

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengerinan

Pengerinan merupakan proses pengurangan kadar air suatu bahan hingga mencapai kadar air tertentu. Dasar proses pengerinan adalah terjadinya penguapan air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Agar suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang lebih rendah dari bahan yang akan dikeringkan (Treyball, 1981). Definisi lain dari proses pengerinan yaitu pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lain dari suatu bahan, sehingga mengurangi kandungan zat cair tersebut. Pengerinan biasanya merupakan langkah terakhir dari sederetan operasi dan hasil pengerinan biasanya siap untuk dikemas (Mc Cabe dkk, 1993).

Secara umum proses pengerinan terdiri dari dua langkah proses yaitu penyiapan media pengering (udara) dan proses pengerinan bahan. Penyiapan media dilakukan dengan memanaskan udara, yang dapat dilakukan dengan pemanas alam (matahari, panas bumi) atau buatan (listrik, pembakaran kayu, arang, batubara, gas alam dan bahan bakar minyak) (Kudra dkk, 2009). Dari aspek mikroskopis, ada 2 fenomena penting dalam proses pengerinan yaitu: perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan, dan perpindahan masa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering (Treyball, 1981). Dengan kata lain, operasi pengerinan merupakan operasi yang melibatkan perpindahan massa dan panas secara simultan.

Mekanisme pengerinan 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 (Perry, 1997). Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengerinan adalah (Kudra dkk, 2009):

1. Luas Permukaan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut:

- a. Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik,
- b. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.
- c. Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. Panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan. Demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

2. Perbedaan Suhu Sekitar

Pada umumnya, semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

3. Kecepatan Aliran Udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai titik jenuh. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara.

4. Kelembaban Udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering tersebut mengandung uap air

tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan berhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

5. Lama Pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah.

2.1.1 Macam Macam Alat Pengeringan

Beberapa pengeringan telah digunakan secara komersial, dan jenis pengeringan tertentu cocok untuk beberapa produk pangan. Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan, alat pengering terdiri dari:

1. Alat Pengering untuk Padatan dan Pasta

a. *Tray Dryer*

Tray dryer dapat digunakan untuk mengeringkan bahan berupa padatan kental atau padatan seperti pasta, dimana bahan tersebut disebarkan secara merata pada rak-rak pengering. Pengeringan menggunakan *tray dryer* dapat menghasilkan pengeringan yang jauh lebih cepat pada padatan, kristal dan bahan yang berbentuk granular dapat dikeringkan secara langsung, dengan melihat kondisi tersebut, maka alat *tray dryer* sangatlah memungkinkan untuk mengeringkan material yang berbentuk padatan (Geankoplis, 2003).

b. *Rotary Dryer*

Alat pengering ini berbentuk silinder yang bergerak pada porosnya. Silinder ini dihubungkan dengan alat pemutar dan letaknya agak miring. Umpan bahan basah masuk melalui salah satu ujung silinder, pembuangan bahan yang telah

kering melalui ujung lainnya. *Rotary dryer* dipanaskan dengan kontak langsung antara gas dan padatan (McCabe, 1993).

c. *Screen Conveyor Dryer*

Lapisan bahan yang akan dikeringkan diangkut perlahan-lahan diatas logam melalui kamar atau terowongan pengering yang mempunyai kipas dan pemanas udara (McCabe, 1993).

d. *Tower Dryer*

Pengering menara terdiri dari sederetan talam bundar yang dipasang bersusun keatas pada suatu poros tengah yang berputar. Zat padat itu menempuh jalan seperti melalui pengering, sampai keluar sebagian hasil yang kering dari dasar menara. Aliran padatan (bahan) atau gas dapat bergerak secara *parallel* maupun *counter current* (McCabe, 1993).

e. *Screw Conveyor Dryer*

Pengering konveyor sekrup adalah suatu pengering kontinyu kalor tak langsung, yang pada pokoknya terdiri dari sebuah konveyor sekrup horizontal (konveyor dayung) yang terletak di dalam selongsong bermantel berbentuk silinder (McCabe, 1993).

f. *Fluidized Bed Dryer*

Pada *fluidized bed dryer*, partikel-partikel difluidisasi oleh udara atau gas pada *bed* pengeringan. Umpan dimasukkan melalui atas tempat pengeringan dan produk kering keluar melalui sisi samping tempat pengeringan di bagian bawah (McCabe, 1993).

