

**PENGEMBANGAN DAN ANALISIS TEKNIS-FINANSIAL ALAT PENERING
PATI SAGU MODEL *AgRo CROSS FLOW FLUIDIZED* UNTUK
MENUNJANG AGROINDUSTRI SAGU DI PAPUA**

***DEVELOPMENT AND TECHNICAL FINANCIAL ANALYSIS OF SAGO STARCH DRYER
AgRo CROSS FLOW FLUIDIZED MODEL TO SUPPORT SAGO AGROINDUSTRY IN PAPUA***

Abadi Jading*, Paulus Payung, Wilson Palelingan Aman, Eduard F. Tethool

Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari Papua Barat, Papua, Indonesia
E-mail: a_jading@yahoo.com

ABSTRACT

Utilization of dried sago starch as a source of raw materials and agroindustry-based starch and flour is still very limited, especially sago starch processed by people from Papua and West Papua. This is because the sago starch production only reached the stage of wet processing sago starch, as well as the lack of support for the agroindustry to produce and use dried sago starch. The objective of this study were to develop a design of agitated and vibro cross flow fluidized bed dryer unit into a model of Agitated-vibro Cross Flow Fluidized Bed (AgRoCFFB) that can work in semi-continuous, to perform technical evaluations, to analysis the chemical composition of dried sago starch, and to analysis financial performance as well as to determine the feasibility of using AgRoCFFB dryer on sago processing industry folk. Stages of the study included the development (i.e. designing semi-continuously agitators and vibrators), the technical evaluation (i.e. test and analyze the performance of the dryer to determine the drying rate, energy requirements, and efficiency of drying), dried sago starch quality analysis (analyzing the chemical composition), and analyzing financial of AgRoCFFB dryers models. The results of dryers development produced agitators and vibrators with maximum capacity of 100 kg/process. The performance of the dryer was able to drain the sago starch as much as 35 kg for 6 hours with a fuel consumption of 70 kg of coconut shells, dryer efficiency of 4.9%, and the chemical composition of dry starch starch approaching ISO (ISO 3729:2008). The results of the financial analysis showed decent drier AgRoCFFB was feasible to support micro-small-scale agroindustry in Papua and West Papua.

Keywords: agitated vibro, cross flow fluidized bed, sago starch, agroindustry

ABSTRAK

Pemanfaatan pati sagu kering sebagai salah satu sumber bahan baku agroindustri berbasis pati dan tepung-tepungan masih sangat terbatas, terutama pati sagu hasil olahan masyarakat yang berasal dari Papua dan Papua Barat. Hal ini disebabkan karena pati sagu hasil produksi masyarakat hanya sampai pada tahap pengolahan pati sagu basah, serta belum adanya agroindustri yang mendukung untuk memproduksi dan menggunakan pati sagu kering. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan rancangan alat pengering *agitator* dan *vibro cross flow fluidized bed* menjadi satu unit pengering model *Agitated-vibro Cross Flow Fluidized Bed (AgRoCFFB)* yang dapat bekerja secara semi kontinyu, melakukan evaluasi teknis, analisis komposisi kimia pati sagu kering, dan analisis finansial untuk mengetahui unjuk kerja serta tingkat kelayakan penggunaan alat pengering AgRoCFFB pada industri pengolahan sagu rakyat. Tahapan penelitian meliputi pengembangan (yaitu merancang agitator dan vibrator secara semi kontinyu), evaluasi secara teknis (yaitu menguji dan menganalisis kinerja alat pengering untuk menentukan laju pengeringan, kebutuhan energi, dan efisiensi pengeringan), analisis mutu pati sagu kering hasil pengeringan (menganalisis komposisi kimia), dan menganalisis secara finansial alat pengering model AgRoCFFB. Hasil pengembangan alat pengering diperoleh agitator dan vibrator kapasitas maksimum 100 kg/proses. Unjuk kerja alat mampu mengeringkan pati sagu sebanyak 35 kg selama 6 jam dengan konsumsi bahan bakar tempurung kelapa sebanyak 70 kg, efisiensi pengering 4,9%, dan komposisi kimia pati kering mendekati SNI tepung sagu (SNI 3729:2008). Hasil analisis finansial menunjukkan alat pengering AgRoCFFB layak digunakan untuk mendukung agroindustri skala usaha mikro kecil di Papua dan Papua Barat.

Kata kunci: *agitated vibro, cross flow fluidized bed, pati sagu, agroindustri*

PENDAHULUAN

Pengolahan sagu rakyat di Papua dan Papua Barat baru sampai pada tahap produksi pati sagu basah, hal ini disebabkan masyarakat memilih untuk menjual pati sagu basah daripada mengolahnya menjadi pati kering. Pati sagu kering yang ada di

pasaran Indonesia pada umumnya berasal dari Riau, dengan produksi 100.000 ton pati sagu kering (Jong dan Widjono, 2007), padahal 90% luas lahan tanaman sagu di Indonesia berada di Papua dan Papua Barat.

Kebutuhan pati sagu kering di Indonesia bahkan di dunia sangat menjanjikan. Jong dan

Widjono (2007) melaporkan bahwa kebutuhan pati bagi industri dunia saat ini sekitar 50 juta/ton/tahun dengan laju pertumbuhan 7,7%/tahun dan sagu merupakan penghasil pati yang lebih efisiensi dibanding penghasil pati lainnya. Sekitar 50% potensi pati sagu dunia ada di Indonesia, dan sekitar 90% potensi pati sagu ada di Papua dan Papua Barat.

Selain faktor tersebut diatas, juga belum adanya dukungan agroindustri sagu di Papua dan Papua Barat untuk memanfaatkan pati sagu kering menjadi produk olahan berbasis sagu. Salah satu faktor yang mempengaruhi peluang pengembangan agroindustri sagu di Papua menurut Tarigan dan Ariningsih (2007) adalah teknologi, termasuk ketersediaan alat dan mesin pertanian (alsintan). Untuk mendukung agroindustri pati sagu kering berbasis masyarakat, maka perlu adanya dukungan alat dan mesin pengolahan sagu (alsin), salah satunya adalah alat pengering pati sagu.

