

# PROTOTYPE ALAT PENGERING BIOMASSA TIPE ROTARI (UJI KINERJA *ROTARY DRYER* BERDASARKAN EFISIENSI TERMAL PENGERINGAN SERBUK KAYU UNTUK PEMBUATAN BIOPELET)

Ahmad Zikri\*, Erlinawati, Irawan Rusnadi

\*Staf Pengajar Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

Email : ahmad.zikri@polsri.com

## Abstrak

Permintaan sumber daya energi setiap harinya semakin meningkat, terutama untuk bahan bakar fosil atau energi terbarukan seperti minyak, gas, dan batubara. Peningkatan ini tidak juga disertai dengan produksi bahan bakar fosil. Cara yang bisa yang bisa kita lakukan untuk mengatasi masalah ini salah satunya menggunakan energi terbarukan seperti biopelet dari serbuk kayu yang didukung oleh teknologi pengeringan dalam proses pengobatan. Proses pengeringan adalah langkah yang sangat penting untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan kualitas baik, pengeringan ditujukan untuk mengurangi kandungan air dalam bahan baku biomassa dan meningkatkan nilai kalor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah prototipe rotary dryer untuk biomassa, dan menghasilkan produk kering untuk biopellets. Diawali dengan disain struktural alat yang akan dibuat dan menganalisis sistem termal dengan variasi pengeringan (30 menit, 45 menit, dan 60 menit) pada suhu konstan 60 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan dengan waktu yang sangat lama, penurunan kadar debu kayu akan lebih besar. Namun, efisiensi termal Tampilkan proses pengeringan ini masih cukup rendah karena ada besar kehilangan panas.

**Kata kunci :** Biomassa, Biopellet, Rotary Dryer, Kehilangan Panas

## Abstract

*Demand for energy resources is increasing every day, especially for fossil fuels or non-renewable energy such as oil, gas, and coal. This increase is not also accompanied by the production of fossil fuels. The way that can we can do to overcome this problem is utilize renewable energy such as Biopellets of sawdust that is supported by drying technology in the treatment process. The drying process is a very important step to produce biomass fuel with good quality, drying is intended to reduce the water content containing in the biomass feedstock and to improve the calorific value. The purpose of this research is to create a prototype rotary dryer for biomass, and produce a dry product for biopellets. Beginning with the structural design tools that will be created and analyzed the thermal system by varying the drying (30 minutes, 45 minutes and 60 minutes) at a constant temperature of 60 °C. The results showed that drying with the longest time, the decrease of the moisture content in the wood dust will be even greater. However, the thermal efficiency of the drying process show is still quite low because there is a large of heat loss.*

**Keywords:** Biomass, Biopellets, Drying, Rotary Dryer, Heat loss

## 1. PENDAHULUAN

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan

dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara.

Untuk memanfaatkan sumber daya biomassa tersebut, biomassa harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai sumber energi. Pada proses pengolahan biomassa, pengeringan merupakan salah satu tahap yang sangat penting untuk

menghasilkan kualitas bahan bakar biomassa yang baik. Pengerian tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kandungan air yang terdapat di dalam biomassa dan meningkatkan nilai kalor dari biomassa tersebut.

Adapun proses pengerian dengan menggunakan sinar matahari (*full sun drying*) mempunyai banyak kekurangan, yaitu dalam proses pengeriannya membutuhkan waktu yang lama, memerlukan area yang cukup luas dan cuaca yang sering berubah-ubah. Proses pengerian sendiri bertujuan untuk mengurangi kadar air sampai batas tertentu.

Pengerian yang menghasilkan produk dengan mutu lebih baik dan efisien, maka dibutuhkan pengerian dengan kinerja yang baik, dan pengaturan serta pengendalian kondisi proses pengerian seperti suhu yang digunakan, kelembaban udara, serta waktu pengerian (Mujumdar, 2001).

*Rotary Dryer* secara umum merupakan alat pengerian yang berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. Pengerian pada *rotary dryer* dilakukan pemutaran berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengerian, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah secara bergantian, sehingga pengerian yang dilakukan oleh alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan serta mempercepat waktu pengerian. (Jumari, A dan Purwanto A., 2005).