2. Alat Pengering untuk Larutan dan Bubur

a. *Spray Dryer*

Dalam pengering semprot larutan cair atau bubuk disemprotkan ke aliran gas panas dalam bentuk kabut tetesan halus. Air dengan cepat menguap dari tetesan larutan, meninggalkan partikel padatan kering yang dipisahkan dari aliran gas. Aliran gas dan larutan pada ruang semprot dapat bergerak secara *countercurrent*, *cocurrent*, atau kombinasi keduanya (Geankoplis, C.J., 2003).

b. *Thin-film Dryer*

Sama dengan *spray dryer* dalam beberapa penerapan tertentu adalah pengering film tipis yang dapat menangani zat padat maupun bubuk dan

menghasilkan hasil padat yang kering dan bebas mengalir. Efisiensi termal pengering film tipis biasanya tinggi dan kehilangan zat padatnya pun kecil (McCabe, 1993).

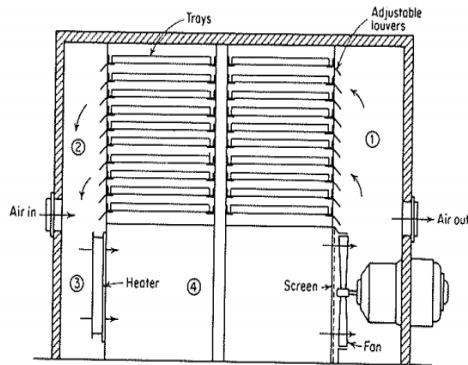
2.2 Alat Pengering Tipe *Tray Dryer*

Tray Dryer (Cabinet Dryer) merupakan salah satu alat pengeringan yang tersusun dari beberapa buah *tray* di dalam satu rak. *Tray dryer* sangat besar manfaatnya bila produksinya kecil, karena bahan yang akan dikeringkan berkontak langsung dengan udara panas. Namun alat ini membutuhkan tenaga kerja dalam proses produksinya, biaya operasi yang agak mahal, sehingga alat ini sering digunakan pada pengeringan bahan – bahan yang bernilai tinggi. *Tray dryer* atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas (Treybal, 1981).

Ukuran yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200 cm² dan ada juga yang 400 cm². Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka lubangnya berukuran kecil. Pada alat pengering ini bahan selain ditempatkan langsung pada rak-rak dapat juga ditebarkan pada wadah lainnya misalnya pada baki dan nampan. Kemudian pada baki dan nampan ini disusun diatas rak yang ada di dalam pengering. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan juga kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering.

Tray dryer termasuk kedalam sistem pengering konveksi menggunakan aliran udara panas untuk mengeringkan produk. Proses pengeringan terjadi saat aliran udara panas ini bersinggungan langsung dengan permukaan produk yang akan dikeringkan. Produk ditempatkan pada setiap rak yang tersusun sedemikian rupa agar dapat dikeringkan dengan sempurna. Udara panas sebagai fluida kerja bagi model ini diperoleh dari pembakaran bahan bakar, panas matahari atau listrik. Kelembaban relatif udara yang mana sebagai faktor pembatas kemampuan udara

menguapkan air dari produk sangat diperhatikan dengan mengatur pemasukan dan pengeluaran udara dari alat pengering ini melalui sebuah alat pengalir. Adapun alat *tray dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber: Treybal, 1981

Gambar 2.1 *Tray Dryer*

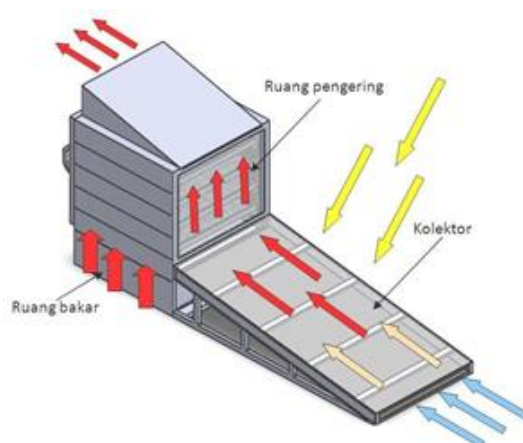
Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu kemudian dialurkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas didalam alat pengering bisa dari atas ke bawah dan bisa juga dari bawah ke atas, sesuai dengan dengan ukuran bahan yang dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini maka letak kipas juga harus disesuaikan (Taib dkk, 1988).