Alat pengering buatan sangat diperlukan pada proses pengeringan pati sagu khususnya di Papua, karena kondisi cuaca yang tidak menentu sehingga menyulitkan mendapatkan mutu pati kering yang baik. Alat pengering pati sagu yang telah dibuat dan dikembangkan diantaranya model *flash dryer* (Haryanto dan Pangloli, 1992), *batch fluidized bed dryer* (Jading dan Gultom, 2007), *cross flow fluidized bed* bertenaga surya-biomassa (Jading *et al.*, 2011b), dan *modified fluidized bed* (Jading *et al.*, 2011a). Hasil pengujian unjuk kerja menunjukkan bahwa alat-alat pengering tersebut mampu mengeringkan pati sagu dengan kadar air antara 11,0-14,0%bb, namun masih terdapat kekurangan antara lain daya tampung bahan dan efisiensi pengering masih rendah. Selain itu waktu pengeringan lebih lambat karena pati sagu termasuk dalam kelompok bahan kohesif (*cohesive*, C), lengket dan berbentuk bongkahan yang padat (Moris dan Rocha, 2003) sehingga distribusi suhu pengeringan tidak merata. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibutuhkan pengadukan (*agitated*) dan getaran (*vibrated*) selama proses pengeringan. Jading *et al.* (2011a) telah merancang alat pengering pati sagu dengan menambahkan pengaduk dan Jading *et al.* (2011b) mengembangkan alat tersebut dengan menambahkan penggetar untuk memisahkan bongkahan-bongkahan pati sagu, namun kedua alat pengering tersebut bekerja secara terpisah sehingga perlu adanya gabungan atau kombinasi pengadukan dengan penggetar pada satu unit pengering.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan rancangan alat pengering *agitator dan vibro cross flow fluidized bed* menjadi satu unit pengering model *Agitated-vibro Cross Flow Fluidized Bed* (AgRoCFFB) yang dapat bekerja secara semi kontinyu, melakukan evaluasi teknis, analisis komposisi kimia pati sagu kering, dan analisis finansial untuk mengetahui unjuk kerja serta

tingkat kelayakan penggunaan alat pengering AgRoCFFB pada industri pengolahan sagu rakyat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pengembangan rancangan sampai tahap pembuatan alat pengering AgRoCFFB adalah plat besi dengan ketebalan 2,0 mm dan 5,0 mm, plat *stainless steel* 1,0 mm, besi siku (50 x 50) mm tipe B, besi siku (40 x 40) mm tipe B, baut mur, cat, dan lain-lain. Peralatan yang digunakan terdiri dari alat dan mesin perbengkelan utama (mesin las, mesin bor, dan lain-lain), sedangkan bahan dan peralatan yang digunakan untuk pengujian alat pengering adalah pati sagu basah sebanyak 105 kg dengan 3 (tiga) kali percobaan atau ulangan. Setiap ulangan menggunakan 35 kg pati sagu basah dan bahan bakar tempurung kelapa. Peralatan yang digunakan selama pengujian alat pengering adalah alat pengukur suhu (*thermocouple* tipe K), RH meter, timbangan analitik, *stopwatch*, dan beberapa peralatan pendukung lainnya.

Metode

Berdasarkan tujuan penelitian, maka metode penelitian meliputi pengembangan (yaitu merancang agitator dan vibrator secara semi kontinyu), evaluasi secara teknis (yaitu menguji dan menganalisis kinerja alat pengering untuk menentukan laju pengeringan, kebutuhan energi, dan efisiensi pengeringan), analisis mutu pati sagu kering hasil pengeringan (menganalisis komposisi kimia), dan menganalisis secara finansial alat pengering model AgRoCFFB.

Pengembangan Prototipe Alat Pengering Pati Sagu Model AgroCFFB

Alat pengering pati sagu model AgroCFFB terdiri dari tiga bagian utama, yaitu agitator, vibrator, dan tungku biomassa. Alat tersebut merupakan pengembangan dari alat pengering yang telah dibuat sebelumnya oleh Jading *et al.* (2011a), Jading *et al.* (2012b) dan Jading *et al.* (2014). Bagian utama yang akan dikembangkan adalah agitator dan vibrator. Sedangkan tungku yang digunakan adalah hasil rancangan terdahulu oleh Jading *et al.* (2012a).

Perancangan Agitator

Rancangan agitator berbentuk setengah silinder dilengkapi dengan piringan pengaduk, *hopper input* bahan, pipa saluran udara pengering, dan *output* pati sagu kering. Agitator terbuat dari bahan plat besi dengan ketebalan 2,0 mm. Tahapan rancangan meliputi perhitungan kapasitas atau daya tampung maksimum silinder dan kecepatan putar piringan pengaduk. Kapasitas atau daya tampung maksimum silinder dapat dihitung berdasarkan

volume silinder (panjang 2000 mm, diameter 300 mm) dan nilai densitas pati sagu (754,3 kg/m³, Jading *et al.*, 2007). Sedangkan kecepatan putar piringan dapat dihitung berdasarkan lama pengadukan dan kadar air akhir pati sagu dalam silinder yang diinginkan (Jading *et al.*, 2012c). Fungsi utama agitator adalah untuk pengeringan awal, serta untuk menghancurkan bongkahan pati sagu yang akan dialirkan kedalam ruang vibrator.

Perancangan Vibrator

Vibrator adalah salah satu bagian utama dari alat pengering AgRoCFFB yang berfungsi sebagai ruang pengering dan tempat terjadinya fluidisasi. Rancangan vibrator terdiri dari *bed* pengeringan berukuran (2000 x 500 x 50) mm. *Bed* penggetar dilengkapi dengan penyaring berukuran 800 *mesh* yang terbuat dari *steinless steel*.

Evaluasi Teknis Alat Pengering Pati Sagu Model AgRoCFFB

Evaluasi teknis terhadap kinerja alat pengering pati sagu model AgRoCFFB meliputi pengujian dan analisis teknis alat pengering. Pengujian meliputi pengukuran suhu selama pengeringan, kadar air bahan, waktu dan kapasitas pengeringan untuk menentukan hubungan suhu dengan waktu, dan lama pengeringan dengan kadar air bahan. Sedangkan analisis kinerja alat pengering meliputi perhitungan kebutuhan energi untuk memanaskan udara, energi untuk menguapkan air bahan, energi yang terpakai oleh pengering, dan efisiensi pengeringan.