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga menghasilkan proses pengerian yang lebih cepat dan efisien, namun tidak dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*, melainkan hanya dengan menggunakan elemen pemanas yang simpel dan dengan cara pengerian yang mudah. Dalam penelitian ini telah dihasilkan suatu teknologi baru berupa prototipe pengerian limbah biomassa berupa serbuk kayu sebagai bahan baku dan menggunakan elemen pemanas yang berfungsi untuk memanaskan udara proses dalam silinder pengerian secara cepat. Alat pengerian tipe rotari pada penelitian ini mampu mengurangi kadar air hingga 20-23 % sehingga serbuk kayu yang dihasilkan memenuhi standar SNI yaitu maksimal 8 % dengan proses pengerian kurang lebih 1 jam.

Mengelolah limbah kayu menjadi sumber energi biomassa yang merupakan energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, dengan menggunakan proses pengerian di dalam tabung silinder (*rotary dryer*). Pada proses ini diharapkan mampu meningkatkan optimasi penggunaan bahan bakar, mempercepat waktu pengerian, serta biaya proses pengerian lebih

ekonomis. Berdasarkan uraian tersebut, maka permasalahan yang akan ditinjau adalah bagaimana mengevaluasi kinerja *rotary dryer* terhadap efisiensi termal pengerian serbuk kayu yang dihasilkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat suatu unit prototipe pengerian biomassa (Serbuk kayu) dengan sistem rotari.
2. Mengetahui kinerja *rotary dryer* ditinjau dari efisiensi termal.
3. Menghasilkan serbuk kayu kering untuk pembuatan biopelet.

Adapun dalam mekanisme pengerian, udara yang terdapat dalam proses pengerian mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan yang digunakan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengerian akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengerian juga ikut naik atau dengan kata lain lebih capat (Desrosier, 1988).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengerian suatu bahan adalah :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengerian, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengerian.

Proses pengerian juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening* (Desrosier, 1988).

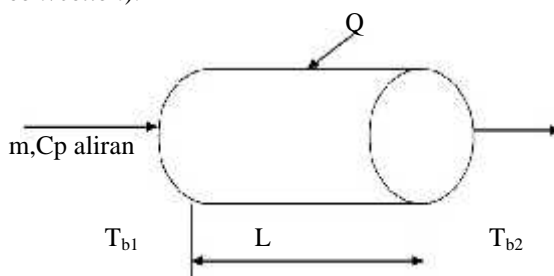
Salah satu jenis alat pengerian adalah tipe *Rotary dryer* atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengerian yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. *Rotary dryer* sudah sangat dikenal luas di kalangan industri karena proses pengeriannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar

minyak dan gas, maka teknologi *rotary dryer* mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti *burner*, batubara, gas sintesis dan sebagainya. Pengereng *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas.

Secara umum, alat *rotary dryer* terdiri dari sebuah silinder yang berputar dan digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban isi materi dan penanganannya ialah kontak langsung dengan gas panas di dalam ruang pengereng. Pada alat pengereng *rotary dryer* terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum. Pengereng yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengereng yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran (Mc.Cabe, 1985).

### Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan atau aliran atau pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dan lainnya. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*).



**Gambar 1.** Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman)

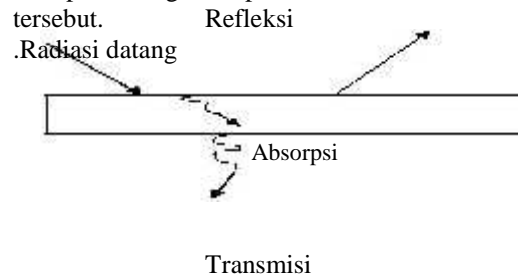
Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau

kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar merupakan contoh proses perpindahan panas.

### Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut.



**Gambar 2.** Perpindahan Panas Radiasi

Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperatur, yang dipindahkan melalui ruang antara, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan seperti gambar. Sedangkan besarnya energi :

$$Q_{\text{pancaran}} = k AT^4 \quad \dots(\text{J.P. Holman, 1988})$$

di mana :

- $Q_{\text{pancaran}}$  = laju perpindahan panas (W)
- $A$  = luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )
- $T$  = suhu absolut benda ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $k$  = konstanta Stefan Boltzman ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

Perhitungan neraca energi merupakan tahapan awal yang harus dilakukan dan dapat dihitung dengan tahapan-tahapan dibawah ini.

$$Q = m \int_{T_r}^T C_p(T) dT \quad \dots(\text{Mc. Cabe, 1985})$$

Nilai panas spesifik ( $c_p$ ) untuk masing-masing komponen penyusun gas, untuk panas spesifik ( $c_p$ ) aliran material kayu atau Serbuk kayu. Perhitungan panas yang masuk dan keluar sistem dilakukan pada temperatur referensi  $0^{\circ}\text{C}$ .

