

PERUBAHAN DISTRIBUSI UKURAN PARTIKEL TEPUNG ILES-ILES HASIL PENGOLAHAN DENGAN METODE PENGGILINGAN BERTINGKAT

(The Distribution Particle Sizes Change of Konjac Flour by Milling Method)

Sukrisno Widyotomo¹⁾, Hadi K. Purwadaria²⁾, Atjeng M. Syarief²⁾, dan Sri-Mulato¹⁾

ABSTRACT

The objectives of this research were to observe the distribution particle sizes change of konjac flour by dry milling method. The milling process of konjac flour included the milling by rotary cutter, burr mill, and conical ball mill.

The particle size and the size distribution were determined by sieving, microscopic, and scanning electron microscope methods. The data obtained by using the microscopic method indicated the smallest geometric mean particles size, while data from the sieve method indicated the largest geometric mean size. The pictures obtained by using scanning electron microscope method showed the particles has broken after milling process by conical ball mill.

The results indicated that the series of milling process decreased the geometric mean diameter, the fineness modulus, and the uniformity index of konjac flour particles.

Key words. : milling, particle, *Amorphophallus*

PENDAHULUAN

Iles-iles adalah salah satu jenis tanaman umbi-umbian dari marga *Amorphophallus* termasuk ke dalam suku talas-talasan (*Araceae*) yang tumbuh liar di hutan tropis dan sub-tropis (Flach and Rumawas, 1996).

Glukomanan merupakan salah satu komponen kimia terpenting yang terdapat di dalam umbi-iles-iles. Kadar glukomanan berkisar antara 44-64% tergantung dari varietas tanaman (Erniati dan Laksmanahardja, 1996). Untuk memperoleh tepung iles-iles dengan kadar glukomanan yang tinggi setelah panen keripik umbi segar harus segera dikeringkan. Pengeringan umbi iles secara mekanis menggunakan pengering rak dengan ketebalan irisan umbi 1 cm, dan pemucatan di dalam larutan 0,02% bisulfit selama 10 menit sebelum proses pengeringan dikenakan dapat meningkatkan kadar glukomanan keripik iles dari 19,7-41,8% menjadi 56-62,2% (Purwadaria, 2001).

Untuk memisahkan glukomanan dari komponen lain yang terkandung di dalam keripik iles-iles dapat dilakukan dengan cara menggiling atau menumbuk keripik iles kering dan kemudian diayak. Pengecilan ukuran sederhana yang dilakukan oleh petani Indonesia adalah dengan cara penumbukan (Purwadaria, 2001; Sufiani, 1993). Pengecilan ukuran secara tradisional dengan sistem penumbukan mengakibatkan pengerakan (*caking*) di dasar lumpang (wadah penumbukan) sehingga produk akhir yang diperoleh tidak konsisten dan memberikan mutu akhir yang rendah (Purwadaria, 2001).

Glukomanan dapat pula diperoleh dengan metode ekstraksi basah menggunakan pelarut etanol (Soewandhi et al., 1994), tetapi biaya proses menjadi tinggi. Di samping

penggunaan medium yang larut dalam air dengan jumlah besar 1,5 kali berat umbi, proses ekstraksi tetap melalui rantai proses yang panjang yaitu penggilingan palu, penggilingan silinder, pemisah sentrifugal, penyosoh gerinda dan pengeringan (Shimizu and Shimahara, 1973).

Telaahan perubahan distribusi partikel tepung iles dengan metode penggilingan kering secara bertingkat akan dilakukan pada penelitian ini. Peralatan penggiling yang digunakan adalah penggiling pisau rotari dengan prinsip pemotongan, burr mill dengan prinsip penggilingan dan penggiling bola kerucut dengan prinsip penumbukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh proses penggilingan bertingkat terhadap perubahan distribusi dan ukuran partikel tepung iles, indeks keseragaman, dan *fineness modulus* tepung iles.

METODE PENELITIAN

Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, dan Laboratorium Metatron, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor serta Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Peralatan

1. Bahan Utama

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi iles-iles spesies *Amorphophallus oncophyllus* yang diperoleh dari Kawasan Pemangku Hutan (KPH) Klagon, Saradan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur. Pengambilan umbi dilakukan secara acak tanpa melihat umur dan besarnya umbi.

2. Peralatan

Peralatan utama yang digunakan sekaligus sebagai perlakuan dalam penelitian ini adalah (1) penggiling pisau rotari (Gambar 2) yang mempunyai prinsip pemotongan, (2) burr milling (Gambar 4) yang mempunyai prinsip penggilingan, dan (3) penggiling bola kerucut (Gambar 6) yang mempunyai prinsip penumbukan.

Peralatan analisis distribusi dan ukuran partikel yaitu (1) seri saringan Tyler, (2) mikroskop Olympus 861273 Japan (perbesaran 10 x 10 kali), dan (3) elektron mikroskop JEOL 5200 (perbesaran 50 dan 500 kali). Beberapa alat bantu lainnya yaitu Chromameter digital Minolta CR 200, panci, kuas, oven, dan timbangan analitik.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan tahapan seperti disajikan pada Gambar 1. Adapun uraiannya adalah sebagai berikut,

1. Penentuan Bahan Dasar Keripik Iles

¹ Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia

² Institut Pertanian Bogor

Keripik iles kering diperoleh dengan cara mengeringkan irisan umbi iles dengan ketebalan 10 mm dan dikeringkan dengan menggunakan alat pengering tipe rak pada suhu udara pengering antara 60 sampai 65°C hingga diperoleh kadar air akhir 12% BK. Sebelum dilakukan proses pengeringan dilakukan tahapan pembersihan umbi iles dari kotoran dengan cara dicuci dan kemudian proses pemucatan (bleaching) dengan cara merendam irisan umbi iles ke dalam larutan Na-bisulfit (5g/l) selama 10 menit (Arifin, 2001).

2. Perlakuan

Pada penelitian ini dilakukan 3 (tiga) perlakuan proses penggilingan yaitu, (A₁) pengecilan ukuran keripik iles dengan menggunakan penggiling pisau rotari; (A₂) pengecilan ukuran tepung iles dengan menggunakan burr milling; dan (A₃) pengecilan ukuran tepung iles dengan penggiling bola kerucut.

Adapun kondisi operasional ketiga peralatan penggiling tersebut adalah sebagai berikut,

2.1. Penggiling pisau rotari

Kecepatan putar pisau rotari 1.500 rpm, kapasitas kerja 65 kg keripik iles/jam, sistem transmisi sabuk V karet 2 alur, dan tenaga penggerak sebuah motor bakar daya 5,5 HP.

