

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu cara dalam teknologi pangan yang dilakukan dengan tujuan pengawetan untuk mengeluarkan kandungan air yang terdapat dalam satu bahan (Trayball E. Robert, 1981). Manfaat lain dari pengeringan adalah memperkecil volume dan berat bahan dibanding kondisi awal sebelum pengeringan, sehingga akan menghemat ruang.

Proses pengeringan dipengaruhi oleh suhu, tekanan, kelembaban udara lingkungan, kecepatan aliran udara pengering, kandungan air yang diinginkan, energi pengering, dan kapasitas pengering. Pengeringan yang terlampau cepat dapat merusak bahan, oleh karena permukaan bahan terlalu cepat kering sehingga kurang bisa diimbangi dengan kecepatan gerakan air di dalam bahan yang menuju permukaan bahan tersebut. Adanya pengeringan cepat menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan, selanjutnya air di dalam bahan tersebut tidak dapat lagi menguap karena terhambat.

Dalam pengeringan, keseimbangan kadar air menentukan batas akhir dari proses pengeringan. Kelembaban udara nisbi serta suhu udara pada bahan kering biasanya mempengaruhi keseimbangan kadar air. Pada saat kadar air seimbang, penguapan air pada bahan akan terhenti dan jumlah molekul - molekul air yang akan diuapkan sama dengan jumlah molekul air yang diserap oleh permukaan bahan.

Laju pengeringan sangat bergantung pada perbedaan antara kadar air bahan dengan kadar air keseimbangan. 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. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan pangan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan pangan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, udara di sekitar bahan pangan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan pangan yang memperlambat proses pengeringan.

2.1.1 Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering berupa panas. Adapun peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan adalah :

a. Proses pemindahan panas

Proses pemindahan panas yaitu proses yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang dialirkan akan meningkatkan suhu bahan. Perpindahan panas/energi dari lingkungan ini dapat berlangsung secara konduksi, konveksi, radiasi, atau kombinasi dari ketiganya. Proses ini dipengaruhi oleh temperatur, kelembapan, laju dan arah aliran udara, bentuk fisik padatan, luas permukaan kontak dengan udara dan tekanan. Proses ini merupakan proses penting selama tahap awal pengeringan ketika air tidak terikat dihilangkan. Penguapan yang terjadi pada permukaan padatan dikendalikan oleh peristiwa difusi uap dari permukaan padatan ke lingkungan melalui lapisan film tipis udara

b. Proses pemindahan massa

Ketika terjadi penguapan pada permukaan padatan, terjadi perbedaan temperatur sehingga air mengalir dari bagian dalam benda padat menuju ke permukaan benda padat. Struktur benda padat tersebut akan menentukan mekanisme aliran internal air.

Pada proses pengeringan berlaku dua proses yaitu : pada permulaan proses, air di permukaan bahan akan diuapkan seperti yang digambarkan pada kurva pengeringan yang berkemiringan rendah kemudian barulah berlaku proses pemindahan air dari bagian bahan dalam ke permukaannya sampai air yang terikat saja di dalam bahan.

2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Pengeringan

Faktor-faktor utama yang dapat mempengaruhi kecepatan pengeringan dari suatu bahan pangan adalah :

- a. Sifat fisik dan kimia produk, seperti bentuk, ukuran, komposisi dan kadar air.
- b. Pengaturan geometris produk sehubungan dengan permukaan alat atau media perantara pemindahan panas, seperti nampan atau pengering.
- c. Sifat fisik dari lingkungan alat pengering seperti suhu, kelembaban dan kecepatan udara.
- d. Karakteristik alat pengering seperti efisiensi perpindahan panas.

2.1.3 Klasifikasi Pengeringan

Ditinjau dari pergerakan bahan padatnya, pengeringan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengeringan batch dan pengeringan kontinyu.

Pengeringan batch adalah pengeringan dimana bahan yang dikeringkan dimasukkan ke dalam alat pengering dan didiamkan selama waktu yang ditentukan. Sedangkan pengeringan kontinyu adalah pengeringan dimana bahan basah masuk secara sinambung dan bahan kering keluar secara sinambung dari alat pengering. Lalu berdasarkan kondisi fisik yang digunakan untuk memberikan panas pada sistem pengeringan maka proses pengeringan dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

- a. Pengeringan kontak langsung atau penjemuran (*Sun Drying*)

Penjemuran merupakan pengeringan alamiah dengan menggunakan sinar matahari langsung sebagai energi panas. Pengeringan secara penjemuran memerlukan tempat yang luas, wadah penjemuran yang luas serta waktu yang lama dan mutu yang sangat bergantung dengan cuaca tetapi biaya yang dikeluarkan lebih sedikit. Hasil yang diperoleh seringkali mengalami kerusakan oleh mikrobia dan lalat karena factor lama penjemuran.

