

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengeringan

Pengeringan merupakan metode pengawetan alami yang sudah dilakukan dari zaman nenek moyang. Pengeringan tradisional dilakukan dengan memanfaatkan cahaya matahari untuk mengeringkan berbagai macam bahan seperti kulit binatang, dedaunan, dan lain sebagainya. Pengeringan adalah pengurangan kandungan air dari nilai awal ke suatu nilai akhir yang dapat di terima. Kandungan air bahan bermacam-macam tergantung pada tujuan pengeringan bahan tersebut. Pengeringan biasanya merupakan langkah terakhir dalam proses pengolahan sebelum pengemasan, agar menghasilkan bahan lebih cocok untuk penyimpanan.

Proses pengeringan terjadi karena adanya panas yang berpindah dari udara sekitar terhadap permukaan dari bahan yang ingin dikeringkan. Sebagian dari panas yang ada masuk ke dalam bagian bahan sehingga meningkatkan temperatur dan mengurangi kandungan air di dalamnya. Dalam hal ini akan terjadi dua proses secara simultan, yaitu:

- Perpindahan panas udara dari ruang pengering menuju ikan teri.
- Perpindahan massa air dari ikan teri ke udara.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan antaralain: temperatur udara lingkungan, kelembaban, kecepatan aliran udara, luas bidang kontak, tekanan udara dan sifat fisik produk.

Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air suatu bahan agar tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk. Dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Dengan pengeringan kualitas produk dapat dipertahankan terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang dipengaruhi oleh perubahan kadar air, sehingga mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan juga biaya transportasi, selain itu produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru.

2.2. Ikan Teri

Ikan teri adalah sekelompok ikan laut kecil anggota keluarga *Engraulidae*. Nama ini mencakup berbagai ikan dengan warna tubuh perak kehijauan atau kebiruan. Ikan teri mempunyai ukuran kecil dengan panjang sekitar 6-9 cm, namun ada pula yang mempunyai ukuran relatif panjang hingga mencapai 17,5 cm. Ikan teri mempunyai ciri-ciri antara lain bentuk tubuhnya panjang, disamping tubuhnya terdapat selempeng putih keperakan memanjang dari kepala sampai ekor. Gigi-giginya terdapat pada rahang, langit-langit dari pelatin dan mempunyai lidah seperti pada Gambar 2 (hesti-myworkofart.blogspot.com).

Ikan teri tersebar hampir di seluruh perairan Indonesia, namun ikan teri lebih banyak dijumpai di Samudera Hindia. Ikan Teri merupakan jenis ikan yang

hidup bergerombol hingga mencapai ribuan ekor. Ikan teri bagus untuk kesehatan karena ikan teri adalah salah satu sumber protein hewani yang potensial, kandungan protein dari ikan teri cukup tinggi yaitu sebesar 10,3 gram dari 100 gram ikan teri seperti yang terlihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Ikan teri (hesti-myworkofart.blogspot.com)

Tabel 1. Komposisi nilai gizi ikan teri (*Stolephorus sp.*) per 100 gram.

Kandungan Gizi	Nilai	Satuan
Energi	70,2	Kal
Protein	10,3	g
Lemak	1,4	g
Kadar abu	4,2	g
Hidrat arang total	4,1	g
Kalsium	972,0	mg
Fosfor	253,0	mg
Besi	3,9	mg
Karotin total	28,0	mg
Vitamin A	42,0	SI
Vitamin B ₁	0,24	mg
Air	80,0	g

Sumber : Direktorat bina gizi masyarakat dan pusat penelitian dan pengembangan gizi

Ikan teri yang dikeringkan adalah ikan teri yang direbus terlebih dahulu menggunakan air garam. Kadar air awal ikan yaitu 69% berdasarkan pengujian sampel di Laboratorium Pengolahan Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Selama pengeringan kadar air akan diturunkan menjadi kurang dari 40%. Nilai tersebut merupakan kadar air maksimum untuk standar ikan teri kering (SNI) 01-2721-1992.