2.2. Burr milling

Kecepatan putar burr mill 3.000 rpm, kapasitas kerja 40 kg tepung iles/jam, sistem transmisi sabuk V karet 2 alur, dan tenaga penggerak sebuah motor bakar daya 5 HP.

2.3. Penggiling bola kerucut

Kecepatan putar 12 rpm, kapasitas kerja 24 kg tepung iles/jam, sistem transmisi sabuk V karet 3 alur dan roda gigi, serta tenaga penggerak sebuah motor listrik daya 3 HP.

3. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan adalah membandingkan pengaruh tahapan proses penggilingan terhadap perubahan distribusi dan ukuran partikel tepung iles, indeks keseragaman, *fineness modulus*, diameter geometrik (mm), dan dimensi rerata (mm).

4. Metode Pengukuran Distribusi dan Ukuran Partikel

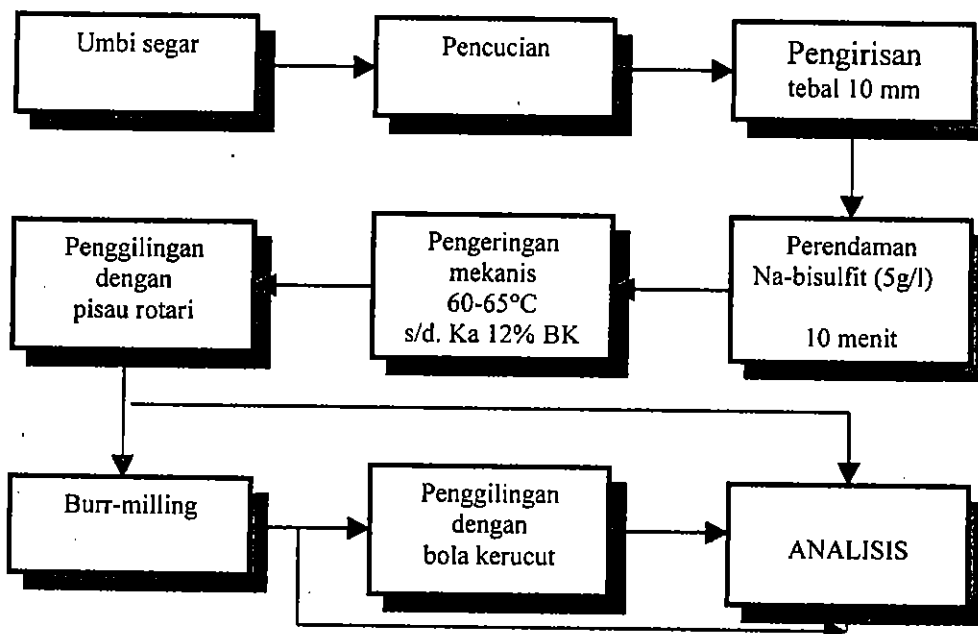
Perubahan distribusi dan ukuran partikel tepung iles hasil setiap tahapan proses penggilingan diukur dengan menggunakan metode saringan Tyler, metode mikroskop, dan metode *scanning electron microscope*.

4.1 Metode saringan Tyler

Alat analisis yang digunakan adalah seperangkat saringan standar Tyler dengan ukuran lubang saringan 170 mesh (90 µm), 150 mesh (106 µm), 100 mesh (150 µm), 65 mesh (212 µm), 48 mesh (300 µm), 32 mesh (0,5 mm), 28 mesh (0,59 mm), 24 mesh (0,71 mm), 14 mesh (1,18 mm), 12 mesh (1,4 mm), 10 mesh (1,7 mm), 9 mesh (2 mm), 8 mesh (2,36 mm), 7 mesh (2,8 mm), 6 mesh (3,35 mm), 4 mesh (4,75 mm) dan 3/8 in (9,5 mm). Analisis perubahan partikel dilaksanakan dengan berpedoman pada ASAE S319.3 (1998) dan Henderson and Perry (1976).

4.2 Metode mikroskop

Penentuan distribusi dan ukuran partikel tepung iles dengan metode mikroskop ditentukan berdasarkan pada metode Janzen et al. (1953) dalam Hayashi et al. (1969). Contoh tepung iles diambil secara acak dan ditempatkan di atas preparat. Untuk satu contoh tepung iles hasil setiap tahapan penggilingan diambil sebanyak 100 butir. Partikel tepung iles diklasifikasikan ke dalam ukuran diameter 20 µm, 40 µm, 60 µm, 80 µm, 90 µm, 106 µm, 150 µm, 212 µm, 300 µm, 500 µm, 590 µm, dan 710 µm, setelah itu masing-masing dihitung jumlahnya (Heldman and Singh, 1981).



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian.

4.3 Metode elektron mikroskop

Sejumlah contoh tepung iles diambil secara acak dan dilekatkan di atas blok sample. Sebelum dimasukkan ke dalam tabung optik, blok sample tersebut terlebih dahulu dimasukkan ke dalam unit penyepuh kering selama 10 menit. Penentuan ukuran partikel tepung iles dengan metode mikroskop elektron ditentukan dengan cara menghitung dan menentukan ukuran partikel tepung iles dari hasil pemotretan dengan menggunakan alat *Scanning Elektron Microscope* JEOL 5200 (Noor, 2001).

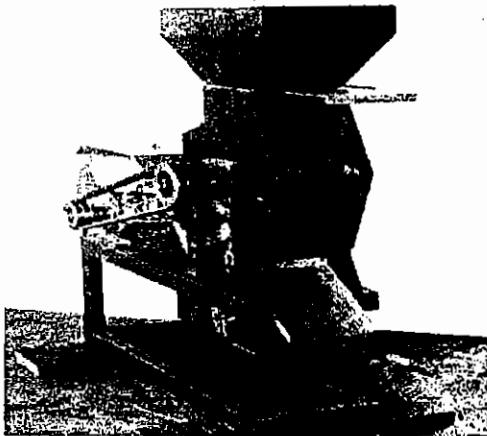
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penggilingan Terhadap Sifat Bahan