- b. Pengeringan Buatan (*Artificial Drying*)

Pengeringan buatan atau sering disebut pengeringan mekanis merupakan pengeringan dengan menggunakan alat pengering. Tinggi rendahnya suhu, kelembaban udara, kecepatan pengaliran udara dan waktu pengeringan dapat diatur sesuai dengan komoditi yang dikeringkan.

Pengawasan yang tidak tepat dari faktor diatas dapat menyebabkan *case hardening* yaitu suatu keadaan dimana bagian permukaan bahan telah sangat

kering sedangkan bagian dalam bahan masih basah. Hal ini terjadi apabila penguapan air pada permukaan bahan jauh lebih cepat daripada difusi air dari dalam bahan menuju permukaan.

Jenis pengeringan pengering buatan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

– Pengeringan Adiabatik

Merupakan pengeringan dimana panas dibawa ke alat pengering oleh udara panas. Udara yang telah dipanaskan memberi panas pada bahan pangan yang akan dikeringkan. Alat pengering yang termasuk kelompok ini antara lain;

- Pengering Rak (*Tray Dryer*)

Pengering ini terdiri dari suatu ruangan dimana rak-rak untuk produk yang dikeringkan dapat diletakkan didalamnya. Didalam pengering yang berukuran besar, rak-rak pengering disusun diatas kereta untuk mempermudah penanganannya dalam unit yang berukuran kecil, rak-rak pengering dapat disusun diatas suatu penyangga yang tetap didalam pengering tersebut. Udara dihembuskan dengan menggunakan kipas angin melalui suatu pemanas dan kemudian menembus rak-rak pengering yang berisi bahan. Pada umumnya pengering ini digunakan untuk penelitian dehidrasi sayuran dan buah-buahan dalam laboratorium.

- Pengering Berputar (*Rotary Dryer*)

Pengering ini berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. Pada dasarnya metode pengeringan tipe *rotary* ini dilakukan dengan pemberian panas yang relatif konstan terhadap bahan pangan atau biji-bijian. Pada alat *rotary dryer* terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum. Pengeringan ini dilakukan berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan namun pada seluruh bagian sehingga pengeringan akan lebih merata.

– Pengeringan isotermis

Merupakan pengeringan yang didasarkan atas adanya kontak langsung antara bahan pangan dengan lembaran logam yang panas. Pengering

yang termasuk kelompok ini ialah; *drum dryer*, *shelf dryer*, dan *continous vacuum dryer*.

c. Pengeringan Secara Pembekuan (*Freeze Drying*)

Pada pengeringan ini digunakan prinsip sublimasi, dimana bahan pangan dibekukan terlebih dulu dan air dikeluarkan dari bahan secara sublimasi dalam kondisi tekanan vakum. Jadi langsung dari bentuk padat menjadi gas atau uap, dan proses ini dilakukan dalam vakum (tekanan < 4 mmHg). Suhu yang digunakan pada sistem ini adalah sekitar (-10°C), sehingga kemungkinan kerusakan kimiawi maupun mikrobiologis dapat dihindari. Hal ini menyebabkan hasil mempunyai citarasa tetap dan rehidrasi yang baik.

2.2 Energi Surya

Sumber energi berjumlah besar dan kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi surya dan energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari. Energi surya sangat aktif karena tidak bersifat polutif dan tidak dapat habis. Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia.

Energi surya sangat berpotensi untuk dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan energi surya ini dapat dilakukan secara termal maupun melalui energi listrik. Pemanfaatan secara termal dapat dilakukan secara langsung dengan membiarkan objek pada radiasi matahari, atau menggunakan peralatan yang mencakup kolektor dan konsentrator surya. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan.

