

RANCANG BANGUN DAN UJI KELAYAKAN FINANSIAL ALAT PENGERING MEKANIS UNTUK PEMENUHAN PASOKAN ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*) SEBAGAI BAHAN BAKU KERAJINAN

*Design and Finance Feasibility Test of Mechanical Dryer for Fulfilling the Supply of
Dry Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) for Handicraft Raw Materials*

Kunto Purbono¹, Makhmudun Ainuri², Suryandono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Sudarto, S.H., Tembalang,
Semarang 50275. ²Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Alat pengering mekanis diperlukan guna pemenuhan pasokan bahan baku eceng gondok kering dan peningkatan kualitas bahan dan produk kerajinan eceng gondok. Metode penelitian yang digunakan yaitu rancang bangun dan uji kelayakan teknis, kualitas bahan hasil pengeringan, dan finansial. Hasil penelitian, alat pengering mekanis tipe cabinet dryer, dengan dimensi panjang x lebar x tinggi, 120 x 120 x 208 (cm³), kapasitas maksimal 80 (kg/10jam), bahan bakar arang kayu, dan waktu pengeringan 10 (jam). Rerata capaian suhu pengeringan tertinggi dicapai pada pengeringan cerobong dengan kapasitas 50 (kg/10jam) sebesar 62,3 °C, dengan sebaran suhu antara 62,95 °C-65,45 °C, kebutuhan kalor tertinggi dicapai pada pengeringan cerobong kapasitas 80 (kg) sebesar 14.087,1 (kJ) dengan efisiensi 36,753 %, kadar air 12,195 %, kebutuhan udara pengering 16,26397 (kg/jam). Rerata kekuatan tarik terbesar dicapai pada pengeringan cerobong kapasitas 50 (kg) sebesar 23,537 (N/mm²), sedang kekuatan tarik hasil penjemuran hanya sebesar 15,681 (N/mm²), warna paling mendekati alami (kehijauan) terdapat pada hasil proses pengeringan cerobong kapasitas 50 (kg) yaitu L 36,39; sedang warna hasil penjemuran L 51,89. Secara finansial, dengan analisis incremental BCR didapat angka 1,015, analisis NPV Rp. 2.569.148,31, IRR 39 %, dan BEP dicapai setelah alat memproduksi eceng gondok kering 962,1 (kg), atau telah menghasilkan Rp. 5.291.288,30, sehingga pemakaian alat pengering mekanis untuk pengeringan eceng gondok sangat menguntungkan.

Kata kunci: *Eceng godok, Kinerja, Pengering mekanis*

ABSTRACT

Mechanical dryer is needed to accomplishment of dry eichhornia crassipes materials and quality increasing of materials and eichhornia crassipes handicraft products. The research method used to design of mechanical dryer and feasibility test of technical, quality of materials result of draining, and finance. The result of the research was mechanical dryer of 'cabinet dryer' type which has dimension of length x width x height 120 x 120 x 208 (cm³), maximal capacity 80 (kg/10hours) with wood coal fire source, and drying duration for 10 hours. The average highest of temperature performance was reached at chimney drying 50 (kg/10hours) capacity was 62,3 °C, with temperature distribution between 62,95 °C-65,45 °C, the highest heat requirement was reached by chimney dryer 80 (kg) capacity was 14.087,1 (kJ) with 36,753 % efficiency, 12,195 % moisture content, and 16,26397 (kg/hour) was needed for drying air. The maximum average of tensile strength was reached by chimney drying 50 (kg) capacity was 23,537 (N/mm²), while the maximum tensile strength in sun drying as 15,681 (N/mm²), eichhornia crassipes's color most coming near to natural colour (green's colour) at chimney drying was L 36, while the colour in sun drying at L 51, 89. Financially, with the analysis of incremental BCR was 1,015, analysis of NPV Rp. 2.569.148,31, IRR 39 %, BEP was reached after the drier has been producing 962,1 (kg)(s) or equivalent to cost Rp.5.291.288,30, so that mechanical dryer usage for drying of eichhornia crassipes can get good benefit.

Keywords: *Eichhornia crassipes, Performance, Mechanical dryer*

PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan Brazil bernama Karl Von Martius pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brazilia. Tumbuhan ini di Indonesia merupakan tumbuhan eksotik yakni didatangkan dari luar, jadi bukan tumbuhan asli (*native*) Indonesia. Tumbuhan ini dibawa ke Indonesia di zaman Raffles sebagai gubernur jenderal pada tahun 1894, ditanam di kolam Kebun Raya Bogor karena warna bunganya yang menarik (Gerbono, 2005). Kemudian tersebar ke sungai dekat Kebun Raya Bogor hingga selanjutnya berkembang biak dengan cepat di berbagai wilayah perairan.

Hal yang sangat menonjol dari tanaman ini adalah perkembangannya yang luar biasa cepatnya, baik secara vegetatif dengan membentuk tunas (*stolon*) di atas akar maupun generatif dengan bijinya. Perkembangbiakan dengan cara vegetatif dapat berlipat ganda dalam waktu 7-10 hari. Menurut penelitian Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Sumatera Utara di Danau Toba, satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang 1 (m²) (Gunawan, 2007; Sitanggang, 2006). Perkembangbiakan yang demikian cepat menyebabkan tanaman eceng gondok telah berubah menjadi tanaman gulma di beberapa wilayah perairan Indonesia, termasuk di danau Rawa Pening, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.

Berdasarkan fakta di lapangan, eceng gondok yang tumbuh liar dan cepat di danau Rawa Pening memiliki potensi yang sangat besar dalam merusak lingkungan. Kondisi merugikan yang timbul sebagai dampak pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali diantaranya adalah: meningkatnya evapotranspirasi, menurunnya jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air ($DO=$ *Dissolved Oxygens*), mengganggu lalulintas (transportasi) air, meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia, dan menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

Eceng gondok, walupun dikatakan sebagai tanaman gulma (pengganggu), namun tanaman tersebut mempunyai potensi positif yang cukup besar yaitu: sebagai bahan pembuatan pupuk kompos, sebagai bahan pembuatan biogas / briket, sebagai bahan pembuatan kertas, sebagai bahan tambahan untuk material komposit (karena mengandung serat), untuk media pembersih polutan logam berat (misal: Hg, Cu, Zn, Fe, Pb), untuk media penanganan berbagai limbah cair (misal: limbah cair rumah pemotongan hewan, limbah cair industri kecil *laundry*), dan sebagai bahan berbagai kerajinan tangan (Ojeifo dkk., 2001).