2.3. Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) ialah perpindahan energi dari medium ke medium lain yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas terjadi dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Berdasarkan jenis media perpindahannya, perpindahan panas terbagi menjadi tiga jenis yaitu:

2.3.1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas yang merambat melalui media tetap seperti logam, kaca dan lain-lain. Di dalam benda-benda padat perpindahan panas timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan lebih aktif, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang berada di dekatnya. Persamaan 2.1 merupakan persamaan dasar dari perpindahan panas konduksi.

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.1)$$

Dimana,

k = Konduktivitas termal (W/m.K)

A = Luas penampang (m^2)

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \text{gradien suhu}$$

Setiap benda mempunyai kemampuan daya hantar panas yang ditentukan oleh konduktifitas termal dari benda tersebut. Semakin tinggi nilai konduktifitas termal suatu benda maka semakin baik daya hantar panasnya dan sebaliknya, semakin kecil nilai konduktifitas termalnya maka semakin buruk daya hantar panas suatu benda. Konduktifitas termal merupakan parameter yang digunakan untuk menggunakan suatu material dalam rancangan suatu alat. Material dengan konduktifitas termal rendah cocok digunakan sebagai isolator atau penghambat panas, sedangkan konduktifitas termal yang tinggi baik digunakan untuk konduktor.

2.3.2. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan energi yang dapat dilakukan tanpa media perantara yang terjadi melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Radiasi adalah proses dimana 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. Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus menerus. Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Perbedaan antara radiasi cahaya dan radiasi termal hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing.

2.3.3. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan energi dengan media perpindahannya ikut berpindah. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cairan atau gas. Perpindahan panas secara konveksi diklasifikasikan menurut cara menggerakkan alirannya dalam konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila perpindahan berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka disebut konveksi bebas atau alamiah (*natural*). Bila perpindahan disebabkan oleh suatu alat dari luar seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

Pada proses pengeringan menggunakan alat pengering hibrida cenderung terjadi perpindahan panas secara konveksi. Pada udara yang mengalir dalam ruang pengering hasil pertanian yang telah dipanasi secara konveksi, maka akan terjadi perpindahan panas antara udara tersebut dengan hasil pertanian akibat adanya perbedaan temperatur.

Perpindahan panas konveksi dapat diperoleh secara eksperimental diilustrasikan pada Gambar 3, dimana temperatur permukaan di pertahankan lebih besar dari temperatur lingkungan, sehingga terjadi perpindahan panas konveksi dari permukaan plat ke udara yang melaluinya. Dengan mencari nilai koefisien konveksi (h) menggunakan persamaan berikut,

$$\text{Re}_L = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (2.2)$$

$$\text{Nu}_L = \frac{hL}{k} = C \text{Re}_L^m \text{Pr}^{1/3} \quad (2.3)$$

Maka nilai energi berupa panas dapat dihitung menggunakan persamaan (Incropera, 2007),

$$q = h \times A \times (\Delta T) \quad (2.4)$$

Dimana,

Nu_L = Bilangan Nusselt

Re_L = Bilangan *Reynold*

C = Konstanta bilangan Nusselt

Pr = Bilangan *Prandl*

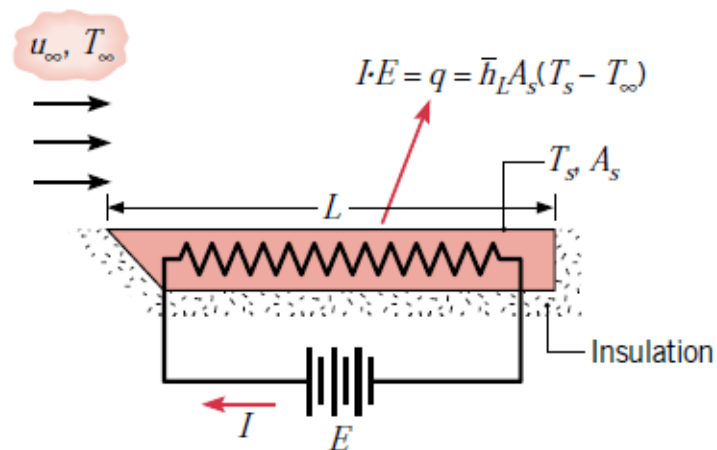
V = Kecepatan (m/s)