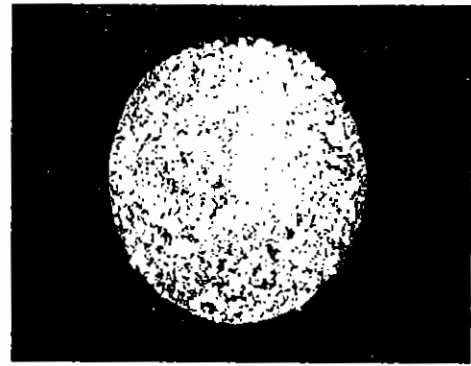
1. Penggilingan Pisau Rotari

Keripik iles dengan kadar air 12% BK diumpankan ke dalam penggiling pisau rotari melalui wadah pengumpan. Struktur penggilingan yang dipakai pisau rotari adalah sebuah rotor dengan pisau-pisau yang dipasang dengan jarak yang seragam pada bidang yang dapat berputar sehingga dapat memotong berlawanan dengan pisau yang dipasang tetap pada kerangka. Keripik mengalami pengecilan ukuran dengan prinsip pemotongan dan berputar terus menerus dengan kecepatan 1.500 rpm sampai memiliki ukuran lebih kecil daripada lubang saringan berukuran diameter 5 mm yang diletakkan di bawah pisau rotari. Dengan ditematkannya saringan tersebut menyebabkan aksi pengguntingan keripik iles secara berurutan menjadi lebih efektif daripada aksi tekanan atau benturan (Syarief dan Nugroho, 1992).

Proses pengecilan ukuran yang terjadi di dalam pisau rotari yang berputar kontinu dengan kecepatan putar yang cukup tinggi mengakibatkan terjadinya gesekan antara bahan dengan komponen mesin, maupun bahan dengan bahan. Friksi yang terjadi tersebut secara tidak langsung merupakan proses penyosohan dimana partikel pati ataupun benda-benda asing lainnya seperti kotoran maupun serat dapat terlepas dari permukaan kristal glukomanan. Produk yang diperoleh adalah tepung iles dengan tingkat keseragaman dan kenampakan permukaan partikel yang lebih cerah (Gambar 3).



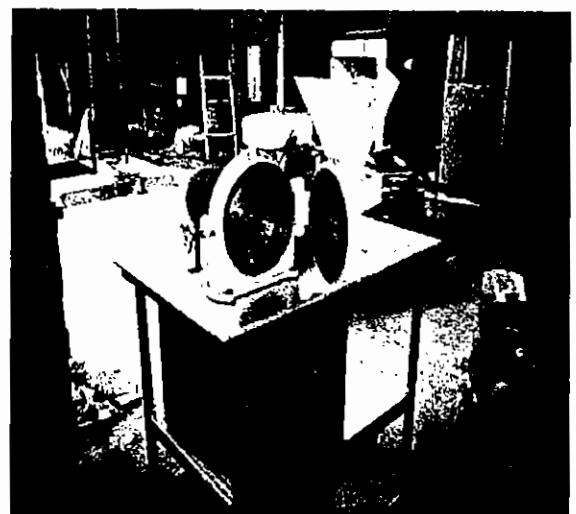
Gambar 2. Penggiling pisau rotari



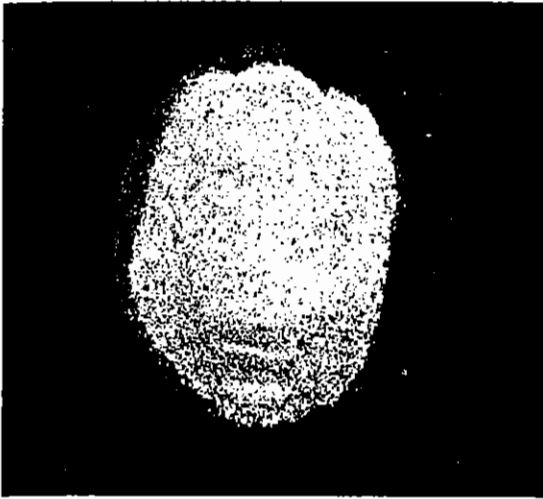
Gambar 3. Tepung iles produk penggiling pisau rotari

2. Burr milling

Pada burr milling, partikel-partikel tepung iles produk penggiling pisau rotari digosok-gosokan di antara alur-alur piringan, satu diam dan yang lain bergerak. Permukaan piringan stasioner diberi 3 alur *pin* melingkar, sedangkan piringan berputar diberi sirip yang membentuk kipas dan pada bagian bawah diletakkan lubang saringan. Piringan dinamis yang berputar dengan kecepatan 3.000 rpm menyebabkan tepung iles yang dimasukkan di antara kedua piringan tersebut diperkecil dengan cara diremukan dan digunting (Syarief dan Nugroho, 1992). Seperti halnya yang terjadi di dalam penggiling pisau rotari, tepung iles di dalam burr milling juga mengalami proses penyosohan akibat terjadinya gesekan permukaan bahan dengan komponen mesin maupun bahan dengan bahan. Hal ini menyebabkan partikel pati ataupun benda asing lainnya seperti kotoran maupun serat akan terlepas dari permukaan kristal glukomanan. Tepung iles yang dihasilkan pada tahapan penggilingan ini memiliki ukuran partikel yang relatif lebih kecil dan lebih seragam dibandingkan dengan partikel produk penggiling bola kerucut. Proses tersebut menyebabkan ketampakan permukaan partikel tepung iles produk burr milling lebih baik dibandingkan tepung iles produk penggiling pisau rotari (Gambar 5).



