

RANCANG BANGUN OVEN DRYING VACCUM DAN APLIKASINYA SEBAGAI ALAT PENGERING PADA SUHU RENDAH

Aji Prasetyaningrum *)

Abstrak

Serat eceng gondok merupakan salah satu material natural fibre alternatif yang secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan. Serat eceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena mudah didapat, murah, dan dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) serta tidak membahayakan kesehatan. Kualitas serat yang dihasilkan dari eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan airnya, karena sebagian besar hidup eceng gondok berada di wilayah perairan. Penggunaan serat eceng gondok sebagai bahan baku industri tekstil dapat dilakukan apabila tekstur serat memenuhi spesifikasi (tidak mengkerut). Diperlukan proses pengeringan yang sesuai untuk mengeringkan bahan – bahan alami, sehingga tidak merubah warna maupun tekstur serat eceng gondok yaitu dengan pengering pada suhu rendah / model vakum. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimal proses pengeringan serat eceng gondok dengan alat pengering vakum (*vacuum drying oven*) dan uji karakteristik serat eceng gondok sebelum dan sesudah proses pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat eceng gondok sesuai untuk dikeringkan pada suhu rendah, yaitu pada suhu 70°C. Pada suhu ini warna serat masih bagus (putih kekuningan) dan tidak terjadi *browning*. Derajat putih (*brightness*) adalah 56%, dan kandungan air minimal yang dicapai adalah 7,2% dalam waktu 180 menit. Diharapkan hasil – hasil penelitian dapat memberi masukan pada pengolahan serat eceng gondok menjadi bahan baku tekstil, sehingga meningkatkan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat Kota Semarang khususnya dan Provinsi Jawa Tengah pada umumnya.

Kata kunci : serat eceng gondok, pengeringan, tekstil

Pendahuluan

Penggunaan dan pemanfaatan material serat alami dewasa ini semakin berkembang seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas. Serat alami mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan serat sintetik seperti *biodegradable*, kuat, ringan, tahan korosi, dan ekonomis

Serat eceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif yang secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan. Serat eceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat eceng gondok sebagai material alami ini sangat dimaklumi mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma perairan yang dominan, seperti terjadi di Rawa Pening Kabupaten Semarang. Kerugian suatu perairan apabila ditumbuhi eceng gondok adalah :

- Sedimentasi lumpur pada akarnya
- Menurunkan debit air di habitatnya karena penguapan air pada daunnya
- Menurunkan kadar DO (*dissolved oxygen*) di lingkungan perairan

- Mengurangi populasi plankton
- Menghalangi cahaya matahari yang masuk ke air

Karena pertumbuhan sangat cepat, maka eceng gondok dalam waktu singkat dapat menutupi permukaan perairan. Populasinya yang terlalu padat akan menimbulkan gangguan lingkungan, sehingga perlu penanggulangan. Di sisi lain, eceng gondok merupakan sumber lignoselulosa terbarukan yang dapat dikonversi menjadi produk yang lebih berguna, seperti bahan baku industri tekstil.

Pertimbangan yang diambil untuk memanfaatkan serat eceng gondok sebagai bahan baku tekstil adalah :

- Sumber bahan baku terbarukan (*Sustainability resources*)
- Ongkos pengembangbiakan bahan baku yang murah dan mudah [Jurnal nasional Ekonomi Mikro 2007 : Pertumbuhan 1,9 % per hari]
- Tidak berkedudukan sebagai komoditas primer masyarakat, sehingga peningkatan kebutuhan akan eceng gondok tidak akan mengganggu stabilitas papan, sandang, dan pangan.
- Mengurangi efek negatif dari biota eceng gondok yang tidak terkendali
- Tidak beracun
- Harganya murah dibandingkan serat sintesis

Kualitas serat yang dihasilkan dari eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan airnya,

*) Staf Pengajar Fakultas Teknik Undip Semarang

karena sebagian besar hidup eceng gondok berada di wilayah perairan. Serat eceng gondok yang basah lebih rentan patah ketimbang serat eceng gondok kering. Proses pengeringan perlu dilakukan untuk mengurangi kadar air pada serat eceng gondok.

Perumusan Masalah

Penggunaan serat eceng gondok sebagai bahan baku industri tekstil dapat dilakukan apabila kadar air dalam serat maksimal 10%. Tekstur serat juga harus memenuhi spesifikasi tertentu, (tidak mengkerut) dan tidak berwarna kecoklatan. Untuk itu diperlukan optimalisasi kondisi operasi proses pengeringan serat eceng gondok pada suhu rendah.

Tujuan Penelitian

1. Rancang bangun alat pengering vakum (*vacuum drying oven*)
2. Optimalisasi kondisi proses pengeringan serat eceng gondok dengan alat pengering vakum (*vacuum drying oven*)
3. Uji karakteristik serat eceng gondok sebelum dan sesudah proses pengeringan.