Setiap menit matahari meradiasikan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Energi matahari persatuan luas pada jarak jauh dari permukaan bola dengan matahari sebagai pusat bulatan dan jari-jari bulatan 150 juta Km (jarak rata-rata bumi dengan matahari) adalah:

$$S = \frac{56 \times 10^{26} \text{ kal.menit}^{-1}}{4 \pi (15 \times 10^{12})^2}$$

$$= 2,0 \text{ kal.cm}^{-2} \text{ menit}^{-1} \text{ (pembulatan)} = \text{Langley menit}^{-1}$$

$$S = 2,0 \text{ Ly menit}^{-1}, \text{ yang disebut konstana matahari}$$

Energi matahari yang diterima bumi dengan jari-jari 6370 km adalah :

$$\begin{aligned} E_b &= a^2 S \\ &= 3,14 \times (637 \times 10^6 \text{ cm})^2 \times 2 \text{ kal cm}^{-2} \text{ menit}^{-1} \\ &= 2,55 \times 10^{18} \text{ kal.menit}^{-1} \\ &= 3,67 \times 10^{21} \text{ kal/hari} \end{aligned}$$

2.2.1 Sel Surya Photovoltaik

Sel surya photovoltaik adalah suatu perangkat yang mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Sistem sel photovoltaik pada dasarnya terdiri dari *pn junction* atau ikatan antara sisi positif dan negatif di dalam sebuah semikonduktor. Sederhananya, ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dibawa oleh sinar matahari ini akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian dioda p ke n dan untuk selanjutnya mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke sel.



Gambar 1. Sel Surya Photovoltaik

(Sumber: *solaranlage.de*, 2010)

Tegangan listrik yang dikeluarkan panel sel surya umumnya beraliran DC. Jumlah dan kapasitas panel yang dibutuhkan pada suatu aplikasi tergantung pada beban alat listrik dan intensitas sinar matahari. Standar panel surya yang terdapat

di pasar umumnya berkapasitas puluhan sampai dengan ratusan watt (misalnya, 20W, 40W, 80W, 100W, 120W dan seterusnya). Sistem photovoltaik bekerja dengan sistem efek photovoltaik. Efek Photovoltaik merupakan fenomena fisika dimana energi cahaya datang, yang mengenai permukaan sel surya akan diubah menjadi energi listrik. Arus listrik dapat timbul, karena energi foton cahaya datang berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semi-konduktor tipe n dan tipe p untuk dapat mengalir.

Adapun komponen-komponen dari sel surya adalah sebagai berikut :

1. Substrat/ *metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktivitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti Cu_2O (copper oxide).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n

junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan anti reflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / *cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.2.2 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.

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.



Gambar 2. Kolektor Termal Plat Datar

(Sumber: *solaranlage.de*, 2010)

Kolektor surya tipe plat datar adalah tipe kolektor surya yang dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana. Kolektor surya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir ke dalamnya dengan mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi panas. Fluida yang dipanaskan berupa cairan minyak , oli, dan udara kolektor surya plat datar mempunyai temperatur keluaran dibawah 95°C . dalam aplikasinya kolektor plat datar digunakan untuk memanaskan udara dan air.

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.

Tipe ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur di bawah 100°C . 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 terpencar (beam dan diffuse), tidak membutuhkan pelacak matahari, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan.

Plat Aluminium adalah bahan logam berbentuk lembaran ringan yang kuat, plat aluminium memiliki sifat yang tahan terhadap segala cuaca, tidak mudah terbakar, tahan terhadap karat mudah dibentuk serta memancarkan estetika sedap dipandang. Karena sifat, keunggulan serta harganya yang lebih murah dibandingkan dengan Stainless Steel, plat Aluminium menjadi material pilihan dibanyak bidang industri. Aluminium terdapat dua macam yaitu : Aluminium tuang yang mempunyai kekuatan tarik sebesar 10 kg/mm² dengan regangannya 18 – 25%. dan Aluminium tempa yang mempunyai kekuatan tarik sebesar 18 – 28 kg/mm² dengan regangannya 3 – 5%. Aluminium tahan terhadap udara akan tetapi tidak tahan terhadap bahan-bahan alkalis seperti sabun atau soda dan juga tidak tahan asam, selain asam sendawa (*salpeterzuur*) dan asam-asam organik yang telah dilunakkan.

