

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pengeringan (Drying)

Pengeringan (*drying*) zat padat berarti pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lain dari bahan padat, sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai terendah yang dapat diterima. Pengeringan biasanya merupakan alat terakhir dari sederetan operasi, dan hasil pengeringan biasanya siap untuk dikemas (McCabe, 2002).

2.2 Pengering Tipe Rak (Tray Dryer)

Tray dryer atau alat pengering berbentuk rak, mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakkan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam dengan alas yang berlubang-lubang. Kegunaan dari lubang-lubang ini untuk mengalirkan udara panas dan uap air (Taib dkk., 1988)

Pengering tipe rak biasanya merupakan pengering yang paling murah pembuatannya, mudah pemeliharaannya, dan sangat luwes penggunaannya. Pada umumnya pengering ini digunakan untuk penelitian-penelitian dehidrasi sayuran dan buah-buahan di dalam laboratorium, dan di dalam skala kecil dan digunakan secara komersil yang bersifat musiman (Desrosier, 1988).

Prinsip kerja alat pengering tipe rak adalah udara pengering dari ruang pemanas dengan bantuan kipas akan bergerak menuju dasar rak dan melalui lubang-lubang yang terdapat pada dasar rak tersebut akan mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepaskan sebagian panasnya sehingga terjadi proses penguapan air dari bahan. Dengan demikian, semakin ke bagian atas rak suhu udara pengering semakin turun. Penurunan suhu ini harus diatur sedemikian rupa agar pada saat mencapai bagian atas bahan yang dikeringkan, udara pengering masih mempunyai suhu yang memungkinkan terjadinya penguapan air. Di samping itu kelembaban udara pengering pada saat mencapai bagian atas harus dipertahankan tetapi tidak jenuh sehingga masih mampu menampung uap air yang dilepaskan. Di dalam penggunaan alat pengering ini perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, dan tebal tumpukan bahan yang dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat tercapai. Dapat dilihat pada gambar 2.1 pengering dengan tipe *tray dryer* (Rachmawan, 2001).



Gambar 2.1 Tungku Pengering Tipe *Tray dryer*

2.3 Klasifikasi Pengering

Ada pengering yang beroperasi secara kontinyu (sinambung) dan batch. Untuk mengurangi suhu pengeringan, beberapa pengering beroperasi dalam vakum. Beberapa pengering dapat menangani segala jenis bahan, tetapi ada pula yang sangat terbatas dalam hal umpan yang ditanganinya.

Pembagian pokok pengering (*dryer*) :

- a) Pengering (*dryer*) dimana zat yang dikeringkan bersentuhan langsung dengan gas panas (biasanya udara) disebut pengering adiabatik (*adiabatic dryer*) atau pengering langsung (*direct dryer*).
- b) Pengering (*dryer*) dimana kalor berpindah dari zat ke medium luar, misalnya uap yang terkondensasi, biasanya melalui permukaan logam yang bersentuhan disebut pengering non adiabatik (*non adiabatic dryer*) atau pengering tak langsung (*indirect dryer*). (Mc. Cabe, 2002)

2.4 Konsep Dasar Sistem Pengeringan

Proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dari sebuah permukaan benda sehingga kandungan air pada permukaan benda berkurang. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara dua permukaan. Perbedaan temperatur ini ditimbulkan oleh adanya aliran udara panas diatas permukaan benda yang akan dikeringkan yang mempunyai temperatur lebih dingin.

2.5 Prinsip – Prinsip Pengering

Banyaknya ragam bahan yang dikeringkan di dalam peralatan komersial dan banyaknya macam peralatan yang digunakan orang, maka tidak ada satu teori pun mengenai pengeringan yang dapat meliputi semua jenis bahan dan peralatan yang ada. Variasi bentuk dan ukuran bahan, keseimbangan kebasahannya (*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 :

- a) Pola suhu di dalam pengering
- b) Perpindahan kalor di dalam pengering
- c) Perhitungan beban kalor
- d) Satuan perpindahan kalor
- e) Perpindahan massa di dalam pengering

2.6 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan

Faktor – faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan, yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan. Faktor yang termasuk dengan udara pengering meliputi suhu, kecepatan volumetric aliran udara pengering, dan kelembaban udara.

a) Luas Permukaan

Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada dibagian tengah akan merembes kebagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau dihaluskan terlebih dahulu. Hal ini terjadi karena :

- 1) Pemotongan atau penghalusan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar.
- 2) Partikel-partikel kecil ataupun lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai kepusat bahan.