Gambar 4. Burr milling

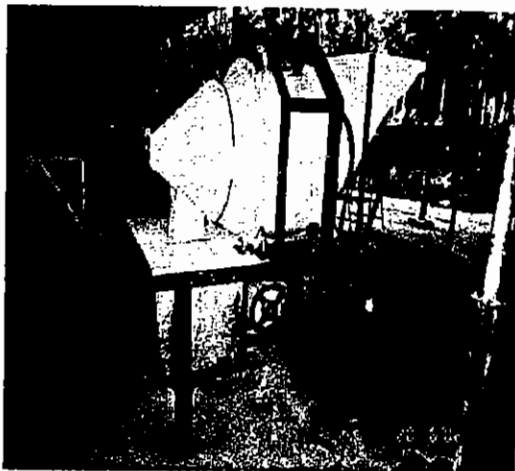


Gambar 5. Tepung iles produk burr milling

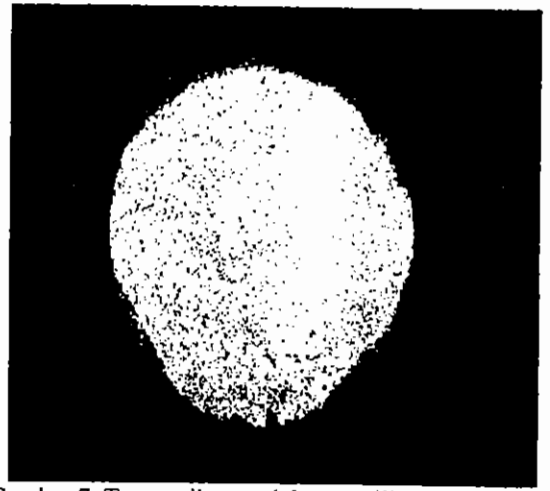
3. Penggiling Bola Kerucut

Tepung iles produk penggilingan burr milling diperkecil lanjut dengan menggunakan penggiling bola kerucut. Pengecilan ukuran atau penghancuran tepung iles pada penggiling bola kerucut dipengaruhi oleh tumbukan antara sejumlah bola dengan beberapa ukuran dengan partikel tepung iles (Syarif dan Nugroho, 1992). Pada saat tabung berputar, bola dengan diameter terbesar akan bergerak ke arah titik diameter maksimum, sedang yang kecil akan bergerak ke arah pengeluar. Bola-bola akan selalu berada kontak dengan dinding dan satu sama lain pada saat bergerak naik. Proses pengecilan ukuran dengan prinsip penggilingan terjadi pada saat tepung iles mengisi ruang kosong diantara bola-bola yang berputar.

Pada tahap ini, friksi yang terjadi antara sejumlah permukaan bola yang berputar dengan bahan maupun bahan dengan bahan menyebabkan partikel pati atau benda-benda asing lainnya seperti serat maupun kotoran yang menempel dipermukaan kristal glukomanan akan terlepas. Pada saat mencapai ketinggian maksimum, sebagian besar penggilingan berlangsung secara benturan karena bola-bola bebas jatuh menumbuk tepung iles yang berada di dasar penggiling. Produk penggilingan bola kerucut adalah tepung iles dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan kenampakan yang lebih cerah dibandingkan tepung iles produk penggilingan burr milling (Gambar 7).



Gambar 6. Penggiling bola kerucut.



Gambar 7. Tepung iles produk penggiling bola kerucut

Pengaruh Penggilingan Terhadap Distribusi Dan Ukuran Partikel

1. Metode Saringan Tyler

Analisis saringan Tyler penting dilakukan untuk menentukan pengaruh penggilingan terhadap perubahan distribusi (%berat) dan ukuran partikel tepung iles. Menurut Henderson and Perry (1976), indeks keseragaman dan *fineness modulus* menunjukkan keseragaman hasil giling atau penyebaran fraksi kasar, sedang dan halus dalam bahan hasil penggilingan.

Penggiling pisau rotari, burr mill dan penggiling bola kerucut menghasilkan tepung iles dengan indeks keseragaman partikel berukuran kasar, sedang dan halus masing-masing 20%, 20%, dan 40%; 0%, 10%, dan 90%; serta 0%, 10%, dan 90%. *Finenes modulus* tepung iles hasil penggilingan pisau rotari, burr mill dan penggiling bola kerucut masing-masing 2,95, 1,72 dan 1,45. Sedangkan diameter geometrik partikel yang dihasilkan masing-masing 0,693 mm, 0,306 mm dan 0,296 mm. Hal ini menunjukkan bahwa proses penggilingan dan peremukan tepung iles yang terjadi di dalam burr mill dan penggiling bola kerucut mampu memperkecil ukuran partikel menjadi setengah ukuran partikel awal dan tingkat keseragamannya (partikel halus) meningkat lebih dari dua kali tingkat keseragaman awal. Nilai *fineness modulus* menunjukkan bahwa setiap tahapan penggilingan menghasilkan tepung iles dengan ukuran partikel yang sebagian besar tertahan di 48 mesh dan 100 mesh.

Tabel 1. Ukuran partikel hasil analisis saringan Tyler.

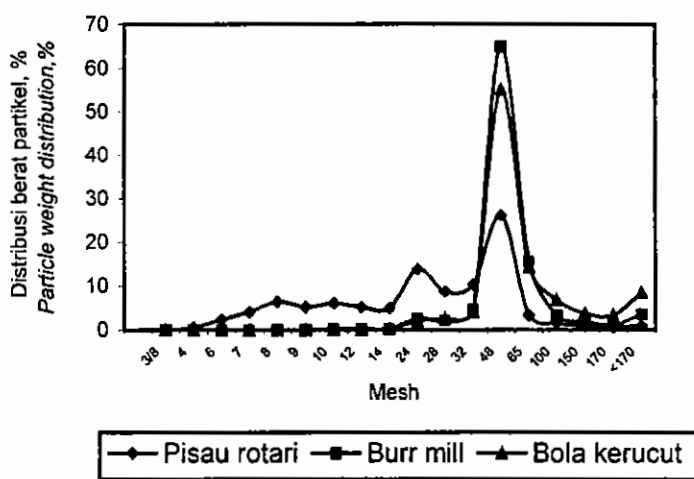
Table 1. Particle size from Tyler analysis

Mesin (machine)	Penggiling pisau rotari (Rotary cutter)	Burr milling	Penggiling bola kerucut (Ball mill)
Kode (Code)	A ₁	A ₂	A ₃
Diameter geometrik ^{*)} <i>Geometric diameter</i>	0,693	0,306	0,296
<i>Fineness modulus</i>	2,95	1,72	1,45
Dimensi rerata ^{*)} <i>Average diameter</i>	0,803	0,342	0,302
Indek keseragaman <i>Uniformity index</i>	2:4:4	0:1:9	0:1:9

^{*)} Satuan dalam mm (mm unit)

Gambar 8 menunjukkan bahwa distribusi partikel hasil penggilingan pisau rotari adalah 65% partikel berukuran lebih besar dari 32 mesh, 26% partikel tertahan di 48 mesh, 4% partikel tertahan di 65 mesh, 2% partikel tertahan di 100 mesh, dan 3% partikel lebih kecil dari 100 mesh. Distribusi partikel hasil penggilingan burr mill adalah 7% partikel berukuran lebih besar dari 32 mesh, 65%

partikel tertahan di 48 mesh, 17% partikel tertahan di 65 mesh, 4% partikel tertahan di 100 mesh, dan 7% partikel lebih kecil dari 100 mesh. Distribusi partikel hasil penggilingan bola kerucut adalah 5% partikel berukuran lebih besar dari 32 mesh, 55% partikel tertahan di 48 mesh, 18% partikel tertahan di 65 mesh, 8% partikel tertahan di 100 mesh, dan 14% partikel lebih kecil dari 100 mesh.