Aluminium merupakan konduktor listrik dan panas yang baik, aluminium digunakan dalam banyak hal. Untuk itu penggunaan plat aluminium seperti *name plate* atau *label*, merek mesin, merek perusahaan dan lain-lain (biasanya untuk kebutuhan iklan atau reklame) plat aluminium memerlukan perlakuan khusus seperti proses *anodizing* agar tidak menghantarkan listrik yang kemudiannya dapat dipanaskan agar tahan terhadap panas air maupun panas udara sehingga tidak merubah desain yang memerlukan tinta.

Ukuran plat aluminium standar pabrik antara lain 100 cm x 200 cm, 120 cm x 240 cm dan 122 cm x 244 cm, adapun standar ketebalannya antara 0,3 mm s/d 5,0 mm.

2.3 Jenis –jenis Perpindahan Panas

Kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi kebenda lain dengan temperatur yang lebih rendah. Bagaimanapun, fluida kalor tidak pernah dideteksi. Kemudian diabad ke 19 ditemukan bahwa berbagai

fenomena yang berhubungan dengan kerja dan energi. Pertama kita lihat bahwa suatu satuan yang umum untuk kalor, yang masih digunakan sekarang dinamakan kalori. Satuan ini disebut kalori (kal) dan didefinisikan sebagai kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air sebesar 1 derajat celcius.

Jika kalor diberikan pada suatu benda maka temperaturnya naik. Pada abad ke 18, orang-orang yang melakukan percobaan telah melihat bahwa besar kalor Q yang dibutuhkan untuk merubah temperatur zat tertentu sebanding dengan massa m zat tersebut dan dengan perubahan temperatur ΔT . Kesederhanaan alam yang menakjubkan ini dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q = m c T$$

Keterangan:

Q = kalor

m = massa zat

T = perubahan temperatur

c = kalor jenis

Perpindahan panas dapat didefenisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah – daerah tersebut. Kepustakaan perpindahan panas pada umumnya mengenal tiga cara perpindahan panas yang berbeda: radiasi (*radiation*), konduksi (*conduction*; juga dikenal dengan istilah hantaran), dan konveksi (*convection*; juga dikenal dengan istilah ilian).

2.3 1 Radiasi

Jika suatu benda ditempatkan di dalam sebuah ruangan, dan suhu dinding – dinding ruangan lebih rendah dari pada suhu benda maka suhu benda tersebut akan turun sekalipun ruangan tersebut ruang hampa. Proses dengan perpindahan panas dari suatu benda terjadi berdasarkan suhunya tanpa bantuan dari suatu zat antara (medium) disebut radiasi termal. Defenisi lain dari radiasi termal ialah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya.

Radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik atau paket-paket energi (*photon*) yang dapat dibawa sampai pada

jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium (ini yang menyebabkan mengapa perpindahan panas radiasi sangat penting pada ruang vakum).

- Sifat – sifat radiasi

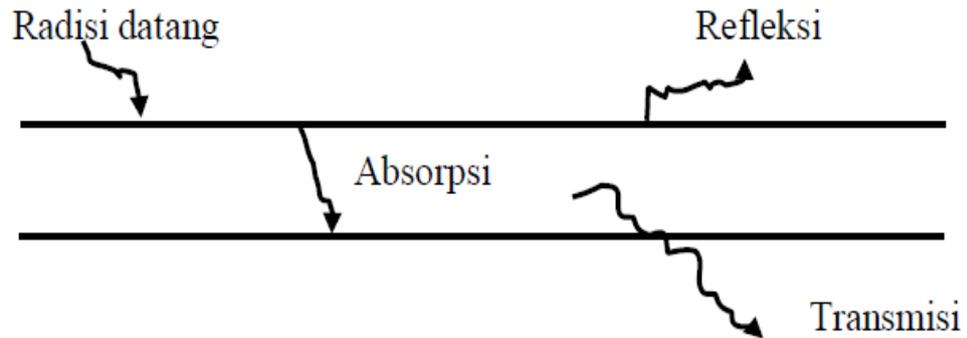
Gelombang elektromagnetik berjalan melalui suatu medium (*vacuum*) dan mengenai suatu permukaan atau medium lain maka sebagian gelombang akan dipantulkan sedangkan, gelombang yang tidak dipantulkan akan menembus ke dalam medium atau permukaan yang dikenainya. Pada saat melalui medium, intensitas gelombang secara berkelanjutan akan mengalami pengurangan. Jika pengurangan tersebut berlangsung sampai tidak ada lagi gelombang yang akan menembus permukaan yang dikenainya maka permukaan ini disebut sebagai benda yang bertingkah laku seperti benda hitam. Jika gelombang melalui suatu medium tanpa mengalami pengurangan hal ini disebut sebagai benda (permukaan) transparan dan jika hanya sebagian dari gelombang yang mengalami pengurangan hal ini disebut sebagai permukaan semi transparan. Apakah suatu medium adalah benda yang bertingkah laku seperti benda hitam, transparan atau semi transparan tergantung kepada ketebalan lapisan materialnya.