Panas yang masuk ke *rotary dryer* terbagi atas panas sensibel dan panas pengereng dari serbuk kayu. Energi panas lainnya terbuang ke

lingkungan melalui aliran material dan melalui perpindahan panas pada permukaan *dryer*. Adapun perpindahan panas pada permukaan berupa radiasi dan konveksi alami. Perpindahan panas radiasi pada permukaan *dryer* dihitung sebagai sebuah silinder menggunakan persamaan berikut.

$$Q_r = A_p (T_s^4 - T_o^4) \text{ (kJ/s) ... (JP.Holman, 1988)}$$

di mana :

$$= \text{Konstanta Stefan Boltzman} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

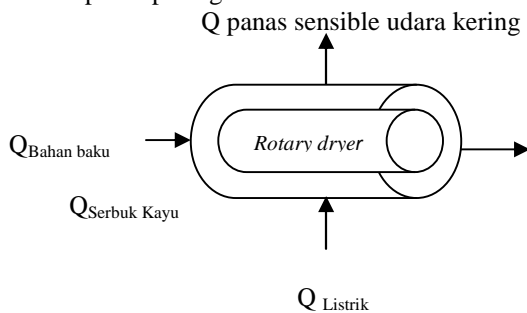
$$A_{pk} = \text{Luas Permukaan Silinder, (m}^2\text{);}$$

$$= \text{Emisivitas bahan : } = 0,09 \text{ (oxidized sureface)}$$

$$T_1 = \text{Temperatur Permukaan, (K)}$$

$$T_2 = \text{Temperatur Lingkungan, (K)}$$

Berikut adalah skema dan cara untuk menghitung efisiensi alat pengering dengan menghitung neraca panas pada gambar berikut ini :



**Gambar 3.** Skema Neraca Panas Pada Rotary Dryer

Menghitung panas dari bahan bakar (energi listrik) yaitu panas yang masuk untuk proses pengeringan di dalam ruang pengering atau *rotary dryer*.

$$W = Q$$

$$W = P \times t$$

$$W = \text{Energi Listrik (Joule)}$$

$$Q = \text{Kalor (Joule)}$$

$$P = \text{Daya listrik (Watt)}$$

$$t = \text{Waktu yang diperlukan (detik)}$$

Pada perhitungan perpindahan panas, terdapat panas yang keluar, perhitungan panas yang keluar pada proses pengeringan di *rotary dryer* tersebut adalah sebagai berikut.

Menghitung Panas Sensible :

$$Q = m \times C_p \times dt \text{ (kJ) ... (Mc.Cabe, 1985)}$$

Menghitung Panas Laten :

$$Q = m \times \dots \text{ (Mc.Cabe, 1985)}$$

Menghitung panas konveksi :

$$Q_c = h_{con} A_{pk} (T_s - T_{oo}) \dots \text{ (JP.Holman, 1988)}$$

di mana :

$Q$  = Laju perpindahan panas secara konveksi

$A_{pk}$  = Luas Permukaan *dryer*, yang terdiri atas tabung silinder ( $m^2$ )

$h_{con}$  = koefisien perpindahan panas konveksi

$T_s$  = temperatur permukaan, (K)

$T_{oo}$  = temperatur lingkungan, (K)

Untuk perpindahan panas radiasi pada permukaan *dryer* dihitung dengan memodelkan sebagai sebuah silinder menggunakan persamaan berikut.

$$Q_r = A_p (T_s^4 - T_o^4) \text{ (kJ/s) ... (JP.Holman, 1988)}$$

di mana :

$$= \text{Konstanta Stefan Boltzman} = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$A_{pk}$  = Luas Permukaan *dryer*, yang terdiri atas tabung silinder ( $m^2$ )

= emisivitas bahan ; = 0.09

$T_s$  = Temperatur Permukaan, (K)

$T_{oo}$  = Temperatur Lingkungan, (K)

Menghitung panas yang dimanfaatkan untuk proses pengeringan yaitu,

$$Q = \text{Total Input} - \text{Total Output}$$

Menghitung efisiensi termal dari *rotary dryer*

$$= \frac{P_{y \text{ di}}}{P_{u \text{ i}}} \times 100 \%$$

....  
(Mc.Cabe, 1985)

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan, antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Salah satu dari potensi sumber biomassa yang banyak terdapat di

Indonesia adalah limbah kayu. Penggunaan kayu sebagai bahan bakar memberikan keuntungan yang lebih, bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan. Densifikasi merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan yang bertujuan untuk mempermudah penggunaan dan pemanfaatannya, sehingga terjadi peningkatan efisiensi nilai bahan yang digunakan.