Melihat potensi eceng gondok, warga sekitar danau Rawa Pening mulai tahun 1990 dan secara intensif mulai tahun 2004 berusaha memanfaatkan eceng gondok sebagai bahan baku kerajinan. Tumbuh kembangnya industri kerajinan eceng gondok di sekitar danau di samping memberi nilai tambah bagi kesejahteraan warga sekitar, juga sekaligus dapat mengendalikan pertumbuhan tanaman tersebut sehingga tidak menjadi tanaman gulma dan justru sebaliknya menjadi komoditas tanaman industri yang potensial.

Berdasarkan Keputusan Menteri Perindustrian No. 11/M-IND/PER/3/2006 tentang Pedoman Teknis Penggunaan Produksi Dalam Negeri, maka pada tahun 2007 kerajinan berbahan baku eceng gondok mulai diupayakan pembinaannya secara serius oleh Dewan Kerajinan Nasional Pemda Kabupaten Semarang, sehingga dengan pembinaan pemerintah tersebut bermunculan industri kerajinan berbahan baku eceng gondok di sekitar masyarakat Banyubiru sampai sejumlah 36 industri, dan di Ambarawa sejumlah 10 industri. Eceng gondok diambil batangnya dan setelah dikeringkan sebagai bahan baku kerajinan untuk membuat tas, sandal, sepatu, sarung bantal, tempat tisu, vas bunga, tikar, dan berbagai kerajinan lain. Sebagai gambaran dari enam industri kerajinan di sekitar danau Rawa Pening yaitu UD RENITA, UD AREMA, UD ABI CITRA KUSUMA, KUPP KARYA MUDA, KUB RAWA PENING HANDICRAFT, dan KUB AL-RIYAD-LOH, rata-rata membutuhkan eceng gondok kering sebagai bahan baku kerajinan sebanyak 76,67 (kg/bulan) untuk kebutuhan rutin lokal, misal sandal untuk dipasok ke hotel-hotel di sekitar Pingit, Ambarawa, Tuntang dan Salatiga (Sumber : Data Primer, 2009 diolah). Hasil kerajinan lain seperti tas, tempat tisu, vas bunga, tikar, sajadah, alat transportasi (kapal, lokomotif, mobil-mobilan) dijual sendiri di *show room* mereka atau dipasok ke toko-toko atau swalayan (*department store*) di sekitar Salatiga dan Semarang. Dari enam industri kerajinan tersebut dua di antaranya yaitu UD AREMA dan UD ABI CITRA KUSUMA secara insidental (sesuai pesanan) melayani ekspor ke Timur Tengah dan membutuhkan bahan baku rata-rata 550 (kg/bulan) (Sumber : Data Primer, 2009 diolah).

Permasalahan muncul ketika cuaca mendung atau hujan, pengeringan eceng gondok tidak dapat dilakukan dengan baik, di samping karena kondisi cuaca juga dilakukan pada lahan yang tidak begitu luas sehingga membutuhkan waktu yang lama hingga mencapai 3 minggu. Pengeringan yang membutuhkan waktu lama dapat mengakibatkan eceng gondok menjamur, warna menjadi kehitaman, bahkan membusuk sehingga dapat dikategorikan rusak, tidak dapat dipakai, yang akhirnya hanya menjadi sampah saja. Hal tersebut mempengaruhi kondisi industri kerajinan eceng gondok di sekitar Rawa Pening, karena kekurangan pasokan bahan baku.

Penyebab masalah tersebut muncul karena proses pengeringan yang dilakukan masih dengan cara konvensional yaitu dengan mengandalkan panas sinar matahari. Pada musim penghujan proses pengeringan eceng gondok akan terhambat sehingga menurunkan kualitas bahan baku (warna kehitaman, kurang kering, berbau tidak enak, dan kurang ulet). Di samping menurunkan kualitas bahan baku eceng gondok juga menurunkan kuantitas hasil pengeringan eceng gondok sebagai bahan baku kerajinan yang mengakibatkan kebutuhan bahan baku kering tidak tercukupi.

Pada kondisi tersebut teknologi pengeringan sangat diperlukan untuk mengatasi masalah yang dialami industri kerajinan eceng gondok di sekitar Ambarawa dan Banyubiru. Salah satu teknologi pengeringan yang dapat digunakan adalah alat pengering mekanis tipe *cabinet dryer*.

Tujuan pada penelitian ini adalah : (1) memperoleh prototipe alat pengering mekanis tipe *cabinet dryer*, (2) memperoleh kelayakan teknis, kualitas hasil, dan kelayakan finansial alat pengering mekanis tipe *cabinet dryer* untuk pengeringan eceng gondok sebagai bahan baku kerajinan. Dengan alat tersebut diharapkan dapat membantu masyarakat sekitar danau Rawa Pening untuk turut serta memecahkan masalah pengeringan melalui : solusi adanya alternatif pengeringan eceng gondok, pengendalian mutu bahan baku dan hasil kerajinan eceng gondok, pemecahan pemenuhan kebutuhan bahan baku eceng gondok kering dengan adanya kecepatan pengeringan bahan baku eceng gondok menggunakan alat pengering mekanis, dan menambah margin atau nilai tambah secara finansial.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menitik beratkan pada rancang bangun alat pengering mekanis untuk pengeringan eceng gondok sebagai bahan baku kerajinan, dan kelayakan teknis, kualitas hasil, dan kelayakan finansial melalui tahapan: perancangan alat, pembuatan alat, dan uji coba alat sehingga sesuai dengan yang direncanakan.

Perlakuan dalam penelitian ini adalah: (1) Eceng gondok dikeringkan menggunakan alat pengering bercerobong setinggi 4,5 m dengan kapasitas pengeringan 50 kg eceng gondok basah, (2) Eceng gondok dikeringkan menggunakan alat pengering dilengkapi blower dengan kapasitas pengeringan 50 kg eceng gondok basah, (3) Eceng gondok dikeringkan menggunakan alat pengering bercerobong setinggi 4,5 m dengan kapasitas pengeringan 80 kg eceng gondok basah, (4) Eceng gondok dikeringkan menggunakan alat pengering dilengkapi blower dengan kapasitas pengeringan 80 kg eceng gondok basah, dan (5) Eceng gondok dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari langsung (secara alami).

Pengukuran data meliputi: (1) kebutuhan bahan bakar, (2) temperatur : ruang pengering, udara masuk, udara keluar ruang pengering, bahan, udara keluar cerobong (campuran), penerima panas / penampung, (3) kelembaban relatif, (4) kadar air, (5) waktu pengeringan, dan (6) hasil pengeringan eceng gondok, meliputi : kekuatan tarik, dan warna.

