

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengeringan (Drying)

Pengeringan adalah proses terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau udara mempunyai kelembaban yang relatif rendah sehingga dapat terjadi penguapan. Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir (Adawyah, 2007).

##### 2.1.1 Prinsip – Prinsip Pengeringan

Menurut Mc. Cabe (2002) banyaknya ragam bahan yang dapat dikeringkan di dalam peralatan komersial dan banyaknya macam peralatan yang digunakan, maka tidak ada satu teori pun mengenai pengeringan yang dapat meliputi semua jenis bahan dan peralatan yang ada. Variasi bentuk dan ukuran bahan, keseimbangan kelembapan (moisture) mekanisme aliran bahan pembasah itu, serta metode pemberian kalor yang diperlukan untuk penguapan.

Prinsip – prinsip yang perlu diperhatikan dalam pembuatan alat pengering antara lain :

1. Pola suhu di dalam pengering
2. Perpindahan kalor di dalam pengering

3. Perhitungan beban kalor
4. Satuan perpindahan kalor
5. Perpindahan massa di dalam pengering

### 2.1.2 Klasifikasi Pengeringan

Ditinjau dari pergerakan bahan padatnya, pengeringan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengeringan batch dan pengeringan kontinu. Pengeringan batch adalah jenis pengeringan dimana bahan yang dikeringkan dimasukkan ke dalam alat pengering dan didiamkan selama waktu yang ditentukan. Pengeringan kontinu (berkelanjutan) adalah pengeringan dimana bahan basah masuk dan bahan kering keluar dari alat pengering secara sinambung (terus-menerus). (Mufarida, 2016)

Berdasarkan kondisi fisik yang digunakan untuk memberikan panas pada sistem dan memindahkan uap air, proses pengeringan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: (Mufarida, 2016)

1. Pengeringan kontak langsung  
Menggunakan udara panas sebagai medium pengering pada tekanan atmosferik. Pada proses ini uap yang terbentuk terbawa oleh udara.
2. Pengeringan vakum  
Menggunakan logam sebagai medium pengontak panas atau menggunakan efek radiasi. Pada proses ini penguapan air berlangsung lebih cepat pada tekanan rendah.
3. Pengeringan beku  
Pengeringan yang melibatkan proses sublimasi air dari suatu material beku.

### 2.1.3 Periode Laju Pengeringan

Untuk dapat mengetahui laju pengeringan maka perlu mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan dari kadar air awal bahan tersebut sampai ke kadar air dalam kondisi tertentu, maka dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut : (Treybal, 1981)

1. *Drying Test*, yaitu dengan mengeringkan sampel bahan sampai memenuhi berat dan kandungan air yang diinginkan dengan memerhatikan suhu, kelembaban, dan waktu pada saat pengeringan berlangsung.
2. Kurva Laju Pengeringan, yaitu hasil dari proses pengeringan dapat berupa kurva.

Jika suatu bahan memiliki kadar air yang cukup banyak, bahan tersebut memiliki lapisan cairan yang tipis dibagian luar permukaan. Maka pada saat pengeringan berlangsung bagian dari lapisan permukaan bahan tersebut akan mengalami penguapan.

Menurut Treybal (1981) rumus laju pengeringan seperti pada persamaan 2.1 berikut:

$$N = \frac{-Ss \times dX}{A \times d\theta} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N = Laju Pengeringan (  $kg/m^2 \cdot jam$  )

Ss = massa bahan setelah dikeringkan (  $kg$  )

A = Luas Permukaan bahan ( $m^2$ )

X = kelembaban dari berat bahan setelah dikeringkan (%)

$\theta$  = waktu (*jam*)

#### 2.1.4 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara panas secara teoritis dibutuhkan dengan penggunaan panas yang sebenarnya dalam pengeringan.

Persamaan 2.2 dinyatakan efisiensi pengeringan sebagai berikut :

$$N_p = \frac{(m_k \times C_{pb} \times (T_1 - T_k)) + (m_w \times h_{fg})}{Q_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$N_p$  = Efisiensi Pengeringan (%)

$m_k$  = Massa kayu sebelum dikeringkan (Kg)

$C_{pb}$  = Kalor kayu sengon ( $3.050 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ ) (Soerianegara dan Lemma, 1993)

$T_1$  = Suhu ruangan pengeringan ( $^\circ\text{C}$ )

$T_k$  = suhu kayu ( $^\circ\text{C}$ )

$m_w$  = Massa air yang diuapkan (Kg)

$h_{fg}$  = Entalpi penguapan pada temperatur rata-rata ( $2,26 \text{ KJ/Kg}$ )

$Q_s$  = Kalor total (KJ)