Gambar 8. Distribusi berat partikel tepung ilies berdasarkan ukuran mesh.
Figure 8. Particle weight distribution of konjac flour based on mesh size

2. Metode Mikroskop

Iinoya (1963) dalam Hayashi et. al. (1969) menyatakan bahwa metode saringan merupakan metode yang sangat sederhana dan cepat dalam menentukan ukuran partikel. Namun demikian, metode ini sangat sulit untuk menentukan ukuran partikel yang sangat kecil sehingga diperlukan metode mikroskop agar distribusi dan ukuran partikel yang dapat terdeteksi lebih luas. Analisis mikroskop sangat penting dilakukan untuk menentukan pengaruh penggilingan terhadap perubahan distribusi (% jumlah) dan ukuran diameter partikel tepung ilies yang lebih kecil dimana sulit untuk dapat ditentukan dengan menggunakan metode saringan Tyler. Jumlah kumulatif partikel tepung

ilies ditampilkan pada Gambar 9. Distribusi partikel hasil pengecilan ukuran dengan penggiling pisau rotari (A₁) ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan distribusi partikel hasil pengecilan ukuran burr mill (A₂), dan penggilingan bola kerucut (A₃) ditampilkan pada Gambar 5. Tabel 3 menampilkan persamaan distribusi partikel tepung ilies seperti yang ditampilkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Tabel 2 menampilkan perubahan beberapa besaran fisik seperti diameter aritmatik (x_L), diameter geometrik (x_G), diameter rata-rata permukaan (*mean surface diameter*) (x_S), dan diameter volume permukaan (*volume-surface diameter*) (x_{VS}).

Tabel 2. Rataan diameter partikel tepung iles hasil penggilingan.
 Table 2. Average diameter of konjac particle from milling process

Mesin (machine)	Penggiling pisau rotari (Rotary cutter)	Burr milling	Penggiling bola kerucut (Ball mill)
Diameter partikel, μm Particle diameter, μm	A ₁	A ₂	A ₃
Diameter aritmatik Aritmatic diameter	239,56	165,1	158,64
Diameter geometric Geometric diameter	164,723	137,854	136,982
Diameter rata-rata permukaan Average surface diameter	409,283	236,059	192,734
Diameter volume permukaan Surface volume diameter	522,455	330,176	213,741

Umumnya, rerata ukuran partikel disajikan dalam bentuk rerata diameter aritmatik. Hasil penelitian Mugle and Evans (1951) dalam Hayashi et. al. (1969) menunjukkan bahwa untuk menyatakan ukuran partikel, diameter volume permukaan (*volume surface diameter*) adalah yang paling baik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi partikel tepung iles hasil penggilingan pisau rotari adalah 4% berukuran 20 μm , 4% berukuran 40 μm , 4% berukuran 60 μm , 8% berukuran 80 μm , 15% berukuran 90 μm , 11% berukuran 106 μm , 4% berukuran 150 μm , 20% berukuran 212 μm , 6% berukuran 300 μm , 12% berukuran 500 μm , 7% berukuran 590 μm , dan 5% berukuran 710 μm . Distribusi partikel tepung iles hasil penggilingan burr mill adalah 2% berukuran 20 μm , 3% berukuran 40 μm , 4% berukuran 60 μm , 6% berukuran 80 μm , 15% berukuran 90 μm , 10% berukuran 106 μm , 28% berukuran 150 μm , 20% berukuran

212 μm , 7% berukuran 300 μm , 3% berukuran 500 μm , dan 2% berukuran 590 μm . Distribusi partikel tepung iles hasil penggilingan bola kerucut adalah 2% berukuran 20 μm , 5% berukuran 40 μm , 5% berukuran 60 μm , 5% berukuran 80 μm , 15% berukuran 90 μm , 10% berukuran 106 μm , 5% berukuran 150 μm , 47% berukuran 212 μm , dan 6% berukuran 300 μm .

Partikel tepung iles hasil analisis mikroskop memiliki diameter yang lebih kecil, dengan demikian metode ini mampu mendeteksi partikel dengan ukuran diameter yang tidak dapat dideteksi dengan metode saringan. Namun demikian, kemampuan mikroskop dengan perbesaran 100 kali hanya mampu mendeteksi partikel tepung iles dengan diameter lebih kecil dari 1 400 μm dan lebih besar dari 20 μm .

Tabel 3. Persamaan distribusi partikel tepung iles (analisis partikel dengan metode mikroskop)

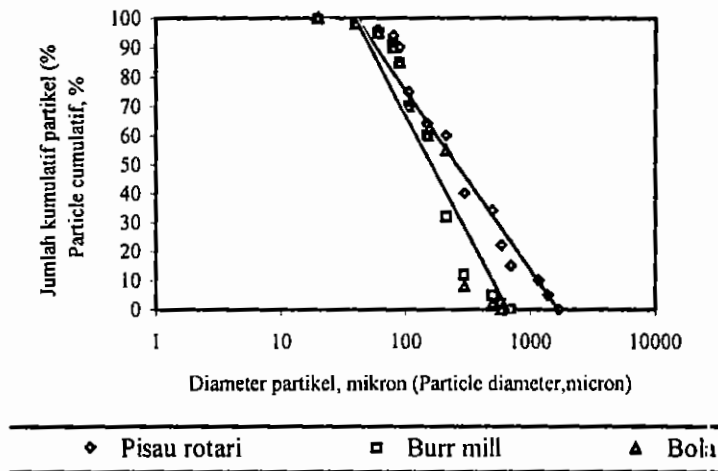
Table 3. Particle distribution equation of konjac flour (analysis by microscope method)

Perlakuan Treatment	Persamaan Kurva Curve equation
Penggiling pisau rotari Rotary cutter	$f(x) = 0,5373\exp[-0,552177\ln(x)^2 + 5,636912\ln(x) - 0,409972]$
Burr milling	$f(x) = 1,7475\exp[-0,818101\ln(x)^2 + 8,06025\ln(x) - 0,186865]$
Penggiling bola kerucut Ball mill	$f(x) = 1,8597\exp[-0,835242\ln(x)^2 + 8,218521\ln(x) - 0,179178]$