Salah satu proses pengolahan biomassa seperti limbah kayu ialah dengan cara pemeletan, yaitu proses untuk menekan bahan menjadi bentuk pelet. Bahan bakar padat ini sering disebut dengan pelet kayu atau biopelet, yang merupakan bahan bakar biomassa berbentuk pelet dan memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas serta kandungan energi. Pada proses pembuatan biopelet, biomassa diumpungkan ke dalam *pellet mill* yang memiliki *dies* dengan ukuran diameter 6-8 mm dan panjang 10-12 mm. Terdapat 6 tahapan proses pembuatan biopelet, yaitu: perlakuan pendahuluan bahan baku (*pre-treatment*), pengeringan (*drying*), pengecilan ukuran (*size reduction*), pencetakan biopelet (*pelletization*), pendinginan (*cooling*), dan *silage*. Residu hutan, sisa penggergajian, sisa tanaman pertanian, dan *energy crops* dapat didensifikasi menjadi pelet. Proses peletisasi dapat meningkatkan kerapatan spesifik biomassa lebih dari 1000 kg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 4.** Jenis-Jenis Pelet Kayu (Biopelet)

Disamping memperhatikan teknologi untuk proses pembuatan dari pelet kayu tersebut, adapun faktor lain yang harus diperhatikan yaitu kualitas bahan bakar biopelet atau acuan dari kualitas briket itu sendiri yang sesuai SNI. Berikut merupakan mutu bahan bakar berbasis briket standar SNI No. 1/6235/2000.

**Tabel 1.** Standar Kualitas Briket sesuai SNI

Parameter	Satuan	Standar
Kadar Air	%	8
Kadar Abu	%	8
Kadar Karbon	%	77
KadarZat terbang	%	15
Nilai Kalor	Kal/gr	5000

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994)

Biopelet memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada bahan pembuatannya, kebanyakan pembuatan biopelet untuk bahan bakar menggunakan zat organik atau biomassa seperti bungkil jarak, sekam, dan serbuk kayu. Keunggulan utama pemakaian bahan bakar pelet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi dibawah kondisi yang tak terkendali akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan yaitu tahap rancang bangun dan pengujian (pengambilan data) dan dilakukan di tempat yang sama yaitu Laboratorium Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

### Bahan dan Alat

#### a. Bahan

1. Serbuk kayu
2. Tepung tapioka
3. Air
4. Vernis

#### b. Peralatan Rancangan Prototipe

##### Pengering

##### Biomassa Tipe Rotari dan

##### Alat Pencetak Biopelet

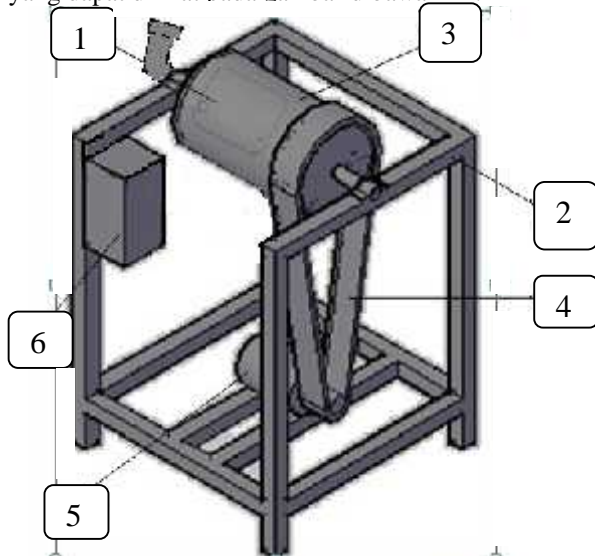
1. Tabung silinder : 1 buah
2. Pipa besi galvanis: 4 batang
3. *Glasswool* : 1 lembar
4. *Heater* (elemen pemanas) : 2 buah
5. Tiang besi penyangga : 10 batang
6. Motor penggerak : 1 unit
7. *Gearbox* : 1 unit
8. *Belt* (Rantai) : 1 buah
9. Saklar on/off (*Display box*): 1 buah
10. Batu tahan api : 1 kantong
11. Termokopel : 1 buah
12. Rangkaian tiang penyangga dan pencetak biopelet berupa gilingan daging ikan dengan lubang pencetak biopelet yang ukuran diameternya bervariasi.