Penggunaannya cocok untuk bahan yang berbentuk padat dan butiran, dan sering digunakan untuk produk yang jumlahnya tidak terlalu besar. Waktu pengeringan yang dibutuhkan (1-6 jam) tergantung dari dimensi alat yang digunakan dan banyaknya bahan yang dikeringkan, sumber panas dapat berasal dari *steam boiler*.

Pengering *tray* ini dapat beroperasi dalam vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan *ejector* atau pompa vakum. Pengeringan dengan sirkulasi udara menyilang lapisan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak.

2.3 Alat Pengering Sistem *Hybrid*

Alat Pengering Sistem *hybrid* merupakan pengering yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk proses penguapan air (Hatta dkk, 2019). Mesin pengering *hybrid* dalam operasional akan memerlukan lebih sedikit biaya dan sangat membantu dalam hal proses pengeringan. Mesin pengering *hybrid* ini bisa dimanfaatkan untuk pengeringan hasil pertanian, laut maupun untuk hasil industri kecil seperti pengeringan kerupuk, tanaman herbal dan lainnya. Adapun alat *tray dryer hybrid* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber: Hatta dkk, 2019

Gambar 2.2 Tray Dryer Hybrid

Pengering *hybrid* memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Kelebihannya yaitu biaya operasional yang sedikit, berlangsung secara kontinyu, tidak tergantung tempat, waktu dan cuaca, kadar air yang dihasilkan relative homogen, proses pengeringan yang cepat karena teraduk merata, menggunakan dua sumber energi yang berbeda. Sedangkan kelemahannya yaitu luas penampung pengeringan yang kecil dan terbatas pada pengeringan produk pertanian berbentuk padat (Rahman dkk, 2017).

Pengering mekanis sistem *hybrid* pada prinsipnya sama seperti pengeringan mekanis pada umumnya. Radiasi matahari diubah menjadi energi panas, dikombinasikan dengan energi panas hasil pembakaran biomassa atau listrik apabila radiasi matahari berkurang atau tidak ada. Mesin pengering sistem *hybrid* secara umum terdiri atas media penangkap radiasi, ruang pengering, tungku pembakaran atau *heater* dan cerobong. Mesin pengering sistem *hybrid* juga menggunakan bantuan alat lain untuk membantu sirkulasi udara panas yang

ditangkap dan disebar di dalam ruang pengering. Distribusi suhu pada ruang pengering sangat berpengaruh dalam mengeringkan bahan pangan yang dikeringkan (Dhanika, 2010). Apabila kondisi cuaca cerah pada siang hari maka pengeringan memanfaatkan penuh sumber energi matahari, sedangkan pada malam hari atau pada kondisi cuaca hujan atau mendung maka sumber energi dikombinasikan dengan energi hasil pembakaran biomassa atau listrik.

2.3.1 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi, biasanya digunakan sebagai pengering atau pemanas dengan bantuan alat pendukung lainnya seperti inverter sebagai alat pengonversi energi dan lainnya (Wirawan dkk, 2015).

Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya plat datar adalah bahwa memanfaatkan kedua komponen radiasi matahari yaitu melalui sorotan langsung dan sebaran, tidak memerlukan tracking matahari dan juga karena desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya pembuatan yang murah. Spesifikasi tipe ini dapat dilihat dari absorber-nya yang berupa plat datar yang terbuat dari material dengan konduktivitas termal tinggi, dan dilapisi dengan cat berwarna hitam. Kolektor pelat datar memanfaatkan radiasi matahari langsung dan terpencah, tidak membutuhkan pelacak matahari, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan. Adapun kolektor termal plat datar dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: *solaranlage.de*, 2010

Gambar 2.3 Kolektor Termal Plat Datar

Kolektor surya umumnya memiliki komponen-komponen utama, yaitu:

1. *Cover* berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi menuju lingkungan.
2. *Absorber* berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
3. Kanal berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja.
4. *Isolator* berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan.
5. *Frame* berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor.

