

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pengeringan merupakan suatu proses penguapan cairan pada bahan baku basah dengan pemberian panas. Pengeringan adalah operasi penting dalam kimia pertanian, bioteknologi, makanan, polimer, keramik, farmasi, *pulp* dan kertas, pengolahan mineral, dan industri pengolahan kayu. Pengeringan berbagai bahan baku diperlukan untuk memudahkan dalam menangani padatan bebas-mengalir, pengawetan dan penyimpanan, penurunan biaya transportasi, mencapai mutu yang diinginkan produk, dan lain-lain. Dalam banyak proses, pengeringan yang tidak benar dapat menyebabkan kerusakan permanen pada kualitas produk dan karenanya produk tidak dapat dijual.

#### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, telah dipilih metode pengeringan untuk proses pengambilan air dalam bahan padat. Pada percobaan ini akan diselidiki mengenai cara pengoperasian alat, waktu pengeringan, dan laju pengeringan.

#### **1.3 Tujuan Praktikum**

1. Mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap *moisture content* pada sampel yang digunakan.
2. Mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap laju pengeringan (*drying rate*) pada sampel yang digunakan.
3. Mengetahui hubungan antara waktu pengeringan terhadap *moisture content*.
4. Mengetahui hubungan antara *moisture content* terhadap *drying rate*.
5. Mengetahui cara membaca kurva *sorption isotherm*.

#### **1.4 Manfaat Praktikum**

1. Mahasiswa mampu mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap *moisture content* pada sampel yang digunakan.
2. Mahasiswa mampu mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap laju pengeringan (*drying rate*) pada sampel yang digunakan.



3. Mahasiswa mampu mengetahui hubungan antara waktu pengeringan terhadap *moisture content*.
4. Mahasiswa mampu mengetahui hubungan antara *moisture content* terhadap *drying rate*.
5. Mahasiswa mampu mengetahui cara membaca kurva *sorption isotherm*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengeringan

Pengeringan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Hasil dari proses pengeringan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara normal atau setara dengan nilai aktivitas air yang aman dari kerusakan mikrobiologis, enzimatis, dan kimiawi (Anton, 2011 dalam Risdianti *et al.*, 2016). Perubahan fisik yang mungkin terjadi meliputi penyusutan (*shrinkage*), penggembungan (*puffing*), kristalisasi, dan transisi kaca (*glass transition*). Dalam beberapa kasus, diinginkan atau tidak diinginkan reaksi kimia atau biokimia mungkin terjadi dan menyebabkan perubahan warna, tekstur, bau atau properti lain dari produk padatan. Dalam pembuatan katalis, misalnya kondisi pengeringan dapat menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam aktivitas katalis dengan mengubah luas permukaan internal.

Pengeringan terjadi melalui penguapan cairan dengan memberikan panas pada bahan baku basah. Seperti disebutkan sebelumnya, panas mungkin disediakan oleh konveksi (pengeringan langsung), dengan konduksi (kontak atau dengan pengeringan tidak langsung), radiasi atau volumetris dengan menempatkan bahan basah dalam bidang frekuensi mikro atau radio elektromagnetik. Lebih dari 85% pengeringan industri adalah jenis konvektif dengan udara panas atau gas pembakaran langsung dengan media pengeringan. Lebih dari 99% dari aplikasi melibatkan penghilangan air. Semua mode kecuali dielektrik (*microwave* dan frekuensi radio) memasok panas pada batas objek pengeringan sehingga panas harus berdifusi ke padat terutama oleh konduksi. Cairan harus berjalan ke batas materi sebelum diangkut pergi oleh gas pembawa (atau oleh aplikasi vakum untuk pengeringan non-konvektif).

Transportasi uap cair dalam padatan dapat terjadi oleh salah satu atau lebih dari mekanisme transfer massa berikut:

- Difusi cair, jika padatan basah pada suhu di bawah titik didih cairan.
- Difusi uap, jika cairan menguap dalam bahan.
- Knudsen difusi, jika pengeringan dilakukan pada suhu dan tekanan yang sangat rendah, misalnya dalam pengeringan beku.
- Difusi permukaan (mungkin walaupun tidak terbukti).



- Perbedaan tekanan hidrostastik ketika laju penguapan internal melebihi laju transportasi uap melalui padatan ke lingkungan.
- Kombinasi dari mekanisme di atas.