Pengujian Alat Pengering Tanpa Beban

Uji coba awal alat pengering pati sagu model AgRoCFFB dilakukan dengan tanpa beban (tanpa menggunakan pati sagu) untuk mengetahui fungsi kerja bagian-bagian alat pengering dan kebutuhan bahan bakar biomassa tempurung kelapa yang digunakan pada alat pengering tersebut. Prosedur pengujian meliputi persiapan alat pengering, dan penimbangan bahan bakar. Apabila alat pengering sudah siap digunakan, maka tungku biomassa dinyalakan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa. Tempurung kelapa dimasukkan ke dalam ruang pembakaran secara kontinyu sehingga suhu dalam ruang agitator dan vibrator terukur secara konstan.

Pengujian Alat Pengering Menggunakan Pati Sagu

Pengujian alat pengering pati sagu model AgRoCFFB dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Masing-masing ulangan menggunakan 35 kg pati sagu basah dan tempurung kelapa. Prosedur pengujian meliputi, persiapan alat pengering, penimbangan pati sagu basah dan bahan bakar tempurung kelapa. Persiapan alat pengering diawali dengan menyalakan tungku biomassa menggunakan

tempurung kelapa, setelah nyala api normal dilanjutkan dengan mengoperasikan *blower* untuk menghisap udara panas ke dalam ruang agitator dan vibrator. Suhu dalam ruang agitator dan vibrator diukur menggunakan alat pengukur suhu yang terdapat pada panel kontrol alat pengering. Apabila suhu yang terukur dalam agitator dan vibrator telah mencapai suhu maksimum pengeringan pati sagu (58-70°C), maka masukkan pati sagu basah yang telah ditimbang sebanyak 35 kg melalui *hopper*. Selanjutnya mengoperasikan motor penggerak agitator dan vibrator sehingga piringan silinder berputar dan *bed* penggetar bergerak yang telah menandakan pati sagu dalam proses pengeringan. Pati sagu akan keluar secara kontinyu pada bagian pengeluaran. Apabila pati sagu belum mencapai kadar air yang diinginkan, maka dilakukan pengulangan pengeringan dengan memasukkan pati sagu tersebut ke dalam *hopper*, hal ini disebut sebagai proses semi kontinyu. Pengukuran kadar air menggunakan metode oven. Untuk mengatur kestabilan suhu dalam agitator dan vibrator, maka dilakukan pengumpanan tempurung kelapa secara kontinyu dengan memperhatikan indikator suhu yang terpasang pada panel kontrol alat pengering.

Analisis Teknis Alat Pengering

Kebutuhan energi untuk memanaskan udara, energi untuk menguapkan air bahan, energi yang terpakai oleh pengering, dan efisiensi pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sampai 7 (Jading *et al.*, 2014), sedangkan panas jenis atau panas spesifik (*specific heat*) pati (*starch*) sagu dapat dihitung menggunakan persamaan 8 (Singh dan Heldman, 2001).

$$q_B = m_{ik} x h_{ik} \dots\dots\dots(1)$$

$$q_L = V x I x t \dots\dots\dots (2)$$

$$q_{ps} = m_{ps} x C_{pps} x (T_o - T_i) \dots\dots\dots (3)$$

$$q_a = m_a x h_a \dots\dots\dots (4)$$

$$\eta = \frac{q_{ps} + q_a}{q_B + q_L} \dots\dots\dots (5)$$

$$m_a = \frac{M_{ps} \cdot (M_{psi} - M_{pso})}{100 - M_{pso}} x 100\% \dots\dots\dots(6)$$

$$q_i = \frac{q_a}{(q_b + q_L)} \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{pps} = 1.424m_{car} + 1.549m_{pro} + 1.675m_{fat} + 0.837m_{ash} + 4.187M_{ps} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- q_B = energi dari tungku biomassa (J/kg)
- q_L = energi listrik (J)
- q_a = energi untuk menguapkan air bahan (J)
- q_{ps} = energi untuk memanaskan pati sugu (J)
- q_t = energi yang terpakai oleh pengering (J)
- m_{tk} = massa tempurung kelapa (kg)
- h_{tk} = panas jenis tempurung kelapa (kJ/kg.°C)
- V = tegangan listrik (V)
- I = arus listrik (A)
- t = waktu pengoperasian alat pengering (detik)
- m_{ps} = massa pati sugu (kg)
- C_{pps} = panas jenis pati sugu (kJ/kg.°C)
- T_i = suhu awal (°C)
- T_o = suhu akhir (°C)
- m_a = jumlah air yang ingin diuapkan (kg)
- h_a = panas jenis air (kJ/kg.°C)
- M_{psi} = kadar air awal pati sugu (% bb)
- M_{ps0} = kadar air akhir pati sugu (% bb)
- η = efisiensi pengeringan (%)
- m_{car} = kadar karbohidrat (%)
- m_{pro} = kadar protein (%)
- m_{fat} = kadar lemak (%)
- m_{ash} = kadar abu (%)
- M_{ps} = kadar air pati sugu (%)

Analisis Komposisi Kimia Pati Kering

Komposisi kimia pati sugu kering hasil pengeringan dengan alat pengering AgRoCFFB dapat diperoleh berdasarkan analisis kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar amilosa, kadar pati, serat kasar dengan metode AOAC: 2005, serta analisis total kalori. Hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan Standar Nasional (SNI 3729-2008) pati sugu kering atau tepung sugu (Anonimous, 2008).

Analisis Finansial Alat Pengering AgroCFFB

Kelayakan penggunaan alat pengering pati sugu model AgroCFFB dapat ditentukan dengan melakukan analisis finansial berdasarkan kriteria *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *B/C ratio*, dan masa pengembalian modal (*PBP*). Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan analisis finansial tersebut, meliputi harga beli pati sugu basah Rp 5.000/kg, harga jual pati sugu kering Rp 15.000/kg, tingkat suku bunga bank 17%, dan umur alat 10 tahun. Sedangkan kapasitas alat pengering 35 kg pati sugu basah/proses/hari dengan rendamen pati kering 50%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Prototipe Alat Pengering Pati Sugu AgroCFFB

Skema rancangan dan konstruksi pengembangan alat pengering pati sugu model

AgRoCFFB dapat dilihat pada Gambar 1. Pengembangan alat pengering pati sugu AgRoCFFB berdasarkan hasil penelitian terdahulu (Jading dan Gultom, 2007; Jading *et al.*, 2011a; Jading *et al.*, 2011b; Jading *et al.*, 2012b; Jading *et al.*, 2014). Bagian utama alat pengering yang dikembangkan terdiri dari agitator, dan vibrator.