2.3.2 Elemen Pemanas atau *Heater*

Elemen pemanas listrik (*Electrical Heating Element*) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikelin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan (Sunandar dkk, 2018). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan daya listrik pada *heater* yaitu:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \dots \dots \dots \text{(Pers.1)}$$

(D.Q, Kern, 1983)

$$P = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots(Pers.2)$$

(D.Q, Kern, 1983)

Dimana:

Q = jumlah kalor (kj)

m = massa bahan (kg)

Cp = panas spesifik bahan (kkal/kg.°C)

 ΔT = perubahan temperature (°C)

P = Daya listrik (watt)

t = waktu (jam)

2.4 *Blower*

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu (Hadinata dkk, 2015). Kipas angin (*fan*) adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Dalam setiap sistem pendingin, yang menggunakan gas sebagai penghantar, kipas angin adalah unit wajib yang menciptakan aliran udara dalam system. Sistem ini dapat dilihat dalam kipas angin sederhana yang digunakan di rumah tangga. Ketika membutuhkan tekanan yang tinggi diperlukan *blower* yang digunakan sebagai pengganti kipas angin. Sehingga, *Fan* dapat menghasilkan aliran gas dengan sedikit tekanan dan volume gas yang lebih besar, sementara *blower* dapat menghasilkan rasio tekanan yang relative lebih tinggi dengan volume aliran gas yang lebih besar (Hadinata dkk, 2015). Adapun jenis-jenis kipas angin (*fan*) antara lain:

1. Berdasarkan pengaturan kecepatannya

Berdasarkan pengaturan kecepatannya, *fan* ada yang memiliki kecepatan sehingga dapat diatur kecepatannya dan ada pula memiliki kecepatan konstan.

2. Berdasarkan desainnya

- a. *Centrifugal fan*

Centrifugal fan adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan udara atau gas lainnya. *Fan* ini menaikkan kecepatan dari aliran udara dengan bagian berputarnya. *Fan* ini memanfaatkan energi kinetic dari kipasnya untuk menaikkan tekanan udara.

b. *Axial fan*

Axial fan memakai gaya poros untuk menggerakkan udara atau gas, berputar dengan poros utama dengan kipas yang dipasang secara tegak lurus dari diameter luar poros. *Axial fan* biasa digunakan pada sistem ventilasi silindrikan pendek, yang aliran masuk dan keluarnya dapat dihubungkan.

3. Berdasarkan Penempatannya

a. *Exhaust fan*

Exhaust fan adalah *fan* yang ditempatkan setelah komponen utamanya sehingga fungsinya untuk menarik udara/gas ke arah komponen tersebut.

b. *Blower fan*

Blower fan adalah *fan* yang ditempatkan sebelum komponen utamanya sehingga fungsinya untuk mendorong udara/gas ke arah komponen tersebut.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik pada *blower* yaitu:

$$\gamma = \rho \cdot g \dots \dots \dots (\text{Pers. 3})$$

(Sularso & Tahara. H, 1983)

$$\Delta P = c \times a \times h \left(\frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{T_1} \right) \dots \dots \dots (\text{Pers. 4})$$

(Sularso & Tahara. H, 1983)

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \times g} \dots \dots \dots (\text{Pers.5})$$

(Sularso & Tahara. H, 1983)

$$P = \gamma \times Q \times H \dots \dots \dots (\text{Pers.6})$$

(Sularso & Tahara. H, 1983)

Dimana:

γ = berat jenis udara (N/s²)

A = luas blower (m²)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

P = daya blower (watt)

g = gaya gravitasi (m/s)

H = head blower (m)

ΔP = tekanan atmosfer (pa)

Q = kapasitas maksimum (m³/s)

2.5 Teori Pendukung

2.5.1 Kadar Air

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan (Setyoko dkk, 2012). Data yang diperoleh dari proses pengeringan biasanya diperoleh sebagai berat total padatan basah, pada waktu yang berbeda (t jam) dalam periode pengeringan. Dalam perhitungan ini berlaku rumus sebagai berikut:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \dots\dots\dots(\text{Pers.7})$$

(Setyoko dkk, 2012)

Dimana:

W = Berat padatan basah (kg)

Xt =Moisture content (kg H₂O/kg)

W_s = Berat padatan kering (kg)

2.5.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefenisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Dalam proses pengeringan terjadi proses perpindahan panas yang terbagi menjadi tiga cara yaitu konduksi (hantaran), konveksi dan radiasi (Geankoplis, 2003).