Kegunaan Penelitian

- Menghasilkan rancang bangun alat pengering vakum (*vacuum drying oven*).
- Memperoleh kondisi operasi optimal pada proses pengeringan serat eceng gondok dengan alat pengering vakum (*vacuum drying oven*).
- Memperoleh data uji karakteristik serat eceng gondok sebelum dan sesudah proses pengeringan.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi rancang bangun alat pengering vakum untuk pengeringan serat eceng gondok. Selain itu juga dilakukan uji karakteristik serat pada saat sebelum dan sesudah proses pengeringan.

Tinjauan Teori

Serat

Serat adalah sebuah zat yang panjang, tipis, dan mudah dibengkokkan. Panjang serat beberapa ratus kali lebarnya. Ditinjau dari segi zat kimia penyusunnya, serat tekstil tersusun atas molekul-molekul yang sangat besar yaitu berupa selulose, protein, thermoplastics atau mineral. Berdasarkan asal zat kimia seratnya, serat dikelompokkan menjadi serat alam dan serat buatan. Serat alam adalah serat yang molekulnya terbentuk secara alami. Serat alam dikelompokkan ke dalam serat yang berasal dari tumbuhan dan yang berasal dari hewan. Serat tumbuhan dapat diperoleh dari bagian biji,

batang, daun atau buahnya. Serat hewan dapat diperoleh dari bagian bulu atau rambut binatang. Serat buatan adalah serat yang molekulnya disusun secara sengaja oleh manusia. Serat buatan dikelompokkan ke dalam serat alam yang diolah kembali, serat setengah buatan (bahan dari serat alam dan bahan kimia buatan), serat buatan (murni dari bahan kimia buatan).

Klasifikasi Serat

Serat dikelompokkan berdasarkan kandungan kimianya dan asal seratnya.

1. Serat selulose meliputi :
 - a) alam (serat kapas, flax, henep, rami)
 - b) buatan (rayon viskosa, rayon kupramonium)
2. Serat protein meliputi:
 - a) alam (serat sutera, wool, rambut)
 - b) serat buatan (serat kasein)
3. Serat buatan non selulose, meliputi : serat acetat, nylon, polyester
4. Serat mineral meliputi:
 - a) serat alam (serat asbes)
 - b) serat buatan (serat logam)

Dalam studi tentang serat alam, contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat eceng gondok, serat nanas, serat sisal, serat ramie, akar wangi dan lainnya. Serat batang rami adalah serat tekstil tertua.

Karakteristik dan sifat serat juga sangat menentukan proses pengolahannya baik dari sisi pemilihan peralatan, prosedur pengerjaan maupun jenis zat-zat kimia yang digunakan. Selama proses pengolahan tekstil sifat-sifat dasar serat tidak akan hilang. Proses pengolahan tekstil hanya ditujukan untuk memperbaiki, meningkatkan, menambah dan mengoptimalkan sifat dasar serat tersebut sehingga menjadi bahan tekstil berkualitas sesuai tujuan pemakaiannya. [1]

Tidak semua jenis serat dapat diproses menjadi produk tekstil. Untuk dapat diolah menjadi produk tekstil maka serat harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut

1. Perbandingan panjang dan lebar yang besar
2. Kekuatan yang cukup
3. Fleksibilitas tinggi
4. Kemampuan Mulur dan elastis
5. Cukup keriting agar memiliki daya kohesi antar serat
6. Memiliki daya serap terhadap air
7. Tahan terhadap sinar dan panas
8. Tidak rusak dalam pencucian
9. Tersedia dalam jumlah besar

Teori Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma perairan yang dominan. Pertumbuhannya sangat cepat sehingga dalam waktu singkat dapat menutupi permukaan

perairan. Populasinya yang terlalu padat akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan, sehingga perlu penanggulangan. Disisi lain, eceng gondok merupakan sumber lignoselulosa terbarukan yang dapat dikonversi menjadi produk yang lebih berguna, seperti tekstil.

Di beberapa daerah di Indonesia, eceng gondok mempunyai nama lain seperti di daerah Palembang dikenal dengan nama Kelipuk, di Lampung dikenal dengan nama Ringgak, di Dayak dikenal dengan nama Ilung-ilung, di Manado dikenal dengan nama Tumpe. Akarnya menyentuh lumpur walaupun batang eceng gondok terlihat mengambang. Eceng gondok hidup dari tanah berlumpur, air yang kotor yang banyak mengandung limbah berbahaya dan menyerap sarinya. [2]

Populasi eceng gondok yang banyak dan pertumbuhan vegetasinya yang cepat, tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya. Bunga tanaman eceng gondok berwarna ungu dan putih.

Tata nama eceng gondok adalah sebagai berikut :

- Divisi : Embryophytasiphonogama
- Subdivisio : Angiospermae
- Kelas : Monocotyledone
- Bangsa : Bromiliales
- Familia : Pontenderiaceae
- Genus : Eichorniae
- Species : Eichornia Crassipes Solm.