Analisis data meliputi: (1) kelayakan teknis, terdiri dari (a) analisis tungku pemanas (Kastaman, 2003), (b) analisis hasil pengeringan (Chakraverty, 1981; Holman, 1991; Harahap, 1996) yang meliputi : jumlah panas yang diperlukan, jumlah udara pengering yang digunakan, efisiensi penggunaan panas, rerata penurunan massa eceng gondok yang dikeringkan, rerata penurunan kadar air eceng gondok, dan (c) ergonomi, (2) kualitas hasil (Hilman, 2005), terdiri dari (a) kekuatan tarik eceng gondok hasil pengeringan (sebagai pembandingan adalah kekuatan tarik hasil penjemuran), (b) warna eceng gondok hasil pengeringan (dasar analisis nilai kalibrasi 95,42 dari alat ukur warna sebagai angka tertinggi kecerahan warna), (c) kadar air eceng gondok (kadar air akhir penelitian di laboratorium menunjukkan emc 12,17 %), (3) kelayakan finansial (Martono, 2005), dengan kriteria yang digunakan adalah : (a) *Incremental Benefit Cost Ratio* (BCR), (b) *Net Present Value* (NPV), (c) *Internal Rate of Return* (IRR), dan (d) *Break Event Point* (BEP), dan (4) penerimaan masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

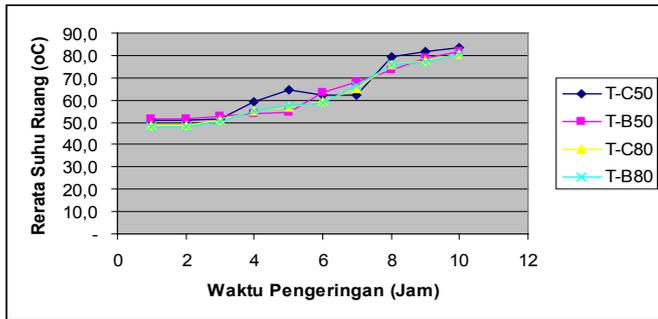
Perancangan Alat

Hasil perancangan alat pengering mekanis yang dibuat adalah : alat pengering mekanis tipe *cabinet dryer* dengan ukuran panjang x lebar x tinggi, 120 x 120 x 208 (cm³), mempunyai kapasitas pengeringan 80 (kg) setiap 10 (jam) dengan efisiensi 37,443 %, bahan bakar yang digunakan arang kayu, dan dilengkapi dengan cerobong setinggi 4,5 meter.

Kinerja (*Performance*) Alat

Suhu Ruang Pengering. Suhu ruang pengering, secara analisa statistik dengan menggunakan uji t (t test), didapatkan bahwa *mean* atau rerata suhu pada ruang pengeringan I (pengering dengan cerobong beban 50 kg), antara bagian I dan bagian lainnya tidak berbeda sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, dengan rerata suhu bagian I, II, III, dan IV (Gambar 4), berturut-turut 63,70 °C, 62,95 °C, 65,45 °C, dan 64,20 °C.

Analisa statistik dengan menggunakan uji t (t test), didapatkan bahwa *mean* atau rerata suhu pada ruang pengeringan II (pengering dengan blower 0,1A beban 50 kg), antara bagian I dan bagian lainnya tidak berbeda sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, dengan rerata suhu bagian I, II, III, dan IV berturut-turut 61,85 °C, 61,40 °C, 63,80 °C, dan 62,70 °C. Ruang pengeringan III (pengering dengan cerobong



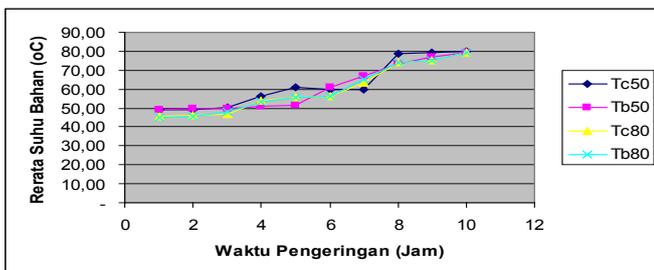
Keterangan :

- T-C50 : Suhu ruang vs waktu pengeringan pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- T-B50 : Suhu ruang vs waktu pengeringan pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- T-C80 : Suhu ruang vs waktu pengeringan pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- T-B80 : Suhu ruang vs waktu pengeringan pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

beban 80 kg), antara bagian I dan bagian lainnya tidak berbeda sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, dengan rerata suhu bagian I, II, III, dan IV berturut-turut 61,25 °C, 60,70 °C, 62,95 °C, dan 61,35 °C. Ruang pengeringan IV (pengering dengan blower 0,1A beban 80 kg), antara bagian I dan bagian lainnya tidak berbeda sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, dengan rerata suhu bagian I, II, III, dan IV berturut-turut 61,00 °C, 60,30 °C, 62,75 °C, dan 61,85 °C.

Jadi dari pengukuran suhu ruang pengering baik pada pengeringan I, II, III, dan IV, dan setelah diuji statistik dengan uji t, dapat disimpulkan bahwa bahwa tidak ada perbedaan antara bagian I, II, III, dan IV pada masing-masing pengeringan.

Suhu Bahan. Pengamatan suhu bahan, didapatkan bahwa hasilnya identik dengan pengamatan pada suhu ruang. Rerata suhu bahan bagian I, II, III, dan IV, pada pengeringan I, secara berturut adalah 61,70 °C, 61,10 °C, 63,75 °C, dan 62,80 °C, pada pengeringan II, 60,65 °C, 60,05 °C, 61,90 °C, dan 60,95 °C, pada pengeringan III, 59,25 °C, 58,60 °C, 61,20 °C, dan 59,65 °C, dan pada pengeringan IV, 59,40 °C, 58,55 °C, 61,05 °C, dan 60,15 °C, sebagaimana ditunjukkan pada Gam-



Gambar 2. Grafik Hubungan Suhu Bahan vs Waktu Pengeringan

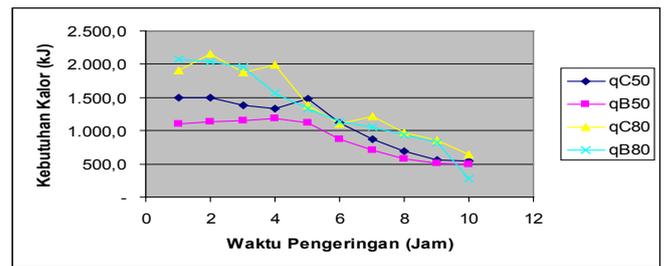
Keterangan :

- T-c50 : Suhu bahan vs waktu pengeringan pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- T-b50 : Suhu bahan vs waktu pengeringan pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- T-c80 : Suhu bahan vs waktu pengeringan pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- T-b80 : Suhu bahan vs waktu pengeringan pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

bar 2.