Pengembangan dari alat pengering tersebut adalah telah dihasilkannya agitator berukuran (2000 x 500 x 2370) mm (pxlxt), dan vibrator (2000 x 510 x 1620) mm (pxlxt), seperti pada Gambar 2, sedangkan tungku biomassa yang digunakan pada alat pengering tersebut merupakan hasil pengembangan oleh Jading *et al.* (2012a).

Tungku biomassa yang digunakan terdiri dari ruang pembakaran berukuran (600 x 600 x 1200) mm (pxlxt), pipa pemindah panas sebanyak 20 batang berdiameter 38,1 mm (1,5 inch), dengan susunan antara pipa pemindah panas berbentuk segitiga (*triangular*) (Jading *et al.*, 2012a). Panas yang dihasilkan dalam ruang pemindah panas akan digunakan sebagai udara pengering dalam ruang silinder agitator dan *bed* vibrator. Panas tersebut dialirkan secara konveksi paksa menggunakan *blower* penghisap melalui saluran udara panas antara tungku dengan agitator dan vibrator.

Agitator hasil rancangan berbentuk setengah silinder, yang terdiri dari 2 (dua) buah silinder yang tersusun secara bertingkat. Tiap silinder memiliki panjang 2000 mm dengan diameter 300 mm, sehingga panjang total agitator adalah 4000 mm. Berdasarkan hasil perhitungan antara volume silinder (setengah silinder, 0,00007 mm) dengan densitas pati sugu (754,3 kg/m³) maka diperoleh kapasitas atau daya tampung maksimum setiap silinder sebesar 53,3 kg/proses pati sugu basah, sehingga daya tampung maksimum agitator adalah 100 kg/proses.

Bagian dalam silinder terdapat piringan pengaduk sebanyak 20 buah dilengkapi sirip pembersih dan dilapisi karet. Piringan pengaduk terbuat dari plat besi 2,0 mm dan terpasang pada poros silinder yang terbuat dari besi *stainless steel* 25,4 mm (2 inci). Jarak antara satu piringan pengaduk dengan piringan lainnya adalah 200 mm. Piringan pengaduk berfungsi untuk mendorong pati sugu kering keluar dari silinder menuju ke dalam *bed* vibrator dengan arah bersilangan (*cross flow*) terhadap suhu pengeringan. Kecepatan putaran piringan disesuaikan dengan lama pengadukan dalam silinder yaitu 15 rpm (Jading *et al.*, 2012c).

Hasil perhitungan kapasitas vibrator maka berdasarkan asumsi nilai densitas pati sugu dan volume *bed* pengering adalah 100 kg berukuran. Tenaga penggerak vibrator menggunakan motor listrik 3 fasa dengan sistem transmisi dengan gear box reduksi 1:100. Selain itu dilengkapi dengan

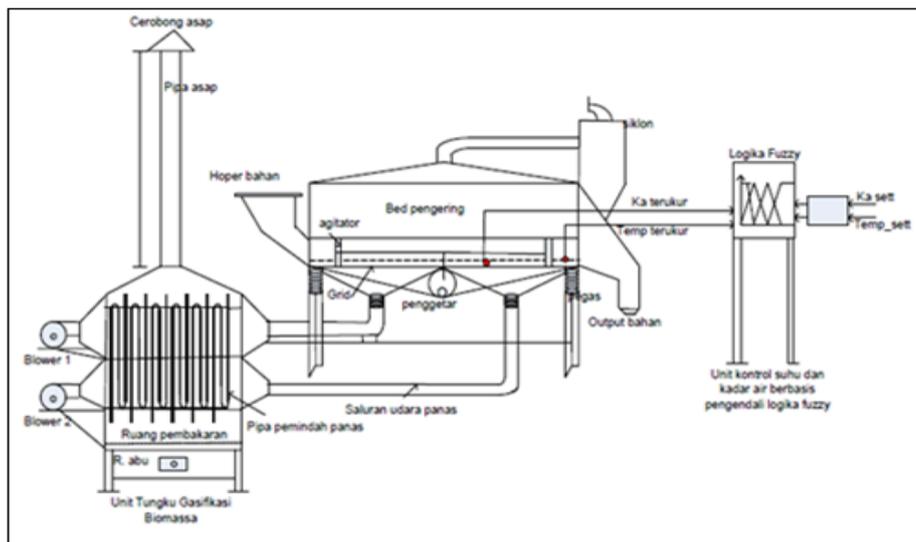
blower penghisap panas. Fungsi *blower* adalah mengalirkan udara pengering dari tungku biomassa ke dalam *bed* vibrator. Kecepatan dan aliran udara pengering sangat dibutuhkan dalam *bed* pengering untuk mencapai suhu pengering dan terjadinya proses fluidisasi. Untuk mendukung proses tersebut maka diperlukan spesifikasi *blower* model DZ-100, volume 1170 m³/h, power 760 W, tegangan 220 V, tekanan 2140 Pa, putaran 2000 rpm, dan frekuensi 50 Hz.

Tenaga penggerak poros piringan dan *bed* agitator menggunakan motor listrik 3 fasa 380 V yang telah dilengkapi *speed reducer* dengan perbandingan 1:100, dan sistem transmisi model roda gigi cacing (*worm gear*). Rangka dudukan terbuat dari besi siku (40 x 40) mm tipe B yang telah dirangkai pada alat pengering AgRoCFFB. Untuk menghubungkan poros *speed reducer* dengan poros piringan silinder pengaduk, maka digunakan sistem

transmisi model rantai dan sproket dengan perbandingan 1:1.

Sumber udara pengering menggunakan tungku biomassa model *cross down draft*. Tungku ini bekerja secara konveksi paksa (buatan) dengan bantuan mesin *blower* untuk menghisap udara panas dari bagian pipa pemindah pada tungku biomassa. Bahan bakar yang digunakan adalah limbah hasil pertanian yaitu tempurung kelapa.