L = Panjang daerah perpindahan panas (m)

μ = Viskositas (kg/s.m)

A = Luas penampang (m^2)

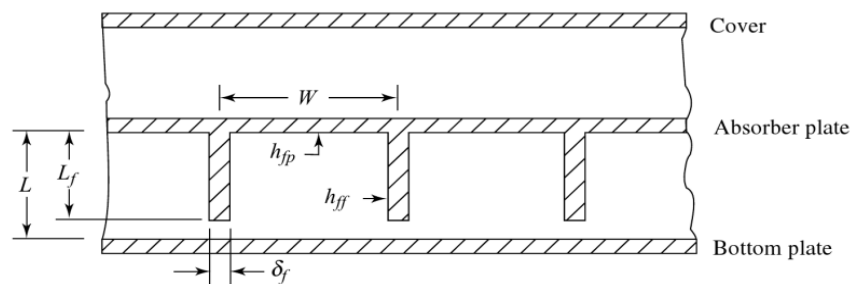
h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)



Gambar 3. Percobaan untuk mengukur rata-rata konveksi panas koefisien perpindahan (Incropera, 2007).

2.4. Kolektor Surya

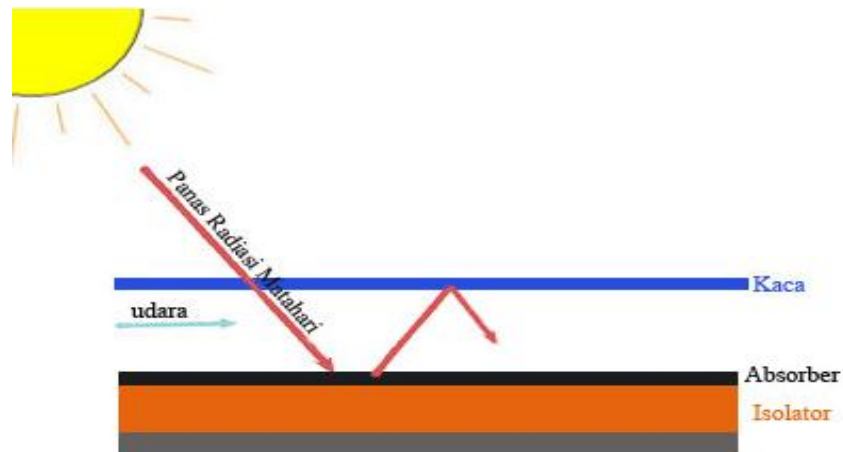
Kolektor surya merupakan suatu alat yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian kecil cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Luas permukaan kolektor surya antara satu sampai dua meter persegi dan konstruksi serta ukuran yang digunakan hampir menyerupai kolektor surya plat datar aliran *liquid*. Bentuk dan bagian-bagian dalam kolektor surya digambarkan pada Gambar 4 (Sukhatme, 1996).



Gambar 4. Kolektor surya pelat datar bersirip longitudinal (Sukhatme, 1996).

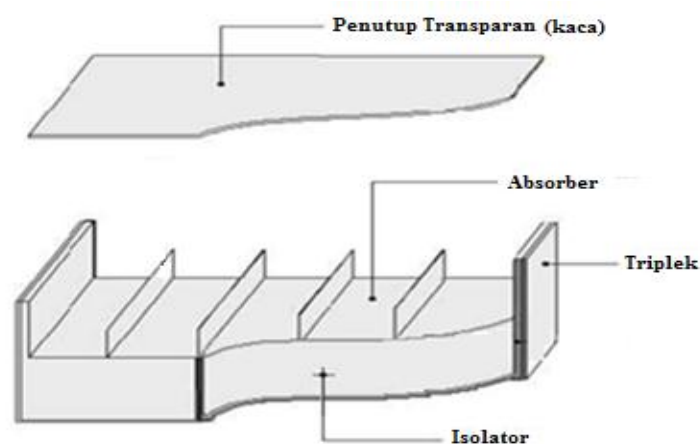
Kolektor surya mempunyai tiga komponen penting yaitu :