Gambar 1
Eceng Gondok

Serat Eceng Gondok

Serat eceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan tekstil. Secara ilmiah pemanfaatannya belum banyak digunakan, oleh sebab itu uji tentang penggunaan serat eceng gondok perlu dikembangkan. Serat eceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) juga mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat eceng gondok sebagai bahan baku tekstil ini sangat dimaklumi mengingat dari segi

ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah.

Kualitas serat yang dihasilkan dari eceng gondok tersebut dipengaruhi oleh kandungan airnya (kadar air mencapai 90%), karena sebagian besar hidup eceng gondok berada di wilayah perairan. Serat eceng gondok yang basah lebih rentan patah ketimbang serat eceng gondok kering. Oleh karena itu, eceng gondok perlu ditreatment dengan proses pengeringan.

Penggunaan serat alami memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

1. Biodegradable (mudah teruraikan oleh mikro organisme).
2. Aman digunakan, dan tidak berbahaya bagi kesehatan.
3. Dapat diregenerasi (renewable)
4. Mudah didapat dan harganya relatif murah.
5. Testurnya lebih lentur dan mudah dibentuk

Beberapa jenis serat alami dapat digunakan sebagai natural fiber. Kekuatan serat alami dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1
Data Kekuatan Serat Alami

No	Name of the fiber	% Tensile Strain	Average Tensile Strength (Mpa)
1	Vakka	3,46	549
2	Bamboo	1,73	341
3	Palm	13,71	377
4	Coconut	20,00	500
5	Banana	3,36	600
6	Sisal	3,45	567

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa kekuatan regangan (% tensile strain) yang paling besar adalah serat kelapa (*coconut*), sedangkan kekuatan tegangan (tensile strength) yang paling besar adalah serat pisang (*banana*).

Volume serat dipengaruhi oleh besarnya berat jenis. Semakin rendah berat jenis maka jumlah volume untuk setiap satuan berat menjadi lebih besar. Data berat jenis untuk serat alami dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2
Data Berat Jenis Serat Alami

No	Jenis serat	Berat jenis
1	Serat eceng gondok	0,25gr/cm ³
2	Serat tebu	0,36 gr/cm ³
3	Serat pohon kelapa	1,36 gr/cm ³

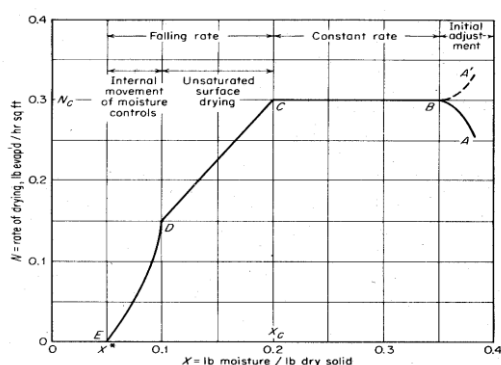
Sistem Pengeringan

Pengeringan adalah suatu proses penguapan air dari bahan basah dengan media pengering (bisa udara atau gas) melalui introduksi panas [7]. Karena kontak dengan

udara yang panas/hangat maka air dalam bahan akan menguap dan bahan akan menjadi lebih kering tergantung dari kecepatan udara (dalam hal ini angin), tingkat kelembaban relatif dan suhu udara setempat.

Mekanisme Proses Pengeringan

Secara umum proses pengeringan terdiri dari dua langkah proses yaitu penyiapan media pengering (udara) dan proses pengeringan bahan. Penyiapan media dilakukan dengan memanaskan udara, yang dapat dilakukan dengan pemanas alam (matahari, panas bumi) atau buatan (listrik, pembakaran kayu, arang, batubara, gas alam dan bahan bakar minyak).



- AB = A'B : periode penyesuaian suhu
- BC : Periode pengeringan kecepatan konstan
- CD : Periode pengeringan kecepatan

Gambar 2
Hubungan Kecepatan Pengeringan terhadap Kadar Air

Berdasarkan pada grafik di atas, maka waktu pengeringan untuk bahan dapat ditentukan. Waktu pengeringan ini diperlukan dalam membuat dimensi alat pengering, kecepatan udara yang harus dicatu, serta kapasitas bahan yang dapat dikeringkan.

Dari aspek mikroskopis, ada 2 fenomena penting dalam proses pengeringan yaitu: perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan, dan perpindahan massa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering. Dengan kata lain, operasi pengeringan merupakan operasi yang melibatkan perpindahan massa dan panas secara simultan. Pada proses ini terjadi dalam 3 tahapan, yaitu: pemanasan pendahuluan atau penyesuaian temperatur bahan yang dikeringkan, pengeringan dengan kecepatan konstan (*Constant Rate Periode*), dan pengeringan dengan kecepatan menurun (*Falling Rate Periode*, lihat gambar 2.1 [8]).

