

KAJIAN TEKNIS-EKONOMIS ALAT PENGERING PATI SAGU MODEL CROSS FLOW VIBRO FLUIDIZED BED

Study on Technical-Economic of Sago Starch Dryer Model of Cross Flow Vibro Fluidized Bed

Abadi Jading, Paulus Payung, Reniana

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian, Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung Salju, Amban Manokwari Papua Barat 98314
Email: a_jading@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap alat pengering pati berbasis sagu model *cross flow vibrofluidized bed* bertenaga biomassa. Tahapan penelitian meliputi pengujian alat pengering menggunakan tungku biomassa berbahan bakar tempurung kelapa dengan melakukan pengamatan suhu selama pengeringan, penurunan kadar air, waktu pengeringan, kebutuhan energi, efisiensi pengering, dan analisis finansial. Konstruksi alat pengering pati sagu model *vibro fluidized bed* bertenaga biomassa berukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing (200x50x1500) cm, serta memiliki daya tampung atau kapasitas maksimum pati sagu basah 35 kg/proses. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pengering ini mampu mengeringkan pati sagu selama 7 jam, dengan konsumsi bahan bakar tempurung kelapasebanyak 70 kg/proses (1274MJ), kebutuhan daya listrik untuk tenaga blower dan vibrator (37,80 MJ), serta mampu menurunkan kadar air pati sagu dari 42%bb menjadi 12%bb dengan suhu dalam ruang vibrator adalah 40-60°C, RH 50%, suhu lingkungan 30°C dan efisiensi pemanasan (pengeringan) 46,02%. Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa investasi alat pengering *vibro fluidized bed* sangat layak dilaksanakan berdasarkan kriteria NPV = Rp. 16.002.858, BCR = 1,53, IRR = 35%, dan PBP tertutupi setelah 3,51 tahun.

Kata kunci: Aliran silang, vibro fluidized bed dryer, tungku biomassa, pati sagu, analisis finansial

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate performance of vibro cross flow fluidized bed dryer using biomass fuel for drying sago starch. The phase of research were evaluation of dryer heated by a biomass stove using coconut shell as a fuel and observation of the drying temperature, moisture content, drying time, energy analysis, and drying efficiency, as well as calculation of its economic analysis. The dryer has dimension of 200x50x1500 cm³ for length, width, height, respectively, and working capacity of 35kg/process. The results showed that biomass fuel consumption for drying sago starch for 7 hours was 12740,00 MJ (70 kg/process) and electricity consumption for blower and vibrator was 37,80 MJ. Furthermore, the dryer reduced moisture content of sago starch from 42% (wb) to 12% (wb) with temperature in the vibrator chamber of 40-60°C and relative humidity of 50%, as well as ambient temperature of 30°C and drying efficiency of 46,02%. Economic analysis showed that the dryer had NPV of Rp. 16.002.858, BCR of 1,53, IRR of 35%, and PBP of 3,51 years.

Keywords: Cross flow, vibro fluidized bed dryer, biomass stoves, sago starch, financial analysis

PENDAHULUAN

Pengeringan pati sagu yang dilakukan oleh masyarakat pada umumnya masih menggunakan peralatan pengering yang sangat sederhana dengan cara penjemuran secara langsung pada sinar matahari. Hal ini menyebabkan waktu pengeringan pati sagu lebih lama dan mutu pati sagu yang dihasilkan lebih rendah.

Penerapan alat pengering buatan untuk pengeringan pati sagu telah dilakukan, salah satu diantaranya adalah pengembangan alat pengering *fluidized bed* model konvensional oleh Jading dkk. (2011a). Alat pengering ini mampu mengeringkan pati sagu sampai dengan kadar air 13% basis basah (bb), namun memiliki beberapa kekurangan yaitu proses fluidisasinya sangat lambat menyebabkan waktu pengeringan lebih lama.

Pengembangan alat pengering *fluidized bed* konvensional menjadi *modified fluidized bed* telah dilakukan dengan adanya penambahan pengadukan (*agitated*). Alat pengering ini mampu bekerja lebih baik apabila dibandingkan dengan alat pengering *fluidized bed* konvensional, namun mengalami kelemahan yaitu proses fluidisasi masih agak lambat (Jading dkk., 2011c). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu adanya penambahan getaran pada alat pengering *fluidized bed* konvensional untuk lebih mempercepat proses fluidisasi, dan waktu pengeringan.