Bagian I dan bagian III adalah bagian yang paling dekat dengan penampung atau distributor panas, sehingga bagian I lebih panas dibanding bagian II dan bagian III lebih panas dibanding pada bagian IV.

Kebutuhan Panas. Jumlah panas (q) yang dibutuhkan pada pengeringan I dan II < pengeringan III dan IV, artinya semakin besar massa bahan yang dikeringkan, semakin besar pula jumlah panas (q) yang diperlukan untuk proses penge-



Gambar 3. Grafik Kebutuhan Kalor vs Waktu Pengeringan

Keterangan :

- qC50 : Kebutuhan kalor vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- qB50 : Kebutuhan kalor vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- qC80 : Kebutuhan kalor vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- qB80 : Kebutuhan kalor vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

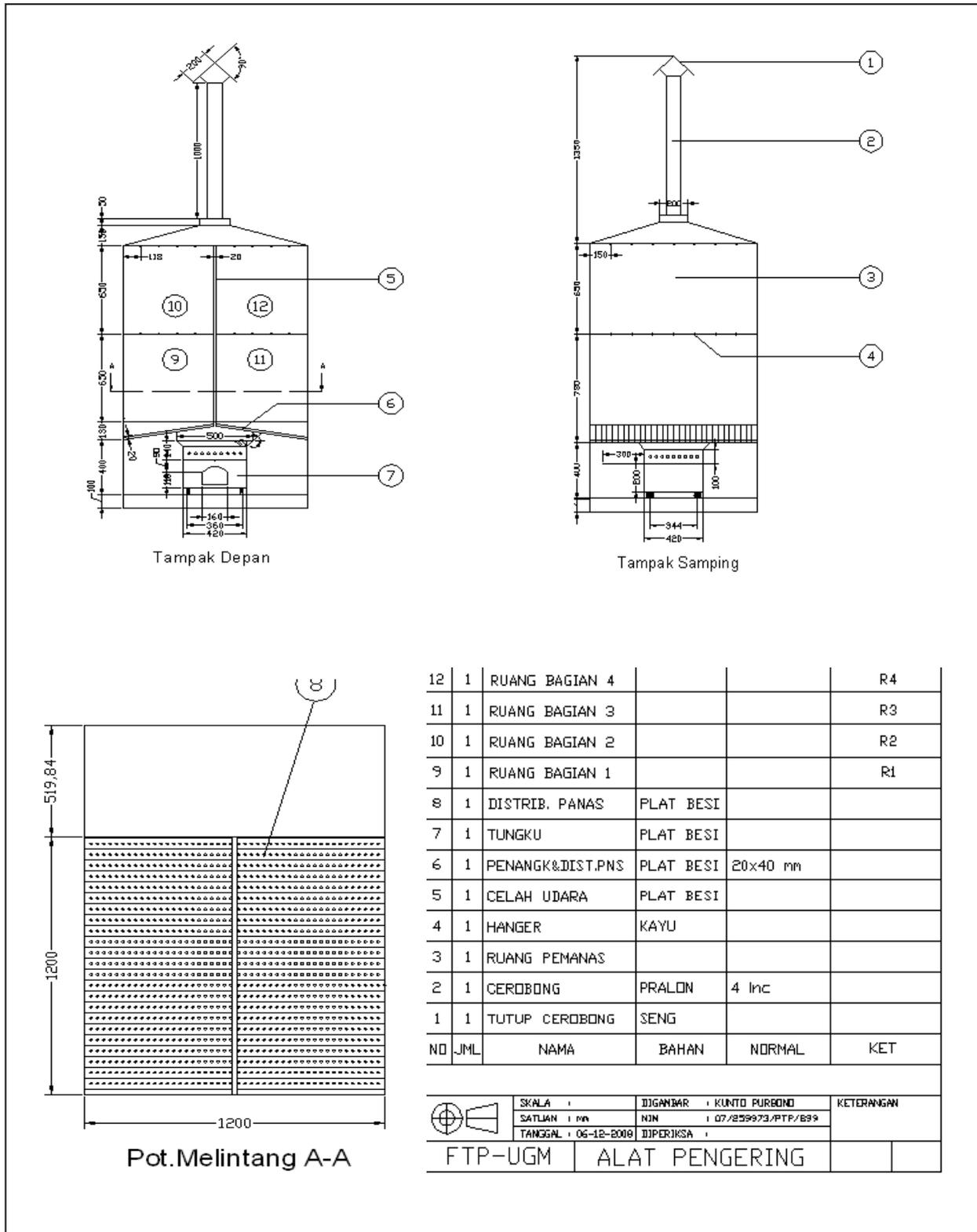
ringan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada alat pengering III dan IV, massa bahan yang dikeringkan lebih banyak yaitu 80 (kg) dibanding pada pengeringan I dan II yang hanya 50 (kg). Karena massa bahan yang dikeringkan lebih banyak, maka luas permukaan bahan juga lebih banyak, sehingga penguapan yang terjadi lebih banyak yang mengakibatkan jumlah air yang diuapkan juga lebih banyak. Oleh karena jumlah air yang diuapkan lebih banyak, maka jumlah panas yang diperlukan juga lebih banyak sesuai rumus $q = m \cdot c \cdot dt$ (Holman, 1991).

Jumlah kebutuhan panas pada berbagai pengeringan (I, II, III, dan IV), secara berturut-turut adalah 10.976,2 (kJ), 8.849,7 (kJ), 14.087,1 (kJ), dan 13.174,1 (kJ) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.

Jumlah Udara Pengering yang dibutuhkan. Penampung panas horizontal yang sekaligus sebagai distributor panas, setelah teraliri udara dari luar (sisi kanan dan kiri) ruang

pengering (Gambar 4), maka udara yang melewati penampung panas tersebut menjadi panas dan akan mengalir rata ke seluruh bagian ruang pengering (bagian 1, II, III, dan IV).