Perkembangan Sistim Pengeringan pada Industri

Saat ini beberapa jenis pengering telah digunakan secara meluas dalam masyarakat, industri dan juga UKM, mulai dari yang tradisional sampai yang modern seperti pengeringan dengan matahari, sistim oven atau fluidisasi untuk bahan biji-bijian, mikrowave dan infra merah, pengering vakum, dan pengering dalam suhu rendah (*Freeze dryer*) [9].

Pengering dengan matahari sangat sederhana dan tidak memerlukan bahan bakar fosil untuk membangkitkan panas, tapi sistim ini perlu tempat yang luas, waktu pemanasan yang lama (2-7 hari tergantung dari produk yang dikeringkan), ongkos buruh tinggi, kualitas produk hasil pengeringan tidak seragam, dan sangat tergantung pada cuaca. Terlebih lagi, produk menjadi tidak higienis karena ditempatkan pada ruang terbuka, sehingga kadang-kadang produk pengeringan dengan sinar matahari tidak dapat laku di pasaran.

Pengering dengan pemanasan konveksi (oven, fluidisasi) dimana udara panas dihasilkan melalui proses pemanasan baik dengan *steam*, listrik, atau gas hasil pembakaran, lebih handal dari pengering matahari. Pada sistim ini waktu operasi lebih singkat, kontaminasi produk rendah, kadar air dalam produk dapat dikontrol, tidak ada ketergantungan terhadap musim, serta biaya buruh dapat ditekan].

Pengering vakum dan pengering berhawa dingin dapat bekerja pada temperatur rendah dengan tekanan rendah.[9]. Prinsip dari alat pengering ini adalah menguapkan air pada suhu rendah dengan mengkondisikan alat pada tekanan rendah (vakum). Pengering ini sangat berguna untuk memproduksi produk dengan kualitas tinggi, serta meminimalkan terbuangnya aroma, bahan aktif dan volatil (mudah menguap), serta menekan rusaknya nutrisi (denaturasi protein, browning (pencoklatan bahan), dan reaksi enzim) [9].

Terjadinya efisiensi yang rendah pada alat-alat pengering yang sekarang diterapkan di industri adalah karena tidak efisiennya transfer massa dan panas antara bahan basah dengan udara pengering sebagai media. Definisi yang umum dari energi efisiensi proses pengeringan adalah total energi yang digunakan untuk menguapkan air dibagi dengan total energi yang diperlukan dalam proses (lihat persamaan (1))[8].

$$\eta = \frac{Q_{\text{evap}}}{Q_{\text{intr, total}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Tabel 3
Energi Efisiensi dari Alat-Alat Pengereng di Industri *

No.	Jenis pengereng	Energy efisiensi (7 %)	Konsumsi uap pemanas (kg uap/kg air diuapkan dari bahan)
1	Kabinet/tray	20-30	3.0-5.0
2	Vakum]	35-40	2.5-3.0
3	Freeze	10-20	5.0-10.0
4	Spray [12]	30-60	1.6-3.0
6	Screw conveyor	25-60	1.6-4.0
7	Fluidisasi	30-60	1.5-3.0

Ket* : Data dikompilasi dari berbagai sumber

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa energi efisiensi merupakan tantangan dalam membuat suatu inovasi alat pengerengan untuk berbagai sektor industri, UKM, atau rumah tangga.

Beberapa inovasi yang telah dibuat dalam teknologi pengerengan cukup banyak. Perlu suatu terobosan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi proses pengerengan untuk bahan alami yang tidak tahan pada suhu tinggi. Hasil yang positif diperoleh pada pengerengan bahan alami yang tidak tahan pada suhu yang tinggi, yaitu dengan pengerengan model vakum (*vacuum drying*) [12]. Sementara pengereng-pengereng lain masih belum dapat diandalkan untuk pengerengan bahan yang tidak tahan pada suhu yang tinggi. Pengurangan kadar air udara (dehumidifikasi) menjadi opsi untuk meningkatkan energi pada proses pengerengan terutama untuk proses pengerengan pada suhu rendah (<60°C). Dengan penurunan kadar air dari udara maka *driving force* pada proses pengerengan menjadi lebih tinggi yang akan mempercepat laju pengerengan. Metode ini sangat cocok untuk pengerengan produk-produk yang tidak tahan panas seperti serat alami, karaginan, dekstrin, tanaman obat, protein, vaksin dan obat-obatan.

Sistim Pengerengan dengan Kondisi Vakum (*Vacuum Drying*)

Penggunaan kondisi udara vakum (dibawah tekanan 1 atm) bertujuan untuk menurunkan titik didih dari uap air, sehingga proses pengerengan dapat dilakukan pada suhu rendah. Proses pengerengan dengan kondisi vakum ini sangat cocok untuk pengerengan bahan yang tidak tahan pada temperatur yang tinggi.