## 2.2 Laju Pengeringan

Berdasarkan pada pengeringan padatan basah pada kondisi pengeringan yang tetap. Dalam kasus yang paling umum, setelah periode awal penyesuaian, kadar air basis kering  $X$  menurun secara linier dengan waktu, seiring dengan dimulainya penguapan. Hal ini dilanjutkan dengan penurunan non-linier pada  $X$  hingga waktu tertentu, setelah selang waktu yang sangat lama, padatan mencapai keseimbangan kadar air,  $X^*$  dan proses pengeringan pun berhenti. Kadar air bebas dapat didefinisikan sebagai :

$$X_f = (X - x^*) \quad (2.1)$$

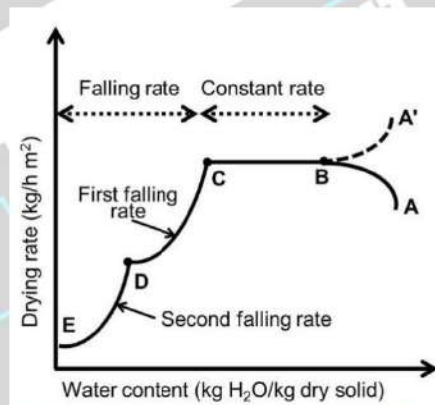
Penurunan laju pengeringan hingga nol pada  $X_f = 0$

$$N = \left( \frac{M_s}{A} \right), \left( \frac{dX}{dT} \right) \text{ atau } \left( \frac{M_s}{A} \right), \left( \frac{dX_f}{dt} \right) \quad (2.2)$$

(Geankoplis, 1993)

Di bawah kondisi pengeringan konstan. Disini,  $N$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) adalah laju penguapan air,  $A$  merupakan luas permukaan penguapan (mungkin berbeda dari luas perpindahan panas), dan  $M_s$  adalah massa padatan yang kering. Jika  $A$  tidak diketahui, maka laju pengeringan dapat dinyatakan dalam kg air yang diuapkan per jam.

Hubungan  $N$  vs  $X$  ( $X_f$ ) disebut kurva laju pengeringan. Kurva ini diperoleh berdasarkan kondisi pengeringan yang konstan. Perlu diperhatikan dalam kondisi nyata, bahan kering pada umumnya dikontakkan pada kondisi pengeringan yang berubah (misalnya pada kecepatan relatif gas padat yang berbeda). Jadi perlu dikembangkan metodologi untuk interpolasi atau eksploitasi data laju pengeringan umum yang menampilkan periode laju.



Gambar 2.1 Kurva *batch* pada kondisi pengeringan konstan

(da Silva *et al.*, 2018)



Kurva laju pengeringan eksternal ditunjukkan pada Gambar 2.1, dimana  $N=N_c=\text{konstan}$ . Periode laju konstan diatur sepenuhnya oleh pemanasan eksternal dan perpindahan massa di sebuah film air pada permukaan penguapan. Periode pengeringan tidak dipengaruhi oleh jenis material yang sedang dikeringkan. Banyak makanan dan produk pertanian, bagaimanapun tidak menampilkan periode laju konstan sama sekali, karena laju perpindahan panas, internal dan massa menentukan laju alir menjadi terekspose ke permukaan penguapan.

Pada periode pengeringan laju konstan, laju pengeringan tidak tergantung pada kandungan kebasahan. Selama periode ini, zat cair ini sedemikian basah sehingga terdapat suatu film kontinyu pada keseluruhan permukaan, dan air itu berperilaku seakan-akan tidak ada zat padat disitu. Jika zat padat itu tidak berpori, air yang keluar dalam periode ini terutama adalah air permukaan yang terdapat pada permukaan zat. Dalam zat padat berpori kebanyakan air yang dikeluarkan pada periode laju konstan berasal dari bagian dalam (interior) zat padat. Penguapan dari bahan berpori berlangsung menurut mekanisme yang sama seperti penguapan dari thermometer cembul basah pada dasarnya adalah suatu pengeringan laju konstan. Dalam keadaan dimana tidak ada radiasi atau perpindahan kalor konduksi melalui kontak langsung dengan permukaan panas, suhu zat padat tersebut selama periode laju konstan adalah cembul basah udara.