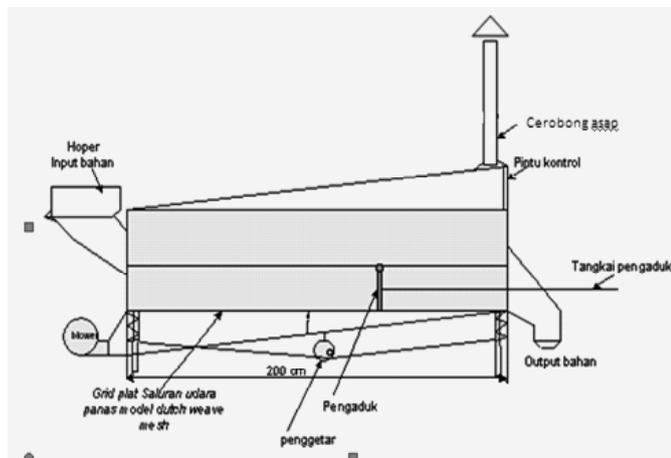
Alat pengering *vibro fluidized bed* telah dikembangkan untuk pengeringan padi oleh Wetchama dkk. (2000), dan pengeringan produk berbentuk bubuk oleh Bukarova dkk. (1976). Sedangkan Jading dkk. (2012a) telah mengembangkan rancangan alat pengering *cross flow vibro fluidized bed* (CFVFB) untuk pengeringan pati sagu. Berdasarkan ukuran dan bentuknya, maka pati sagu termasuk dalam kelompok *cohesive* (C) sehingga menyebabkan proses fluidisasi secara tidak sempurna apabila menggunakan alat pengering *fluidized bed* model konvensional (Jading dkk., 2011c). Fungsi vibrator adalah untuk mengatur proses fluidisasi dan laju aliran bahan sehingga waktu tinggal bahan tidak terlalu lama terutama terhadap bahan yang memiliki bentuk dan ukuran yang lebih besar, sertamemisahkan bahan yang lengket atau lembab.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap kinerja alat pengering pati berbasis sagu model CFVFB bertenaga biomassa serta mengetahui tingkat kelayakan investasi dengan metode analisis finansial.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Alat Pengering CFVFB

Skema rancangan alat pengering CFVFB seperti pada Gambar 1. Bagian-bagian dari alat pengering terdiri dari bed pengering dengan plat distribusi bergetar (*vibrator*), blower,



Gambar 1. Skema rancangan alat pengering CFVFB

tempat pemasukan pati sagu basah (*hopper*), dan tempat keluaran pati sagu kering. Bagian dari alat pengering yang telah mengalami pengembangan pada penelitian ini adalah plat distribusi yang dilengkapi dengan vibrator. Proses fluidisasi terjadi akibat adanya hembusan blower yang mendorong udara panas dari ruang pemindah panas pada tungku biomassa melalui pipa menuju ke ruang vibrator sehingga udara tersebut bercampur dengan pati sagu yang masih basah. Kontinuitas aliran pati sagu berdasarkan sistem getaran oleh vibrator yang dikombinasikan dengan plat distribusi. Aliran bahan akan bersilangan dengan udara panas dan bercampur saat terjadi proses fluidisasi.

Alat pengering CFVFB terdiri dari dua bagian, yaitu bagian pengering dan tungku biomassa. Bagian pengering memiliki kapasitas pati sagu basah sebanyak 25-35 kg/proses. Panjang bagian pengering 200 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 200 cm. Bagian pengering terdiri dari rangka, bed pengering berbentuk empat persegi, pintu kontrol, *hopper* untuk input bahan, blower (220V, 750watt, 1 fasa), dan *output* bahan.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan bagian pengering adalah plat besi ukuran 0,2 cm dan besi siku ukuran (4x4) cm tipe B. Selain itu, pada bed pengering menggunakan bahan plat stainless steel 0,2 cm berlubang yang dilapisi dengan kawat kasa tahan karat ukuran 100 *mesh* sesuai dengan ukuran pati. Tujuan penambahan kawat kasa adalah untuk mencegah kehilangan pati selama proses pengeringan.

Bed pengering bergetar (ruang vibrator) dilengkapi dengan tenaga penggerak motor listrik 220V, 1 fasa, 750 watt yang dihubungkan melalui sistem transmisi *pulley* dan *belt*. Sedangkan sumber panas yang dibutuhkan untuk pengeringan berasal dari tungku biomassa.