Gambar 4. Alat Pengering Mekanis Tipe Kabinet

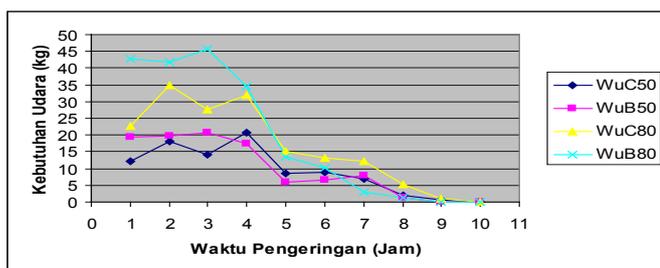
Udara di dalam ruang pengering yang mendapat panas tersebut, kandungan lengasnya turun sehingga dapat menampung kadar air yang keluar dari bahan pada waktu proses pengeringan, selanjutnya uap air tersebut mengalir ke luar cerobong karena perbedaan tekanan. Udara yang mengalir dari arah sisi kiri dan kanan alat pengering dan melalui distributor panas menuju ruang pengering, selanjutnya mengalir ke luar cerobong sekaligus sebagai transportasi uap air yang diupayakan untuk keluar cerobong.

Kelembaban relatif atau kelembaban nisbi ditentukan dari hasil pengukuran suhu kering dan suhu basah. Data kelembaban nisbi dipergunakan untuk menentukan kelembaban mutlak dengan menggunakan *Psychrometric Chart* atau *Moist Air State Calculator*. Kelembaban mutlak udara ruang pengering dan udara ke luar ruang pengering digunakan untuk menentukan jumlah udara pengering yang dibutuhkan untuk proses pengeringan eceng gondok.

Jumlah udara pengering besarnya tergantung pada massa air yang diupayakan terhadap perbedaan kelembaban mutlak pada ruang pengering dan kondisi udara ke luar ruang pengering (ΔAH). Semakin kecil ΔAH , semakin besar jumlah udara pengering yang dibutuhkan, demikian pula sebaliknya semakin besar ΔAH , semakin kecil jumlah udara pengering yang dibutuhkan.

Rerata RH pada pengeringan I, II, III, dan IV, adalah 54,5 %, 58,8 %, 55,0 %, dan 57,1 %. Dari perhitungan perbedaan kelembaban mutlak (ΔAH) antara rerata AH pengeringan terhadap AH keluar ruang pengering pada pengeringan I, II, III, dan IV, berturut-turut didapat 2,488 (kg/kg), 2,623 (kg/kg), 2,312 (kg/kg), dan 2,402 (kg/kg).

Rerata kebutuhan udara pengering pada pengeringan I, II, III, dan IV, berturut-turut adalah 9,201 (kg/Jam), 9,894 (kg/Jam), 16,393 (kg/Jam), dan 19,327 (kg/Jam) sebagaimana ditunjukkan pada *Gambar 5*.



Gambar 5. Grafik Kebutuhan Udara vs Waktu Pengeringan

Keterangan :

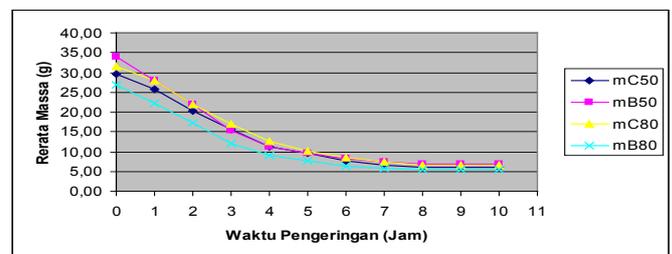
- WuC50 : Kebutuhan udara vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- WuB50 : Kebutuhan udara vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- WuC80 : Kebutuhan udara vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- WuB80 : Kebutuhan udara vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

Pengeringan dengan beban 50 kg, dibutuhkan jumlah udara pengering (wup) yang lebih sedikit dibanding pengeringan dengan beban 80 kg, demikian pula pengeringan pada alat pengering yang dilengkapi dengan blower dengan beban yang sama akan membutuhkan jumlah udara pengering yang lebih besar, karena pada pengeringan dengan blower mudah menguapkan air dan lebih mudah dalam hal transportasi uap keluar dari ruang pengering.

Efisiensi Penggunaan Panas. Panas hasil pembakaran bahan bakar arang kayu tidak semuanya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan ruang pengering untuk proses pengeringan. Hal ini karena efisiensi penggunaan panas banyak dipengaruhi oleh kebutuhan panas, efisiensi tungku, dan pasokan bahan bakar. Kebutuhan panas banyak dipengaruhi oleh kadar air awal-akhir bahan eceng gondok, panas spesifik eceng gondok, panas spesifik air, suhu awal-akhir bahan eceng gondok, dan panas laten penguapan air. Suhu akhir bahan dipengaruhi oleh suhu penangkap panas yang langsung dari pembakaran bahan bakar yang melalui konveksi dialirkan ke ruang pengering.

Berdasarkan perhitungan kalor, efisiensi penggunaan panas atau efisiensi alat pengering untuk pengeringan I, II, III, dan IV, berturut-turut adalah : 25,439 %, 23,540 %, 36,388 %, dan 36,753 %. Berdasarkan pasokan bahan bakar yang sama, semakin besar massa eceng gondok yang dikeringkan, semakin besar pula efisiensi penggunaan panasnya, karena semakin besar beban yang dikeringkan, semakin besar pula kebutuhan panas yang diperlukan.

Rerata Penurunan Massa. Data hasil pengamatan penurunan massa eceng gondok berbagai pengeringan (pengeringan I, II, III, dan IV), berturut-turut didapatkan rerata penurunan massa eceng gondok adalah 0,117 (kg/jam), 0,136 (kg/jam), 0,200 (kg/jam), dan 0,171 (kg/jam) (*Gambar 6*).



Gambar 6. Grafik Penurunan Massa Eceng Gondok vs Waktu Pengeringan

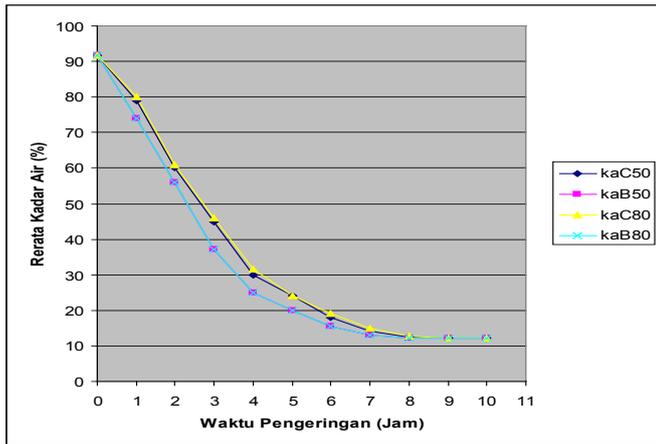
Keterangan :

- mC50 : Penurunan massa vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- mB50 : Penurunan massa vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- mC80 : Penurunan massa vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- mB80 : Penurunan massa vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

Penurunan massa eceng gondok pada pengeringan I dan II (beban 50 kg) lebih kecil dibanding pada pengeringan III dan IV (beban 80 kg). Hal ini terjadi karena pengaruh banyak massa yang harus diuapkan. Pada massa eceng gondok 80 (kg), lebih besar air yang dapat diuapkan, dibanding pada massa eceng gondok 50 (kg), karena permukaan kontak terhadap panas lebih banyak.