Untuk menghubungkan tungku dengan agitator dan vibrator pengering maka digunakan saluran udara melalui *blower* penghisap yang digerakkan motor listrik 746 W (1 HP), dan putaran 2800 rpm (*rotation per minute*). Sistem yang digunakan adalah sistem hisap dengan melakukan modifikasi pada sistem transmisi antara poros kipas *blower* dengan poros motor penggerak, melalui sistem transmisi *pulley* dan *belt*. Tujuannya adalah menghindari panas yang timbul pada motor akibat udara panas dari tungku melalui *blower* penghisap udara.



Gambar 1. Skema rancangan alat pengering AgRoCFFB



Gambar 2. Hasil pengembangan alat pengering pati sagu model AgRoCFFB

Sistem transmisi pada alat pengering dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu transmisi yang menghubungkan motor listrik pada *blower* pengisap udara pengering dari tungku ke dalam *bed* pengering, dan motor listrik sebagai tenaga penggerak untuk piringan agitator dan ayakan vibrator.

Model transmisi yang digunakan antara motor penggerak dengan *blower* adalah V-belt secara bertingkat sedangkan antara tenaga penggerak dengan piringan agitator dan ayakan vibrator menggunakan rantai-sproket secara bertingkat. Tenaga penggerak *blower* adalah 1 (satu) buah motor listrik AC satu fasa, Capasitor Star, tipe YC80C-2, 0.75 kW, 50 Hz, 2850 rpm, 44IP, 220 V.

Tenaga Penggerak yang digunakan untuk piringan agitator adalah motor listrik 3 fasa, AL-90L4, IP.55, 1400 rpm, 1680 rpm, 5,9 A, 230/400 V. Motor listrik tersebut telah dihubungkan secara langsung dengan *speed reducer* 1:100 rpm secara penyambungan poros langsung. Spesifikasi alat

pengering AgRoCFFB dan tungku biomassa dapat dilihat pada Tabel 1.

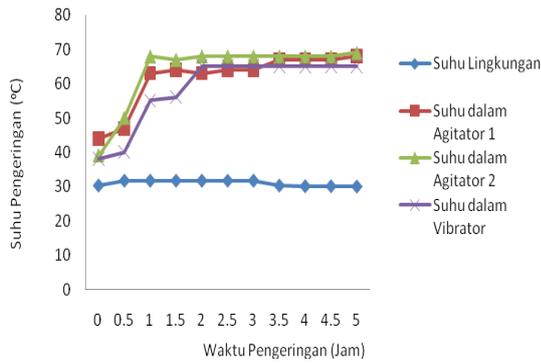
Distribusi Suhu dalam Silinder Agitator dan Bed Vibrator Tanpa Beban

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan alat pengering tanpa beban selama 5 jam dengan kecepatan putar piringan agitator dan vibrator 1,9 rpm (*rotation per minute*). Hasil pengujian pengoperasian alat dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan rata-rata perubahan suhu pengeringan yang ada dalam agitator dan vibrator telah memenuhi suhu maksimum yang diijinkan untuk proses pengeringan pati sagu. Menurut Jading *et al.* (2011c) suhu pengeringan maksimum untuk pengeringan pati sagu adalah 70°C. Hal ini perlu diperhatikan agar tidak terjadi gelatinisasi pati sagu selama proses pengeringan, karena suhu gelatinisasi pati sagu adalah 68-70°C.

Tabel 1. Spesifikasi alat pengering pati sagu model AgRoCFFB hasil pengembangan

No	Bagian	Ukuran/jumlah bahan	Bahan
1	Agitator	(200 x 300 x 150) mm	Plat besi 2 mm
1a	<i>Hopper input</i> pati	(200 x 300 x 150) mm	Plat besi 2 mm
1c	Silinder pengaduk	P = 2000 mm, D = 300 mm 20 bh, D = 150 mm	Plat besi 2 mm
1d	Piringan pengaduk	(100 x 200 x 50) mm	Plat besi 2 mm
1e	<i>Output</i> pati		
2	Vibrator	(2000 x 600 x 500) mm	Plat besi 2 mm
2a	<i>Hopper Input</i> pati		Plat besi 2 mm
2b	<i>Bed</i> getar	(2000 x 500 x 50) mm	<i>Stainles steel</i> 1 mm
2c	<i>Output</i> pati kering		
3	Tungku Biomassa		
3a	Cerobong Asap	1500 mm	Pipa besi 1,5 inci
3b	Ruang pemindah panas	(600 x 600 x 1500) mm	Pipa besi 1,5 inci
	• Pipa pemindah panas	16 btg	Pipa besi 1,5 inci
3c	Penutup tempat bahan bakar :	(400 x 400) mm	Plat besi 2 mm
	• Alas bawah	(400 x 400) mm	Plat besi 2 mm
	• Alas atas	(500 x 500) mm	Plat besi 2 mm
	• Tinggi	780 mm	Plat besi 2 mm
3d	Saluran udara masuk	240 x 360 x 500) mm	Plat besi 2 mm
	Lubang abu	(400 x 400) mm	Plat besi 2 mm
	Ruang pembakaran + abu	780 mm	Plat besi 2 mm
3e	Pintu ruang abu	500x170) mm	Plat besi 5 mm
4	Sistem Transmisi		
	• Motor Penggerak	Motor listrik 3 fasa, AL-90L4, IP.55, 1400 rpm, 1680 rpm, 5,9 A, 230/400 V.	
	• <i>Speed reducer</i>	1:100 rpm secara penyambungan poros langsung	
5	<i>Blower</i> dan Tenaga Penggerak	model DZ-100, 1170 m ³ /h, 760W, 1 fasa 220 V, 2140 Pa, 2000 rpm, 50 Hz	
	• Motor Penggerak	Motorlistrik 1 Fasa, Capasitor Star, tipe YC80C-2, 0.75 kW, 50 Hz, 2850 rpm, 44IP, 220 V	
6	Saluran udara pengering antara tungku dengan <i>blower</i>	D 4 inci	Plat besi 2 mm
7	Kapasitas Pengering	Maksimum 100	Pati sagu

