

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengeringan**

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan makanan yang sudah lama dikenal. Prinsip dari pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sehingga bakteri, jamur serta mikroorganisme lain tidak dapat berkembang biak serta mengurangi aktivitas enzim yang dapat merusak bahan (Mujumdar, 1995). Pengeringan dapat memperpanjang masa simpan suatu bahan, memudahkan pengangkutan, menimbulkan aroma yang khas pada bahan tertentu, memperbaiki mutu dan meningkatkan nilai ekonomi (Henderson dan Perry, 1976).

Proses pengeringan bisa terjadi karena adanya panas laten yang dapat menguapkan air. Dua proses penting yang terlibat dalam operasi pengeringan adalah proses pindah panas untuk menghasilkan panas laten penguapan dan pergerakan air atau uap air dari dalam bahan (Earle, 1966).

#### **2.2. Parameter Pengeringan**

Menurut Brooker, et al., (1974), beberapa parameter yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan, antara lain :

##### **1. Suhu Udara Pengering**

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Bila suhu pengeringan dinaikkan maka panas yang dibutuhkan untuk penguapan air bahan menjadi berkurang. Suhu udara pengering berpengaruh terhadap lama pengeringan dan kualitas bahan hasil pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering

maka proses pengeringan makin singkat. Biaya pengeringan dapat ditekan pada kapasitas yang besar jika digunakan pada suhu tinggi, selama suhu tersebut sampai tidak merusak bahan.

## 2. Kelembaban Relatif (*RH*) Udara Pengeriing

Kelembaban udara berpengaruh terhadap pemindahan cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembaban relatif juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengeriing dalam menampung uap air di permukaan bahan. Semakin rendah *RH* udara pengeriing, maka makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi, karena mampu menyerap dan menampung uap air lebih banyak dari pada udara dengan *RH* yang tinggi. Laju penguapan air dapat ditentukan berdasarkan perbedaan tekanan uap air pada udara yang mengalir dengan tekanan uap air pada permukaan bahan yang dikeringkan. Tekanan uap jenuh ini ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembaban relatif udara. Semakin tinggi suhu, kelembaban relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya.

## 3. Kecepatan Aliran Udara Pengeriing

Pada proses pengeringan, udara berfungsi sebagai pembawa panas untuk menguapkan kandungan air pada bahan serta mengeluarkan uap air tersebut. Air dikeluarkan dari bahan dalam bentuk uap dan harus secepatnya dipindahkan dari bahan. Bila tidak segera dipindahkan maka air akan menjenuhkan atmosfer pada permukaan bahan, sehingga akan memperlambat pengeluaran air selanjutnya. Aliran udara yang cepat akan membawa uap air dari permukaan bahan dan mencegah uap air tersebut menjadi jenuh di permukaan bahan. Semakin besar volume udara yang mengalir, maka

semakin besar pula kemampuannya dalam membawa dan menampung air di permukaan bahan.

#### 4. Kadar Air Bahan

Pada proses pengeringan sering dijumpai adanya variasi kadar air bahan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh tebalnya tumpukan bahan,  $RH$  udara pengering serta kadar air awal bahan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara: mengurangi ketebalan tumpukan bahan, menaikkan kecepatan aliran udara pengering dan pengadukan bahan.

### 2.3. Mekanisme Pengeringan

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 1976).

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan berada dalam keseimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitarnya. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan meliputi permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap air, terutama pada daerah permukaan, sejalan dengan kenaikan suhunya.

Pada saat proses ini terjadi, perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung atau terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun. Setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulang lagi. Akhirnya setelah air

bahan berkurang, tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitarnya.

Selama proses pengeringan terjadi penurunan suhu bola kering udara, disertai dengan kenaikan kelembaban mutlak, kelembaban nisbi, tekanan uap dan suhu pengembunan udara pengering.