Rerata Penurunan Kadar Air. Kadar air eceng gondok ditentukan berdasarkan data hasil pengamatan penurunan massa eceng gondok berbagai pengeringan (pengeringan I, II, III, dan IV), sehingga hasilnya dapat dikatakan sama seperti pada penurunan massa, hanya berbeda konversi saja.

Pada penurunan massa eceng gondok, rerata penurunan massa eceng gondok dalam satuan (g/jam) atau (kg/jam), sedangkan pada penurunan kadar air eceng gondok dalam satuan persen (%/jam) sebagaimana dapat diperhatikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Penurunan Kadar Air vs Waktu Pengeringan

Keterangan :

- kaC50 : Penurunan kadar air vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 50 (kg)
- kaB50 : Penurunan kadar air vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 50 (kg)
- kaC80 : Penurunan kadar air vs waktu pada pengering dengan cerobong kapasitas 80 (kg)
- kaB80 : Penurunan kadar air vs waktu pada pengering dengan blower kapasitas 80 (kg)

Penurunan kadar air eceng gondok pada pengeringan I, II, III, dan IV, berturut-turut adalah 7,954 %/jam, 7,955 %/jam, 7,953 %/jam, dan 7,955 %/jam.

Kualitas Hasil

Kekuatan Tarik Hasil Pengeringan Eceng Gondok.

Kekuatan tarik hasil pengeringan eceng gondok didapatkan dengan menguji tarik menggunakan Alat "Micro Tensile

Strength". Uji tarik meliputi data hasil pengeringan I, II, III, IV, dan V (jemur). Uji tarik pada masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan yang sudah dirasa cukup mewakili kemampuan uji tarik eceng gondok.

Data pengujian tarik hasil proses pengeringan berbagai perlakuan sebagaimana pada Tabel 1. Rerata kekuatan tarik atau tegangan tarik (σ) hasil proses pengeringan I, II, III, IV, dan V (jemur matahari), berturut-turut 23,537 (N/mm²), 17,347 (N/mm²), 22,415 (N/mm²), 17,222 (N/mm²), dan 15,681 (N/mm²).

Tabel 1. Hasil Kekuatan Uji Tarik Berbagai Perlakuan

No	Perlakuan	Uji Tarik			
		σ_1 (N/mm ²)	σ_2 (N/mm ²)	σ_3 (N/mm ²)	σ_{r123} (N/mm ²)
1	Pengeringan I	26,764	20,146	23,701	23,537
2	Pengeringan II	16,691	17,576	17,774	17,347
3	Pengeringan III	21,377	24,050	21,817	22,415
4	Pengeringan IV	17,396	16,266	18,005	17,222
5	Pengeringan V	14,821	17,612	14,609	15,681

Berdasarkan uji statistik dengan menggunakan uji t, didapatkan : bahwa rerata tegangan tarik (σ) eceng gondok hasil proses pengeringan dari berbagai perlakuan menunjukkan hasil yang sama, kecuali : Rerata σ I, berbeda terhadap rerata σ II, IV, dan V, Rerata σ II, berbeda terhadap rerata σ III, Rerata σ III, berbeda terhadap rerata σ IV.

Berdasarkan nilai rerata nyata terbesar berturut-turut terdapat pada hasil proses pengeringan I, III, II, IV, dan V. Hasil proses pengeringan I dan III mempunyai σ terbesar karena penguapan pada pengeringan tersebut dialirkan secara alami secara konstan menggunakan sistem cerobong dengan tinggi 4,5 m, sehingga lebih sedikit kerusakan yang terjadi pada serat.

Pada pengeringan II dan IV dimana penguapan pada pengeringan dialirkan menggunakan bantuan blower 0,1A yang sedikit ada paksaan aliran terhadap bahan yang dikeringkan, sehingga ada kemungkinan terjadi kerusakan pada serat bahan yang mempengaruhi kekuatan tarik bahan tersebut.

Pada pengeringan dengan cara dijemur mempunyai σ paling rendah karena pada pengeringan dengan sinar matahari sangat bergantung dengan cuaca, apabila cuaca cerah maka pengeringan akan menghasilkan kualitas yang baik, sebaliknya apabila cuaca kurang baik, maka hasil pengeringan tidak konstan dan merata sehingga akan berpengaruh terhadap kualitas (lebih rendah), disamping itu pengeringan dengan dijemur, kandungan hijau daunnya lebih banyak terjadi kerusakan dibanding menggunakan alat pengering. Hal tersebut terbukti hasil pengeringan dengan menggunakan alat pengering,

eceng gondok kering agak berwarna hijau, sedangkan eceng gondok yang dijemur berwarna putih kekuningan.

Uji Warna Hasil Pengeringan

Uji warna hasil pengeringan eceng gondok dilakukan di Laboratorium Sistem Produksi Jurusan Teknologi Industri. Aspek yang diambil sebagai pembahasan pada uji warna ini adalah kecerahan (*Lightness*) saja, karena kecerahan sudah cukup mewakili bagi pengguna eceng gondok untuk memilih eceng gondok kering untuk bahan baku kerajinan.

Kecerahan cenderung ke arah warna terang mendekati warna putih kekuningan, dan setelah alat dikalibrasi menunjukkan kecerahan tertinggi menunjukkan angka 95,42. Angka lebih rendah menunjukkan kurang cerah atau kurang putih dan cenderung berwarna gelap (campuran hijau dan kuning) atau di dalam tumbuhan karena adanya unsur khromosom (warna hijau daun) yang masih ada pada eceng gondok kering tersebut.

Data rerata kecerahan warna hasil pengujian berbagai perlakuan (I, II, III, IV, dan V), berturut-turut adalah : 36,39; 36,50; 40,10; 41,53; dan 51,89.

Hasil uji statistik dengan menggunakan uji t menunjukkan bahwa : rerata kecerahan warna eceng gondok hasil proses pengeringan dari berbagai perlakuan menunjukkan hasil yang sama, kecuali : hasil proses pengeringan I terhadap V, dan hasil proses pengeringan II terhadap V.

