

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Pengeringan

Salah satu bentuk aplikasi teknologi dalam mengolah bahan pangan yang paling umum dan sering dilakukan adalah pengeringan. Menurut Pramono (1993), pengeringan didefinisikan sebagai suatu proses pindah panas dan menghilangkan kandungan air secara simultan. Udara panas yang dibawa oleh media pengeringan digunakan untuk menguapkan air yang terdapat di dalam bahan. Uap air yang berasal dari bahan akan dilepaskan dari permukaan bahan ke udara kering.

Berdasarkan prinsip kerjanya pengeringan merupakan metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan pangan dengan cara menguapkannya, sehingga kadar air seimbang dengan kondisi udara normal atau setara dengan nilai aktivitas air (a_w) yang aman dari kerusakan mikrobiologis, enzimatis dan kimiawi (Subarna *et al*, 2007).

Pengeringan adalah proses pindah panas dan kandungan air secara simultan. Udara panas yang dibawa oleh media pengering akan digunakan untuk menguapkan air yang terdapat di dalam bahan. Uap air yang berasal dari bahan akan dilepaskan dari permukaan bahan ke udara kering (Pramono, 1993). Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan

kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Tujuan dari pengeringan antara lain adalah untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti agar bahan memiliki masa simpan yang lama (Taib *et al*, 1988).

Disisi lain, pengeringan menyebabkan sifat asli bahan mengalami perubahan, penurunan mutu dan memerlukan penanganan tambahan sebelum digunakan yaitu rehidrasi (Muchtadi, 1989). Desrosier (1988) menjelaskan bahwa proses pengeringan umumnya digunakan pada bahan pangan dengan dua cara yaitu pengeringan dengan penjemuran dan pengeringan dengan alat pengering.

Kelemahan dari penjemuran adalah waktu pengeringan lebih lama dan lebih mudah terkontaminasi oleh kotoran atau debu sehingga dapat mengurangi mutu akhir produk yang dikeringkan. Di sisi lain pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan alat pengering biayanya lebih mahal, tetapi mempunyai kelebihan yaitu kondisi sanitasi lebih terkontrol sehingga kontaminasi dari debu, serangga, burung atau tikus dapat dihindari. Selain itu pula dehidrasi dapat memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan (Desrosier, 1988).

1) Pengeringan Alami

Pengeringan alami yang sederhana adalah dengan menggunakan sinar Matahari langsung atau tidak langsung. Menurut Taib dkk (1988), pengeringan alami memanfaatkan radiasi surya, suhu dan kelembaban udara sekitar serta kecepatan untuk proses pengeringan. Pengeringan dengan cara penjemuran mempunyai beberapa kelemahan antara lain tergantung dengan cuaca, sukar dikontrol,

memerlukan tempat penjemuran yang luas, mudah terkontaminasi dan memerlukan waktu yang lama.

Alat pengering hasil pertanian yang menggunakan energi surya terdiri atas dua jenis berdasarkan prinsip kerja alat dalam memanfaatkan radiasi untuk proses pengeringan yaitu sistem pasif dan sistem *hybrid*. Pengeringan sistem pasif memanfaatkan radiasi surya dan kecepatan angin tanpa tambahan sumber energi selain surya, sedangkan pengeringan sistem *hybird* memanfaatkan sistem pengeringan radiasi surya dan kecepatan angin serta menggunakan tambahan sumber energi lain (listrik, bahan bakar dan lain-lain) (Setijahartini, 1980).

2) Pengeringan Buatan

Pengeringan buatan dapat menggunakan udara yang dipanaskan. Udara yang dipanaskan tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan alat penghembus kipas (Daulay, 2005).

Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis (pengeringan buatan) yang menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol. Pengeringan mekanis ini memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat, memanaskan bahan, menguapkan air bahan serta menggerakkan udara (Daulay, 2005).

Alat pengering buatan pada umumnya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (heater), serta alat-alat kontrol. Sebagai sumber tenaga untuk

mengalirkan udara penggerak dapat digunakan motor listrik atau motor bakar.

Untuk alat pengering dengan unit pemanas, beberapa macam sumber energi panas yang digunakan adalah gas, minyak Bumi, batubara atau elemen pemanas listrik.

Pada waktu sekarang ini kerisauan petani dalam mengolah gabah semakin teratasi karena para teknisi telah dapat menciptakan alat pengering gabah mekanis, seperti *batch dryer*, *continous drying*, dan *bin dryer*.