Tungku biomassa yang digunakan adalah jenis *cross down draft* yang memiliki keunggulan yaitu dapat mengurangi asap pembakaran, dapat dijalankan secara kontinyu, dan sangat cocok untuk daerah pedesaan karena menggunakan bahan bakar limbah hasil pertanian (Jading dkk., 2012b).

Bagian tungku biomassa terdiri dari ruang pembakaran (60x60x60) cm, *hopper* bahan bakar (50x78x40) cm, saluran udara luar, ruang pemindah panas (60x60x150) cm yang dilengkapi pipa besi sebanyak 10 batang dengan panjang masing-masing berukuran 150cm berdiameter 3,81 cm (1,5 inci). Selain itu ruang pemindah panas dilapisi dengan isolator tahan panas untuk mencegah supaya asap hasil pembakaran bahan bakar pada ruang pembakaran tidak masuk ke dalam ruang tersebut. Bahan bakar yang digunakan adalah limbah hasil pertanian. Khusus dalam penelitian ini, limbah biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah tempurung kelapa.

Pembakaran bahan bakar dilakukandi dalam ruang pembakaran yang terletak pada bagian bawah ruang pemindah panas. Ruang pembakaran dilengkapi dengan pintu kontrol

aliran udara dan pintu pembuangan abu hasil pembakaran. Udara panas yang dihasilkan dalam ruang pembakaran dialirkan secara konveksi alami tanpa bantuan kipas atau blower penghembus udara melalui lubang pipa pemindah panas, sedangkan asap hasil pembakaran keluar melalui cerobong asap.

Panas yang dihasilkan dalam ruang pemindah panas sudah terpisah dengan asap pembakaran, sehingga panas tersebut merupakan suhu udara pengering yang langsung dihisap ke dalam ruang vibrator menggunakan blower penghembus. Besarnya suhu yang dihasilkan dalam ruang pemindah panas adalah 75-80°C, sedangkan suhu terukur dalam ruang vibrator 40-60°C. Hasil perancangan dan konstruksi alat dapat dilihat pada Gambar 2a.



Gambar 2. Prototipe alat pengering CFVFB: (a) unit tungku biomassa, (b) unit pengering

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian meliputi pengujian alat pengering menggunakan tungku biomassa berbahan bakar tempurung kelapa dengan melakukan pengamatan suhu selama pengeringan, penurunan kadar air, waktu pengeringan, kebutuhan energi, efisiensi pemanasan (pengeringan), efisiensi alat pengering dan analisis finansial.

Untuk mengetahui kemampuan kinerja alat pengering, maka dilakukan pengujian sebanyak tiga kali pengulangan menggunakan pati sagu basah, masing-masing sebanyak 35 kg. Variabel yang diamati adalah suhu lingkungan, suhu udara pengeringan, dan kadar air pati sagu. Kadar air pati sagu diukur menggunakan metode gravimetri (oven) untuk mengetahui perubahan kadar air selama proses pengeringan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara tabulasi dan grafis, kemudian dibahas secara deskriptif.

Analisis Teknis

Analisis yang dilakukan adalah menghitung kebutuhan energi untuk mengetahui efisiensi pemanasan atau pengeringan dan efisiensi alat pengering. Perhitungan energi meliputi energi pembakaran tempurung kelapa pada tungku biomassa, energi listrik (blower dan penggerak vibrator), energi untuk memanaskan pati sagu, energi untuk menaikkan suhu air dan menguapkan air dalam pati sagu,

$$q_B = m_{tk} \times h_{tk} \dots\dots\dots(1)$$

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

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

$$q_a = m_a \times c_a \times (T_{pi} - T_{po}) \dots\dots\dots(4)$$

$$q_{ua} = m_w \times h_{fg} \dots\dots\dots(5)$$

$$q_u = \rho_u \times V_u \times c_u \times (T_i - T_o) \dots\dots\dots(6)$$

$$\eta_p = \frac{q_{ps} + q_a + q_{ua}}{q_u} \dots\dots\dots(7)$$

$$\eta_{ap} = \frac{q_{ps} + q_a + q_{ua}}{q_B + q_L} \dots\dots\dots(8)$$

$$m_a = \frac{M_{ps} \times (M_{psi} - M_{pso})}{100 - M_{psso}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

$$C_{pps} = 1.424m_{car} + 1.549m_{pro} + 1.675m_{fat} + 0.837m_{ash} + 4.187M_{ps} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