Apabila dibandingkan dengan kecerahan tertinggi hasil kalibrasi (95,42), maka dari penelitian menunjukkan bahwa hasil pengeringan V (jemur) menunjukkan tingkat kecerahan tertinggi, dan berturut-turut diikuti oleh hasil pengeringan IV, III, II, dan I. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa hasil pengeringan dengan alat pengering, potensi kerusakan terhadap hijau daun lebih sedikit, karena terhindar dari sinar ultraviolet. Kerusakan hijau daun semata-mata karena terkena panas akibat pembakaran bahan bakar.

Asumsi Finansial

Penaksiran Kebutuhan Investasi Awal. Investasi awal merupakan aktiva tetap yang meliputi seluruh biaya untuk membuat alat. Beberapa prakiraan atau asumsi yang digunakan: usia alat pengering mekanis diperkirakan 5 tahun, investasi awal sudah termasuk biaya perancangan dan pembuatan alat secara borongan.

Penaksiran Biaya Operasional selama Usia Investasi. Biaya operasional merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan operasi dalam jangka waktu tertentu selama masa investasi dalam melakukan suatu proyek. Biaya tersebut meliputi biaya tenaga kerja, biaya bahan bakar arang kayu untuk mengoperasikan alat pengering.

Beberapa asumsi yang digunakan untuk penaksiran biaya operasional : (1) setiap tenaga kerja mengoperasikan alat pengering meliputi pemasangan bahan eceng gondok pada alat pengering, menghidupkan dan menambah bahan bakar pada tungku bahan bakar (setiap 2 jam), dan pengambilan eceng gondok kering, (2) tenaga kerja terdiri dari satu orang, (3) waktu pengeringan menggunakan alat selama 10 jam/hari, (4) waktu kerja efektif bagi tenaga kerja 1 – 1,5 jam/hari (5) satu bulan terdapat 24 hari kerja, (6) usia investasi yang digunakan untuk prakiraan biaya operasional alat pengering adalah 5 tahun atau 60 bulan. Prakiraan tersebut didasarkan pada ukuran umum untuk menentukan usia investasi adalah sama dengan jangka waktu yang kira-kira sama dengan umur ekonomis proyek, (7) dalam sekali pengeringan, alat dapat mengeringkan 80 (kg) bahan eceng gondok basah menjadi 8 (kg) eceng gondok kering, atau dalam satu bulan alat pengering menghasilkan 192 (kg) eceng gondok kering, (8) asumsi harga eceng gondok basah Rp. 400,00/kg, dan hasil pengeringan diasumsikan selalu habis terjual, (9) upah tenaga kerja Rp. 5.000,00/hari (waktu kerja efektif 1 – 1,5 jam / hari). Menurut Asosiasi Pengusaha Indonesia (APINDO), UMR Kabupaten Semarang 2009 adalah Rp. 759.360,00/bulan atau Rp. 3.955,00/jam (10) pemakaian arang kayu untuk sekali pengeringan adalah 8 (kg)/10 jam, (11) harga arang kayu adalah Rp. 1.200,00/kg.

Penaksiran Penerimaan. Penaksiran penerimaan setiap bulan diperoleh dari kapasitas produksi setiap bulan, 192 (kg) dikalikan dengan harga jual unit produk, Rp. 5.000,00 - 5.500,00/kg. Harga tersebut diperoleh berdasarkan harga pasar di sekitar danau Rawa Pening 2009 dan market eceng gondok pada umumnya yang berlaku untuk ekspor (Wanasuria, 2009).

Berdasarkan metode penetapan harga biaya plus (*Cost-Plus Pricing Method*) harga jual per unit ditentukan dengan menghitung besarnya harga pokok penjualan ditambah jumlah tertentu untuk menutup laba yang dikehendaki untuk setiap unitnya (*margin*). Harga pokok penjualan diperoleh dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan *overhead* pabrik, yang berarti mencakup seluruh biaya operasional ditambah dengan biaya penyusutan. $\text{Harga jual / unit} = \text{Biaya total / unit} + \text{Margin}$.

Penyusutan. Penyusutan dapat diperkirakan dengan berbagai metode. Dalam penelitian ini, prakiraan penyusutan dilakukan dengan metode garis lurus (*Straight-Line Method*). Metode ini menganggap bahwa penyusutan nilai benda modal berkurang secara tetap, sehingga memberikan jumlah penyusutan yang seragam.

Modal pembuatan alat (P) = Rp. 2.900.000,00, nilai akhir alat ditentukan bahwa pada usia alat 5 tahun masih ada be-

kas besi (rongsok) 86 (kg), apabila setiap kilogram rongsok Rp. 3.000,00 maka nilai akhir alat (S) = Rp.258.000,00, umur ekonomi alat (N) = 5 th. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai penyusutan Rp. 528.400,00/th, jadi penyusutan alat pengering mekanis setiap bulan = Rp. 8.806,67.

Penaksiran Laba-rugi tiap Bulan. Berdasarkan data-data di atas, maka dapat ditentukan taksiran laba rugi yang didapat sebagai akibat pemakaian alat tersebut setiap bulannya. Perhitungan tersebut sebagai berikut (Tabel 2) :

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan bahwa laba bersih (*Earning After Tax*) dari usaha pengeringan eceng gondok dengan pengeringan berbasis pada alat pengering mekanis adalah Rp. 127.154,33/bulan.

Tabel 2. Penaksiran Laba Rugi tiap Bulan

No.	Jenis Kegiatan dan Beaya	Jumlah (Rp.)
1	Penjualan (24 hari x 8 kg x Rp. 5.500,00)	1.056.000,00
2	Beaya bahan baku (24 hari x 80 kg x Rp. 400,00)	768.000,00
		288.000,00
3	Beaya tenaga kerja (24 hari x Rp. 5.000,00)	120.000,00
4	Beaya bahan bakar arang kayu (8 x Rp. 1.200,00)	9.600,00
		158.400,00
5	Penyusutan	8.806,67
6	<i>Earning Before Tax</i> (EBT)	149.593,33
7	Pajak (15%)	22.439,00
8	<i>Earning After Tax</i> (EAT)	127.154,33

Penilaian Kriteria Investasi. Penilaian kriteria investasi (*investment criteria*) bertujuan untuk mengetahui kelayakan finansial dari suatu proyek, dalam hal ini adalah proyek pembuatan alat pengering mekanik eceng gondok. Kriteria investasi yang digunakan adalah *Incremental Benefit Cost Ratio* (*Incremental BCR*), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Break Event Point* (BEP).

Kriteria *incremental BCR* untuk membandingkan antara pengeringan dengan penjemuran dan pengeringan dengan menggunakan alat pengering mekanik. Penilaian kriteria NPV dan IRR dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan penggunaan alat pengering mekanik tersebut, kemudian dilakukan evaluasi lanjutan untuk mengetahui titik impas (BEP) dari penggunaan alat pengering mekanik tersebut terhadap volume eceng gondok yang dikeringkan agar investasi awal pembuatan alat pengering tersebut kembali.