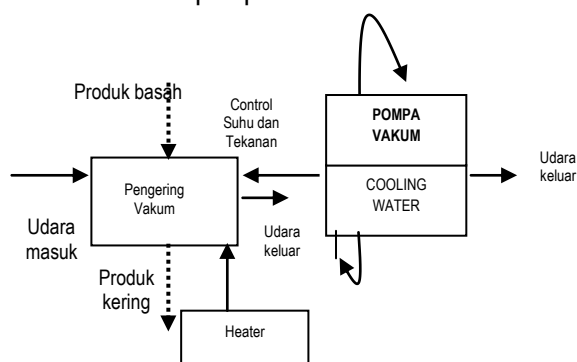
Pada proses pengerengan vakum, temperature operasi cukup rendah yaitu berkisar 40^o-70^oC. Proses pengerengan pada kondisi vakum dan suhu rendah memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

1. Tidak merusak tekstur dan kenampakan bahan

2. Menimimalkan terbuangnya aroma dan bahan aktif yang volatile(mudah menguap)
3. Menekan rusaknya nutrisi (denaturasi protein).
4. Mengurangi terjadinya browning (pencoklatan bahan) akibat adanya oksidasi dengan udara.
5. Effisiensi energy karena penggunaan pengerengan pada suhu yang rendah

Mekanisme kerja alat vakum oven

Penurunan tekanan udara pada alat pengereng vakum menggunakan pompa vakum yang dihubungkan dengan pendingin air. Udara panas yang keluar dari system yang mengandung uap air dikeluarkan dari oven, dan didinginkan di dalam air pendingin (*cooling water*) supaya tidak merusak pompa vakum.



Gambar 3
Diagram Alir Pengereng Sistem Vakum.

Cara kerja

Udara dari luar masuk ke alat pengereng vakum. Udara ini disedot oleh pompa vakum agar tekanan udara di dalam alat pengereng di bawah satu atm 0,6 - 0.9 atm (dan kemudian digunakan untuk proses pengerengan). Sementara itu udara yang keluar dari pompa vakum dimasukkan ke dalam air pendingin (*cooling water*), yang berfungsi *vacuum jet ejector*. Demikian seterusnya, sehingga proses pengerengan dapat dilakukan pada tekanan dan suhu yang rendah. [14].

Penggunaan suhu dan tekanan rendah berpotensi untuk meningkatkan kualitas produk, dan energi efisiensi proses pengerengan . Sistem pengerengan ini sangat cocok dan efisien untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak tahan suhu tinggi.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rancang bangun alat pengereng vakum (*vacuum drying oven*) dan aplikasinya pada pengerengan serat alami (eceng gondok). Pada penelitian ini akan diuji kadar air minimal dari serat dengan model pengerengan vakum. Dari sini dapat diketahui berapa penghematan kebutuhan

energi proses pengeringan (meningkatkan energi efisiensi), dan dapat diuji kekuatan dan tekstur serat yang dihasilkan. Dihasilkan rancang bangun alat pengering vakum yang feasible berdasarkan kajian tekno-ekonomi.

Studi dilakukan dalam 5 tahapan yaitu :

1. Karakterisasi kimia dan struktur serat eceng gondok untuk mengetahui kualitas serat eceng gondok.
2. Pemodelan untuk mendapatkan data proses yang penting untuk perancangan alat pengering vakum pada skala UKM.
3. Rancang bangun Alat pengering model vakum.
4. Uji performansi alat pengering Vakum mendapatkan performansi real energi efisiensi pengering vakum.
5. Uji kualitas serat eceng gondok setelah pengeringan.

Variabel Operasional dan Pengukuran

Data yang diperlukan adalah kadar air yang dapat dicapai pada beberapa variabel waktu dan suhu.

Hasil dan Pembahasan

1. Karakterisasi Serat Eceng Gondok

Penelitian ini menggunakan bahan baku eceng gondok yang diambil dari Rawa Pening Kabupaten Semarang.

Spesifikasi Bahan Baku eceng gondok :

1. Panjang serat : 1,75 – 2,12 mm
2. Diameter serat : 11,15 – 11,65 µm
3. Kadar serat kasar : 20 %
4. Kadar air awal : 91%

Pada penelitian ini diuji karakteristik kimia dan fisika dari eceng gondok.