Benda logam biasanya bersifat seperti benda hitam. Benda non logam umumnya memerlukan ketebalan yang lebih besar sebelum benda ini bersifat seperti benda hitam. Permukaan yang bersifat seperti benda hitam tidak akan memantulkan cahaya radiasi yang diterimanya, oleh karena itu kita sebut sebagai penyerap paling baik atau permukaan hitam.

- Karakteristik radiasi dari permukaan yang bertingkah laku seperti benda hitam.

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian radiasi itu dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dan sebagian lagi diteruskan (transmisi).

Berikut merupakan gambar dari pengaruh radiasi yang datang pada suatu permukaan benda atau plat yang akan dijadikan sebagai media pengonversi energi surya menjadi energi listrik dan energi panas/kalor.



Gambar 3. Pengaruh radiasi datang

(Sumber: repository usu, 2010)

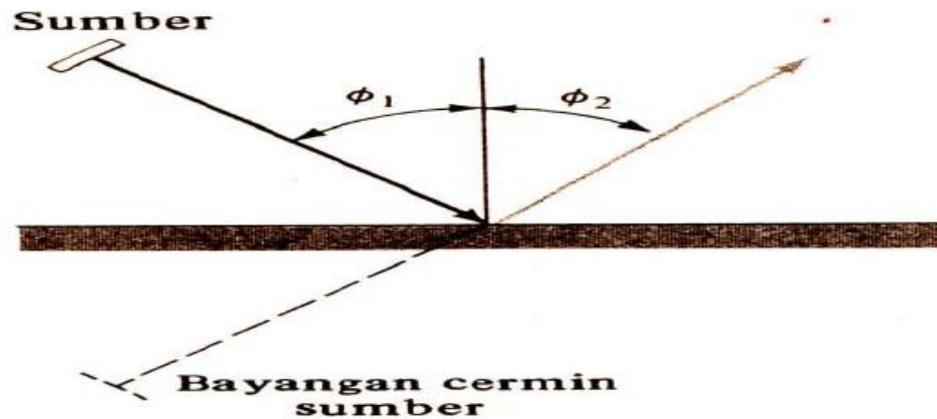
Jika disebut refleksifitas, disebut absorptivitas, disebut transmitivitas, maka hubungan ketiganya adalah

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Karena benda padat tidak meneruskan radiasi termal, maka transmisivitas dianggap nol. Sehingga,

$$\rho + \alpha = 1$$

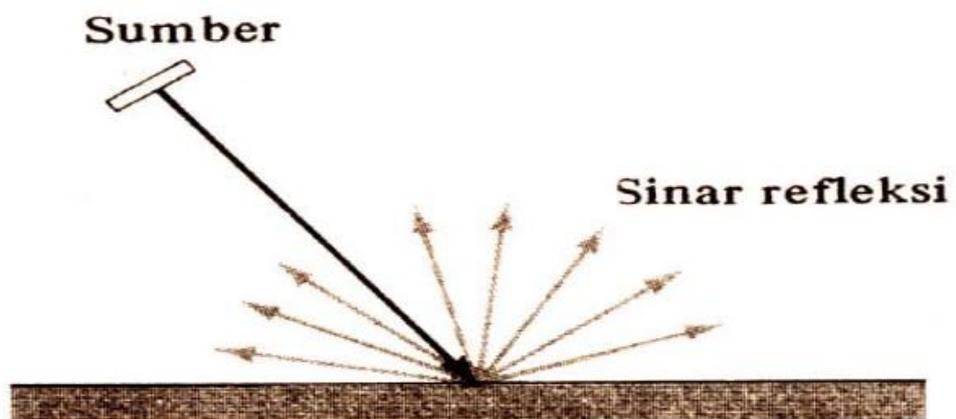
Ada dua fenomena refleksi yang dapat diamati bila radiasi menimpa suatu permukaan. Jika sudut jatuhnya sama dengan sudut refleksi, maka dapat dikatakan refleksi itu spekular (*specular*). Di lain pihak, apabila berkas yang jatuh itu tersebar merata ke segala arah sesudah refleksi maka refleksi itu disebut baur (*diffuse*).