#### c. Peralatan Penelitian di Laboratorium

1. *Sieving machine*
2. *Jaw crusher* dan blender (untuk penghalus serbuk kayu)
3. Cawan Porselen, termometer, kantong plastik, dan peralatan lainnya
4. Timbangan digital
5. *Thermogun*
6. Wadah penampung
7. Gelas kimia dan Spatula

### Pendekatan Desain Struktural

Secara umum rancangan alat pengering tipe rotari ini berupa tabung silinder sebagai ruang pengering biomassa, yang di dalamnya terdapat *heater* (coil) pemanas dan digerakkan dengan menggunakan motor penggerak untuk berputar. Tabung ini dirancang dengan ukuran panjang 60 cm dan diameter 15 cm. Tabung silinder ini terbuat dari plat besi yang dilengkapi dua rangkaian *heater* di dalamnya. Rancangan peralatan *rotary dryer* dibuat dalam bentuk gambar dengan aplikasi pembuat vektor grafis yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.** Komponen Desain Prototipe Pengering Tipe Rotari

Keterangan Gambar 5 :

1. Pintu keluar dan masuk umpan
2. Besi penyangga (*frame L*)
3. Tabung (ruang pengering)
4. Rantai (*Belt*)
5. Motor penggerak
6. *Display box* (Tombol on/off)

### Pendekatan Desain Fungsional

Uraian dari fungsi-fungsi dalam perancangan alat pengering biomassa (Serbuk Kayu) tipe rotari adalah sebagai berikut :

- a. Tabung silinder, berfungsi sebagai tempat pengeringan dan penampungan bahan baku biomassa yang akan digunakan.
- b. Motor jenis AC, berfungsi sebagai penggerak tabung agar dapat berputar selama proses pengeringan bahan baku biomassa.
- c. *Glasswool*, berfungsi sebagai isolator pada tabung silinder agar panas dari tabung silinder tidak merambat keluar tabung.
- d. Batu tahan api jenis keramik mika, berfungsi sebagai pelindung *heater* agar tidak

- e. Pipa galvanis, berfungsi sebagai tempat penampung *heater* dan batu tahan api.
- f. *Gearbox*, berfungsi sebagai pemindah tenaga penggerak motor listrik ke alat yang ingin digerakkan, *gearbox* juga berfungsi memperlambat dan mempercepat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran motor listrik serta memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan oleh motor listrik.
- g. *Heater*, berfungsi sebagai pemanas pada bahan baku biomassa yang akan dikeringkan.
- h. Termokopel, berfungsi sebagai alat pendeteksi suhu pada tabung silinder yang telah dipasang *heater*.
- i. Rantai, berfungsi sebagai penghubung antara *gearbox* dan tabung silinder. Rantai tersebut dihubungkan dengan *gearbox* dan tabung silinder, sehingga apabila *gearbox* berputar maka tabung silinder juga akan berputar.

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi rancang bangun alat dan pengambilan data. Pada tahapan penelitian rancang bangun alat, adapun bahan yang dibutuhkan untuk rancang bangun alat pengering biomassa tipe *rotary* ini yaitu ; plat besi dengan tebal 3 mm dan dibentuk silinder dengan ukuran diameter 6 inch atau 15 cm dan panjang 60 cm. lalu memasang pipa galvanis pada bagian dalam silinder untuk pelindung elemen pemanas (*coilheater*) membnetuk dua cabang, kemudian memasang *glasswool* dan plat alumunium sebagai isolator untuk melindungi tabung silinder. Setelah itu merangkai alat dengan tiang penyangga dan merangkai aliran listrik serta lainnya.

### Proses Pengujian Kadar Air Awal Bahan

Tahap penentuan kadar air awal dalam serbuk kayu adalah sebagai berikut.

1. Mula-mula cawan kosong dikeringkan dengan oven pada suhu 80 °C, selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang.
2. Sebanyak 5 - 15 gram sampel serbuk kayu dimasukkan dalam cawan yang telah ditimbang dan selanjutnya dikeringkan dalam oven bersuhu 100- 110 °C selama 1 jam.
3. Setelah selesai cawan yang telah berisi sampel tersebut dipindahkan ke dalam desikator, didinginkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat akhir sampel.
4. Mengulangi kembali pengeringan sampai diperoleh bobot konstan.

