengan ukuran partikel tepung yang lebih dari 90% lolos ayakan 80 mesh, dan profil amilografi yang mirip dengan pati jagung

komersial, serta kandungan protein relatif masih tinggi, maka tepung jagung yang dihasilkan berpotensi untuk mensubstitusi penggunaan tepung terigu, tepung beras, maupun pati jagung komersial.

#### Saran

Untuk menunjang penelitian ini perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam terhadap dampak perubahan warna pigmen pada jagung hibrida terhadap kandungan gizi tepung jagung yang dihasilkan, serta pengaruh penambahan papain terhadap umur simpan dan kemungkinan adanya kandungan *aflatoxin* pada tepung jagung yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington D.C (US): Association of Official Analytical Chemist.
- AOAC International. 2007. *Official methods of analysis*, 18<sup>th</sup> ed, 2005; Current through revision 2, 2007 (on-line). Method 960.52 (Micro-Kjeldahl method). Gaithersburg, MD(US): Association of Official Analytical Chemist International.
- Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sedarnawati, Budiyo S. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Bogor (ID): Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Baslar M, Kalkan F, Kara M, Ertugay MF. 2012. Correlation Between The Protein Content and Mechanical properties of Wheat. *Turk J Agric For*.36: 601-607.
- Becker A, Hill SE, dan Mitchell JR.2001. Milling-A Further Parameter Affecting the Rapid Visco Analyser (RVA) Profile. *Cereal chem*.78(2):166-172.
- [Bogasari] PT. Bogasari. 2013. Proses Gandum menjadi Terigu. Jakarta (ID): <http://www.bogasari.com/tentang-kami/seputar-tepung-terigu.aspx>. [19 Mei 2013].
- [BPPT] Tim Peneliti Bidang Pangan Pusat Teknologi Agroindustri. 2009. *Program Dokumen, Program Pangan Karbohidrat*. Jakarta (ID): Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI No.01-3920-1995. *Syarat Mutu Jagung*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI No.01-3727-1995. *Syarat Mutu Tepung Jagung*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI No.3751-2009. *Syarat Mutu Tepung Terigu*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Burge RM dan Duensing WJ. 1989. Processing and dietary fiber ingredient application of corn bran. *Cereal Foods World* 34:535-538.
- Caransa A, Simell M, Lehmussaari A, Vaara M, Vaara T. 1988. A novel enzyme application for corn wet milling. *Starch* 40:409-411.
- Chandrashekar A dan Mazhar H. 1999. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J Cereal Sci*.30:193-207.
- Chung DS, Park SW, Hoover WJ, Watson CA. 1972. *Sorption Kinetics of Water Vapor by Yellow Dent Corn II. Analysis of Kinetics Data for Damage Corn*. Minnesota (US): AACC, Inc. 598-604.
- Core J. 2004. New Milling Methods Improve Corn Ethanol Production. *AgrRes*. July:16-17
- Dewi NH. 1997. Ekstraksi Pigmen Karotenoid dari Limbah Kulit Udang dengan enzim Bromelain [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Desiana. 2000. Ekstraksi Pigmen Karotenoid dari Limbah Kulit Udang (*Windu Penaeus monodon febricus*) dengan bantuan Enzim papain [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Du L, Li B, Lopes-Filho JF, Daniels CR, Eckhoff R.1996. Effect of Selected Organic and Inorganic Acids on Corn Wet-Milling Yields. *Cereal Chem*.73(1):96-98.
- [DuPont] PT. DuPont Indonesia. 2013. Spesifikasi Benih Jagung Hibrida Pioneer 21 (30Y87). Jakarta (ID): <http://www.pioneer.com/web/site/indonesia/> [21 Mei 2013].
- Flyod CD, Rooney LW, dan Bockholt AJ.1995. Measuring Desirable and Undesirable Color In White and Yellow Food Corn. *J Cereal Chem*.72(5): 488-490.
- German MR.1994. *Powder Metallurgy Science*. New Jersey (US): Metal Powder Industries Fed.
- Goodwin TW. 1976. *Chemistry and Biochemistry Plants Pigmen II*. 2<sup>nd</sup> ed. London, New York, and San Fransisco (US): Academic Pr.
- Haros M, Perez OE, dan Rosell CM. 2004. Effect of Steeping Corn with Lactic Acid on Starch Properties. *Cereal Chem*.81(1):10-14.
- Hoseney RC.1994. *Principles of cereal science and technology*. 2<sup>nd</sup> ed. St. Paul MN (US): AACC.
- Houssou P dan Ayernor GS. 2002. Appropriate Processing and Food Functional Properties of Maize Flour. *Afr J Sci Tech*. 3(1):126-131.
- Hutchings JB. 1999. *Food Color and Appearance*. Maryland (US): Aspen Publishers, Inc.
- Inglett GE. 1987. *Kernel, Structure, Composition and Quality*. Ed. Corn:Culture. Processing and Products. Westport (US): Avi Publishing Company, Inc.