Gambar 4. Refleksi Cahaya Spekular

(Sumber: repository usu, 2010)

Refleksi spekulat memberikan bayangan cermin dari sumber itu kepada pengamat. Tetapi tidak ada permukaan yang sebenarnya yang hanya spekulat atau bur. Sebuah cermin biasa tentu bersifat spekulat untuk cahaya tampak tetapi belum tentu bersifat spekulat untuk keseluruhan rentang panjang gelombang radisi termal. Biasanya, permukaan kasar lebih menunjukkan sifat bur dari pada permukaan yang mengkilap.



Gambar 5. Refleksi Cahaya Bur

(Sumber: repository usu, 2010)

a) Reflektivitas (Pantulan)

Reflektivitas adalah kemampuan suatu bahan dalam memantulkan gelombang elektromagnetik yang terpapar ke permukaannya. Dalam perhitungannya sering digunakan istilah koefisien reflektansi yang dapat diekspresikan sebagai bilangan kompleks melalui persamaan Fresnel. Nilai

reflektansi selalu positif. Reflektivitas dapat dikatakan sebagai sifat dari suatu bahan, sementara reflektansi adalah fraksi energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh bahan tersebut

b) Absorpsivitas (Penyerapan)

Tidak seperti halnya emisivitas, absorpsivitas atau reflektivitas dan transmisivitas bukanlah bagian dari sifat-sifat permukaan karena ketiga hal ini bergantung kepada radiasi yang datang ke permukaan. Absorpsi adalah proses pada saat suatu permukaan menerima radiasi dimana tidak semua energi diserap oleh permukaan tersebut, melainkan ada sebagian yang dipantulkan atau ditransmisikan. Akibat langsung dari proses penyerapan ini adalah terjadinya peningkatan energi dari dalam medium yang terkena panas tersebut.

c) Transmisivitas

Transmisivitas adalah fraksi dari jumlah energi radiasi yang ditransmisikan perjumlah total energi radiasi yang diterima suatu permukaan. Dapat juga diartikan sebagai nilai yang menyatakan kemampuan suatu permukaan untuk meneruskan energi.

- Daya Emisi dan Emisivitas Benda

Sifat dari permukaan radiasi (emisivitas) didefinisikan sebagai perbandingan radiasi yang dihasilkan oleh permukaan benda hitam pada temperatur yang sama. Emisivitas mempunyai nilai yang berbeda tergantung kepada panjang gelombang dan arahnya. Nilai emisivitas bervariasi dari 0-1.

2.3.2 Konduksi

Konduksi adalah proses dengan panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam 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. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan posisi relatif 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 energi kinetik rata – rata yang lebih besar dari pada 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 bersuhu lebih rendah.

Konduksi adalah satu – satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya. Konduksi penting dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi, dan radiasi.

Energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal:

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x}$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan kesebandingan, maka:

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)

k = Konduktifitas Termal yang searah dengan perpindahan kalor (W / m.°C)

A = Luas Penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

dT/dx = Gradien temperatur dalam arah aliran panas (°C/m)

Tanda minus diselipkan untuk memenuhi hukum kesua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Persamaan diatas disebut hukum Fourier tentang konduksi kalor. Persamaan itu merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapat dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas berbagai bahan. Nilai konduktivitas berbagai bahan dapat dilihat pada tabel diberikut ini.

Tabel 1. Konduktivitas Termal Berbagai Zat

Jenis zat	Konduktifitas termal (°) Celcius
Alumunium (20 ⁰)	200
Kuningan (20 ⁰)	110
Tembaga (20 ⁰)	390
Timbal (20 ⁰)	35
Perak (20 ⁰)	410
Besi (20 ⁰)	80
Baja (20 ⁰)	46
Asbes (20 ⁰)	0,008
Beton (20 ⁰)	0,80
Gabus (20 ⁰)	0,17
Kaca (20 ⁰)	0,80
Kayu rata-rata (20 ⁰)	0,08
Air (20 ⁰)	0,60
Es (20 ⁰)	1,70
Udara (20 ⁰)	0,024
Hidrogen (20 ⁰)	0,14
Oksigen (20 ⁰)	0,023

(Sumber : Suryanto, Ari dkk. 2012. Modifikasi plat penyerap kalor matahari.)