b) Perbedaan Suhu dan Udara Sekitar

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan, semakin cepat pemindahan panas ke dalam bahan dan semakin cepat pula penghilangan air dari bahan. Air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuan untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi suhu pengeringan maka proses pengeringan akan semakin cepat. Akan tetapi bila tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi suatu peristiwa yang disebut "*casehardening*", yaitu suatu keadaan dimana bagian luar bahan sudah kering sedangkan bagian dalamnya masih basah.

c) Kecepatan Aliran Udara

Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan pangan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air. Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik, proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

d) Tekanan Udara

Semakin tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara semakin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tertampung dan disingkirkan dari bahan. Sebaliknya, jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar pengeringan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan.

2.6.1 Pengaruh suhu pengeringan pada proses pengeringan

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat . Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering, makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering, makin besar energi panas yang dibawa udara. Sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang

diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer.

Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan, makin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringan. Akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan (*case hardening*).

Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang. Di samping itu, penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak daya fisiologik bahan, seperti biji-bijian/benih Bakker Arkema (1992) mengemukakan pengeringan bahan hasil pertanian menggunakan aliran udara pengering yang baik adalah antara 45°C sampai 75°C. Pengeringan pada suhu di bawah 45°C, mikroba dan jamur yang merusak produk masih hidup, sehingga daya awet dan mutu produk rendah. Namun pada suhu udara pengering di atas 75°C, menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak, karena perpindahan panas dan massa air yang terjadi berdampak pada perubahan struktur sel .

2.7 Kadar Air Bahan

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan tersebut, yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Dalam penentuan kadar air bahan hasil pertanian, biasanya dilakukan

berdasarkan bobot basah (wet basis). Dalam perhitungan ini berlaku rumus seperti pada persamaan 2.1.

$$MCwb = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

MCwb = Kadar Air Bobot Basah (%)

Wa = Bobot Air Bahan (kg)

Wb = Bobot Bahan Basah (kg)

Untuk menentukan bobot kering suatu bahan, penimbangan dilakukan setelah bobot bahan tersebut tidak berubah lagi selama pengeringan berlangsung. Untuk ini biasanya dilakukan dengan menggunakan suhu 105°C minimal selama dua jam. Untuk memperoleh kadar air bobot kering dapat menggunakan rumus persamaan 2.2.

$$MCdb = \frac{100 \times MCwb}{100 - MCwb} \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana :

MCdb = Kadar Air Bobot Kering (%)

2.8 Mekanisme Pengeringan Bahan

Proses perpindahan panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari pada suhu udara yang dialirkan di sekelilingnya. Panas yang diberikan ini akan menaikkan suhu bahan yang menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih

tinggi dari pada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara yang merupakan perpindahan massa. 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 akan meliputi permukaan bahan, sehingga 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.

Peristiwa yang terjadi selama pengeringan meliputi dua proses, yaitu:

- a) Proses perpindahan panas, yaitu proses menguapkan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas.
- b) Proses perpindahan massa, yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara.

Proses pengeringan pada bahan di mana udara panas dialirkan, dapat dianggap suatu proses adiabatik. Hal ini berarti bahwa panas yang dibutuhkan untuk penguapan air dari bahan hanya diberikan oleh udara pengering tanpa tambahan energi dari luar. Ketika udara pengering menembus bahan basah, akan

menyebabkan panas sensible udara pengering diubah menjadi panas laten sambil menghasilkan uap air. Selama proses pengeringan, terjadi penurunan suhu bola kering udara, disertai dengan kenaikan kelembaban mutlak, kelembaban nisbi, tekanan uap dan suhu pengembunan udara pengering.

2.9 Periode Laju Pengeringan

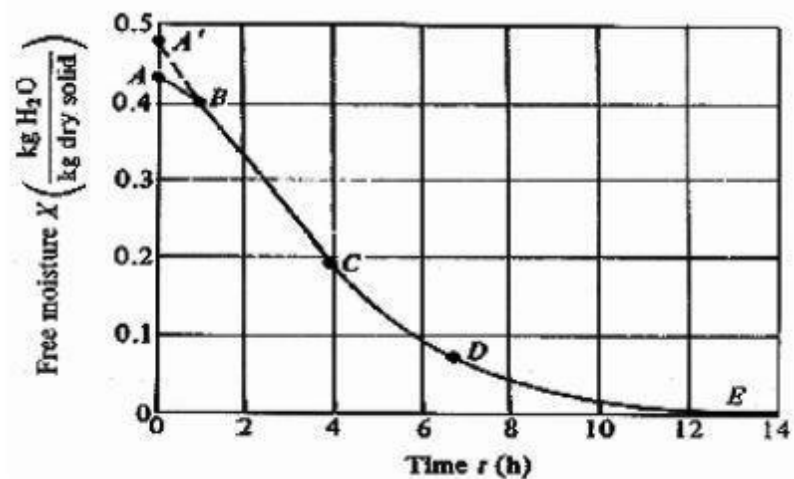
Menurut Henderson dan Perry (1955), proses pengeringan mempunyai 2 periode utama, yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis (*critical moisture content*).