Uji karakteristik Kimia dilakukan di Laboratorium Penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4
Uji Karakteristik Kimia Eceng Gondok**

No.	Analisa	Komposisi (%)
1.	Protein kasar	13
2.	Serat kasar	20
3.	Lemak	1
4.	BETN (minimal)	26
5.	Abu (minimal)	24

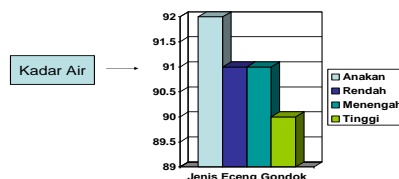
**Tabel 5.
Kandungan Mineral Eceng Gondok
dalam Bahan Kering**

No.	Komponen	Komposisi (%)
1.	K ₂ O	5%
2.	Cl	3-4%
3.	CaO	3-9%
4.	Mg	0,96%
5.	PO ₄	0,36%

**Tabel 6
Tabel Kandungan Air pada Batang Eceng Gondok**

Kelompok ketinggian	Kadar Air (%)
Anakan	92
Rendah	91
Menengah	91
Tinggi	90
Rata- rata	91

HASIL PENELITIAN



**Gambar 4
Kandungan Air pada Batang Eceng Gondok**

2. Pemodelan

Data proses yang penting untuk perancangan alat pada skala industri dan UKM adalah:

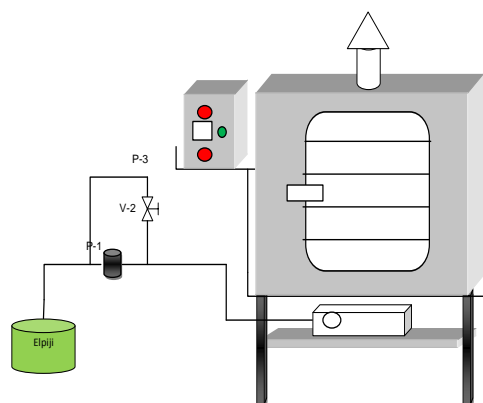
- a. Kecepatan laju alir udara
- b. Kelembaban udara
- c. Temperatur operasi pengeringan.

Dari data percobaan awal diperoleh kondisi operasi perancangan alat yang dapat diterapkan untuk industri dan UKM

3. Rancang Bangun Alat Pengering Model Vakum.

- Setelah didapatkan serat eceng gondok basah, kemudian dikeringkan dengan drying oven pada kondisi operasi pengeringan sesuai variable yang telah ditentukan.
- Alat pengering ini dirancang untuk beroperasi pada suhu yang rendah sehingga cocok diaplikasikan pada pengeringan bahan – bahan yang tidak tahan pada suhu yang tinggi.
- Untuk mendapatkan hasil yang baik, semua ruangan tray harus terisi dengan bahan yang akan dikeringkan. Hal ini dimaksudkan supaya tidak terjadi hot spot atau pemanasan pada satu tempat yang mengakibatkan pengeringan bahan yang tidak merata.
- Model Drying oven ini adalah alat pengering dengan 4 tray yang tersusun vertical Suhu operasi pengeringan dapat diatur melalui control panel (range :40 – 120 °C), dengan fluktuasi suhu maksimal 3 °C.

- Sistem sirkulasi bahan bakar dan udara di dalam oven harus diatur agar mendapatkan hasil pengeringan yang optimal.



Gambar 5
Skema Alat Pengering

Keterangan :

1. Ruang Pengering
2. Ruang Pemanas
3. Control Panel
4. Pemanas / LPG
5. Solenoid
6. Valve control

Kapasitas Alat : 100 kg / batch

Sistem Kerja Alat Pengering

1. Bahan yang akan dikeringkan diletakkan pada tray, dan diatur agar merata.
2. Masukkan tray yang sudah diisi oleh bahan kedalam ruang pengering,
3. Kemudian buka valve aliran bahan bakar yang akan menyalakan api pada kompor.
4. Atur / set-up suhu pada control panel dan system pengeringan akan segera berjalan sesuai suhu yang tertera pada control panel. Solenoid dan valve pada bagian bawah berfungsi sebagai control suhu.
5. Ketika start-up solenoid bekerja dengan mengalirkan gas yang berasal dari LPG, dan menyalakan api pada kompor yang sudah dibuka sebelumnya. Gas akan bersinggungan dengan pemantik api pada kompor, sehingga api terus menyala besar hingga tercapai suhu yang telah di set-up pada control panel.
6. Setelah tercapai suhu yang diinginkan, secara otomatis solenoid akan menutup valve yang mengalirkan gas dengan aliran yang besar.
7. Bersamaan dengan penutupan aliran gas yang besar, akan membuka valve aliran gas yang kecil yang berfungsi untuk menjaga pemanasan di dalam ruang pembakaran berjalan dengan kontinu.
8. Suhu pada ruang pengering berjalan dengan konstan sesuai dengan set up

yang tertera di dalam control panel, dengan fluktuasi suhu maksimal : 3 %.

9. Pengeringan dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.
10. Setelah mencapai waktu ditentukan bahan yang dikeringkan dianalisa kadar airnya.

Perancangan alat pengering suhu rendah memiliki kapasitas 100 kg / batch. Alat ini mampu beroperasi dengan range suhu antara 40 - 120 C. Alat pengering dilengkapi dengan tray yang berukuran 60 x 60 cm. Bahan yang dipergunakan adalah besi galvanis yang dilapis dengan bahan peredam panas.