2.3.3 Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa medianya, dan media konveksi adalah fluida. Konveksi terjadi karena adanya perbedaan kecepatan fluida bila suhunya berbeda, yang tentunya akan berakibat pada perbedaan berat jenis (berat tiap satuan volume). Fluida yang bersuhu tinggi akan mempunyai berat jenis yang lebih

kecil bila dibandingkan dengan fluida sejenisnya yang bersuhu lebih rendah. Karena itu, maka fluida yang bersuhu tinggi akan naik sambil membawa energi. Hal inilah yang berakibat pada terjadinya perpindahan kalor konveksi. Konveksi adalah proses transver 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.

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas 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 fluida ini. Kemudian partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana partikel tersebut akan bercampur dan memindahkan sebaian energinya pada partikel fluida lainnya. Dalam hal ini alirannya adalah aliran fluida maupun energi. Energi disimpan didalam partikel – partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel tersebut.

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*) menurut cara menggerakkan cara alirannya. Bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaaan kerapatan yang disebabkan oleh gradient suhu, maka proses ini yang disebut dengan konveksi bebas atau alamiah (*natural*). Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

perpindahan panas konveksi bergantung pada nilai koefisien konveksi fluidanya. Berikut ini adalah Tabel 2. yang menyajikan data berupa koefisien perpindahan panas secara konveksi.

Tabel 2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

No	Proses	H (Watt/m ² K)
1	Konveksi Alami : - Gas	2 – 25
	- Cairan	50 – 1000
2	Konveksi Paksa : - Gas	25 – 250
	- Cairan	100 – 20.000
3	Konveksi dengan perubahan fasa (mendidih dan mengembun)	2500 – 100.000

(Sumber : Suryanto, Ari dkk. 2012. Modifikasi plat penyerap kalor matahari)

Perpindahan panas secara konveksi dirumuskan sebagai berikut :

$$q = HA(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots \text{(pers.3)}$$

- Dimana :
- H = Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m²°C)
 - A = Luas Penampang yang terletak pada aliran panas (m²)
 - T_w = Temperatur dinding (°C)
 - T_f = Temperatur fluida (°C)
 - Q = Laju perpindahan panas konveksi (watt)

2.8 Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu jenis tanaman yang termasuk ke dalam famili Graminae, termasuk dalam tumbuhan yang menghasilkan biji (Spermatophyta), sedangkan bijinya tertutup oleh bakal buah sehingga termasuk dalam golongan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae), dimasukkan ke dalam kelas Monocotyledoneae, ordo Graminaceae dan digolongkan ke dalam genus Zea dengan nama ilmiah Zea mays. L (Rukmana, 2006).

Buah jagung terdiri atas tongkol, biji, dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna, dan kandungan endosperm yang bervariasi tergantung pada jenisnya. Pada umumnya, biji jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus atau berkelok-kelok dan berjumlah antara 8-20 baris biji. Biji jagung terdiri dari tiga bagian utama, yaitu; a) pericarp yang merupakan lapisan tipis terluar pada biji, (b) endosperm (82%) sebagai cadangan makanan, dan (c) embrio (11,6%) (Rukmana, 2006).

Jagung termasuk kedalam jenis tanaman C4 yang mempunyai sifat-sifat menguntungkan antara lain aktivitas fotosintesis pada keadaan normal relatif tinggi, fotorespirasi sangat rendah, transpirasi rendah, serta efisien dalam penggunaan air. Sifat-sifat tersebut merupakan sifat fisiologis dan anatomis yang menguntungkan dalam kaitannya dengan hasil (Leonard dan Martin, 1973).

Jagung dipilih sebagai material produk pangan yang akan dikeringkan karena di Indonesia masih banyak masyarakat Indonesia yang memilih mengawetkan bahan pangan agar dapat dikonsumsi ketika musim paceklik. Pada masa kini selain bertujuan untuk meningkatkan umur simpan dari hasil pertanian, pengeringan juga akan menaikkan harga jual dari hasil pertanian tersebut.