Simmonds et al. (1953) menyatakan bahwa kadar air kritis adalah kadar air terendah saat mana laju air bebas dari dalam bahan ke permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum dari bahan. Pada biji-bijian, umumnya kadar air ketika pengeringan dimulai lebih kecil dari kadar air kritis. Dengan demikian pengeringan yang terjadi adalah pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Perubahan dari laju pengeringan tetap ke laju pengeringan menurun terjadi pada berbagai tingkatan kadar air yang berbeda untuk setiap bahan.

Henderson dan Perry (1955) menyatakan bahwa pada periode pengeringan dengan laju tetap, bahan mengandung air yang cukup banyak, hal mana pada permukaan bahan berlangsung penguapan yang lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas. Laju penguapan sebagian besar tergantung pada keadaan sekeliling bahan, sedangkan pengaruh bahannya sendiri relatif kecil.

Laju pengeringan akan menurun seiring dengan penurunan kadar air selama pengeringan. Jumlah air terikat makin lama semakin berkurang. Perubahan dari laju pengeringan tetap menjadi laju pengeringan menurun untuk bahan yang berbeda akan terjadi pada kadar air yang berbeda pula. Pada periode laju pengeringan menurun, permukaan partikel bahan yang dikeringkan tidak lagi ditutupi oleh lapisan air. Selama periode laju pengeringan menurun, energi panas yang diperoleh bahan digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit sekali jumlahnya.

Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan konstan, di mana kadar air bahan lebih kecil dari pada kadar air kritis (Gambar 2.2). Periode laju pengeringan menurun meliputi 2 proses, yaitu : perpindahan dari dalam ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya.



Gambar 2.2. Grafik hubungan kadar air dengan waktu

Keterangan:

AB : Periode pemanasan

BC : Periode laju pengeringan konstan

CD : Periode laju pengeringan menurun pertama

DE : Periode laju pengeringan menurun kedua

Adapun laju pengeringan dapat dihitung menggunakan rumus seperti persamaan

2.3.

$$M = \frac{M_0 - M_t}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.3)$$

Di mana :

M : Laju Pengeringan (kg/s)

M₀ : Massa awal produk yang dikeringkan (kg)

M_t : Massa akhir produk yang dikeringkan (kg)

Δt : Selang waktu pengeringan (s)

2.10 Energi Surya

Energi surya adalah radiasi yang di produksi oleh reaksi fusi nuklir pada inti matahari. Matahari mensuplai hampir semua panas dan cahaya yang diterima bumi untuk digunakan makhluk hidup. Selain itu energi surya berjumlah besar dan bersifat kontinyu terbesar yang tersedia di alam ini, khususnya energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari. Energi surya yang sampai ke

bumi dalam bentuk paket – paket energi disebut foton. Semua radiasi elektromagnetik termasuk cahaya matahari mengandung foton yang dimana foton tersebut mengandung energi. Terdapat dua parameter dalam energi surya yang paling penting pertama intensitas radiasi, yaitu jumlah daya matahari yang datang kepada permukaan per luas area, dan karakteristik spektrum cahaya matahari. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1365 W/m^2 . Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m^2 . Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dan pada keadaan cerah. Radiasi surya dipancarkan dari *fotosphere* matahari pada temperatur 6000 K , yang memberikan distribusi spektrumnya mirip dengan distribusi spektrum *black body*. Dengan melalui atmosfer bumi, radiasi surya diatenuasikan oleh berbagai partikel diantaranya molekul udara, aerosol, partikel debu, dll sehingga menghasilkan spectrum seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:

Energi surya tidak bersifat polutif, tak dapat habis dan didipatkan secara gratis. Namun, kekurangan dari energy surya sendiri adalah sangat halus dan tidak konstan. Arus energi surya yang rendah mengakibatkan dipakainya sistem dan kolektor yang luas permukaannya besar untuk mengkonsentrasikan energi itu. Sistem kolektor ini berharga cukup mahal dan ada masalah lagi bahwa sistem – sistem di bumi tidak dapat diharapkan akan menerima persediaan yang terus menerus dari energi surya ini. Hal ini berarti diperlukan semacam sistem penyimpanan energi atau konversi lain untuk menyimpan energi pada malam

hari serta pada saat cuaca mendung.