1. Penutup transparan, dimana panas matahari dapat masuk dan akan tertahan di dalam seperti halnya efek rumah kaca. Seperti pada Gambar 5, panas radiasi matahari diserap oleh absorber yang merupakan plat aluminium berwarna hitam, sebagian panas akan di pancarkan kesegala arah, karena itu untuk mengurangi daya pancar tersebut ke lingkungan perlu penutup transparan pada kolektor.



Gambar 5. Radiasi matahari pada kolektor surya (Ismantoalpha.blogspot.com).

2. *Absorber* adalah bagian kolektor yang berfungsi untuk menyerap dan panas matahari. *Absorber* ini diberi warna hitam agar memaksimalkan penyerapan panas. *Absorber* kolektor surya di pilih material yang memiliki konduktifitas yang tinggi agar menghasilkan panas yang baik.
3. Isolator atau penyekat panas digunakan untuk menyekat panas agar panas tidak menyebar keluar kolektor. Penyekat panas (isolator) harus terbuat dari bahan yang dengan nilai konduktivitas termal yang rendah.



Gambar 6. Komponen kolektor surya (I Gst. Ketut Sukadana, 2010).

Gambar 6 menunjukkan tiga komponen utama kolektor surya, jika salah satunya tidak bekerja dengan baik maka akan menyebabkan kolektor tidak berfungsi dengan efektif. Pada komponen pengumpul panas (*absorber*) harus memiliki sifat penghantar (*transmissivity*) yang rendah dan harus memiliki sifat serap (*absorbitivity*) yang tinggi (www.Dunia sekitar kita Kolektor Surya.com).

2.5. Penukar Panas

Penukar panas (*heat exchanger*) adalah alat yang digunakan untuk mempertukarkan panas secara kontinue dari suatu medium ke medium lainnya dengan membawa energi panas. Suatu *heat exchanger* terdiri dari elemen penukar panas yang disebut sebagai inti atau *matrix* yang berisikan di dinding penukar panas, dan elemen distribusi fluida seperti tangki, *nozle* masukan, *nozle* keluaran, pipa-pipa, dan lain-lain. Biasanya, tidak ada pergerakan pada bagian-bagian dalam *heat exchanger*. Namun, ada pengecualian untuk *regenerator rotary* dimana matriksnya digerakan berputar dengan kecepatan yang dirancang. Dinding permukaan *heat exchanger* adalah bagian yang bersinggungan langsung dengan fluida yang mentransfer panasnya secara konduksi (T. Kuppan, 2000).

Perpindahan panas *heat exchanger* didominasi oleh konveksi dan konduksi dari fluida panas ke fluida dingin, dimana keduanya dipisahkan oleh dinding. Perpindahan panas secara konveksi sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri *heat exchanger* dan tiga bilangan tak berdimensi, yaitu bilangan Reynold, bilangan Nusselt dan bilangan Prandtl fluida. Besar konveksi yang terjadi dalam suatu *double-pipe heat exchanger* akan berbeda dengan *cross-flow heat exchanger* atau

compact heat exchanger atau *plate heat exchanger* untuk berbeda temperatur yang sama (Cengel,1992).