Selama periode laju konstan, laju pengeringan persatuan luas  $R_c$  dapat ditaksir dengan ketelitian yang memadai dari korelasi-korelasi yang dikembangkan untuk evaporasi dari permukaan zat cair bebas. Perhitungan bisa didasarkan atas perpindahan massa persamaan 2.3 atau perpindahan kalor persamaan 2.4, sebagai berikut:

$$M_u = \frac{\mu_u \times K_y(y_i - y) \times A}{(1 - y)L} \quad (2.3)$$

$$m = \frac{h_y(T - T_i)A}{X_i} \quad (2.4)$$

dimana:

$m_u$  = luas penguapan

$A$  = luas permukaan

$h_y$  = koefisien perpindahan kalor

$M_u$  = bobot molekul uap

$T$  = suhu gas

$T_i$  = suhu antarmuka

$y$  = fraksi mol



$y_i$  = fraksi mol uap pada antarmuka

$X_i$  = kalor laten pada suhu

Bila udara itu mengalir sejajar dengan permukaan zat padat, koefisien perpindahan kalor dapat ditaksir dengan dimensional.

$$h_y = 0.0128 G^{0.8} \quad (2.5)$$

dimana:

$h_y$  = koefisien perpindahan kalor

$G$  = kecepatan massa, lb/ft<sup>2</sup>.jam

Bila aliran itu tegak lurus terhadap permukaan, persamaan itu adalah:

$$h_y = 0.37 G^{0.37} \quad (2.6)$$

Laju perpindahan konstan  $R_c$  adalah:

$$R_c = \frac{Mv}{A} = \frac{h_y(T - T_i)}{\lambda} \quad (2.7)$$

(Geankoplis, 1993)

Dalam kebanyakan situasi ini sebagaimana disinggung terdahulu, suhu  $T_i$  dapat diandaikan sama dengan udara cembul basah. Bila radiasi dari lingkungan panas serta konduksi dari permukaan padat yang berada dengan kontak dengan bahan itu tidak dapat diabaikan, maka suhu pada antarmuka itu akan lebih besar dari suhu cembul basah,  $y_i$  akan bertambah besar, dan laju pengeringan sesuai dengan persamaan 2.3 akan meningkat pula mengikutinya. Metode untuk menafsir efek-efek ini sudah ada.

### 2.3 Sorption Isotherm

Kurva *sorption isotherm* menyatakan hubungan antara kadar air (basis kering) bahan dengan kelembaban relatif atau aktifitas air pada suhu tertentu. Kurva *sorption isotherm* ditunjukkan dalam bentuk yang khas pada setiap bahan. Parameter yang menyatakan berupa banyak air yang ada dalam suatu padatan adalah kadar uap air ( $X$ ). Kadar uap air ini bisa dinyatakan dalam dua kondisi, yang pertama adalah kadar uap air basis kering ( $X_{bk}$ ), merupakan rasio antar berat air dibagi dengan berat padatan kering adalah:

$$X_{bk} = \frac{M_{\text{air}}}{M_{\text{padatan kering}}} \quad (2.8)$$

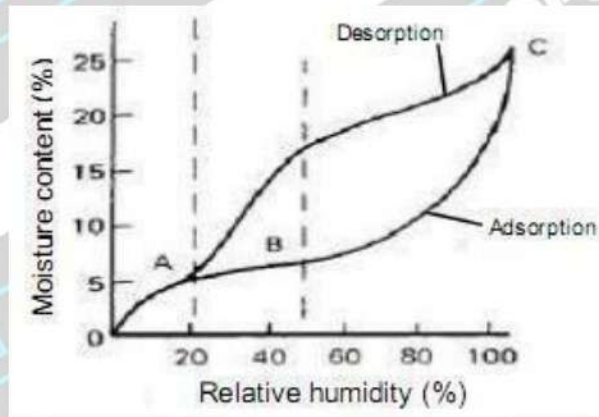
Bila kadar uap air dinyatakan dalam basis basah ( $X_{bb}$ ), maka:

$$X_{bb} = \frac{M_{\text{air}}}{M_{\text{air}} + M_{\text{padatan kering}}} \quad (2.9)$$

Hubungan antara  $X_{bk}$  dan  $X_{bb}$  adalah:

$$X_{bb} = \frac{X_{bk}}{1 - X_{bk}} \text{ atau } X_{bk} = \frac{X_{bb}}{1 + X_{bb}} \quad (2.10)$$