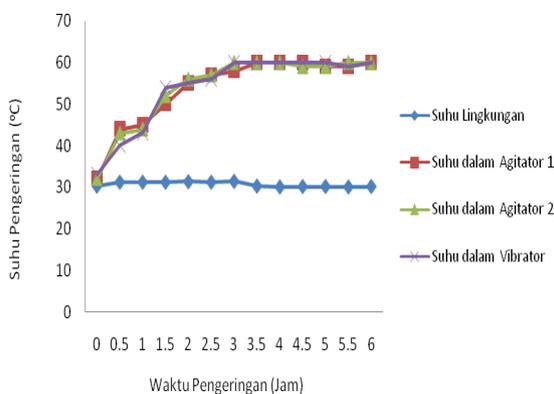


Gambar 3. Rata-rata perubahan suhu lingkungan, agitator dan vibrator

Untuk mempertahankan suhu dalam agitator dan vibrator maka dilakukan pengumpanan bahan bakar secara kontinyu dalam ruang pembakaran pada tungku biomassa (Jading *et al.*, 2012a). Kebutuhan bahan bakar (tempurung kelapa) yang digunakan selama proses pengujian adalah 50 kg/proses selama proses operasi.

Distribusi Suhu dalam Silinder Agitator dan Bed Vibrator

Pengujian alat pengering pati sagu model AgRoCFFB menggunakan pati sagu basah sebanyak 35 kg dengan kadar air awal 45,0% bb. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk menurunkan kadar air pati sagu dari 45,0% bb menjadi 14,7% bb membutuhkan waktu selama 6 jam dengan suhu rata-rata pengeringan yang terukur dalam agitator dan vibrator antara 44-60°C, RH 35% - 55%, dan suhu keluaran tungku 75-80°C. Rata-rata perubahan suhu dalam vibrator dan agitator dapat dilihat pada Gambar 4.



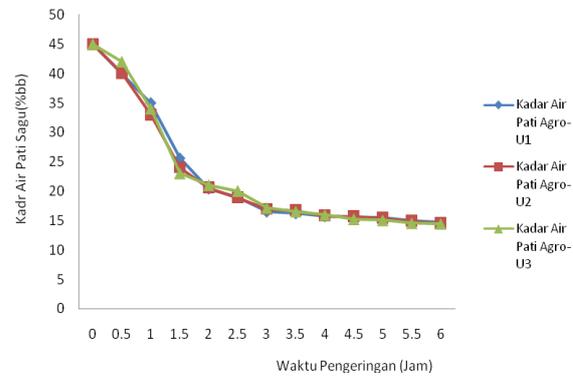
Gambar 4. Perubahan suhu lingkungan, agitator dan vibrator dengan menggunakan pati sagu

Gambar 4 menunjukkan adanya perbedaan suhu pada saat pengujian tanpa beban dengan adanya beban (pati sagu) karena dipengaruhi oleh bahan tersebut selama proses pengeringan. Dengan besaran suhu tersebut mampu menurunkan kadar air pati

sagu dari 45,0% bb menjadi 14,7% bb selama 6 jam menggunakan bahan bakar sebanyak 70 kg tempurung kelapa.

Penurunan Kadar Air

Penurunan kadar air selama proses pengeringan dapat dilihat pada Gambar 5. Jumlah air yang diuapkan dari 35 kg pati sagu basah selama proses pengeringan adalah 15,8 kg. Sedangkan nilai pati sagu yang dikeringkan 22,6 kg dan massa pati sagu kering yang diperoleh 19,3 kg sehingga rendemen pati dapat diperoleh sebesar 50%.



Gambar 5. Penurunan kadar air pati selama proses pengeringan

Gambar 5 menunjukkan penurunan kadar air pati sagu selama pengeringan berlangsung secara konstan. Pada umumnya penguapan air pati sagu lebih cepat pada saat awal pengeringan, sedangkan pada akhir pengeringan pengurangan kadar air akan berlangsung semakin lambat. Hal ini disebabkan kandungan air yang diuapkan adalah air pada permukaan pati sagu. Menurut Wetchacama *et al.* (2000) selain suhu, kadar air selama pengeringan juga sangat dipengaruhi oleh proses pengadukan sehingga distribusi suhu merata pada setiap permukaan pati, dan menghindari gumpalan-gumpalan (bongkahan) pati.

Energi untuk menguapkan air bahan

Kebutuhan energi untuk menguapkan air dalam pati sagu sebanyak 15,8 kg adalah 1,9 MJ. Hasil ini diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan 2, dimana suhu dalam ruang pengering 60°C dan suhu lingkungan 30°C.

Energi yang terpakai oleh pengering

Energi total yang digunakan oleh pengering adalah 1306,4 MJ yang terdiri dari energi untuk bahan bakar (tempurung kelapa) sebanyak 70 kg atau setara dengan 1341,2 MJ, dengan asumsi panas jenis tempurung kelapa 18,2 MJ/kg°C dan penggunaan energi listrik sebesar 67,176 MJ untuk melayani 1 buah motor listrik 3 fasa 380 V berdaya 2360 watt sebagai penggerak vibrator dan agitator,

dan 1 buah motor listrik 1 fasa 220 V berdaya 2360 watt untuk penggerak *blower*.

Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 5 adalah 4,9% untuk mengeringkan pati sagu sebanyak 35 kg pati sagu basah selama 6 jam. Energi untuk menguapkan air 1,9 MJ, energi yang diberikan udara 57,9 MJ, energi untuk memanaskan pati sagu 0,8 MJ. Perbandingan analisis tenis alat pengering AgroCFFB dengan beberapa alat pengering sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data pada Tabel 2, menunjukkan bahwa efisiensi alat pengering hasil pengembangan lebih besar dibandingkan dengan alat pengering terdahulu. Namun nilai efisiensinya masih rendah. Hal disebabkan kebutuhan energi yang sangat besar sedangkan kapasitas dan daya tampung agitator masih kecil. Pada umumnya efisiensi alat pengering adalah sekitar 30%.