### Proses Pengeringan Bahan Baku Pada Alat Rotary Dryer

Adapun tahapan prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengoperasikan prototipe alat pengering biomassa tipe rotari yaitu sebagai berikut :

- a. Menyiapkan serbuk kayu sebagai bahan baku untuk pembuatan biopellet sebanyak 250 gram, stopwatch dan peralatan penunjang proses pengeringan lainnya.
- b. Menghubungkan kabel stopkontak, menekan (tombol on) pada bagian saklar dan mengecek arus listrik yang masuk pada *rotary dryer* dengan *testpen*
- c. Menyalakan motor penggerak untuk memutar tabung silinder dan jika posisi telah tepat, kemudian memasukkan serbuk kayu ke dalam tabung silinder melalui pintu masuk umpan.
- d. Menyalakan termokopel pada *display box* sebagai alat pendeteksi suhu pada tabung silinder yang telah dipasang *heater*
- e. Mengatur besarnya temperatur ( $60^{\circ}\text{C}$ ) dan melakukan pengeringan bahan (serbuk kayu) pada *rotary dryer*.
- f. Setelah 0,5 jam proses pengeringan, lalu melakukan pengambilan sampel pertama dan melakukan penimbangan serta mengamati penurunan kadar air, perubahan warna yang terjadi pada serbuk kayu setelah pengeringan.
- g. Mengulangi percobaan dengan waktu pengeringan selama 0,75 jam, kemudian percobaan dengan waktu 1 jam.
- h. Setelah proses pengeringan selesai, mematikan semua alat proses seperti *heater*, motor penggerak dan mencabut kabel pada stopkontak.
- i. Menghitung persentase (%) penurunan kadar air dalam serbuk kayu pada masing-masing waktu pengeringan yang telah dilakukan.
- j. Menghitung besarnya energi yang digunakan dalam menurunkan kadar air dari bahan dan efisiensi termal serta melakukan analisa.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, telah dibuat prototipe alat pengering biomassa tipe *rotary dryer*. Alat ini terdiri dari tabung silinder (ruang pengering) dengan panjang 60 cm, diameter 15 cm, dan tinggi tiang penyangga setinggi 100 cm, yang berputar perlahan serta dilengkapi dengan tiang penyangga, serta pintu umpan masuk dan keluar dibagian depan tabung.

Sistem pemanasan pada pengering ini dilakukan secara langsung, sumber panas berasal dari dua buah *heater* (pemanas) yang dirangkai

dengan termokopel pendeteksi suhu pada silinder. *Heater* pemanas dilindungi dengan selongsong pipa galvanis dan batu tahan api agar bahan baku biomassa tidak kontak langsung dengan *coil heater* atau elemen pemanas yang berada didalam ruang pengering (tabung silinder) dengan panjang masing-masing 55 cm.

Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini, berupa serbuk kayu (gergaji) yang diperoleh dari hasil pengolahan kayu oleh masyarakat (industri pembuatan perabot-perabot rumah seperti pintu dan jendela) di daerah Kab. Banyuasin km.15 Palembang. Adapun rata-rata umur serbuk kayu sebelum diambil, yaitu sekitar 2 bulan dan akan diangkat sebanyak 15 kg yang nantinya untuk diolah kembali menjadi bahan bakar biopellet.

Proses pengeringan biomassa yang dilakukan pada penelitian kali ini, bertujuan untuk menurunkan kadar air biomassa antara (15-20%) hingga kadar air mencapai 8 % berdasarkan berat basah atau sesuai SNI No. 1/6235/2000.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, pada pengujian kadar air serbuk kayu dengan berat 250 gram, ternyata didapatkan persentase kadar air setelah pengeringan, telah memenuhi SNI No. 1/6235/2000. Hasil yang didapat dari penelitian ini berdasarkan data yang diperoleh dari pengamatan, percobaan (praktikum), dan pengukuran langsung ke lapangan melalui pengukuran langsung dengan menggunakan *thermogun* yaitu alat ukur temperatur yang menggunakan laser sebagai sensornya.

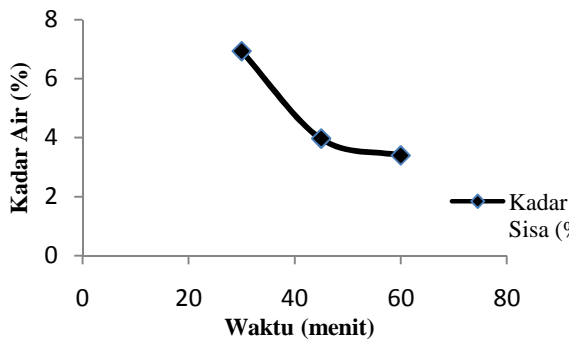
#### Data Hasil Penurunan Kadar Air

Data kadar air sisa setelah proses pengeringan, dapat dilihat pada tabel berikut ini. Penurunan kandungan air dari sampel serbuk kayu yang dikeringkan dengan variasi lama waktu pengeringan. Adapun pengujian alat *rotary dryer* dilakukan tiga kali setiap sekali percobaan untuk mengetahui rata-rata kadar air dan presentase (%) dari kadar air sisa dalam serbuk kayu setelah pengeringan tersebut, serta akan didapatkan panas  $\text{H}_2\text{O}$  yang menguap.