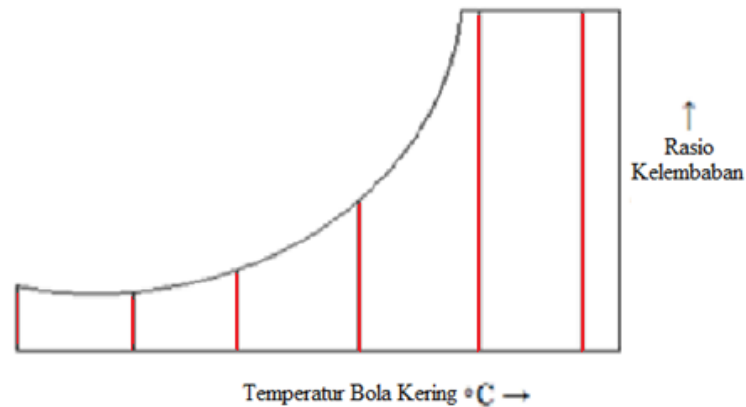
Salah satu *heat exchanger* yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah *heat exchanger* dengan tipe *single row-fin tube* yaitu radiator. Radiator ini akan dimanfaatkan sebagai penghasil udara panas untuk proses pengeringan. Panas yang dibawa udara didapat dari air panas yang mengalir di dalam radiator tersebut.

2.6. Bagan Psikometrik (*Psychrometric Chart*)

Psikrometrik merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dengan uap air karena kondisi udara di atmosfer tidak benar-benar kering. Bagan psikometrik sangat berguna dalam menentukan sifat-sifat udara pada proses pengeringan. Dalam pembacaannya perlu diketahui dua atau lebih parameter yang digunakan sebagai acuan sehingga dapat diketahui parameter lainnya yang ingin diketahui. Adapun hal-hal yang berhubungan dengan bagan psikometrik yaitu:

2.6.1. Temperatur Bola Kering

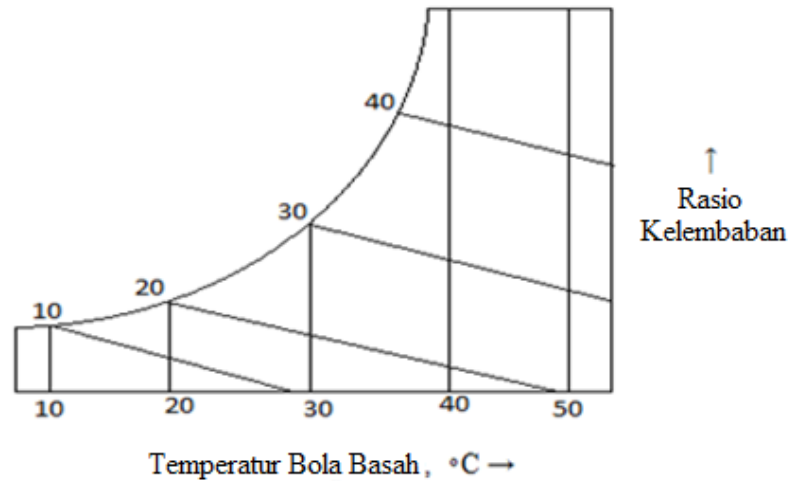
Merupakan temperatur udara dalam keadaan kering tanpa dipengaruhi oleh kelembaban. Temperatur bola kering dapat diukur dengan menggunakan termometer biasa yang banyak dijual di pasar. Pada Gambar 7 dapat dilihat garis vertikal yang berwarna merah menunjukkan nilai dari temperatur bola kering.



Gambar 7. Diagram temperatur bola kering.