Gambar 6
Hasil Rancang Bangun Alat Pengering

4. Uji Performansi Pengering Vakum

Performansi real energi efisiensi pengering vakum dapat diketahui dari pengaruh variasi suhu, kelembaban udara, dan kecepatan alir udara terhadap energi efisiensi pengeringan

Energi efisiensi proses pengeringan adalah total energi yang digunakan untuk menguapkan air dibagi dengan total energi yang diperlukan

$$\text{dalam proses } \eta = \frac{Q_{\text{evap}}}{Q_{\text{intr, total}}} \cdot 100\%$$

Tabel 7. Perhitungan efisiensi proses pengeringan vakum pada berbagai suhu

No.	Suhu Pengeringan	Efisiensi (%)
1	50	35
2	60	36
3	70	38
4	80	37
5	90	36
6	100	35

**Rancang Bangun Oven Drying Vacuum
Dan Aplikasinya Sebagai Alat Pengering
Pada Suhu Rendah**

(Aji Prasetyaningrum)

5. Uji Karakteristik Kadar Air Setelah Pengeringan

Variabel Tetap :

Jenis bahan yang dikeringkan : eceng gondok
Berat bahan mula – mula : 100 gram

Variabel berubah :

Suhu : 60,70,80,°C
Sampel 1 : Serat Eceng gondok yang dibasahi air
Sampel 2 : Serat eceng gondok tanpa basah air
Sampel 3 : Batang eceng gondok dibasahi air
Sampel 4 : Batang tanpa dibasahi air

A. Variabel 1 : T = 60 °C

Waktu ke t (menit)	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)	Sampel 4 (gram)
0	100	100	100	100
15	86,4	89,4	91,3	95,4
30	73,2	78,5	82,2	89,7
45	64,1	69,2	74,5	80,6
60	50,2	55,0	61,7	67,1
75	35,7	40,2	46,9	52,3
90	29,8	34,8	40,6	47,5
120	21,5	26,2	32,4	39,9
135	15,6	20,1	26,6	32,8
150	10,4	15,9	21,9	28,7
165	10,5	15,7	21,8	27,9
180	10,5	15,7	21,8	27,9

B. Variabel 2 : T = 70 °C

Waktu ke t (menit)	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)	Sampel 4 (gram)
0	100	100	100	100
15	81,4	85,4	88,1	95,4
30	74,2	78,5	82,2	82,7
45	60,1	69,2	74,5	79,6
60	45,2	55,0	61,7	62,1
75	32,7	40,2	46,9	52,3
90	29,8	34,8	40,6	47,5
120	21,5	26,2	32,4	39,9
135	15,6	20,1	26,6	32,8
150	8,4	15,9	21,9	28,7
165	7,8	8,5	11,7	17,9
180	6,5	7,2	11,7	17,9

C. Variabel 3 : T = 80 °C

Waktu ke t (menit)	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)	Sampel 4 (gram)
0	100	100	100	100
15	77,4	80,2	84,3	90,4
30	71,2	72,5	76,1	82,7
45	64,1	59,2	61,6	77,6
60	40,2	46,0	51,3	68,1
75	26,7	32,2	46,2	56,3
90	21,8	26,8	30,5	53,5
120	15,5	22,2	22,8	31,9
135	12,6	18,1	14,2	24,8
150	8,4	12,9	12,1	19,7
165	7,8	8,5	11,2	15,7
180	6,3	7,1	11,2	15,7

D. Kadar Air Setelah Pengeringan 180 enit

SUHU (°C)	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)	Sampel 4 (%)
60	10,5	15,7	21,8	27,9
70	6,5	7,2	11,7	17,9
80	6,3	7,1	11,2	15,7

E. Analisa Derajat Putih (Brightness)

SUHU (°C)	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)	Sampel 4 (%)
60	36%	50%	28%	44%
70	32%	56%	24%	40%
80	28%	34%	20%	36%

Pembahasan penelitian

1. Karakterisasi bahan baku eceng gondok

- Batang eceng gondok yang baik memiliki panjang antara 40 – 55 cm, dengan diameter batang antara 1,5 sampai 2,5 cm. Kandungan air dalam batang eceng gondok cukup tinggi (91%) karena eceng gondok termasuk jenis tanaman yang hidup di air. Kualitas bahan baku eceng gondok dipengaruhi oleh tempat tumbuhnya yang meliputi : suhu, kelembaban udara, dan kondisi perairan.
- Uji Karakteristik Kimia Eceng Gondok : Komponen utama dalam batang eceng gondok adalah serat (20%) dan protein kasar (13%)
- Uji Kandungan Mineral Eceng Gondok : Unsur K₂O (Kalium Oksida) dan PO₄ (phosphat) dalam batang eceng gondok kering cukup tinggi, sehingga memungkinkan bahan limbah diolah menjadi pupuk.