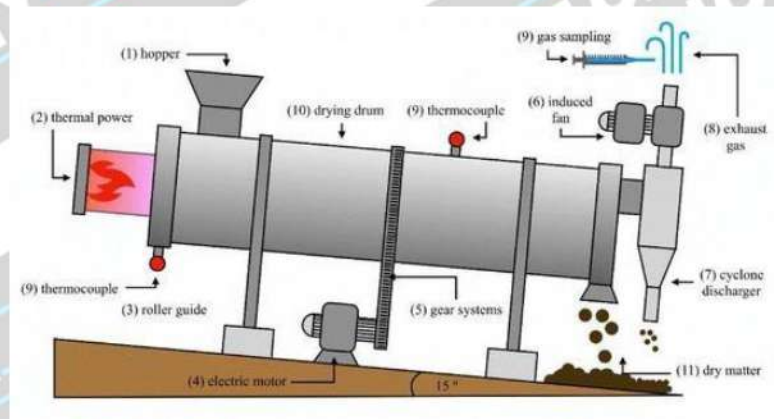
Gambar 2.2 Kurva sorption isotherm

(Andrade *et al.*, 2011)

#### 2.4 Rotary Dryer

*Rotary dryer* adalah salah satu jenis mesin pengering yang secara khusus digunakan untuk mengeringkan aneka bahan padatan biasanya berbentuk tepung atau granul/butiran. Bahan padatan dimasukkan dari ujung *inlet* dan dikeringkan sepanjang tabung/drum yang berputar. Adanya kemiringan tabung dan sirip-sirip di dalam tabung/drum menyebabkan bahan akan keluar menuju ujung *outlet*. *Rotary dryer* paling cocok untuk mengeringkan material yang tidak mudah pecah dan tahan terhadap panas serta membutuhkan waktu untuk pengeringan yang cepat (Zikri & Erlinawati, 2015).

Prinsip kerja pengering *rotary dryer* adalah menggunakan panas yang dialirkan secara langsung dengan bahan yang akan dikeringkan melalui drum yang berputar. Sumber panas yang digunakan berasal dari api gas LPG yang bersentuhan dengan permukaan drum pengering. Suhu pemanasan dapat diatur secara manual dengan menyetel gas yang keluar dari tabung gas. Sistem *rotary* digunakan agar pengeringan bersifat merata (Tumbel, 2016).



Gambar 2.3 Rotary dryer



### BAB III

#### METODE PRAKTIKUM

#### 3.1 Rancangan Percobaan

3.1.1 Pengeringan pada *Rotary Dryer*

3.1.2 Analisa Kadar Air

#### 3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Sampel

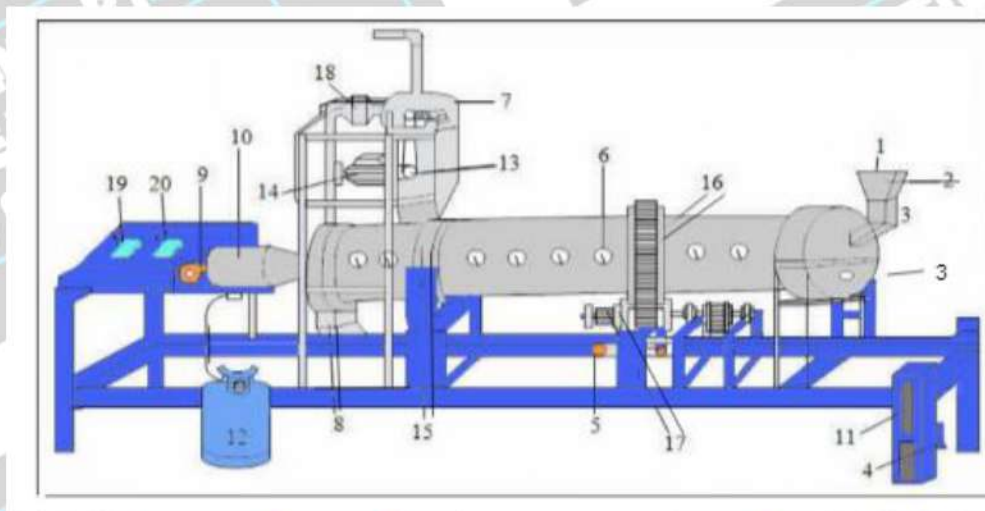
3.2.2 Alat

1. *Rotary dryer*
2. *Oven*
3. Timbangan
4. Termometer
5. Cawan porselen
6. *Stopwatch*
7. Ember