2.6.2. Temperatur Bola Basah

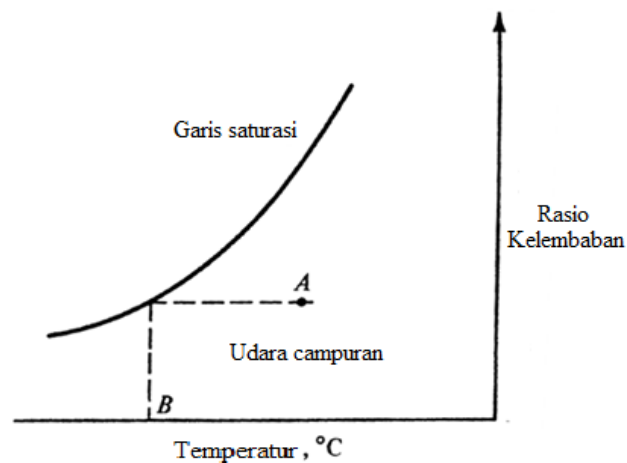
Temperatur bola basah adalah temperatur adiabatik yang jenuh dan merupakan temperatur yang ditunjukkan oleh termometer bola basah. Penguapan adiabatik dari air pada termometer dan akibat terlepasnya kalor ke udara maka terjadi pendinginan yang ditunjukkan untuk membaca bahwa suhu lebih basah dibanding dari suhu kering di udara. Tingkat penguapan dari kain kasa yang basah pada termometer dan perbedaan antara suhu bola kering dan suhu bola basah tergantung pada kelembaban udara. Penguapan berkurang ketika udara mengandung uap air lebih banyak. Suhu bola basah selalu lebih rendah dibanding suhu bola kering, namun akan identik dengan kelembaban relatif 100% dimana suhu udara berada pada titik jenuh. Pada Gambar 8 dimana hubungan antara temperatur bola basah dengan kelembaban relatif 100%.



Gambar 8. Diagram temperatur bola basah.

2.6.3. Temperatur Titik Embun

Temperatur titik embun adalah temperatur dimana terjadi kondensasi ketika udara didinginkan pada rasio kelembaban dan tekanan konstan. Udara pada kondisi mengembun menandakan bahwa udara tersebut sudah jenuh yaitu dengan kelembaban relatif 100%.



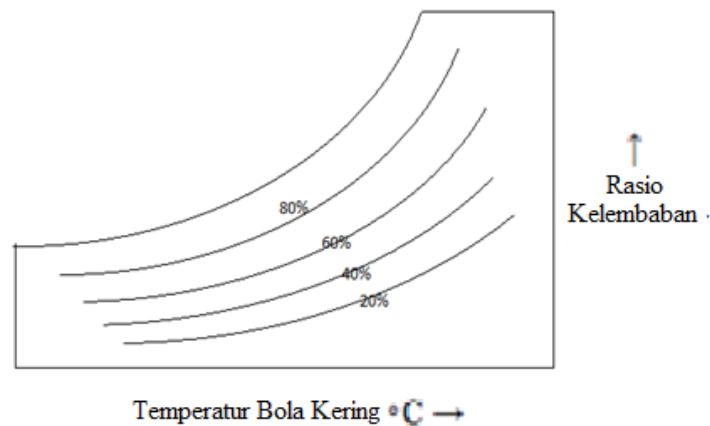
Gambar 9. Proses pengembunan.

Pada Gambar 9 menjelaskan bahwa jika Titik A merupakan keadaan suatu campuran udara (udara kering dengan uap air), agar terjadi pengembunan maka

suhu campuran tersebut harus diturunkan hingga suhu B. Udara pada Titik A dikatakan mempunyai suhu titik embun di Titik B.

2.6.4. Rasio Kelembaban

Rasio kelembaban adalah berat atau masa air yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering, hal ini dapat dilihat pada Gambar 10 hubungan antara rasio kelembaban dengan kelembaban relatif.



Gambar 10. Diagram kelembaban relatif udara.

Selain dengan bagan psikometrik, rasio kelembaban juga dapat diketahui dengan menggunakan persamaan,

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \quad (\text{kg kandungan air/kg udara kering}) \quad (2.5)$$

$$\omega = \frac{0,622P_v}{P - P_v} \quad (\text{kg kandungan air/kg udara kering}) \quad (2.6)$$

Dimana P adalah tekanan total. Sehingga kita dapat menentukan kelembaban relatif (ϕ) dengan (Cengel, 1992):

$$\phi = \frac{\omega P}{(0,622 + \omega)P_g} \quad (2.7)$$

Dimana,

m_v = Berat kandungan air (kg)

m_a = Berat udara kering (kg)

P_v = Tekanan uap

P_g = Tekanan saturated

2.6.5. Udara Lembab

Udara lembab merupakan campuran udara kering dengan uap air dimana kandungan uap air di bawah 100%. Jumlah uap air yang terkandung di dalam udara sangat tergantung dengan tekanan serta temperatur uap air dan udara.