2. Analisa efisiensi pengeringan

Serat eceng gondok dengan alat pengering vakum menunjukkan hasil rentang antara 35-38%. Efisiensi tertinggi dicapai pada proses pengeringan dengan suhu 70 °C , yaitu mencapai efisiensi 38%

3. Hasil uji pengeringan

a. Pengeringan batang eceng gondok.

Pada pengeringan batang eceng gondok diambil sampel ketinggian eceng gondok yang dibagi menjadi anakan, rendah, menengah, dan tinggi. Data hasil percobaan menunjukkan bahwa kadar air pada eceng gondok anakan lebih tinggi daripada kelompok eceng gondok yang tinggi. Hal ini disebabkan batang eceng gondok anakan lebih banyak kontak dan tercelup di dalam air.

b. Uji Perbandingan Kadar Air pada Serat Eceng gondok

Serat eceng gondok dikeringkan dengan alat pengering vacuum. Suhu operasi yang digunakan pada proses pengeringan adalah 60,70, dan 80°C. Waktu yang digunakan untuk proses pengeringan adalah 15 – 180 menit. Bahan serat eceng gondok yang dikeringkan selanjutnya dianalisa kadar air dan kadar derajat keputihan (brightness). Indikator yang diinginkan adalah kadar air rendah / kurang dari 8% dan derajat keputihan tinggi (lebih dari 50%).

Data penelitian memperlihatkan bahwa hasil yang optimal pada pengeringan serat eceng gondok dengan alat pengering vacuum adalah pada kondisi operasi 70°C, dengan hasil kadar air mencapai 7,2% dalam waktu 180 menit. Derajat keputihan (brightness) yang dicapai pada kondisi tersebut adalah 56%.

Kesimpulan

1. Alat pengering suhu rendah sesuai untuk pengeringan serat eceng gondok, dengan hasil kondisi optimal pada suhu 70°C waktu 180 menit dan kadar air 7,2%.
2. Tekstur serat eceng gondok tetap baik dan tidak mengalami pengkerutan jika dikeringkan pada suhu rendah.
3. Derajat keputihan serat yang dicapai mencapai ukuran 56%

Saran

Pada tahapan selanjutnya serat eceng gondok dapat diaplikasikan sebagai bahan baku industri tekstil. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan bahan tekstil yang memiliki tekstur dan kekuatan yang baik

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Walikota Semarang dan Kepala Bappeda Kota Semarang yang telah memberikan dana kegiatan penelitian melalui Bidang Penelitian dan Pengembangan Bappeda Kota Semarang tahun 2009, kepada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, serta segenap pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Fitrihana, Noor. 2008. *Urgensi Pengetahuan Evaluasi Tekstil*, B4D3 Consultants, Educators, Industry and Management.
- Prasetyaningrum, Aji; A, Bagir, Gigih E. P. 2009. *Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai*

Bahan Baku Pembuatan Komposit. Seminar Tugas Akhir SI Teknik Kimia UNDIP, Teknik Kimia UNDIP.

- N. Djuangsih, I. Hastiawan, E. Adiredja, D. Widiawati, L. Ramli dan A. Saepudin. 1994. *Pengentasan Kemiskinan Melalui Pemanfaatan Limbah Eceng Gondok Dan Pohon Pisang Untuk Pengembangan Industri Kecil Di Daerah Saguling, Jawa Barat*. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam & Lingkungan, LP-UNPAD, P & PT Jurnal, Asosiasi Politeknik Indonesia
- Chatrine, J. R. Witono. 2005. *Pengaruh Pencampuran Serat Eceng Gondok dan Serat kertas Koran Bekas Terhadap Kualitas yang Dhasilkan*. Jurnal Industri kecil dan menengah, ISSN 1410-9891
- I Purboputro, Pramuko. Juli 2006. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Eceng Gondok dengan Matriks Poliester* MEDIA MESIN, Vol. 7, No. 2, 70-76 Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura
- Roseno, Seto. 2003. *Karakteristik dan Model Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Alam*, BPPT, Jakarta.
- Kudra, T.; Mujumdar, A.S. 2002. *Advanced Drying Technology*. New York : Marcel Dekker Inc.
- Perry, R.H.; Green D.W. 1988. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Intl. ed.; Singapore : McGraw-Hill Co.
- Ratti C. 2001. *Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review*. Journal of Food Engineering vol. 49, 311-319
- Hu, X.; Zhang Y.; Hu, C.; Tao, M.; Chen S. 1988. *A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze-drier versus silica gel*. Seed Science Research; vol.8, paper 7
- Treyball, R.E. 1983. *Unit Operation*. New York : Mc Graw Hill Book, Co.
- Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; Straten, G. van; Boxtel, A.J.B. van. 2007. *Multistage Zeolite Drying for Energy-Efficient Drying*. Drying Technology, vol. 25, issue 6; 1063-1077.