- q_B = energi dari tungku biomassa (J/kg)
- q_L = energi listrik (J)
- q_a = energi untuk menaikkan suhu air di dalam pati sagu (J)
- q_{ps} = energi untuk memanaskan pati sagu (J)
- q_{ua} = energi untuk menguapkan air dalam pati sagu (J)
- q_u = energi yang diberikan udara untuk memanaskan pati sagu (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(s/detik)
- m_{ps} = massa pati sagu basah (kg)
- C_{pps} = panas jenis pati sagu (kJ/kg.°C)
- T_i = suhu awal pengering (°C)
- T_o = suhu akhir pengering (°C)
- T_{pi} = suhu awal pati sagu (°C)
- T_{po} = suhu akhir pati sagu (°C)
- V_u = volume udara pengering (m³)
- c_u = panas jenis udara pengering (kJ/kg °C)
- c_a = panas jenis air (kJ/kg °C)
- ρ_u = densitas udara pengering (kg/m³)
- m_w = jumlah air yang diuapkan (kg)
- m_a = jumlah air (kg)
- h_{fg} = panaslaten penguapan (kJ/kg.°C)
- M_{psi} = kadar air awal pati sagu (% bb)
- M_{psso} = kadar air akhir pati sagu (% bb)
- η_p = efisiensi pemanasan atau pengeringan (%)
- η_{ap} = efisiensi alat pengering (%)
- m_{car} = kadar karbohidrat (%)
- m_{pro} = kadar protein (%)
- m_{fat} = kadar lemak (%)
- m_{ash} = kadar abu (%)
- M_{ps} = kadar air pati sagu (%)

serta energi yang diberikan udara pengering ke dalam ruang vibrator. Persamaan yang digunakan untuk menghitung energi tersebut adalah persamaan 1 sampai 6, sedangkan efisiensi pemanasan (pengeringan) dan efisiensi alat pengering dihitung menggunakan persamaan 7 dan 8. Nilai massa air dalam pati sagu (m_w) dapat dihitung menggunakan persamaan 9, sedangkan persamaan 10 digunakan untuk menghitung panas jenis pati sagu berdasarkan nilai komposisi kimia dalam pati sagu tersebut (Jading dkk., 2011b; Jading dkk., 2012a). Panas jenis atau panas spesifik (*specific heat*) untuk bahan yang diketahui komposisinya seperti pati (*starch*) dapat dihitung menggunakan persamaan empiris (Dickerson, 1969; dalam Singh dan Heldman, 2001).

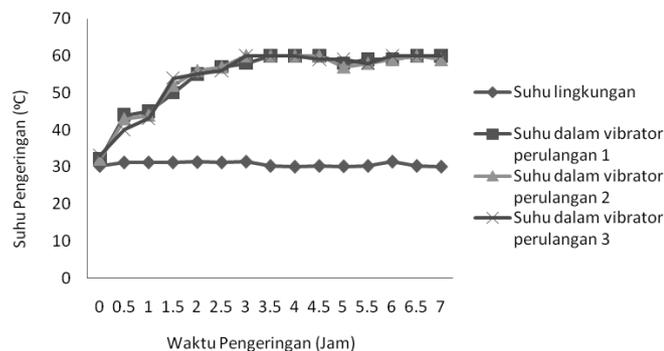
Analisis Ekonomis atau Finansial

Untuk mengetahui nilai jual alat, maka dilakukan analisis finansial. Kriteria-kriteria yang digunakan dalam melakukan suatu evaluasi terhadap investasi proyek adalah *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate off Return* (IRR), *Net Benefit-Cost Ratio* (Net B/C), *Break Event Point* (BEP), dan *Pay Back Period* (PBP) (Husnan dan Suwarsono, 1977).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Suhu pada Alat Pengering CFVFB

Sebaran suhu dalam ruang vibrator dapat dilihat pada Gambar 3. Perubahan suhu pada tiga perulangan yaitu antara 40-60°C, suhu lingkungan 30°C, sedangkan kelembaban relatif (RH) 50%.