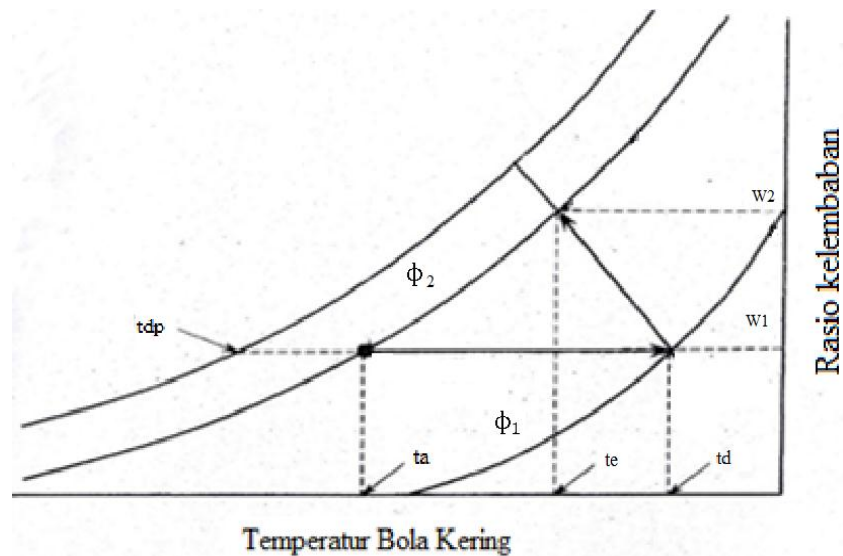
2.6.6. Udara Jenuh

Udara jenuh merupakan campuran udara kering dengan uap air dimana jumlah uap air di dalam udara sudah maksimal. Pada kondisi ini udara sudah tidak mampu lagi menampung uap air. Setiap penurunan temperatur maupun kenaikan tekanan akan menyebabkan uap air di udara terkondensasi menjadi air. Hal tersebut dikarenakan udara dikatakan gas ideal dimana temperturnya lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur jenuhnya, sedangkan uap air dianggap ideal karena tekanannya lebih rendah dibandingkan tekanan jenuhnya.

2.7. Proses Yang Terjadi Selama Proses Pengeringan

Proses pengeringan yang terjadi berlangsung secara adiabatik dengan pengertian bahwa panas yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air pada ikan teri berasal dari udara panas di dalam alat pengering saja. Gambar 11

menjelaskan kondisi awal dengan temperatur lingkungan t_a (*ambient temperature*) dan temperatur titik embun t_{db} (*dewpoint temperature*) dipanaskan hingga mencapai temperatur udara pengering t_d (*dry temperature*) yang memiliki kelembaban relatif ϕ_1 dan rasio kelembaban W_1 .



Gambar 11. Diagram proses pengeringan adiabatik.

Selama proses pemanasan berlangsung, perubahan temperatur udara diasumsikan terjadi tanpa mengalami perubahan kandungan air pada ikan teri. Udara akan mempertahankan rasio kelembaban pada nilai yang konstan. Saat udara panas melalui ikan teri maka udara panas akan memberikan panas laten untuk proses penguapan air dalam ikan teri. Pada saat air keluar dari ikan teri, temperatur turun menjadi t_e dan kelembaban udara relatif udara naik menjadi ϕ_2 dan mempunyai rasio kelembaban W_2 . Untuk menghitung jumlah air yang diuapkan tiap kilogram udara kering adalah dengan mengurang rasio kelembaban W_2 dikurang dengan rasio kelembaban W_1 .