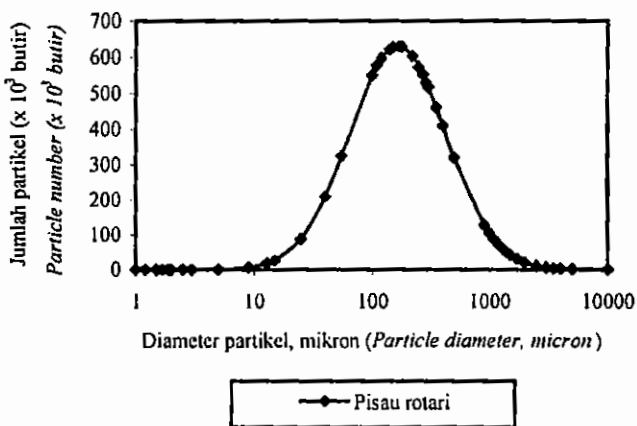
Dimana : $f(x)$ adalah fungsi densitas partikel, dan x adalah diameter partikel (micron)

Tabel 3 menunjukkan persamaan distribusi partikel tepung iles hasil analisis mikroskop. Distribusi partikel tepung iles produk ketiga perlakuan penggilingan tersebar pada kisaran diameter partikel antara 20 μm sampai 5.000 μm (Gambar 10 dan 11). Jumlah partikel terbanyak adalah partikel dengan ukuran diameter rata-rata. Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa partikel dengan diameter 164,72 μm memiliki jumlah partikel terbanyak, dimana 164,72 μm adalah rerata diameter geometrik partikel produk

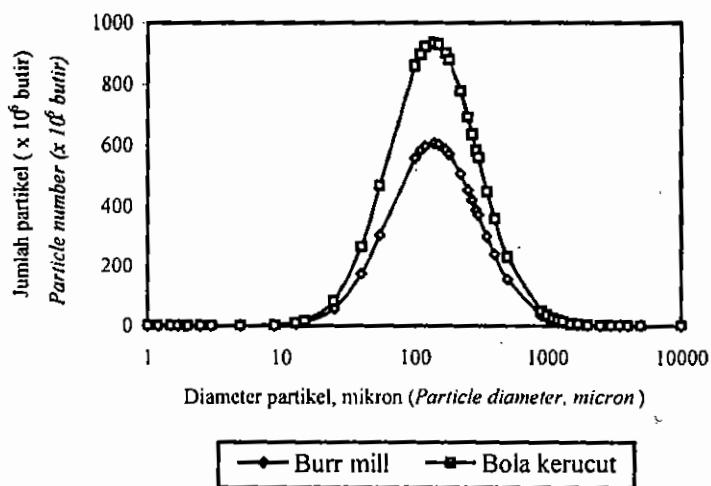
penggilingan pisau rotari. Demikian halnya dengan distribusi partikel tepung iles produk penggilingan burr mill dan bola kerucut. Gambar 11 menunjukkan bahwa jumlah partikel terbanyak untuk produk penggilingan burr mill adalah partikel dengan rerata diameter geometrik 137,85 μm , sedangkan tepung iles produk penggiling bola kerucut jumlah partikel terbanyak adalah partikel dengan rerata diameter geometrik 136,98 μm .



Gambar 9. Sebaran jumlah kumulatif partikel tepung iles pada berbagai diameter partikel.
 Figure 9. Distribution of number cumulatife of konjac flour from several particle diameter



Gambar 10. Kurva distribusi partikel tepung iles produk penggiling pisau rotari.
 Figure 10. Curve of particle distribution of konjac flour product by rotary cutter

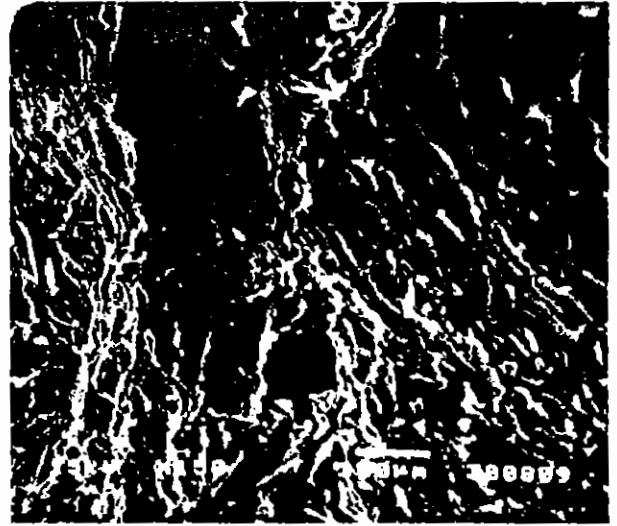


Gambar 11. Kurva distribusi partikel tepung iles produk, burr milling dan penggiling bola kerucut.
 Figure 11. Curve of particle distribution of konjac flour product by burr milling and ball mill

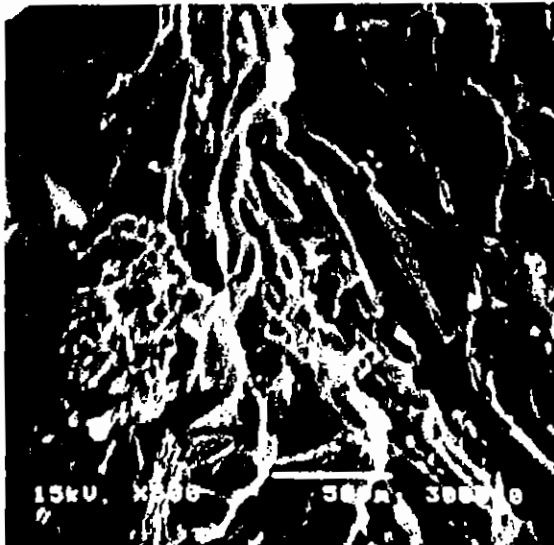
3. Metode Elektron Mikroskop

Metode elektron mikroskop digunakan untuk mendeteksi partikel tepung iles dimana ukuran partikel tersebut sulit dideteksi oleh metode saringan Tyler maupun metode mikroskop. Hasil *Scanning Electron Microscope* dari produk penggiling pisau rotari, burr mill dan penggiling bola kerucut ditampilkan pada Gambar 12 sampai dengan Gambar 19.