Penurunan kandungan kadar air yang terjadi pada serbuk kayu sangat dipengaruhi oleh waktu pengeringan yang dilakukan. Semakin lama waktu pengeringan yang diberikan maka semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi pada serbuk kayu. Waktu pengeringan yang lama akan mengakibatkan kontak antara serbuk kayu dengan udara panas semakin lama sehingga kadar air yang menguap akan semakin besar (Mc. Cabe, 1985).

Grafik dibawah ini menunjukkan bahwa hasil penurunan kadar air yang terdapat dalam bahan baku serbuk kayu tersebut telah mengalami

pengurangan yang signifikan, yaitu berkisar antara 6,93 % sampai 3,40 % dan hasil tersebut memenuhi standar SNI yaitu 8 %.



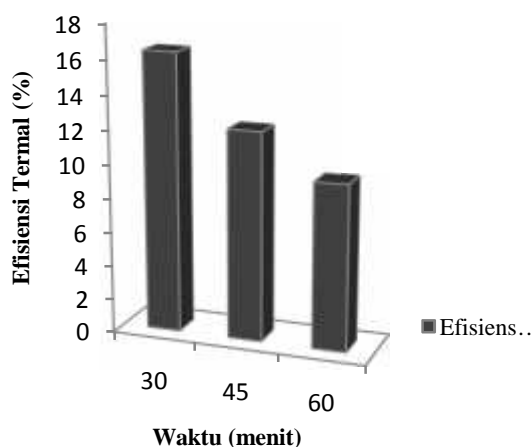
**Gambar 6.** Grafik hubungan antara lama waktu pengeringan terhadap kadar air sisa.

Dalam hal ini, diketahui bahwa semakin lama proses pengeringan terjadi, maka akan semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi saat pengeringan yang dilakukan pada *rotary dryer*.

#### Data Hasil Perhitungan Neraca Energi dan Efisiensi Termal

Selanjutnya untuk menentukan efisiensi termal proses pengeringan maka dilakukan perhitungan neraca energi dari proses pengeringan biomassa dengan bahan baku serbuk kayu tersebut.

Dari hasil perhitungan neraca energi sebelumnya, maka dapat diperoleh data berupa efisiensi termal pengering pada alat *rotary dryer* yang melalui proses pengeringan dengan lama waktu 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dan suhu 60 °C.



**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Efisiensi Termal.

Parameter kinerja *rotary dryer* seperti efisiensi termal pengeringan pada alat pengering biomassa tipe rotari ini, menunjukkan besarnya penggunaan panas efektif dalam pengeringan yang dapat digunakan untuk menguapkan air dari dalam bahan baku (serbuk kayu) dengan suhu pengeringan 60 °C. Pada percobaan yang telah dilakukan selama 3 hari, efisiensi termal pengeringan bervariasi antara 9,70 % sampai 16,41 %. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar panas yang terakumulasi dalam pengeringan digunakan untuk menguapkan air dari bahan, sedangkan sebagian lagi hilang.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan grafik pengaruh waktu pengeringan terhadap efisiensi termal pengeringan bahan (serbuk kayu).

Pada gambar 7 diatas, ditunjukkan bahwa Pengeringan itu sangat berpengaruh dan efisiensi termal yang paling tinggi berada pada waktu pengeringan selama 30 menit, yaitu sebesar 16,41 % karena apabila semakin lama proses pengeringan untuk mengeringkan bahan baku tersebut, maka energi panas yang terpakai akan semakin tinggi dan menyebabkan efisiensi tidak begitu besar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan energi panas yang disuplai untuk pengurangan kadar air pada serbuk kayu ini, ialah disuplai dari energi panas *heater* (pemanas) yang terangkai dibagian dalam silinder pengering rotari, yang memiliki daya sebesar 250 watt. Energi yang disuplai oleh *heater* dan motor listrik ini, berfungsi sebagai pemanas dan penggerak silinder pengering rotari. Namun, penggunaan pemanas ini sangat menguntungkan karena proses pengeringan dapat dilakukan dengan cepat dan mudah dalam penggunaannya.