Gambar 3. Distribusi suhu dalam ruang vibrator

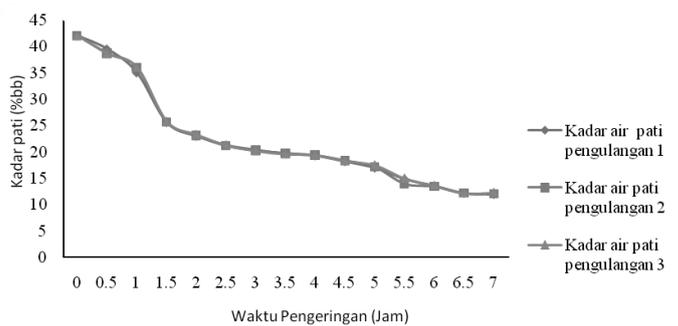
Suhu tersebut mampu mengeringkan 35 kg pati sagu selama 7 jam. Besarnya nilai suhu tersebut sudah sesuai dengan suhu yang dibutuhkan untuk pengeringan pati sagu. Menurut Jading dkk. (2011b) suhu maksimum yang diperlukan untuk pengeringan pati sagu adalah 70-75°C, atau yang disebut suhu gelatinisasi. Jika suhu dalam ruang vibrator melebihi suhu maksimum tersebut, maka akan terjadi proses

gelatinisasi terhadap pati sagu. Gelatinisasi sangat dihindari dalam proses pengeringan pati sagu karena menyebabkan kegagalan dalam proses pembuatan pati. Selanjutnya Khatir dkk. (2011) mengemukakan bahwa salah satu faktor utama yang mempengaruhi pengeringan yang berhubungan dengan udara pengering adalah temperatur (suhu).

Perubahan suhu dalam ruang vibrator terjadi karena sumber panas yang digunakan adalah hasil pembakaran biomassa (tempurung kelapa) sehingga besarnya suhu pengeringan sangat ditentukan oleh proses pengumpanan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran pada tungku biomassa. Proses pengeringan yang menggunakan suhu udara pengering hasil pembakaran biomassa sangat sulit untuk mendapatkan suhu konstan dalam ruang pengering (Jading dkk., 2012b).

Penurunan Kadar Air, Waktu dan Laju Pengeringan Pati Sagu

Gambar 4 menunjukkan penurunan kadar air pati sagu selama proses pengeringan. Penurunan kadar dari ketiga perulangan tidak berbeda yaitu dari 42%bb menjadi 12%bb selama 7 jam. Pada akhir pengeringan kadar air pati sagu yang diperoleh adalah 12%bb, dengan massa kering pati sagu 20,3 kg, dan massa air yang diuapkan sebesar 14,7 kg dengan laju pengeringan 7,10 kg/jam atau 4,29%. Waktu pengeringan agak lambat hal ini disebabkan tingkat kepadatan dan daya lengket pati sagu yang tinggi sehingga mempengaruhi kinerja vibrator. Vibrator tidak dapat memisahkan gumpalan pati sagu secara sempurna sehingga menghasilkan butiran-butiran pati sagu. Butiran-butiran tersebut menghambat proses perpindahan panas ke dalam bahan.



Gambar 4. Perubahan kadar air pati selama pengeringan

Dari grafik terlihat bahwa waktu pengeringan sangat mempengaruhi penurunan kadar air selama proses pengeringan. Semakin lama pengeringan semakin berkurang kadar air dalam pati sagu. Menurut Khatir dkk. (2011) semakin lama proses pengeringan semakin rendah kadar air tepung. Selain waktu, suhu juga sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar air, meskipun pada penelitian tidak dilakukan variasi

suhu pengeringan. Menurut Adi dkk. (2013) semakin tinggi suhu pengeringan akan diperoleh kadar air semakin rendah, hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini.

Analisis Energi

Bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan suhu pengering adalah tempurung kelapa. Menurut Palungkun (1999) dalam Safrizal dkk. (2012) nilai kalor tempurung kelapa adalah 18,20-19,30 MJ/kg. Pada pengujian dengan alat pengering CFVFB, massa tempurung kelapa yang digunakan sebanyak 70 kg untuk mengeringkan 35 kg pati sagu hingga mencapai kadar air akhir 12%bb selama 7 jam. Berdasarkan hasil analisis menggunakan persamaan 1 dengan nilai panas tempurung kelapa 18,20 MJ/kg, maka dihasilkan 1274,00 MJ energi pembakaran (q_b).

Panas yang dihasilkan pada proses pembakaran tempurung kelapa dalam tungku, kemudian dialirkan ke ruang pemindah panas secara alami melalui pipa. Panas tersebut telah terpisah dengan asap, kemudian dihisap ke dalam ruang vibrator menggunakan blower bertenaga motor listrik dengan daya 750 W. Pengoperasian blower selama proses pengeringan adalah 7 jam (25.200 s), sehingga nilai energi listrik yang dibutuhkan sebesar 18,90 MJ.