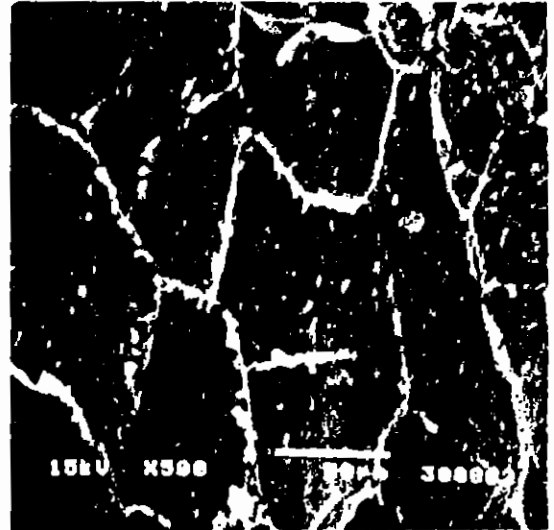
Mekanisme proses pengecilan ukuran penggiling pisau rotari adalah putaran pisau-pisau yang dipasang dengan jarak yang seragam pada bidang yang dapat berputar sehingga dapat memotong berlawanan dengan pisau yang dipasang tetap pada kerangka. Jarak antara pisau dinamis dan statis yang relatif sempit dan dengan ditematkannya lubang saringan di bagian bawah menyebabkan aksi pengguntingan keripik iles secara berurutan menjadi lebih efektif daripada aksi tekanan atau benturan (Syarief dan Nugroho, 1992).



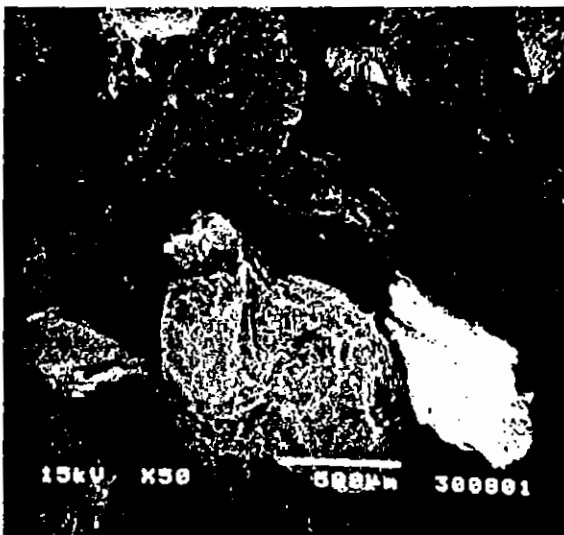
Gambar 12. Penampang melintang keripik iles (perbesaran 150 kali)



Gambar 13. Penampang melintang keripik iles (perbesaran 500 kali)



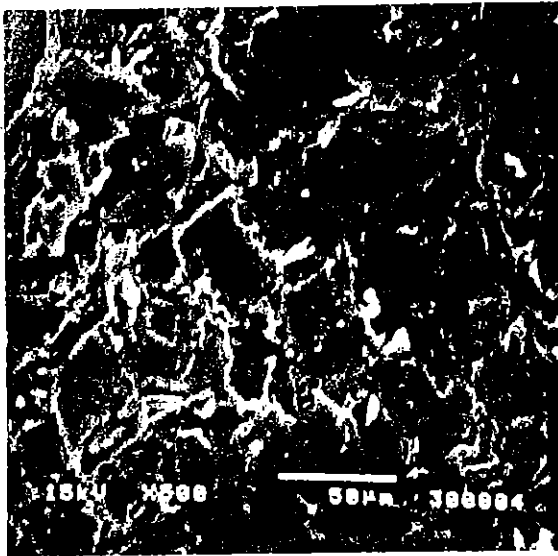
Gambar 15. Permukaan kristal glukomanan produk penggiling pisau rotari.



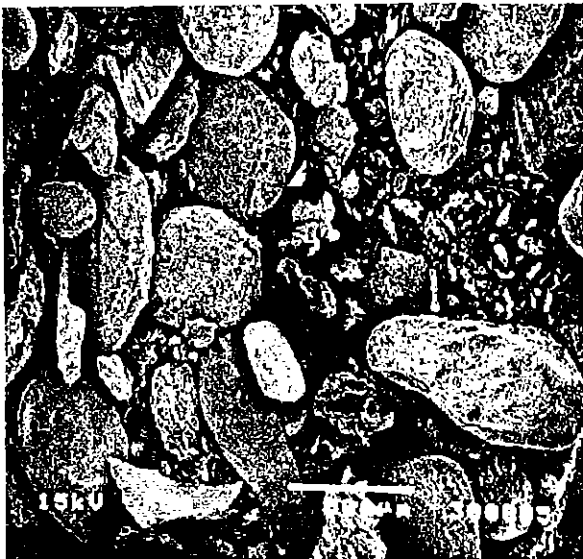
Gambar 14. Kristal glukomanan produk penggiling pisau rotari.



Gambar 16. Kristal glukomanan produk burr mill.



Gambar 17. Permukaan kristal glukomanan produk burr mill.



Gambar 18. Kristal glukomanan produk penggiling bola kerucut.



Gambar 19. Permukaan kristal glukomanan produk penggiling bola kerucut.

Mekanisme penggilingan dengan prinsip penggungtingan tersebut ternyata mampu menghasilkan tepung iles dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam dibandingkan dengan tepung iles yang dihasilkan dari penggiling palu dan silinder (Purwadaria, 2001). Gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa penggiling pisau rotari yang bekerja berdasarkan prinsip pemotongan dapat memperkecil ukuran kristal glukomanan antara 300 sampai 600 μm .

Mekanisme pengecilan ukuran dengan menggunakan burr mill adalah partikel-partikel tepung iles digosok-gosokkan di antara alur-alur piringan, satu diam dan yang lain bergerak. Permukaan piringan stasioner diberi 3 alur *pin* melingkar, sedangkan piringan berputar diberi sirip yang membentuk kipas dan pada bagian bawah diletakkan lubang saringan. Tepung iles yang dimasukkan di antara kedua piringan diperkecil dengan cara diremukan dan digunting. Gambar 16 menunjukkan bahwa burr mill masih dapat memperkecil ukuran kristal glukomanan dengan bentuk yang relatif lebih seragam. Mekanisme tersebut mampu menghasilkan kristal glukomanan dengan ukuran kristal glukomanan antara 150 sampai 200 μm .