2.8. Analisa Kadar Air

Dalam menganalisa kadar air perlu dilakukan pengujian laboratorium ataupun juga bisa dilakukan secara perhitungan dengan rumus, yaitu:

2.8.1. Jumlah Air Yang Diuapkan

Udara yang telah dipanaskan keluar dari saluran udara dan masuk ke dalam ruang pengering untuk menguapkan kandungan air pada ikan. Berkurangnya kandungan air ikan teri pada ruang pengering yang diakibatkan oleh udara panas akan menentukan hasil dari proses pengeringan. Adapun kandungan air yang diuapkan (m_w) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Schumacher. 1998) :

$$m_w = \frac{w_1(m_{C1} - m_{C2})}{100\% - m_{C2}} \quad (2.8)$$

Dimana,

w_1 = Berat ikan teri yang dikeringkan

m_{C1} = Kadar air awal

m_{C2} = Kadar air akhir

2.8.2. Kadar Air Dari Ikan Teri

Menghitung kadar air ikan teri kering dengan menggunakan persamaan berikut ini (Farel H, 2012),

$$W_f = \frac{W_{tk} - W_{to}}{W_{tk}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Berat air teri awal (W_i),

$$W_i = W_{tb} - W_{tk} \quad (2.10)$$

Berat kandungan air ikan akhir (W_f),

$$W_f = W_{tk} \times KadarAir_{Akhir} \quad (2.11)$$

Berat air yang dipindahkan selama proses pengeringan (W_r), Kg

$$W_r = W_i - W_f \quad (2.12)$$

Dimana,

W_{tk} = Berat teri kering (kg)

W_{tb} = Berat teri basah (kg)

W_{to} = Berat teri dengankadar air 0 % (kg)

2.9. Analisa Energi Untuk Proses Pengeringan Ikan Teri

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan yang membutuhkan energi yang cukup dan udara tak jenuh. Untuk mengetahui energi pada proses pengeringan dapat dihitung dengan persamaan-persamaan yang ada.

2.9.1. Energi Berguna

Untuk menghitung kebutuhan energi selama proses pengeringan (Q_d) dapat diperoleh melalui metode neraca kesetimbangan energi. Pada prinsipnya energi yang dibutuhkan pada proses pengeringan digunakan untuk pemanasan bahan (Q_t), pemanasan kandungan air (Q_w) dan untuk menguapkan air dalam bahan (Q_l) (Farel H, 2012).

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_l \quad (2.13)$$

Energi untuk pemanasan teri (Q_t),

$$Q_t = W_{tk} \times c_{pTeri} \times (T_d - T_a) \quad (2.14)$$

Energi pemanasan kandungan air teri (Q_w),

$$Q_w = W_i \times c_{pAir} \times (T_d - T_a) \quad (2.15)$$

Energi penguapan air teri

$$Q_l = W_r \times h_{fg} @T \quad (2.16)$$

Dimana,

Q_t = Energi untuk pemanasan bahan (kJ)

Q_w = Energi pemanasan kandungan air teri

Q_l = Energi untuk menguapkan air dalam teri

c_p = Panas jenis (kJ/kg. K)

h_{fg} = *Enthalpy* (Tabel A - 4)

T_a = Temperatur awal teri (°C)

T_d = Temperatur rata rata udara pengeringan (°C)

2.9.2. Energi Masuk Ruang Pengering (Q_{in})

Energi yang masuk ke ruang pengering berasal dari udara yang membawa panas secara konveksi dari radiator atau kolektor. Besar energi yang masuk ke ruang pengering dapat diketahui dengan persamaan 2.17.

$$Q_{in} = \dot{m} \times C_{pUdara} \times \Delta T \quad (2.17)$$

Dimana,

$$\dot{m} = \rho \times v \times A \quad (2.18)$$

\dot{m} = Laju aliran masa

ρ = Masa jenis (*Density*)

ΔT = Perbedaan temperatur

2.9.3. Efisiensi Ruang Pengering

Efisiensi ruang pengering didefinisikan sebagai perbandingan yang dibutuhkan untuk mengeringkan ikan dengan energi total yang masuk ke dalam ruang pengering.

$$\eta = \frac{Q_d}{Q_{in}} \quad (2.19)$$