#### 3.3 Variabel

- a. Variabel terikat :
- b. Variabel bebas :
- c. Variabel kontrol :

#### 3.4 Gambar Alat Utama



Gambar 3.1 *Rotary dryer*



Keterangan :

1. *Hopper*
2. *Bukaan feed*
3. Tempat penampungan *feed*
4. Dongkrak
5. Motor dengan *reducer*
6. Termometer
7. *Cyclone*
8. Outlet produk
9. Blower udara kering
10. Inlet udara kering
11. Derajat variabel support
12. Tabung LPG
13. *Roller*
14. Motor blower hisap
15. *Riding ring*
16. Pinion
17. *Riding gear* (gear penggerak)
18. Blower
19. Saklar untuk blower
20. Saklar untuk *rotary shell drive*

### 3.5 Prosedur Percobaan

#### Pengeringan pada *Rotary dryer*

1. Siapkan sampel yang akan dikeringkan, timbang sesuai variabel, lalu tambahkan 1000 mL air ke sampel, dan rendam selama 15 menit.
2. Nyalakan mesin *rotary dryer* dengan menyambungkan kabel ke stop kontak, lalu membuka kotak *control panel* dan nyalakan saklar.
3. Nyalakan alat dengan mengontakkan *switch motor blower, motor dryer* dan *heater* secara berurutan.
4. Atur variabel *rotary dryer* sesuai dengan variabel yang telah ditentukan.
5. Masukkan sampel basah yang akan dikeringkan kedalam alat *rotary dryer* melalui *hopper*.
6. Operasi pengeringan dilakukan dengan menimbang sampel untuk memperkirakan jumlah air yang menguap setiap interval waktu 15



menit selama 45 menit.

7. Setelah selesai, hasil percobaan dianalisa dan diambil kesimpulan.

Tabel 3.1 Format tabel hasil percobaan pengeringan pada *rotary dryer*

Waktu	Berat		
	Variabel 1	Variabel 2	Variabel 3

**Analisa Kadar Air**

- 1. Menimbang 20 gram sampel basah yang akan dianalisa sebelum proses pengeringan.
- 2. Memasukkan sampel ke dalam cawan porselen, lalu cawan beserta sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C sampai kering lalu ditimbang.
- 3. Hitung selisih berat bahan awal dan akhir serta didapat kadar air.

Tabel 3.2 Format tabel hasil percobaan analisa kadar air

Waktu	Berat
-------	-------

Tabel 3.3 Format tabel hubungan *drying time (hour)* dengan total *moisture content (lb)*

No	<i>Drying time (hour)</i>	<i>Total moisture content (lb)</i>
----	---------------------------	------------------------------------

- 4. Membuat tabel waktu, *moisture* rata-rata dalam kecepatan pengeringan.

Tabel 3.4 Format tabel hubungan waktu, kandungan air rata-rata, dan *drying rate*

No	Waktu	Kandungan air rata-rata (lb/lb)	<i>Drying rate</i> (lb/hour.ft <sup>3</sup> )
----	-------	---------------------------------	---

- 5. Dari hasil pengolahan data di atas, kemudian digambarkan grafik hubungan antara *drying rate* dengan *moisture content*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, R. D. P., Roberto, L. M., & Perez, C. E. C. (2011). Models of Soption Isotherms for Food. Uses and Limitation. *Vitae*, 18(3), 325-334.
- da Silva, F. B., Fakhouri, F. M., Galante, R. M., Antunes, C. A., Santos, M. D., Caon, T., & Martelli, S. M. (2018). *Drying Kinetics of French Fries Covered with Soy Protein/Starch Edible Coatings: Advances in Research and Applications*. Pp.55-96.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. (3<sup>rd</sup> ed.). A Simon & Schuster Company. New Jersey
- Risdianti, D., Murad, & Putra, G.M.D. (2016). Kajian Pengeringan Jahe (*Zingiber Officinale Rose*) Berdasarkan Perubahan Geometrik Dan Warna Menggunakan Metode *Image Analysis*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 4(2), 275-284.
- Tumbel, N. (2016). Rekayasa Alat Pengering Multiguna Sistem Rotary. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. DOI: 10.33749/jpti.v8i2.2219.
- Zikri, A., & Erlinawati, I. R. (2015). Uji Kinerja Rotary Dryer Berdasarkan Efisiensi Termal Pengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopellet. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 50-58.