Penurunan aktivitas air (A_w) pada biji-bijian memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap umur simpan dari bahan. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan air bebas dapat dimanfaatkan oleh mikro organisme untuk berkembang selain itu aktivitas air juga berpengaruh pada reaksi enzimatik pada bahan.

Kandungan air yang terdapat pada bahan pangan seperti biji-bijian dan akan mempengaruhi sifat-sifat bahan pertanian tersebut. Kadar air hasil pertanian yang tinggi sangat cocok bagi kehidupan dan perkembangan bakteri dan jamur sehingga akan memperpendek umur simpan dari bahan tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, kadar air pada bahan pangan akan diturunkan menjadi sekitar 15% dimana mikro organisme seperti bakteri sulit untuk tumbuh dan berkembang serta reaksi enzimatik yang terjadi pada bahan dapat berkurang. Setelah pengeringan, maka akan terjadi pengurangan bobot pada bahan yang dikeringkan. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah berat air yang terkandung pada bahan. Perlu diperhatikan bahwa pengeringan tidak menyebabkan berkurangnya massa padatan yang terkandung pada bahan. Berikut ini merupakan tabel 3. yang menunjukkan standar mutu jagung:

Tabel 3. Penggolongan Mutu Kandungan Jagung

Komponen	Kadar	Komponen	Kadar
Air (%)	76	P (mg)	148
Kalori (kal)	307	Fe (mg)	2,1
Protein (g)	7,9	Vitamin A (SI)	440
Lemak (g)	3,4	Vitamin B1 (mg)	0,33
Karbohidrat (g)	63,6	Vitamin C (mg)	0
Ca (mg)	9		

Sumber: Earle (1969)

2.9 Efisiensi pengering

Efisiensi energi pada proses pengeringan adalah perbandingan antara total *output* energi yang terpakai oleh produk yang dikeringkan dengan input energi pada system pengering *Dual Solar System*. Data-data input energi yang diperlukan meliputi data iradiasi surya dan jumlah energi listrik yang digunakan. Sedangkan data *output* energi berupa massa air yang diuapkan dari bahan (selisih berat akhir dan berat awal bahan), temperatur bahan, temperatur udara pengering, H dan kecepatan *volumetric* udara pengering.

Efektifitas termal adalah perbandingan antara panas yang diterima udara dalam mesin pengering dengan total *input* energi yang digunakan oleh mesin pengering.

2.9.1 Panas radiasi energi surya yang diterima oleh kolektor termal

$$Q = \sigma A T^4 \dots\dots\dots(\text{pers. 5})$$

Keterangan:

Q = energi surya yang diterima model pengering (kJ)

σ = Konstanta Stefan bolzman ($5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)

A = Luas penampang kolektor (m^2)

T = Temperatur absolute (K)

2.9.2 Panas yang dihasilkan dari konveksi paksa

$$Q_{kov} = h A dT \dots\dots\dots(\text{pers 6})$$

Keterangan:

Q_{kov} = laju perpindahan panas konveksi (kJ)

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A = luas permukaan (m^2)

T = temperatur ($^\circ\text{C}$)

2.9.3 Enegi listrik yang digunakan selama proses pengeringan

Besarnya energi listrik yang di *supply* dari baterai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_4 = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(\text{Pers. 7})$$

Dimana,

Q_2 = energi listrik yang digunakan untuk heater (kJ) = $P_h t$

Q_3 = energi listrik yang digunakan untuk fan (kJ) = $P_f t$

Q_4 = energi listrik total (kJ)

P = daya listrik (W)

t = lama pemakaian (jam)

2.9.4 Panas yang digunakan untuk menguapkan air produk

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left[\frac{1 - Tr_2}{1 - Tr_1} \right]^{0.38} \dots\dots\dots (\text{Pers 8})$$

Keterangan:

λ_1 = panas penguapan air = 9717 cal/mol..... ..(Hougen:1943)

$$= 2258.90 \text{ kJ/kg}$$

λ_2 = panas penguapan air pada temperatur 60 $^\circ\text{C}$

Tr_2 = temperatur *boiling point* berbanding temperatur *critical* air

Tr_1 = temperatur yang diinginkan berbanding temperatur *critical* air

2.9.5 Efektifitas termal ditinjau dari efisiensi pengeringan

$$\eta_t = \frac{Q_3 + Q_6}{Q_1 + Q_4} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Pers. 9})$$