Komposisi kimia pati sagu kering hasil pengeringan dengan AgRoCFFB

Perbandingan komposisi kimia pati sagu kering hasil pengeringan dengan alat pengering

model AgRoCFFB dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 3729:2008) tepung sagu (Anonymous, 2008), seperti dalam Tabel 3. Berdasarkan data hasil analisis komposisi kimia pati sagu kering hasil pengeringan menggunakan alat pengering model AgroCFFB telah mendekati kriteria yang telah ditetapkan dalam SNI 3729:2008, tetapi ada beberapa hal yang perlu diperbaiki yaitu lama pengeringan pati sagu sehingga kadar airnya berkurang mendekati SNI, begitupula dengan serat kasarnya belum mencapai nilai dalam standar SNI 3729:2008, karena belum dilakukannya proses penepungan terhadap pati sagu hasil pengeringan. Sedangkan kandungan patinya sudah memenuhi standar yang telah ditentukan.

Analisis Finansial

Rincian biaya investasi dan operasional awal untuk menentukan kelayakan penggunaan alat pengering AgRoCFFB dapat dilihat pada Tabel 4. Biaya investasi terdiri dari biaya pembuatan alat, sedangkan biaya operasional terdiri dari biaya perawatan alat pengering, biaya bahan baku, biaya bahan bakar, dan biaya tenaga kerja.

Tabel 2. Perbandingan hasil pengembangan dengan alat pengering terdahulu

Variabel	Satuan	AgroCFFBD Hasil Pengembangan	Agitated FBD (Jading <i>et al.</i> , 2011a)	AgroCFFBD (Jading <i>et al.</i> , 2012b)	Vibro VFBD (Jading <i>et al.</i> , 2014)
• Kapasitas maksimum pengering	kg	100,00	100,00	100,00	100,00
• Massa pati sagu pengujian	kg	35,00	25,00	20,00	35,00
• Energi untuk menguapkan air bahan	MJ	1,90	1,42	1,06	1,85
• Konsumsi energi	MJ	13064,40	1.022,58	648,19	653,20
• Laju pengeringan	kg/jam	2,63	4,50	9,00	4,90
• Kadar air pati sagu kering	% bb	14,70	17,00	14,70	12,00
• Lama pengeringan	jam	6,00	2,50	1,00	4,90
• Efisiensi pengeringan	%	4,90	3,49	16,61	9,29
• Efisiensi alat pengering	%	4,85	0,19	0,23	0,40

Tabel 3. Komposisi kimia pati sagu kering hasil pengeringan dengan alat pengering model AgRoCFFB

Komposisi	Pati Sagu Kering, Pati Sagu Hasil Pengeringan dengan AgRoCFFB	SNI Pati Sagu Kering (SNI- 3729:2008)
Kadar Air (%bb)	14,17	Maks. 13,00
Kadar Abu (%bk)	0,20	Maks. 0,50
Lemak (%bk)	0,17	-
Protein (%bk)	0,19	-
Karbohidrat (<i>by difference</i>)	84,74	-
Total Kalori(kkal/g)	341,44	-
Kadar Amilosa (%bk)	29,79	-
Kadar Serat Kasar (%bk)	0,88	Maks.0,50
Kadar Pati (%bk)	82,06	Min. 65,00

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pembuatan (Rp 29.350.000) dan operasional (Rp 19.191.399) alat pengering seperti dalam Tabel 4, maka diperoleh nilai penyusutan pembuatan alat pengering selama 5 tahun sebesar Rp 16.555.000. Sedangkan biaya penyusutan operasional alat pengering selama 5 tahun adalah Rp 2.559.000.

Biaya penerimaan penjualan pati kering dengan asumsi rendamen 50% pati sugu basah dan faktor perkalian 100% diperoleh nilai penjualan Rp 1.512.000.000. Dengan nilai tersebut diperoleh nilai laba setelah dipotong pajak (asumsi 17%) pada tahun

ke-5 sebesar Rp 193.605.456. Aliran kas (*cash flow*) dari penggunaan alat pengering tersebut berdasarkan modal awal (Rp 48.541.399), kas masuk dan keluar sehingga saldo akhir pada tahun ke-5 sebesar Rp. 693.341.599.

Untuk menentukan kelayakan penggunaan alat pengering pati sugu model AgroCFFB maka dilakukan analisis finansial. Kriteria kelayakan yang digunakan dalam analisis finansial tersebut meliputi NPV, IRR, B/C ratio, dan PBP (masa pengembalian modal). Hasil analisis tersebut dapat diperoleh seperti pada Tabel 5.

Tabel 4. Biaya investasi dan operasional alat pengering pati sugu model AgroCFFB

No	Biaya	Satuan	Volume	Harga Per Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Pembuatan satu unit alat pengering pati model AgRo kapasitas 100 kg/proses				
	a. Besi siku (50x50) cm	batang	5	200.000	1.000.000
	b. Besi siku 4x4 cm	lembar	5	170.000	850.000
	c. Plat <i>stainless steel</i> 1 mm	batang	1	1.050.000	1.050.000
	d. Plat besi 2 mm	lembar	5	550.000	2.750.000
	e. Baut dan mur 12 mm	buah	50	5.000	250.000
	f. Cat	kaleng	1	4.000	400.000
	g. Baut dan mur 10 mm	buah	100	50.000	50.000
	h. Pembuatan rangka	paket	1	1.000.000	1.000.000
	i. <i>Blower</i> dan saluran udara	unit	1	2.000.000	2.000.000
2.	Tungku pembakaran				
	a. Plat besi (50x50) mm	batang	5	200.000	1.000.000
	b. Plat besi 2 mm	lembar	5	500.000	2.500.000
	c. Cerobong asap	buah	1	500.000	500.000
	d. Perakitan tungku	paket	1	5.000.000	5.000.000
	e. Motor Penggerak agitator-vibrator-Transmisi	paket	1	11.000.000	11.000.000
3.	Perawatan	paket	1	750.000	750.000
4.	Bahan baku				
	- Pati sugu basah, 35 kg/proses/hari selama 1 bulan	kg	1050	5.000	5.250.000
5.	Bahan bakar				
	a. Listrik untuk <i>blower</i> dan motor penggerak agitator dan vibrator (1 bulan)	kwh	1969,5	1.100	2.166.399
	b. Biomassa (tempurung kelapa) selama 1 bulan	kg	525	1.000	525.000
6.	Tenaga Kerja				
	a. Operator alat pengering	OB	2	3.500.000	7.000.000
	b. Pekerja pengering pati sugu	OB	1	3.500.000	3.500.000
Total Biaya					48.541.399