### 2.1.5 Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/radiasi dari gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi berlangsung ketika elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas radiasi adalah hukum Stefan-Boltzman. Hukum Stefan-Boltzman dinyatakan dengan persamaan 2.3 berikut:

$$Q = \varepsilon \sigma AT^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

Q = Laju perpindahan panas radiasi (Watt)

$\varepsilon$  = Emisivitas

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

A = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

T = Temperature ( $^{\circ}\text{K}$ )

### 2.2 Oven

Oven adalah merupakan seperangkat mesin pengering sebagai pengganti sinar matahari dalam pengeringan suatu produk. Sistem kerja mesin oven pengering ini adalah mengeringkan produk pada suhu yang dikehendaki (suhu bisa diatur secara konstant). Sistem pengering mesin ini dengan menggunakan aliran udara

panas dengan kecepatan tinggi, dengan bantuan exhaust blower udara jenuh terhisap dan mengalir keluar. Sistem pengeringan dengan mesin pengering ini disebut pengeringan dengan pemanas buatan (*artificial drying*). (Subandi, 2015)

### **2.2.1 Pengeringan Dengan Sistem Dehumidifier (*Dehumidification Kiln*)**

Sama seperti halnya pengeringan dalam dapur pengering konvensional, sistem dehumidifier bekerja dengan cara memanaskan udara di sekitar kayu yang dikeringkan yang kemudian akan menyerap uap air yang keluar dari kayu sehingga udara menjadi lembap/jenuh. Perbedaannya terletak pada perlakuan terhadap udara lembap dan jenuh oleh uap air dari kayu tersebut. Apabila pada dapur pengering konvensional, udara lembap tersebut dibuang keluar dapur; maka pada sistem dehumidifier, udara lembap tersebut kemudian ditarik masuk ke dalam mesin untuk disaring melalui proses kondensasi udara. (Basri, 2020).

### **2.2.2 Infrared Heater**

Infrared (IR) heater atau pemanas infra merah pertama kali digunakan secara industri pada tahun 1930-an untuk aplikasi perawatan otomotif dan dengan cepat menjadi teknologi yang diterapkan secara luas dalam industri manufaktur. (Pan dkk, 2014)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yadav (2020) pemanasan inframerah bergantung pada spektrum karena energi yang dipancarkan dari pemancar terdiri dari panjang gelombang yang berbeda dan sebagian radiasi bergantung pada suhu sumber dan emisi lampu. Fenomena radiasi dapat menjadi lebih kompleks karena besarnya radiasi yang jatuh pada permukaan apapun yang tidak hanya bergantung pada spektrum saja, tetapi dapat pada arahnya juga. Elektromagnetik dapat

melemah karna adanya penyerapan dengan area luas tetapi diserap dengan jumlah sedikit.

### **2.2.2.1 Prinsip dari *Infrared Heater***

Semua benda dengan suhu di atas nol mutlak memancarkan radiasi termal, yang melewati ruang dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Rentang panjang gelombang untuk radiasi termal adalah 0,4-1000  $\mu\text{m}$ , yang meliputi cahaya tampak (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ) dan radiasi dari inframerah (0,7-1000  $\mu\text{m}$ ). Bergantung pada animo spektrum, radiasi infra merah dapat dibagi menjadi beberapa subdivisi yang berbeda. Komisi Internasional untuk Iluminasi (CIE) merekomendasikan pembagian radiasi infra merah menjadi tiga wilayah umum: radiasi infra merah dekat (NIR) berkisar antara 0,7 hingga 1,4  $\mu\text{m}$ , radiasi IR sedang (MIR) mulai dari 1,4 hingga 3  $\mu\text{m}$ , dan radiasi infra merah jauh (FIR) mulai dari 3 hingga 1000  $\mu\text{m}$ .

Energi inframerah tidak bergantung pada udara untuk transmisi tetapi akan diubah menjadi panas saat diserap oleh bahan yang dipanaskan. Karena udara dan gas pada umumnya menyerap sangat sedikit energi inframerah, proses pemanasan infra merah menghasilkan perpindahan panas yang efisien tanpa kontak antara sumber panas dan bahan yang dipanaskan. (Pan dkk, 2014)

### **2.3 Konsep dasar pengeringan Kayu**

Pengeringan kayu adalah suatu proses pengeluaran air dari dalam kayu hingga mencapai kadar air yang seimbang dengan lingkungan dimana kayu akan digunakan tanpa menurunkan kualitas kayu tersebut. Jika kayu yang belum melewati proses pengeringan, maka akan mudah mengalami penyusutan atau

mengembang mengikuti perubahan kadar air atau kelembapan yang berada di sekitarnya. Dimensi kayu akan stabil jika melalui pengeringan yang tepat dengan tingkat kekeringan yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Tingkat kekeringan setiap produk kayu penting diketahui untuk meminimalkan kerusakan yang diakibatkan oleh penyusutan atau pengembangan yang tidak terkendali.