#### **2.4. Peralatan Pengering**

Jenis-jenis alat pengering bermacam-macam, antara lain :

1. *Batch Tray Dryer (Batch Drying)*
2. *Spray Dryer*
3. *Rotary/Drum Dryer*
4. *Flash/Pneumatic Dryer*
5. *Fluidized Bed Dryer*
6. *Vacuum Dryer*

#### **2.5. Fluidized Bed Dryer**

*Fluidized bed dryer* adalah sistem pengeringan yang diperuntukan bagi bahan berbobot relatif ringan, misalnya serbuk dan granular. Prinsip kerjanya yaitu bahan yang akan dikeringkan dialiri udara panas yang terkontrol dengan volume dan tekanan tertentu. Udara panas yang digunakan dialirkan dari *blower* yang meniupkan pemanas, sehingga karena adanya aliran udara dari blower bahan yang telah kering karena bobotnya sudah lebih ringan akan bergerak keluar dari ruang pengeringan menuju siklon untuk ditampung dan dipisahkan dari udara, namun bagi bahan/material yang halus akan ditampung oleh *pulsejet bag filter*. *Fluidized bed dryer* cocok digunakan untuk serbuk, butiran, aglomerat dan pelet dengan ukuran partikel rata-rata normal antara 50 dan 5.000 mikron. Kelebihan

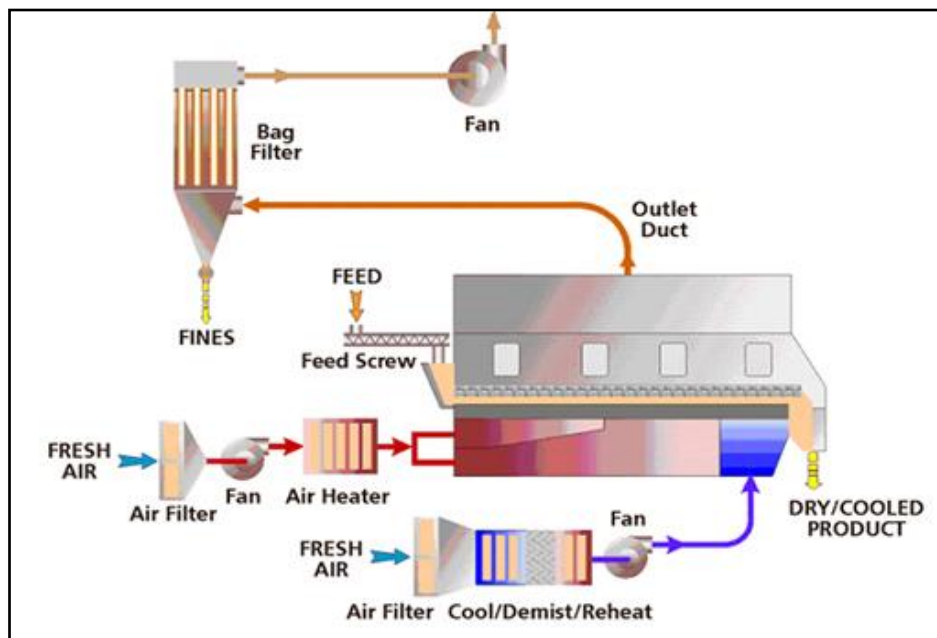
metode ini ialah perpindahan panas dan kontrol terhadap ukuran partikelnya lebih baik serta pencampuran yang lebih efisien.

Keunggulan *fluidized bed dryer* :

1. Cocok untuk skala besar
2. Mudah pengoperasian karena produk bergerak seperti fluida

Kelemahan *fluidized bed dryer* :

1. Membutuhkan energi listrik yang besar
2. Membutuhkan kecepatan udara yang tinggi
3. Partikel padatan tidak dapat terpisah sempurna
4. Tidak dapat mengolah bahan yang lengket