Energi surya dapat dikonversi secara langsung menjadi bentuk lain dengan tiga proses, yaitu : proses *helochemical*, proses *helioelectrical*, dan proses *heliothermal*. Reaksi *helochemical* yang utama adalah proses fotosintesa. Proses ini adalah sumber dari semua bahan bakar fosil. Proses *helioelectrical* yang utama adalah produksi listrik oleh sel – sel surya dapat dikatakan energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik. Proses *heliothermal* adalah penyerapan radiasi matahari dan pengkonversian energi ini menjadi energi termal.

Bumi bergerak mengelilingi matahari dalam suatu orbit berbentuk elips yakni hampir berupa lingkaran. Pada titik terdekat di tanggal 21 desember, bumi berjarak sekitar $1,45 \times 10^{11}$ m sementara pada titik terjauh di tanggal 22 juni, bumi berjarak sekitar $1,54 \times 10^{11}$ m dari matahari. Waktu matahari rata – rata ialah waktu matahari setempat jika bumi bergerak mengelilingi matahari dengan kecepatan konstan. Orbit yang bergerak elips itu menunjukkan bahwa bumi tidak bergerak dengan kecepatan konstan dan pada berbagai waktu matahari timbul lebih cepat atau lebih lambat dari waktu matahari rata – rata. Perbedaan waktu matahari sebenarnya dengan waktu matahari rata – rata disebut dengan “*persamaan waktu*”. Persamaan waktu bukanlah sebuah persamaan melainkan hanyalah sebuah faktor koreksi yang tergantung dari waktu tahun. Harga koreksi ini berkisar dari +16,3 menit dibulan nopember hingga -14,4 menit dibulan februari.

Waktu matahari rata – rata dapat dihitung secara langsung dari garis bujur

setempat. Oleh karena bumi berevolusi 360° dalam 24 jam, satu derajat dari rotasi bumi sama dengan $\frac{24 \times 60}{360}$ atau sama dengan 4 menit. Ada sebuah garis bujur imajiner yang membujur kira – kira pusat dari tiap – tiap zone waktu yang disebut meridian standar zona waktu. Pada garis bujur ini, waktu matahari rata – rata dan waktu standar setempat adalah identik.

Berapa besar jumlah energi yang dikeluarkan oleh matahari sukar dibayangkan. Menurut perkiraan, inti matahari yang merupakan suatu tungku termonukler bersuhu $100.000.000^\circ$ C dimana tiap detik menkonversi 5 ton materi menjadi energy yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak $6,41 \times 10^7$ W/m². Matahari mempunyai radius sebesar 8.96×10^5 km. dalam perjalanannya di ruang angkasa dalam kedinginannya yang hampir mendekati nol absolute, yaitu kira – kira 2 K, bumi menerima sebagian kecil dari jumlah energi itu.

2.11 Kapulaga

Kapulaga termasuk family jahe (Zingiberaceae) yang terdiri dari empat genus yaitu Amomum, Elettaria, Aframomum dan Zingiber (Indo, 1989). Pemanfaatan kapulaga sebagian untuk industri farmasi dan sebagian lagi sebagai bahan kuliner. Kapulaga mengandung minyak atsiri, sineol, terpineol, borneol, protein, gula, lemak, silikat, betakamfer, sebinena, mirkena, mirtenal, karvona, terpinil asetat, dan kersik. Dari kandungan tersebut kapulaga memiliki khasiat sebagai obat batuk.

Kapulaga juga memiliki khasiat untuk mencegah keropos tulang. Kapulaga memiliki aroma sedap sehingga orang Inggris menyanjungnya sebagai

grains of paradise. Aroma sedap ini berasal dari kandungan minyak atsiri pada kapulaga. Minyak atsiri ini mengandung lima zat utama, yaitu borneol (suatu terpena) yang berbau kamper seperti yang tercium dalam getah pohon kamper. Beberapa pabrik bumbu juga mengekstrakkan minyak asiri dari biji kapulaga menjadi Cardamom oil yang kemudian dikemas dalam botol. Dalam bentuk minyak ini pula, kapulaga dipakai untuk menyedapkan soft drink dan es krim di pabrik Amerika.



Gambar 2.3 KAPULAGA