(Basri, 2012)

Keuntungan utama mengeringkan kayu sebelum digunakan untuk berbagai jenis kebutuhan, antara lain : (Basri, 2012)

1. Membebaskan kayu dari serangan jamur.
2. Menstabilkan dimensi kayu, sehingga kayu tidak akan lagi mengalami perubahan bentuk, retak maupun pecah.
3. Kayu menjadi lebih ringan.
4. Menjadikan warna kayu lebih cerah/terang.
5. Rendemen produk berkualitas baik meningkat.
6. Memudahkan untuk pengerjaan lanjutan.

Pada proses pengeringan berlangsung, bagian permukaan kayu lebih dahulu mengeluarkan uap air karena perbedaan tekanan uap dari kayu dengan lingkungan sekitarnya. Sewaktu bagian permukaan kayu mengering, maka terjadi perbedaan nilai kadar air antara yang di permukaan dengan yang di bagian dalam kayu. Hal ini menyebabkan air atau uap air dari bagian dalam mengalir ke permukaan kayu.

#### **2.4 Kadar Air kayu**

Mengutip dalam buku pedoman teknis pengeringan kayu dalam dapur pengeringan konvensional (1994:2) menyatakan apabila kayu mempunyai kadar air

100%, ini berarti bahwa berat air yang terdapat pada kayu sama dengan berat kayu tersebut dalam keadaan kering. Demikian pula jika kayu dengan kadar air 10% menunjukkan bahwa, berat air dalam kayu adalah 1/10 berat kayu tersebut dalam keadaan kering.

Kadar air keseimbangan (KAK) adalah kadar air kayu yang mempunyai suhu dan kelembaban udara tertentu. Pada kondisi tersebut, dimana kayu tidak akan mengeluarkan atau menyerap air kembali ke/dari lingkungannya. Kadar air kayu kering yang dipersyaratkan tidak sama untuk setiap tujuan pemakaian. Dasar penentuan kekeringan kayu adalah dengan mempertimbangkan kadar air keseimbangan tempat tujuan produk kayu nantinya, agar dimensi kayu tetap stabil selama pemakaian.

#### **2.4.1 Penetapan Kadar Air Kayu**

Ada dua cara penetapan kadar air kayu yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Cara pengeringan dalam tanur (oven drying method)
2. Cara penetapan kadar air dengan alat pengukur kadar air (electrical moisture meter)

Cara pengeringan dengan oven adalah cara baku dalam penetapan kadar air dan memberikan hasil kadar air yang lebih teliti, dibandingkan dengan penggunaan alat pengukur kadar air.

1. Cara penetapan kadar air dengan melalui pengeringan dalam tanur

Langkah-langkah kegiatan dalam penetapan kadar air dengan metode ini adalah sebagai berikut :

- a. Pilih kayu yang akan diukur kadar airnya. Kayu yang dipilih tersebut hendaknya mewakili tumpukan kayu yang akan ditentukan kadar airnya.
- b. Potong kayu tersebut menjadi potongan kadar air, yaitu potongan yang berukuran tebal lebih kurang 2,5 cm yang akan diambil sekitar 30 cm dari ujung papan. Papan yang diambil hendaknya bebas dari mata kayu.
- c. Segera timbang berat awal potongan kayu untuk kadar air tersebut.
- d. Keringkan potongan kadar air tersebut dalam oven pada suhu 100°C - 105°C sampai beratnya konstan tergantung pada ukuran dan jenis kayu.
- e. Timbang Kembali potongan kadar air tersebut sampai beratnya konstan (berat kering tanur)
- f. Hitung kadar air tanur dengan menggunakan rumus persamaan 2.4 berikut.

$$KA (\%) = \frac{Bb - BKT}{Bb} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

K.A = Kadar air kayu (%)

Bb = Berat basah kayu (berat mula mula dalam gram)

BKT = Berat kering tanur kayu (berat konstan setelah di oven gram)

Kadar air bahan dapat ditentukan berdasarkan bobot basah dan bobot kering. Kedua cara ini memungkinkan untuk menghitung kadar air dalam proses pengeringan. Persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 digunakan untuk menghitung basis basah dan basis keringnya kayu setelah dikeringkan.

$$MCwb = \frac{Wa}{Wb} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Wa = ma$$

$$Wb = ma + mk$$

$$MCdb = \frac{100 \times MCwb}{100 - MCwb} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

MCwb= Kadar air basis basah (%)

MCdb = Kadar air basis kering (%)

Wa = Massa kayu sebelum dikeringkan (gr)

Wb = Total Massa Kayu sebelum dan sesudah dikeringkan (gr)

ma = Massa kayu sebelum dikeringkan (gr)

mb = Massa kayu sesudah dikeringkan (gr)

Kadar air kayu yang berasal dari potongan kayu tersebut menunjukkan nilai kadar air rata-rata contoh papan yang terpilih. Kadar air kayu sesungguhnya bervariasi pada tiap potong kayu walaupun dari jenis kayu yang sama.