Untuk mempercepat proses fluidisasi maka diperlukan vibrator bertenaga motor listrik dengan daya 750 W yang bekerja selama 7 jam selama proses pengeringan. Nilai energi yang digunakan berdasarkan persamaan 2 adalah 18,90 MJ, sehingga kebutuhan energi listrik keseluruhan (q_l) yang diperlukan selama pengoperasian alat pengering adalah 37,80 MJ.

Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk memanaskan pati sagu atau panas sensibel (q_{ps}) sebanyak 35 kg dibutuhkan energi sebesar 0,84 MJ, hal ini berdasarkan persamaan 3 dengan nilai panas jenis pati sagu 1,2 kJ/kg°C (Persamaan 7). Sedangkan energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu air (panas sensibel air) adalah 1,85 MJ (persamaan 4) dan untuk menguapkan air atau panas laten penguapan air (q_{ua}) dalam pati sagu berdasarkan hasil perhitungan persamaan

5 adalah 28,43 MJ. Kecepatan udara terukur yang masuk ke dalam ruang vibrator melalui pipa berpenampang 0,0046 m² adalah 17,80 m/s. Besarnya debit udara dalam ruang vibrator adalah 0,0811 m³/s, sehingga kebutuhan volume udara selama pengeringan adalah 2044,60 m³.

Efisiensi Pemanasan (Pengering) dan Alat Pengering

Efisiensi pemanasan atau pengeringan adalah hasil perbandingan dari energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air terhadap energi yang diberikan oleh udara pengering. Hasil perbandingan tersebut diperoleh nilai efisiensi sebesar 46,02%. Sedangkan efisiensi alat pengering sebesar 2,34% yang merupakan perbandingan dari energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air terhadap energi yang diberikan kepada alat pengering. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi pemanasan atau pengering dan alat pengering masih rendah disebabkan oleh kurang efektifnya tungku biomassa, kehilangan panas pada saluran udara pengering ke dalam ruang vibrator, dan kapasitas ruang vibrator yang masih rendah. Menurut Soponronnarit dkk. (2000) untuk mendapatkan pengoperasian yang optimum maka diperlukan konsumsi energi yang lebih rendah.

Analisis Finansial

Tujuan analisis finansial terhadap alat pengering pati model CFVFB adalah untuk mengetahui kelayakan alat tersebut apabila akan diintroduksikan di masyarakat. Analisis dilakukan berdasarkan kapasitas produksi alat pengering yaitu 35 kg pati sagu basah yang mampu menghasilkan 20,3 kg pati sagu kering. Harga pati sagu basah Rp. 5.000,-/kg dan harga pati sagu kering Rp. 20.000,-/kg dengan dana investasi awal Rp. 30.000.000,-. Umur ekonomis 5 tahun. Hasil analisis finansial dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3, 4 dan 5.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai depresiasi pada tahun ke 5 sebesar Rp. 5.248.000,-, *cash flow* Rp. 16.393.560,- dan ARR 66,06%. Sedangkan nilai pengembalian modal (nilai investasi) dapat tercapai setelah 3,51 tahun pengoperasian alat.

Tabel 1. Penilaian proyek dengan *average rate of return*

Umur ekonomis (a)	Investasi awal (Rp) (b)	EAT (Laba setelah pajak) (c)	Penyusutan (d)	Cass flow (e = c+d)
Tahun ke-1	30.000.000	2.793.555	5.248.000	8.041.555
Tahun ke-2		9.529.880	5.248.000	14.777.880
Tahun ke-3		9.529.880	5.248.000	14.777.880
Tahun ke-4		16.545.560	5.248.000	21.793.560
Tahun ke-5		11.145.560	5.248.000	16.393.560
Rata-rata	15.000.000	9.908.887		
ARR (Rata-rata EAT/Rata-rata investasi)	66,06%			

Tabel 2. Penilaian proyek dengan *payback period*

Umur ekonomis	Investasi awal (Rp)	EAT (Laba setelah pajak)	Penyusutan	Cash flow		Keterangan
(a)	(b)	(c)	(d)	(e = c+d)	(f = b-e)	
Tahun ke-1	30.000.000	2.793.555	5.248.000	8.041.555	21.958.445	Belum Tertutupi
Tahun ke-2		9.529.880	5.248.000	14.777.880	7.180.565	Belum Tertutupi
Tahun ke-3		9.529.880	5.248.000	14.777.880	-7,597,315	Kelebihan
Tahun ke-4		16.545.560	5.248.000	21.793.560		
Tahun ke-5		11.145.560	5.248.000	16.393.560		

Tabel 2 menunjukkan nilai BEP yaitu jumlah hasil penjualan minimal yang harus dilampaui, sedangkan PBP merupakan kriteria tambahan dalam analisis kelayakan untuk melihat periode waktu yang diperlukan dalam melunasi seluruh pengeluaran investasi. Hasil analisis berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai kelebihan bulan 6,17 dan PBP 3,51 tahun.