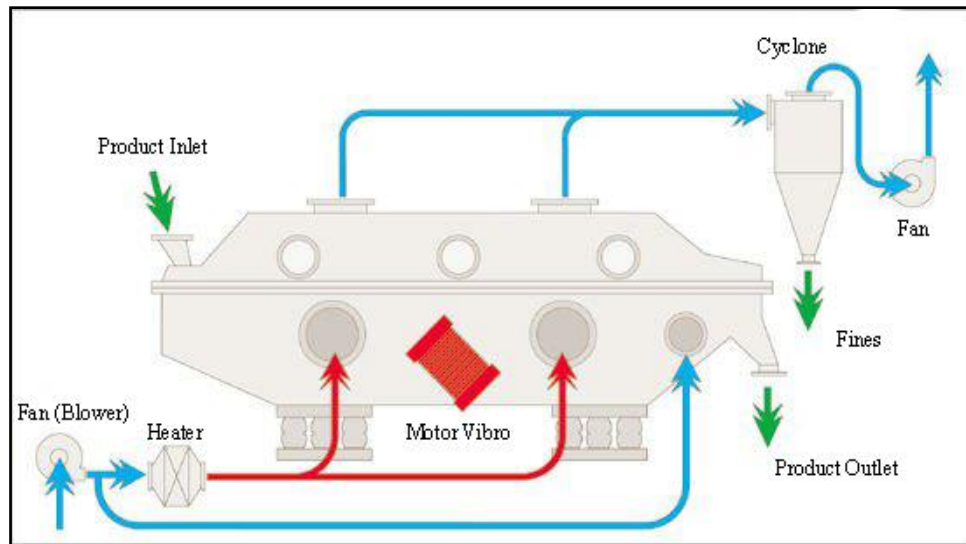
Gambar 2.1. *Fluidized bed dryer*

## 2.6. Continuous Vibrating Fluidized Bed Dryer

*Continuous Vibrating Fluidized Bed Dryer (CVFBD)* adalah sebuah pengering mekanis jenis *fluidized bed dryer* yang telah di inovasi dengan ditambahkan sistem vibrasi

(getaran) oleh motor *vibro*. Inovasi ini bertujuan untuk menyempurnakan salah satu kelemahan dari pengering *FBD* dimana membutuhkan kecepatan aliran udara yang sangat tinggi. Penambahan sistem vibrasi pada pengering *CVFBD* dapat menurunkan kecepatan udara yang diperlukan dalam proses pengeringan karena aliran bahan yang dikeringkan dibantu oleh adanya getaran yang ditimbulkan oleh motor *vibro*. Sehingga, pada pengering *CVFBD* tidak membutuhkan kipas peniup (*blower*) dengan kapasitas yang besar. Pengering *CVFBD* mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang dikeringkan akan teraduk sempurna oleh udara panas, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas dan menyebabkan pengeringan akan berjalan lebih cepat.
2. Kadar air hasil pengeringan mempunyai tingkat keseragaman yang tinggi (perlakuan seragam).
3. Tingkat otomatisasi tinggi.
4. *Moving part*.
5. Pemeliharaan dan sanitasi mudah.
6. Keseragaman suhu sepanjang hampan sehingga peristiwa *case hardening* pada bahan jarang terjadi
7. Gesekan antar partikel bahan relatif kecil karena setiap butir terbungkus oleh lapisan fluida.
8. Tidak memerlukan kecepatan aliran udara yang tinggi.



Gambar 2.2. *Continuous vibrating fluidized bed dryer*

## 2.7. Aliran Fluida

Definisi fluida (zat alir) adalah zat yang dapat mengalir dan memberikan sedikit hambatan terhadap bentuk ketika diberi tekanan, misalnya zat cair, gas atau udara. Fluida dapat digolongkan dalam dua macam, yaitu fluida statis (diam) dan fluida dinamis (bergerak). Fluida mempunyai kerapatan yang besarnya tertentu pada suhu dan tekanan tertentu, jika kerapatan fluida dipengaruhi oleh perubahan tekanan maka fluida itu dapat mampat atau kompresibel. Sebaliknya fluida yang kerapatannya hanya sedikit dipengaruhi oleh perubahan tekanan disebut tidak mampat atau inkompresibel. Contoh fluida kompresibel adalah udara (gas) sedangkan yang inkompresibel adalah air (zat cair).

Fluida merupakan suatu zat yang dalam keadaan setimbang tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Dapat pula didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan tinggi. Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser

yang dikenai tegangan tersebut adalah viskositas atau kekentalan/kerapatan zat fluida tersebut.

Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

1. Fluida gas

Merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu.

2. Fluida cair

Merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya.