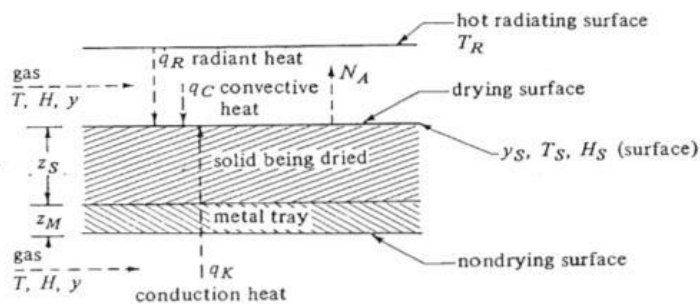


FIGURE 9.8-1. Heat and mass transfer in drying a solid from the top surface.

Sumber: Geankoplis, C. J. 2003

Gambar 2.4 Fenomena Perpindahan panas

1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dengan panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan

energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul –molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan positif relative molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energy kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul di suatu daerah yang berdekatan, sebagaimana diwujudkan oleh adanya beda suhu, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bersuhhu lebih rendah. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi (Buchori, 2004).

Jika media perpindahan panas konduksi berupa cairan, mekanisme perpindahan panas yang terjadi sama dengan konduksi dengan media gas, hanya kecepatan gerak molekul cairan lebih lambat daripada molekul gas. Tetapi jarak antara molekul-molekul pada cairan lebih pendek dari pada jarak antara molekul-molekul pada fase gas. Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah hukum fourier. Hukum fourier dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$q_k = U_k(T - T_s)A \quad \dots\dots\dots \text{(Pers. 8)}$$

(Geankoplis, C.J., 2003)

Dimana:

q_k = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

A = luas dinding (luas perpindahan panas). m^2 (ft^2)

T = Temperatur udara $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

T_s = Temperatur pelat $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

$$U_k = \frac{1}{1/hc + \frac{z_m}{k_m} + \frac{z_s}{k_s}} \quad \dots\dots\dots \text{(Pers. 9)}$$

(Geankoplis, C.J., 2003)

z_m = ketebalan pelat

z_s = ketebalan bahan

k_m = konduktivitas termal pelat

k_s = konduktivitas termal bahan

h_c = koefisien perpindahan panas

2. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas (Geankoplis, 2003).

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya (Geankoplis, 2003).

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara, yaitu:

a. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh: plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

b. Konveksi paksaan (*forced convection*)

Adalah perpindahan panas yang aliran panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh: plat panas dihembus udara dengan kipas/blower.

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum Newton. Hukum Newton dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$q_c = h_c A (T_w - T_s) \dots\dots\dots \text{(Pers. 10)}$$

(Geankoplis, C.J., 2003)

Dimana:

q_c = Laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

T_w = Temperatur udara °C (°F)

- T_s = Temperatur pelat °C (°F)
- A = Luas permukaan, m² (ft²)
- h_c = Koefisien perpindahan panas konveksi

4. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Panas radiasi dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk bak gelombang (kumpulan) energi yang terbatas. Gerakan panas radiasi di dalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Bilamana gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energi diserap di dekat permukaan benda tersebut (Geankoplis, 2003).

Benda yang dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut radiator yang sempurna dan dikenal sebagai benda hitam (*black body*). Sedangkan benda yang tidak dapat memancarkan panas dengan sempurna disebut dengan benda abu-abu (*gray body*). Hukum Stefan-Boltzman dinyatakan dengan:

$$q_R = h_R(T_R - T_s)A \quad \dots\dots\dots \text{(Pers. 11)}$$

(Geankoplis, C.J., 2003)

$$h_R = \sigma \varepsilon \frac{\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_s}{100}\right)^4}{T_R - T_s} \quad \dots\dots\dots \text{(Pers. 12)}$$

(Geankoplis, C.J., 2003)

Dimana:

- q_r = Laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)
- ε = Emisivitas
- T_s = Temperatur Pelat °C (°F)
- T_R = Temperatur Radiasi °C (°F)
- A = Luas permukaan, m² (ft²)
- σ = Konstanta Stefan-Boltzman, $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,1713 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°R}^4$)

2.5.3 Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah nilai yang menyatakan tingkat penggunaan panas yang dipakai dalam proses pengeringan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi

efisiensi antara lain jumlah gas panas masuk, suhu gas panas, banyaknya panas yang hilang (*heat loss*) (Zikri dkk, 2015).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi termal dari *tray dryer*:

$$\eta = \frac{Q_{output} - \text{heat loss}}{Q_{input}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{(Pers. 13)}$$