Tabel 4 menunjukan nilai NPV dari hasil analisis adalah Rp. 16.002.858, berarti investasi alat pengering CFVFB layak dilaksanakan. NPV adalah metode untuk menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional maupun terminal *cash flow*) di masa yang akan datang. Jika NPV lebih besar dari nol maka proyek layak untuk dilaksanakan sebaliknya jika lebih kecil dari nol tidak layak untuk dilaksanakan.

Tabel 3. Penilaian proyek dengan *internal rate of return*

Umur ekonomis	Investasi awal (Rp)	EAT (Laba setelah pajak)	Penyusutan	Cash flow	IRR	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e = c+d)	Estimasi (%)	Aktual (%)
Tahun ke-1	30.000.000	2.793.555	5.248.000	8.041.555		
Tahun ke-2		9.529.880	5.248.000	14.777.880	17	35
Tahun ke-3		9.529.880	5.248.000	14.777.880		
Tahun ke-4		16.545.560	5.248.000	21.793.560		
Tahun ke-5		11.145.560	5.248.000	16.393.560		

Nilai IRR aktual yang diperoleh pada Tabel 3 adalah 35%, hal ini menunjukan bahwa alat pengering CFVFB layak untuk dilaksanakan. IRR adalah tingkat diskonto pada saat NPV sama dengan nol dan dinyatakan dalam persen. Proyek dinyatakan layak apabila nilai IRR lebih tinggi dari suku bunga yang berlaku.

Nilai *Profitability Index* atau *Net B/C* pada Tabel 5 adalah 1,53, hal ini menunjukan bahwa investasi untuk penerapan alat pengering CFVFB layak dilaksanakan. Nilai *Net B/C* merupakan angka perbandingan antara jumlah PV yang bernilai positif dengan jumlah PV yang bernilai negatif. Kriteria kelayakan proyek adalah jika *Net B/C* lebih besar sama dengan satu dan tidak layak jika *Net B/C* kurang dari satu.

Tabel 4. Penilaian proyek dengan net present value

Umur ekonomis	Investasi awal (Rp)	EAT (Laba setelah pajak)	Penyusutan	Cash flow	NPV	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e = c+d)	Suku bunga (%)	Nilai NPV (Rp)
Tahun ke-1	30.000.000	2.793.555	5.248.000	8.041.555		
Tahun ke-2		9.529.880	5.248.000	14.777.880	17	16.002.858
Tahun ke-3		9.529.880	5.248.000	14.777.880		
Tahun ke-4		16.545.560	5.248.000	21.793.560		
Tahun ke-5		11.145.560	5.248.000	16.393.560		

Tabel 5. Penilaian proyek dengan *profitability index* atau *benefit cost ratio*

Umur ekonomis (a)	Investasi awal (Rp) (b)	EAT (Laba setelah pajak) (c)	Penyusutan (d)	Cash flow (e = c+d)	Net B/C (PI) Nilai NPV (Rp)	PI
Tahun ke-1	30.000.000	2.793.555	5.248.000	8.041.555	16.002.858	1,53
Tahun ke-2		9.529.880	5.248.000	14.777.880		
Tahun ke-3		9.529.880	5.248.000	14.777.880		
Tahun ke-4		16.545.560	5.248.000	21.793.560		
Tahun ke-5		11.145.560	5.248.000	16.393.560		

Untuk meneliti kembali suatu analisis kelayakan proyek, maka dilakukan analisis sensitivitas agar dapat melihat pengaruh yang akan terjadi akibat keadaan yang berubah-ubah atau ada sesuatu kesalahan dalam dasar-dasar perhitungan biaya-manfaat. Dalam analisis sensitivitas, setiap kemungkinan harus dicoba berarti bahwa setiap saat harus dilakukan analisis kembali. Hal ini perlu dilakukan, karena analisis proyek biasanya didasarkan pada proyeksi-proyeksi yang mengandung banyak ketidakpastian dan perubahan yang akan terjadi dimasa mendatang.