Tabel 5. Hasil analisis finansial penggunaan alat pengering pati sugu kapasitas 35-100 kg bahan baku per proses/bulan

No.	Kriteria Kelayakan	Harga Bahan Baku dan Harga Jual Masing-masing Rp 5.000, dan Rp 15.000	Tingkat Kelayakan
1	NPV (Rp)	197.703.763	
2	IRR (%)	67%	
3	B/C ratio	5,09	Layak
4	PBP (tahun)	2,48	

Data dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai NVP = Rp 197.703.763, IRR = 67%, B/C = 5,09, dengan masa pengembalian modal (PBP) 2,48 tahun. Berdasarkan nilai-nilai tersebut maka alat pengering pati sagu model AgRoCFFB layak digunakan sebagai pendukung agroindustri pengolahan pati sagu skala usaha mikro kapasitas 35-100 kg/proses dengan produksi pati sagu kering 6,3 ton/tahun atau setara dengan 0,24 ton/ha/tahun, karena menurut Jong dan Widjono (2007) produksi pati sagu kering pada umumnya 25 ton/ha/tahun. Sedangkan untuk mendukung kapasitas produksi tersebut maka dibutuhkan luas lahan kebun sagu sekitar 1 ha.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil pengembangan alat pengering diperoleh agitator dan vibrator kapasitas maksimum 100 kg/proses. Unjuk kerja alat mampu mengeringkan pati sagu sebanyak 35 kg selama 6 jam, efisiensi pengering 4,9% dengan komposisi kimianya mendekati SNI tepung sagu (SNI 3729:2008), serta konsumsi bahan bakar tempurung kelapa sebanyak 70 kg. Berdasarkan hasil analisis finansial, alat pengering AgRoCFFB layak digunakan untuk mendukung agroindustri skala usaha mikro kecil di Papua dan Papua Barat.

Alat pengering ini mampu meningkatkan produksi dan kualitas pati sagu rakyat di Papua menjadi pati sagu kering yang tersedia di pasar serta dikenal oleh masyarakat Indonesia maupun dunia, hal ini dapat meningkatkan pendapatan masyarakat petani sagu di Papua dan Papua Barat. Alat ini masih memiliki kekurangan dan kelemahan yaitu kapasitas alat produksi dan efisiensi rendah sehingga perlu penambahan diameter silinder dan perbaikan *hopper* pengumpan, piringan agitator.

Saran

Berdasarkan hasil pengembangan alat pengering pati sagu model AgROCFB, maka perlu penambahan kapasitas serta mempercepat proses pengeringan sehingga dapat meningkatkan produksi dan mutu pati sagu mencapai SNI 3729:2008.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Basrum dan Abdul Hafiz selaku Teknisi Bengkel IbIKK Jurusan Teknologi Pertanian Unipa yang telah membantu dalam proses pembuatan alat pengering AgROCFB. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi (Kemristek) yang telah membantu membiayai penelitian ini melalui dana Insentif Riset Sinas Penelitian Riset Terapan (RT-2012-167) dengan Judul Modifikasi Rancangan Pengering Pati Model *Agitated-Vibro Fluidized Bed* Bertenaga

Biomassa Untuk Produksi Pati Berbasis Sagu dan Umbi-umbian tahun 2012 dengan Nomor Kontrak: 150/SEK/IRS/PPK/I/2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2008. Tepung Sagu. Standar Nasional Indonesia. SNI 3729:2008. Badan Standardisasi Nasional Standar Nasional Indonesia.
- Haryanto B dan Pangloli P. 1992. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*: Kanisius, Jogjakarta.
- Jading A dan Gultom S. 2007. Alat pengering pati sagu model batch fluidized bed berbasis pengendali logika Fuzzy. *J Agrotek* 1(8): 1-6.
- Jading A, Payung P, dan Reniana. 2011a. Prototipe alat pengering pati sagu model agitated cross flow fluidized bed. *Prosiding Seminar Nasional Perteta*. Jember, Indonesia. 23-24 Juli 2011.
- Jading A, Payung P, dan Tethool EF. 2011b. Design of fluidized bed dryer for small scale sago starch processing. *Prosiding The 10th Sago International Sago Symposium*. Bogor, Indonesia. 29-30 Oktober 2011.
- Jading A, Tethool E, Payung P, Gultom S. 2011c. Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidisasi menggunakan alat pengering model fluidized bed bertenaga surya dan biomassa. *J Reaktor* 13(3): 155-164.
- Jading A, Payung P, dan Tethool EF. 2012a. Modifikasi tungku gasifikasi untuk pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif pada proses pengeringan hasil pertanian. *J Istech* 4(2): 67-70.
- Jading A, Payung P, Aman WP, Tethool EF. 2012b. Alat pengering pati sagu model agro fluidized bed bertenaga biomassa. *Prosiding Seminar Nasional Insinas*. Bandung, Indonesia, 29-30 November 2012.
- Jading A, Payung P, Aman WP, Tethool EF. 2012c. Pengembangan rancangan agitator untuk mengoptimalkan aliran bahan pada alat pengering pati sagu model Agitated-Vibro Cross Flow Fluidized Bed (AGROCFB). *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*. Bali, Indonesia. 13-14 Juli 2012.
- Jading A, Payung P, dan Rania. 2014. Kajian tekno-ekonomi alat pengering pati sagu model cross flow vibro fluidized bed. *J. Agritech*. In press.
- Jong FS dan Widjono A. 2007. Sagu: potensi besar pertanian indonesia. *J Iptek Tanaman Pangan* 2(1): .54-65.
- Morris VAS dan Rocha SCS. 2003. Development of a vibrofluidized bed and fluid-dynamic

- study with dry and wet adiptic acid. *Braz J Chem Eng.* 20(4): 423-434.
- Singh RP dan Heldman DR. 2001. *Introduction to Food Engineering. Food Science Technology Series.* London: Academic Press.
- Tarigan H dan Ariningsih E. 2007. Peluang dan kendala pengembangan agroindustri sagu di kabupaten Jayapura. *Prosiding Seminar Nasional.* Bogor, Indonesia.
- Wetchacama S, Soponronnarit S, dan Jariyatontivait W. 2000. Development of a commercial scale vibro-fluidized bed paddy dryer. 2000. *Kaetsart J.* 34: 423-430.