(Himmelblau 7ed, 2004)

2.6 Ikan Asin Sepat

Salah satu produk pengawetan yang banyak di Indonesia adalah ikan asin. Dalam skala nasional, ikan asin merupakan salah satu produk perikanan yang mempunyai kedudukan paling penting, dapat dilihat bahwa hampir 65% produk perikanan diolah dan diawetkan dengan cara penggaraman (Sirait, 2019; Imbir dkk 2015). Tujuan utama dari penggaraman sama dengan tujuan proses pengawetan atau pengolahan lainnya, yaitu untuk memperpanjang daya tahan dan daya simpan ikan (Sirait, 2019; Adawyah, 2007). Ikan asin atau ikan kering merupakan hasil proses penggaraman dan pengeringan. Ikan ini mempunyai kadar air rendah karena penyerapan oleh garam dan penguapan oleh panas. Beberapa jenis ikan yang biasanya diawetkan menjadi ikan asin atau ikan kering adalah ikan sepat, ikan kakap, tenggiri, tongkol, kembung, layang, teri, petek, mujair, dan lain-lain (Antoni, 2010).

Ikan asin termasuk salah satu jenis makanan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia dan merupakan salah satu unsur penting dalam peningkatan gizi yang relatif murah. Meskipun memiliki gizi yang cukup tinggi, ikan asin sering dianggap makanan masyarakat golongan ekonomi lemah. Tetapi saat ini ikan asin telah diterima oleh masyarakat golongan ekonomi menengah keatas. Bahkan produk-produk ikan asin tertentu dapat dikategorikan sebagai makanan mewah. Ikan hasil pengolahan dan pengawetan umumnya sangat disukai oleh masyarakat karena produk akhirnya mempunyai ciri-ciri khusus yakni perubahan sifat-sifat daging seperti bau (*odour*), rasa (*flavour*), bentuk (*appereance*) dan tekstur (Simanjuntak, 2012). Ada dua cara proses pengawetan ikan menurut produk pengolahan yaitu secara tradisional dan secara modern. Pengawetan ikan secara tradisional yaitu penggaraman, pengeringan, pemindangan pengasapan, peragian

dan pendinginan ikan, sedangkan secara modern yaitu pengalengan pembekuan (Antonin, 2010).

Ikan sepat (*Trichogaster pectoralis*) memiliki ciri-ciri bentuk tubuhnya yaitu tubuhnya pipih, kepalanya mirip dengan ikan gurami muda yaitu lancip. Panjang tubuhnya tidak dapat lebih besar dari 15 cm, permulaan sirip punggung terdapat di atas bagian yang lemah dari sirip dubur. Pada tubuhnya ada dua bulatan hitam, satu di tengah-tengah dan satu di pangkal sirip ekor. Sirip ekor terbagi ke dalam dua lekukan yang dangkal, memiliki permulaan sirip punggung atas yang lemah dari sirip duburnya, bagian kepala dibelakang mata dua kali lebih dari permulaan sirip punggung di atas bagian berjari-jari keras dari sirip dubur (Murjani, 2009).

Ikan sepat rawa merupakan kelompok ikan yang mempunyai pernafasan tambahan berupa tulang tipis yang berlekuk-lekuk seperti buangan karang yang disebut labirin dengan menggunakan dan mengambil oksigen langsung dari udara. Sebagian dapat membangun karang berbusa yang berguna untuk menyimpan telurnya di dalam mulut. Luas permukaan ikan sepat tidak dapat lebih besar dari 25 cm² (Murjani, 2009).

Ikan sepat siam bersifat musiman dan kehidupannya masih liar di alam. Agar ikan sepat selalu ada di pasaran diperlukan adanya pemeliharaan ikan sepat rawa di lingkungan budidaya. Ikan sepat siam terdiri dari berbagai varietas, sehingga diteliti pula varietas mana yang paling baik pertumbuhannya apabila dipelihara di lingkungan budidaya. Ikan sepat siam menyukai rawa-rawa, danau, sungai dan parit-parit yang berair tenang terutama yang banyak ditumbuhi tumbuhan air, juga kerap terbawa oleh banjir dan masuk ke kolam-kolam serta saluran-saluran air hingga ke sawah (Herliwati dan Mirjani, 2012).