## **2.8. Udara**

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi dan komponen campuran gas tersebut tidak selalu konstan (Fardiaz, 1992). Udara juga merupakan atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan manusia di dunia ini. Dalam udara terdapat oksigen untuk bernafas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon untuk menahan sinar ultraviolet.

Udara di bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbon dioksida dan gas-gas lain. Kandungan elemen senyawa gas dan partikel dalam udara akan berubah-ubah tergantung dari ketinggian permukaan tanah. Demikian juga



massanya, akan berkurang seiring dengan ketinggian. Semakin dekat dengan lapisan troposfer, maka udara semakin tipis, sehingga melewati batas gravitasi bumi, maka udara akan hampa sama sekali. Apabila makhluk hidup bernapas, kandungan oksigen berkurang, sementara kandungan karbon dioksida bertambah. Ketika tumbuhan menjalani sistem fotosintesa, oksigen kembali dibebaskan.

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai media pembawa panas pada saat pengeringan bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Muarif, 2013). Udara yang digunakan dalam proses pengeringan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut : berbentuk gas, memiliki massa atau berat, menempati ruang, mempunyai tekanan, akan memuai jika dipanaskan, akan menyusut jika didinginkan, berhembus dari tempat yang bertekanan tinggi menuju ke tempat yang bertekanan rendah, ada dimana saja, tidak dapat dilihat, namun dapat dirasakan dan bentuk, volume serta massa jenisnya selalu berubah- ubah.

## **2.9. Perpindahan Massa**

Perpindahan massa yang terjadi selama proses pengeringan adalah proses perpindahan panas yang mengakibatkan menguapnya air dari dalam bahan yang akan dikeringkan dan proses perpindahan massa dimana sejumlah uap air dari dalam bahan yang akan dikeringkan ke udara. Dalam pengujian unjuk kerja ini digunakan daun seledri

sebagai bahan yang akan dikeringkan. Besarnya daun seledri kering dengan kadar air tertentu dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Trayball, 1981) :

1. Kadar air (*dry basis*)

$$db = \frac{\Delta m}{mk} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Kadar basah (*wet basis*)

$$wb = \frac{\Delta m}{ma} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana,

$\Delta m$  = Kehilangan massa

$mk$  = massa kering

$ma$  = massa awal

## 2.10. Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan *Watt*, yang merupakan perkalian dari Tegangan (*volt*) dan Arus (*amphere*). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

---

<sup>1</sup>Treybal, R.E., Mass Transfer Operation, McGraw-Hill, 1981, Chapter : Drying

<sup>2</sup>Ibid

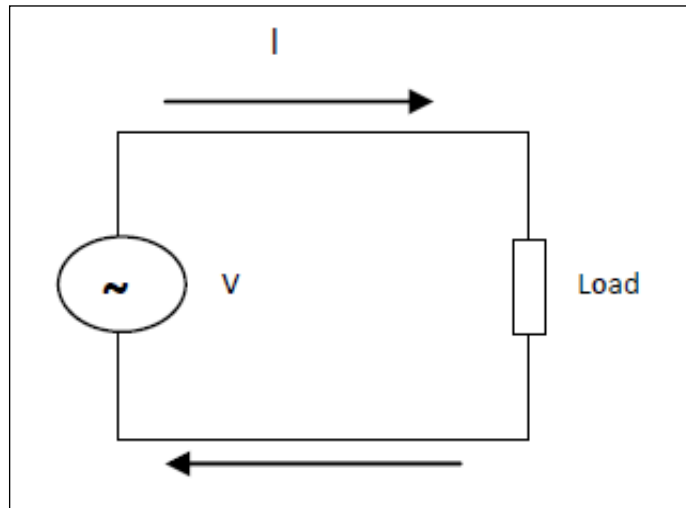
<sup>2</sup>Belly, A. dkk, Daya Aktif, Reaktif & Nyata, Universitas Indonesia, 2010, hal. 4  
dimana,

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

$V$  = Tegangan listrik (V)

$I$  = Arus listrik (A)

$\cos \varphi$  = Faktor daya listrik



Gambar 2.3. Arah aliran arus listrik