KESIMPULAN

Alat pengering pati sagu model CFVFB memiliki kapasitas 35 kg/7 jam atau setara dengan 5 kg/jam. Efisiensi pengeringan 46,02%, dengan konsumsi energi biomassa 1274,00 MJ, dan energi listrik 37,80 MJ. Suhu pengeringan dalam vibrator 40-60%, dan mampu menurunkan kadar air pati sagu dari 42%bb menjadi 12%bb. Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa alat pengering pati sagu model *vibro fluidized bed* layak untuk digunakan sebagai investasi pengeringan berdasarkan kriteria NPV, BCR, IRR, dan BPB tertutupi setelah 3,51 tahun.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan teknis alat pengering CFVFB masih memerlukan penelitian lanjutan untuk pengembangan rancangannya, yaitu kombinasi antara pengadukan dan getaran sehingga terjadi proses fluidisasi secara sempurna untuk mempercepat proses pengeringan dan meningkatkan kapasitas dan efisiensi pengering.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional tahun anggaran 2010-2011.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, R., N. Amalia, N., Suherman dan Ratnawati. (2013). Penggunaan teknologi pengeringan unggun terfluidisasi untuk meningkatkan efisiensi pengeringan tepung tapioka. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(3): 37-42.

Bukarova, M.F., Chlomev, V.A. dan Mikhailov, N.V. (1976). Vibration-aided fluidized bed drying of finely dispersed powders. *Journal Chemical and Petroleum Engineering* 6(2): 127-129.

Husnan, S. dan Suwarsono (1997). *Studi Kelayakan Proyek*. Cetakan Kedua. Unit Penerbit dan Percetakan Akademi Manajemen Pembangunan Yayasan Keluarga Pahlawan Negara (UPP AMP YKPN), Yogyakarta.

Jading, A., Payung, P. dan Tethool, E.F. (2011a). *Design of Fluidized Bed Dryer for Small Scale Sago Starch Processing. Prosiding The 10th Sago International Sago Symposium*, 29-30 Oktober. Bogor.

Jading, A., Tethool, E., Payung, P. dan Gultom, S. (2011b). Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidisasi menggunakan alat pengering model *fluidized bed* bertenaga surya dan biomassa. *Jurnal Reaktor* 13(3): 155-164.

Jading, A., Payung, P. dan Reniana (2011c). Prototipe Alat Pengering Pati Sagu Model Agitated Cross Flow Fluidized Bed. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*, 23-24 Juli, Jember.

Jading, A., Payung, P. dan Reniana (2012a). Pengembangan Rancangan dan Analisis Finansial Alat Pengering Pati Sagu dan Umbi-Umbian Model *Modified Fluidized Bed* Bertenaga Biomassa: "Rancang bangun Alat Pengering Pati berbasis sagu dan umbi-umbian Model *Cross Flow Agitated Fluidized Bed* Bertenaga Biomassa". *Makalah*

- Seminar Hasil Penelitian Strategis Nasional*, 9-10 November, Surabaya.
- Jading, A., Payung, P. dan Tethool, E.F. (2012b). Modifikasi tungku gasifikasi untuk pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif pada proses pengeringan hasil pertanian. *Jurnal ISTECH* 4(2): 67-70.
- Khatir, R., Ratna dan Wardani. (2011). Karakteristik pengeringan tepung beras menggunakan alat pengering tipe rak. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi* 3(2):1-4.
- Safrizal, R., Syah, H. dan Khathir, R. (2012). Analisis efisiensi pada sistem pengeringan bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L) menggunakan alat pengering tipe lemari. *Rona Teknik Pertanian* 5(2):364-367.
- Singh, R.P. dan Heldman, D.R. (2001). *Introduction to Food Engineering*. Food Science Technology Series. Academic Press. London.
- Soponronnarit, S., Wetchama, S., Trutassanawin, S. dan Jariyatontivait, W. (2000). Design, Testing, and Optimization of Vibro-Fluidized Bed Paddy Dryer. *Proceeding of The 12th International Drying Symposium IDS2000*, August 28-31, Noodwijkerhout Netherlands.
- Wetchacama, S., Soponronnarit, S. dan Jariyatontivait, W. (2000). Development of a Commercial Scale Vibro-Fluidized Bed Paddy Dryer. *Journal Natural Science* 34: 423-430.