2. Penetapan kadar air dengan menggunakan alat pengukur kadar air Cara penetapan kadar air dengan menggunakan alat pengukur kadar air, umumnya digunakan dalam industri perkayuan. Cara ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu penetapan kadar air dapat dilakukan dengan cepat sehingga dalam waktu yang relatif singkat nilai kadar air kayu dapat diketahui dan kayu yang diukur tidak perlu dipotong-potong seperti pada cara pengeringan dalam tanur. Kelemahan cara ini adalah kisaran (range)

kadar air yang diukur terbatas, yaitu 0% - 25% atau 7% - 30% tergantung pada tipe alat pengukurnya.

Ada dua tipe alat pengukur kadar air yang digunakan, yaitu tipe tahanan listrik (*resistance type*) dan tipe power loss. Dalam praktek industri perkayuan di Indonesia yang sering digunakan yaitu alat pengukur kadar air tipe tahanan listrik (*resistance type*). (Pedoman Teknis Pengeringan Kayu Dalam Dapur Pengeringan Konvensional, 1994)

## 2.5 Kayu

Kayu adalah bahan yang didapat dari tumbuh-tumbuhan (dalam) alam dan termasuk dalam kategori vegetasi hutan. Tumbuh-tumbuhan yang dimaksud disini adalah pohon-pohonan. Terdapat perbedaan pengertian antara pohon dan tanaman (*plant*). Secara umum dari hasil dari tumbuhan yang diharapkan bukan hanya berupa kayu saja tetapi daun, bunga, dan buahnya, sedangkan dari pohon (*hutan*) yang diharapkan adalah hanya hasil kayunya. (Danasasmita. 2012)

Menurut (Hasan,2005) Kayu adalah suatu bahan, yang merupakan bagian dari pohon setelah dipehitungkan bagian-bagian mana yang dapat dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan, baik berbentuk kayu pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar.

Kayu mempunyai kuat tarik dan kuat tekan yang relatif tinggi, mempunyai berat yang relatif rendah, mempunyai daya tahan tinggi terhadap pengaruh kimia dan listrik, dapat dengan mudah untuk dikerjakan, relatif murah, dapat mudah diganti dan bisa didapat dalam waktu singkat. (Felix, 1965).

### **2.5.1 Kayu Sengon**

Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) merupakan tanaman asli Indonesia, Papua Nugini, Kepulauan Solomon, dan Australia (Soerianegara. 1993). Di Indonesia pohon sengon ditemukan tersebar di seluruh pulau Jawa, Maluku, Sulawesi Selatan, Dan Irian Jaya.

Kayu sengon banyak digunakan sebagai bahan bangunan pembuatan rumah (papan, balok, tiang, kaso, dan sebagainya). Selain itu dapat juga digunakan untuk pembuatan peti, venir pulp (, korek api, dan kayu bakar. Dahulu di daerah Maluku kayu sengon sering digunakan sebagai perisai karena ringan, kuat, dan susah untuk ditembus oleh panah musuh. (Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia, 2008:63)

### **2.6 Pengertian Internasional Standart for Phytosanitary Measures (ISPM)**

International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM) adalah standar internasional untuk tindakan Phytosanitary yang disusun oleh International Plant Protection Convention (IPPC) sebagai bagian dari Food and Agriculture Organization (FAO-PBB) berupa program global mengenai kebijakan dan bantuan teknis untuk tanaman karantina (Aditia, 2010). Program ini tersedia untuk anggota FAO dan pihak lain yang berkepentingan. Standar, pedoman dan rekomendasi ini untuk mencapai harmonisasi internasional mengenai tindakan phytosanitary, dengan tujuan untuk memfasilitasi perdagangan dan menghindari penggunaan langkah-langkah yang tidak dapat dijustifikasi sebagai penghalang untuk berdagang.

### 2.6.1 Pengertian ISPM#15

Pengertian ISPM#15 yaitu standar yang berisi panduan untuk mengatur material kemasan kayu dalam perdagangan internasional. Standar pengaturan phytosanitary tersebut bertujuan untuk mengurangi resiko pemasukan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang berasosiasi dengan materi kayu sebagai pembungkus termasuk kayu penyangga (dunnage) yang terbuat dari bahan kayu (coniferous) atau bagian tumbuhan lainnya (raw wood).