Berdasarkan perhitungan *incremental benefit*, maka diperoleh nilai *incremental BCR* = 1,015. Secara teoritis, hasil perhitungan *incremental BCR* pemakaian alat pengering mekanik cukup menguntungkan karena nilai *incremental BCR*-nya lebih dari 1, NPV sebesar Rp. 2.569.148,31, IRR menunjukkan nilai 49% (Tabel 3).

Tabel 3. Perhitungan NPV dengan Tingkat Bunga 15% dan 50%

Tahun	Proceeds	DR (15%)	PV	DR(50%)	PV
1	1.631.532,00	0,86957	1.418.723,48	0,66667	1.087.688,00
2	1.631.532,00	0,75614	1.233.672,59	0,44444	725.125,33
3	1.631.532,00	0,65752	1.072.758,77	0,29630	483.416,89
4	1.631.532,00	0,57175	932.833,72	0,19753	322.277,93
5	1.631.532,00	0,49718	811.159,75	0,13169	214.851,95
	PV dari Proceeds		5.469.148,31		2.833.360,10
	Investasi	=	2.900.000,00		2.900.000,00
	NPV	=	2.569.148,31		(66.639,90)
	IRR	=	49	(%)	

Even Point (BEP). Biaya titik impas balik (BEP), dihitung sesuai prakiraan umur alat yaitu 5 (th) menggunakan rumus (20) dan hasilnya sebagai berikut :

BEP = 962,1 (kg) atau BEP = Rp. 5.291.288,30, artinya, titik impas balik (BEP) akan dapat dicapai apabila alat sudah dapat memproduksi bahan eceng gondok seberat = 962,1 (kg), atau, alat sudah dapat menghasilkan uang sebesar = Rp. 5.291.288,30

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan : (1) Alat pengering mekanis yang dibuat mempunyai dimensi panjang x lebar x tinggi, 120 x 120 x 208 (cm³), mempunyai kapasitas 80 (kg)/10 jam, dengan bahan bakar arang kayu, dan waktu pengeringan 10 (jam). Rerata capaian suhu pengeringan tertinggi dicapai pada pengeringan cerobong dengan kapasitas 80 (kg) sebesar 63,80 °C, dengan sebaran suhu antara 61,40 °C – 63,80 °C, (2) Kinerja : Kebutuhan kalor terbesar, dicapai pada pengeringan cerobong kapasitas 80 (kg) sebesar 14.087,1 (kJ), dengan efisiensi pengeringan 36,753 %, kadar air mencapai 12,195 %, dan kebutuhan udara pengering 16,26397 (kg/jam), (3) Kualitas hasil: Kekuatan tarik hasil proses pengeringan dengan alat pengering lebih besar dibanding kekuatan tarik hasil penjemuran, dan rerata kekuatan tarik terbesar dicapai pada pengeringan cerobong kapasitas 50 (kg) sebesar 23,537 (N/mm²), sedang kekuatan tarik hasil penjemuran, hanya sebesar 15,681 (N/mm²). Eceng gondok yang mempunyai warna paling mendekati warna alami (kehijauan) terdapat pada hasil proses pengeringan cerobong kapasitas 50 (kg), dengan L 36,39; sedang warna hasil penjemuran L 51,89. Untuk kelayakan finansial, *Incremental Benefit Cost Ratio* (*Incremental BCR*) adalah 1,015, *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp. 2.569.148,31, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 39 %, jadi alat pengering mekanik untuk pengeringan eceng gondok layak dijalankan, dan *Break Event Point* BEP dicapai setelah alat memproduksi eceng gondok kering 962,1 (kg), atau alat telah menghasilkan uang Rp. 5.291.288,30.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2007). GEMA Industri Kecil, Media Informasi dan Promosi Industri Kecil Menengah, ISSN : 0126-1088 Edisi XVII - Maret 2007. http://www.depperin.go.id/ind/publikasi/MajalahGEMA/2007/2007_03.pdf. [3 Januari 2010].
- Anonim, (2008). Asosiasi Pengusaha Indonesia (APINDO), Rekapitulasi UMP dan UMK 2008 dan 2009, APINDO. Jakarta Selatan. <http://www.apindo.or.id/assets/upload/File/UMP%-202009%20Up%20Date%2014%20januari%202009.pdf>. [27 Desember 2009].
- Chakraverty, A. (1981). *Post Harverst Technology of Cereal and Pulses*, Oxford I.B.H. Publishing CO., Calcuta, India.
- Gerbono, A. (2005). *Kerajinan Eceng Gondok*, Kanisius, Yogyakarta.
- Gunawan, P. dan Sahwalita (2007), Pengolahan Eceng Gondok Sebaai Bahan Baku Kertas Seni, Prosiding Ekspose Hasil-hasil Penelitian 2007. Padang. <http://www.dephut.go.id/files/Gunawan.pdf>. [27 Desember 2010].
- Harahap, F. (1996). *Termodinamika Teknik*, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hilman, A. (2005), Rancang Bangun Model Mesin Pengering, <http://www.oneindo-skripsi.com/node/293>. [24 Maret 2009]
- Holman, J.P. (1991). *Heat Transfer (Perpindahan Kalor)*, Edisi keenam, Alih Bahasa oleh Jasjfi, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kastaman, R. (2003). *Analisis Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah Akar Wangi (Lefiveria Zizanoides) sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang Briket*, Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI, Subang.
- Ojeifo, M., Ekokotu, P.A., Olele, N.F. dan Olele, J.K., Ekel-emu, J.K. (2001), A Review of The Utilisation of Water Hyacinth : Alternative and Sustainable Control Measures For A Noxious Weed, Department of Agronomy, Forestry and Wildlife, Delta State University, Asaba Campus, Asaba. http://aquacomm.fcla.edu/966/1/WH_071-078.pdf. [27 Desember 2009].
- Martono, dan Harjito, D.A. (2005). *Manajemen Keuangan*, Penerbit Ekonisa, Fakultas Ekonomi UII, Yogyakarta.
- Sitanggang, L. U. (2006). *Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) Management in Lake Toba*, 2006. Thailand. http://www.laketoba.org/tulisan/Water_Hyacinth_Management_in_Lake_Toba.pdf. [27 Desember 2009].
- Wanasuria, S. (2009). *Market Eceng Gondok / Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes)*, Agribusiness Online - Indonesian Agribusiness on the Net, 2009. http://suharjawanasuria.tripod.com/market_eceng_gondok.htm. [27 Desember 2009].