- Johnston DB dan Singh V. 2001. Use of proteases to reduce steep time and SO<sub>2</sub> requirements in a corn wet-milling process. *Cereal Chem.*78(4):405-411.
- Johnston DB dan Singh V. 2004. Enzymatic Milling of Corn: Optimization of Soaking, Grinding, and Enzyme Incubation Steps. *Cereal Chem.*81(5):626–632.
- Johnston DB dan Singh V. 2005. Enzymatic Milling Product Yield Comparison with Reduced Levels of Bromelain and Varying Levels of Sulfur Dioxide. *Cereal Chem.*82(5): 523-527.
- Laria J, Meza E, Mondragon M, Silva R, Pena JL. 2005. Comparison of Overall Water Uptake by Corn Kernel With and without Dissolved Calcium Hydroxide at Room Temperature. *J Food Eng.*67:451–456.
- Leopold AC. 1983. Volumetric Components of Seed Imbibition. *Plant Physiol.*73:677-680.
- Ling D dan Jackson DS. 1991. Corn Wet Milling with a Commercial Enzyme Preparation. *Cereal Chem.*68(2):205-206.
- Martínez MG, Figueroa-Cárdenas JD, Reyes-Vega ML, Rincón-Sánchez F, Morales-Sánchez E. 2006. Microstructure of Starch Granule Related to Kernel Hardness In Corn. *Rev Fitotec Mex.* 29:135–139.
- Matthews P, Steinfeld J, Macedo A, penemu; Satake USA Inc. 2005 Agustus 30, Corn Degermination Process. Paten Amerika US 6.936.294 B2.
- Matthews P, penemu; Satake USA Inc. 2005 Oktober 13, Corn Debranning and Degermination Process. Paten Amerika US 2005/0226978 A1.
- Moheno-Perez JA, Almeida-Domingues HD, Serna-Saldivar SO. 1999. Effect of Fiber Degrading Enzymes on Wet Milling and Starch Properties of Different Types of Sorghums and Maize. *Starch* 51:16-20.
- Nago MC, Hounhouigan JD, Akissoe N, Zanou E, Mestres C.1998. Characterization of the Beninese traditionalogi, a Fermented Maize slurry: Physicochemical and Microbiological Aspects. *Int J Food Sci Tech.* 33:307-315.
- Navickis LL dan Bagley EB.1986. A Comparison between Corn Starch and Dry Milled Corn Product in Their Dispersion Properties. *Starch*(38)7:217-220.
- Noorbakhsh S, Tabil LJr, dan Ghazafari A. 2006. Analysis and Modeling of Water Absorption by Yellow Dent Corn Kernels Before and During Gelatinization Process. *Asian J Plant Sci.* 5(5): 805-810.
- Nur-Aini 2009. Pengaruh Fermentasi Spontan Selama Perendaman *Grits* Jagung Putih Varietas Lokal (*Zea mays L.*) terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan Fungsional Tepung yang Dihasilkan [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pomeranz Y, Martin CR, Traylor DD, Lai FS. 1984. Corn hardness determination. *Cereal Chem.*61(2):147-150.
- Ramirez EC, Johnston DB, McAloon AJ, Singh V. 2008. Engineering Process and Cost Model for a Conventional Corn Wet Milling Facility. *Ind Crop Prod.* 27: 91-97.
- Sadjad S. 1975. Proses metabolisme perkecambahan benih II. Dalam Sadjad (Ed). Dasar-dasar Ilmu dan Teknologi benih, Capita Selecta. Bogor (ID): Departemen Agronomi dan Hortikultura,IPB.
- Serna-Saldivar SO, Mezo-Villanueva M. 2003. Effect of a Cell-Wall-Degrading Enzyme Complex on Starch Recovery and Steeping Requirements of Sorghum and Maize. *Cereal Chem.* 80(2):148-153.
- Singh V dan Johnson BD. 2002. Pasting Properties and Surface Characteristics of Starch Obtained from an Enzymatic Corn Wet-Milling Process. *Cereal Chem.*79(4):523-527.
- Steinke JD dan Johnson LA. 1991. Steeping Maize in the Presence of Multiple Enzymes. I. Static Batchwise Steeping. *Cereal Chem.*68:7-12.
- Steinke JD, Johnson LA, dan Wang C. 1991. Steeping Maize in The Presence of Multiple Enzymes. I. Continuous Countercurrent Steeping. *Cereal Chem.*68:12-17.
- Suarni dan Widowati S. 2007. Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung. Di dalam : Jagung, Teknik Produksi dan Pengembangan. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Subagio A. 2006. Ubi Kayu: Substitusi Berbagai Tepung-Tepungan. *Food Rev.* April 2006:8-22.
- Subekti NA, Syafruddin, Efendi R, dan Sunarti S. 2007. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung. Di dalam : Jagung, Teknik Produksi dan Pengembangan. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sudarmadji S, Bambang H, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi Keempat. Yogyakarta (ID): Liberty.
- Suradinata T. 1993. *Petunjuk Praktikum Anatomi dan Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta (ID): Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [USDA].The U.S. Department of Agriculture.2008. Item Description for Cornmeal (White or Yellow).<http://www.ams.usda.gov/AMSv1.0/getfile?dDocName=STELDEV3006538> [2 januari 2009].
- Wang YJ, Chong SW, dan Yang W. 2006. Effect of Pericarp Removal on Properties of Wet-

- Milled Corn Starch. *Cereal Chem.* 83(1):25-27.
- Watson SA. 2003. *Description, Development, Structure, and Composition of the Corn Kernel*. In: *White PJ, Johnson LA., editors. Corn Chemistry and Technology*. 2<sup>nd</sup> ed. St. Paul, MN (US): AACC.
- Watson SA dan Eckhoff SR. 2004. *Corn and Sorghum Starches: Production*. In *Starch: Chemistry and Technology*. Orlando, Florida (US): Academic Pr.
- Yang P, Haken AE, Niu Y, Chaney SR, Hicks KB, Eckhoff SR, Tumbleson ME, Singh V. 2005. Effect of Steeping With Sulfite Salts and Adjunct Acids on Corn Wet Milling Yields and Starch Properties. *Cereal Chem.* 82(4):420-424.