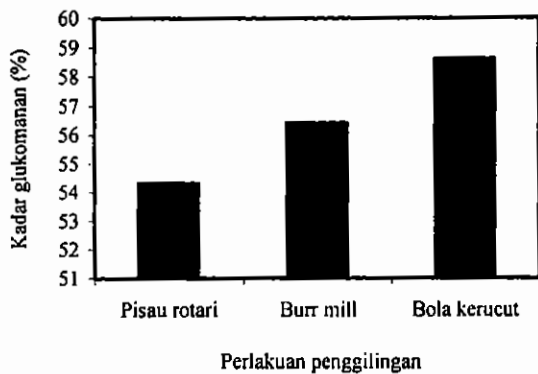
Mekanisme proses pengecilan ukuran tepung iles yang terjadi di penggiling bola kerucut dipengaruhi oleh tumbukan bola-bola yang selalu berada kontak dengan dinding dan satu sama lain pada saat bergerak naik. Sebagian besar penggilingan berlangsung secara benturan pada saat bola-bola yang bebas jatuh menumbuk dasar penggiling. Makin cepat putaran penggiling, maka akan semakin besar tumbukan bola ke dasar penggiling. Mekanisme tumbukan tersebut menyebabkan kristal glukomanan yang terdapat di dalam tepung iles menjadi terkikis sehingga menghasilkan pecahan kristal (Gambar 18).

Pengaruh Penggilingan Terhadap Kadar Glukomanan

Hasil pengukuran kadar glukomanan tepung iles dari beberapa tahap penggilingan ditampilkan pada Gambar 20. Tahapan proses penggilingan menyebabkan kadar glukomanan yang terdapat di dalam tepung iles-iles meningkat. Kadar glukomanan hasil penggilingan pisau rotari, burr mill dan penggiling bola kerucut masing-masing 54,3%, 56,4%, dan 58,6%.

Tahapan proses penggilingan menghasilkan tepung iles dengan ukuran partikel yang semakin halus, dan hasil analisis saringan menunjukkan bahwa semakin banyak diperoleh ukuran partikel tepung iles yang lebih kecil dari 150 mesh.

Pada setiap tahapan proses penggilingan terjadi efek hembusan yang dihasilkan oleh putaran komponen penggiling. Efek hembusan tersebut menyebabkan partikel dengan ukuran yang sangat kecil terpisah dari tepung iles yang dihasilkan dan terhembus keluar. Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa ukuran partikel tepung iles yang terhembus lebih kecil dari 150 mesh atau 106 μm . Hasil pengukuran menunjukkan bahwa partikel tepung iles yang hilang akibat hembusan yang disebabkan oleh putaran komponen penggiling dari penggiling pisau rotari, burr mill dan bola kerucut masing-masing 12,5%, 16,1% dan 4,4%. Proses inilah yang menyebabkan kadar glukomanan di dalam tepung iles semakin meningkat.



Gambar 20. Perubahan kadar glukomanan tepung iles.

KESIMPULAN

1. Metode pengecilan ukuran dengan system penggilingan bertingkat yang terdiri dari penggiling pisau rotari, burr mill, dan penggiling bola kerucut menghasilkan partikel tepung iles dengan diameter geometrik dari penggiling pisau rotari, burr mill, dan penggiling bola kerucut yaitu masing-masing 0,693 mm, 0,306 mm, dan 0,296 mm.
2. Tahap pengecilan ukuran untuk memperoleh kristal glukomanan bermutu baik setelah diperoleh produk keripik iles kering adalah pertama dengan menggunakan penggiling pisau putar kemudian dilanjutkan dengan pengecilan ukuran menggunakan burr milling. Proses pemolesan kristal glukomanan perlu dilakukan agar permukaan kristal akan tampak lebih bersih.
3. Pengecilan ukuran dengan prinsip penumbukan yang terjadi di dalam penggiling bola kerucut mengakibatkan kristal glukomanan yang dihasilkan terkikis dan menghasilkan pecahan kristal glukomanan. Untuk itu, optimasi pengecilan ukuran lanjutan dengan menggunakan penggiling bola kerucut perlu dilakukan agar jumlah pecahan kristal glukomanan dapat ditekan serendah mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, M. A. 2001. Pengeringan keripik umbi iles-iles secara mekanik untuk meningkatkan mutu keripik iles. Thesis. Teknologi Pasca Panen. PPS-IPB.

ASAE STANDARDS. 1998. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ANSI/ASAE S319.3 JUL97. American National Standards Institute.

Erniati dan M.P. Laksmanahardja. 1996. Manfaat iles-iles (*Amorphophallus* spp.) sebagai bahan baku makanan dan industri. Jurnal Litbang Pertanian, XV (3). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor.

Flach, M and F. Rumawas (eds), 1996. Plant yielding non-seed carbohydrates Plant Resources of South-East Asia. No. 9. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

Hayashi, H., D. R. Heldman., and T. I. Hedrick. 1969. Influence of spray-drying conditions on size and size distribution of nonfat dry milk particles. Journal of Dairy Science. 52, No. 31-37.

Heldman, D.R and R.P. Singh. 1981. Food process engineering. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.

Henderson, S.M. and R.L. Perry. 1976. Agricultural process engineering. Third Eds. The AVI Publ. Comp. Inc., Westport, Connecticut.

Noor, R. R. 2001. Scanning electron microscope. Lab. Pemuliaan dan Genetika Ternak. Fakultas Peternakan, IPB. Bogor.

Purwadaria, H.K, 2001. Pengembangan proses fraksinasi untuk meningkatkan mutu tepung iles-iles (konjac flour) untuk ekspor. Laporan akhir tahun RUT VIII.1 Tahun anggaran 2001. Fateta, IPB. Bogor.

Shimizu, M and H. Shimahara. 1973. Method of selective separation of konjac flour from the tubers of *Amorphophallus* konjac. US Patent No. 3, 767, 424-11/1973.

Soewandhi, S.N., S. Soetarno, L. Troskialina and B. Lidya, 1994. Etherification of iles mannan to improve its usage as excipient on pharmaceutical technology. Rep. Asahi Glass Foundation 1994, Japan: 673.

Sufiani, S, 1993. Iles-iles (*Amorphophallus*); Jenis, syarat tumbuh, budidaya dan standar mutu ekspor. Media Komunikasi Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. No.12: 11-15.

Syarief, A. M. dan E. A. Nugroho. 1992. Teknik reduksi ukuran bahan. PAU Pangan dan Gizi. IPB.