2.2. Alat Pengering Surya

Alat pengering energi surya adalah suatu alat yang mengubah energi surya menjadi energi termal atau panas, sehingga bisa digunakan untuk mengeringkan bahan pangan tanpa menggunakan bahan bakar fosil. Alat pengering energi surya merupakan salah satu cara paling efektif untuk memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui. Alat pengering energi surya mengurangi ketergantungan terhadap listrik dan bahan bakar minyak, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Alat pengering energi surya terdiri dari 4 bagian utama yaitu : kolektor, ruang plenum atau pengumpul panas, ruang pengering, dan ventilasi. Bentuk-bentuk energi yang diperlukan manusia untuk konsumsi langsung adalah kerja, panas, dan listrik.

Masing-masing energi tersebut dapat dikonversikan tergantung persedian dan kebutuhan. Energi adalah kekal artinya energi tidak akan hilang akan tetapi dapat berubah menjadi bentuk lain. Berdasarkan sifatnya maka energi dapat dibedakan menjadi dua bagian besar yaitu :

1. Sumber energi yang dapat diperbaharui adalah sumber energi yang pembentukannya relatif singkat, contohnya kayu bakar, matahari, angin, dan sebagainya.
2. Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui adalah sumber energi yang pembentukannya kembali membutuhkan waktu yang sangat panjang, contohnya minyak Bumi, batubara, gas alam, dan sebagainya.

Secara teknis, alat pengering surya dapat mempersingkat masa pengeringan, kebersihan dan mutu produk lebih terjamin. Secara ekonomis, alat pengering ini sederhana dalam pembuatan dengan biaya yang relatif murah, mudah digunakan dan dipindah-pindahkan, serta masa pakai yang cukup lama. Menurut Handoyo dkk (2006) menyebutkan bahwa pengering surya dapat berupa ruang kaca yang memanfaatkan efek rumah kaca (*green-house effect*) dan dapat pula menggunakan kolektor surya yang dihubungkan dengan ruang pengering.

Kelebihan dari alat pengering surya bila dibandingkan pengering sederhana antara lain :

1. Tidak tergantung cuaca, sebab dengan sinar Matahari kurang terik, alat ini tetap dapat menjalankan fungsinya dengan baik karena suhu yang ada di dalam lebih tinggi dari suhu di luar.
2. Dapat dibuat dari bahan apa adanya dan relatif murah. Rangka dapat terbuat dari bambu atau kayu, sedangkan dinding terbuat dari lembaran plastik bening dan plastik buram. Plastik bening berfungsi sebagai penutup, sedangkan plastik hitam untuk menyerap sinar Matahari.

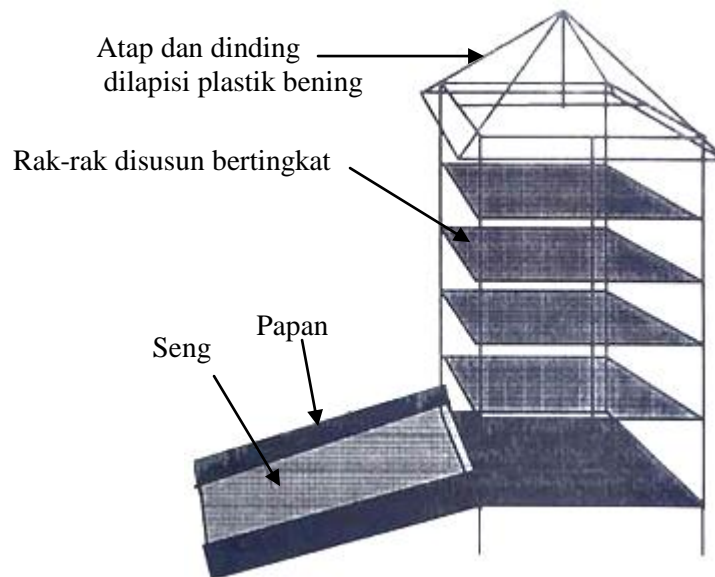
3. Bahan yang dikeringkan terlindung dari curah hujan, dan dapat mencegah kerumunan lalat. Bahkan karena suhu di dalam alat ini cukup tinggi maka secara otomatis dapat mematikan lalat dan belatung.