*Rotary Dryer* merupakan suatu alat pengering yang berbentuk silinder dan bergerak secara berputar yang berfungsi untuk mengurangi kadar air dari bahan solid dengan cara mengontakkannya dengan udara kering. Bahan yang akan dikeringkan masuk melalui pintu umpan, dengan adanya putaran dari pengering maka produk akan keluar secara perlahan lahan pada pintu keluar umpan dengan memutar silinder yang telah diarahkan ke wadah penampungan produk dibagian bawah. Pada *rotary dryer*, massa *dryer feed* (serbuk kayu) masuk dan mengalami pengeringan sehingga dalam penelitian ini, untuk penurunan kadar air sisa serbuk kayu, didapatkan keuntungan yang sangat besar apabila jika semakin lama proses pengeringan pada *rotary dryer*, maka semakin besar penurunan kadar air yang terjadi. Ini terbukti pada 0,5 jam telah mengalami penurunan kadar air serbuk kayu dari 23,00% menjadi 6,93 % dan untuk waktu pengeringan 0,75 jam terjadi penurunan kadar air



dari 22,60 % menjadi 3,97 %. Sedangkan pada waktu 1 jam terjadi penurunan kadar air dari 23,20 % menjadi 3,40 %. Sedangkan dalam proses pengeringan pada *rotary dryer*, produk yang dihasilkan telah kering dengan waktu pengeringan selama 30 menit dan hasil itu telah memenuhi standar SNI yaitu tidak boleh melebihi atau 8 %. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan antara lain temperatur dan lama waktu pengeringan, kadar air bahan atau produk yang dikeringkan, varietas dari bahan atau produk, banyaknya bahan yang dimasukkan dalam alat pengering, suhu udara pengering pada awal dan akhir proses (keluar alat pengering).

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pembuatan Prototipe Alat pengering biomassa tipe rotari dan efisiensi termal pengeringan ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut,

1. Prototipe pengering biomassa dengan sistem *rotary dryer* ini menggunakan tabung silinder horizontal yang digerakkan dengan motor penggerak untuk berputar dan juga menggunakan elemen pemanas (*heater*) yang dirangkai bagian dalam ruang pengering, alat ini berfungsi sebagai pengering biomassa untuk pembuatan biopellet (digunakan serbuk kayu sebagai bahan baku).
2. Berdasarkan hasil perhitungan, semakin lama proses pengeringan maka semakin rendah efisiensi termal yang dihasilkan. Efisiensi termal yang didapat pada *rotary dryer* sebesar 16,41 %, 12,26 %, dan 9,70 % untuk masing-masing waktu pengeringan.
3. Setelah proses pengeringan dengan menggunakan *rotary dryer* ini, penurunan kadar air dari bahan baku semakin besar, hal ini dikarenakan banyaknya kadar air yang teruapkan pada serbuk kayu. Kadar air awal serbuk kayu sebesar 23 % turun secara signifikan setelah proses pengeringan terjadi dan hasil tersebut telah memenuhi standar mutu kualitas briket kayu (biopellet) berdasarkan SNI No. 1/6235/2000 yaitu sebesar 6,93 %, 3,97 %, dan 3,40 % dari masing-masing lama waktu pengeringan yang dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 1994.  
Mutu Bahan Bakar Berbasis Briket Standar SNI No. 1/6235/2000. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.

- Desrosier, N.W. 1963. *The Technology Of Food Preservation*, 3<sup>rd</sup> Edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- ESDM. 2011. Rencana Strategis Kementerian ESDM.  
Jakarta
- Holman, J.P. 1988. Heat Transfer. Mc GrawHill Kogusha. LTD, Tokyo
- Jumari, A dan Purwanto A., 2005. *Design Of Rotary Dryer For Improving The Quality Of Product Of Semi Organic Phosphate Fertilizer*, Jurusan Teknik Kimia F.T.UNS : Solo
- McCabe, L., Warren. 1985. *Operasi Teknik Kimia* (edisi ke-4). Terjemahan oleh : E. Jasifi. Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- Mujumdar, AS, Devastin, S. 2001. *Prinsip dasar Pengeringan*. Penerjemah : Armasyah et. al., editor. Bogor : IPB Press. Terjemahan dari : Mujumdar's practical guide to industrial drying.
- Trayball. 1981. Mass Transfer 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw Hill. Singapore.