Lebih jelasnya perbandingan alat pengering surya dengan pengering sederhana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan alat pengering surya dengan pengering sederhana

No	Alat Pengering Surya	Pengeringan sederhana
1.	Suhu ruangan yang panas sehingga bahan lebih cepat kering	Sangat tergantung kepada intensitas cahaya matahari
2.	Ruangan yang tertutup sehingga produk yang dihasilkan relatif lebih bersih	Dilakukan ditempat terbuka sehingga produk yang dihasilkan terkesan kotor (berdebu)
3.	Apabila terjadi hujan, produk yang dikeringkan tidak perlu dipindahkan atau diangkat	Apabila terjadi hujan, produk yang dikeringkan harus segera dipindahkan atau diangkat
4.	Ruangan yang tertutup sehingga produk terjamin mutunya karena terhindar dari jangkauan serangga	Bahan mudah tercemar karena serangga sehingga mutu kurang terjamin

Contoh dari beberapa alat pengering tenaga surya sederhana adalah alat pengering tenaga surya kombinasi, dapat dilihat pada Gambar 1. Alat pengering ini merupakan alat pengering surya sederhana yang dikombinasikan dengan seng (dicat hitam) guna menghasilkan panas yang lebih tinggi. Dari hasil uji coba, suhu ruangan bisa mencapai 55 °C – 60 °C. Dengan tingginya suhu ruangan tersebut, proses pengeringan dapat berlangsung lebih singkat (BPTP, 2001).



Gambar 1. Contoh alat pengering surya kombinasi

Sesuai dengan letak geografis dan kondisi iklim Indonesia di daerah khatulistiwa, Indonesia sangat berpotensi dalam pemanfaatan energi surya. Energi surya sampai di bumi dalam bentuk radiasi. Matahari mengeluarkan radiasi karena pada dasarnya tiap benda di atas temperatur nol *absolute* memancarkan energi dalam bentuk radiasi akibat perubahan kedudukan elektron yang mengorbit dalam atom atau molekul yang menyusun benda tersebut. Tingkat radiasi yang dipancarkan tergantung pada suhu benda tersebut.

Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan radiasi harian matahari rata-rata $4,8 \text{ kWh/m}^2$. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi surya termal dan energi surya *fotovoltaik*. Energi surya termal pada umumnya digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, dan tanaman pangan), memanaskan air dan memasak (kompor surya). Saat ini memang teknologi energi surya yang dibuat melalui permesinan yang

digunakan sebagai alat pengering telah mencapai tahap komersial. Energi surya fotovoltaik digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin. Berdasarkan cara pemanfaatan energi surya, maka dikenal 2 macam alat pengering energi surya yaitu tipe radiasi langsung dan tipe tidak langsung.

Alat pengering energi surya tipe radiasi langsung bekerja dengan meneruskan radiasi langsung ke bahan. Panas didapat dari dinding penyekat. Untuk mempertahankan panas digunakan sekat transparan (kaca dan plastik). Udara yang memuai menimbulkan sirkulasi di dalam ruang pengering sehingga dapat mengeringkan bahan yang terdapat di dalamnya. Pada alat pengering energi surya tipe tidak langsung terdapat kolektor yang akan merubah radiasi surya menjadi panas. Panas yang dihasilkan dari kolektor, dibawa suatu system aliran udara dari kolektor ke rak pengering. Kolektor merupakan bagian dari alat pengering yang salah satu ujungnya menghadap ke ruang pengering, dan ujung lainnya menghadap kelingkungan luar. Kolektor yang biasa digunakan adalah kolektor plat datar dalam bentuk segi empat.

Berdasarkan prinsip kerja alat pengering energi surya terdiri atas dua jenis yaitu : system pasif dan system *hybrid*. Pengeringan system pasif memanfaatkan radiasi surya dan kecepatan angin tanpa sumber energi selain energi surya, sedangkan system *hybrid* memanfaatkan energi surya dengan tambahan sumber energi lain (listrik, bahan bakar, dan lain-lain). Alat pengering energi surya system pasif memanfaatkan energi surya, suhu, dan kelembaban udara sekitar serta kecepatan untuk proses pengeringan. Aliran udara secara alamiah pada alat

pengering energi surya terjadi karena kerapatan (densitas) udara yang berubah yang disebabkan perbedaan suhu.

Suhu udara di dalam ruang pengering lebih rendah dari pada di kolektor tetapi masih lebih tinggi daripada suhu udara yang keluar ruang pengering. Dengan demikian akan terjadi aliran udara dari kolektor masuk ke ruang pengering dan keluar setelah melewati bahan. Untuk memaksimalkan kerja alat pengering energi surya dalam kondisi (suhu dan kecepatan angin) yang kurang menguntungkan, dapat dilakukan dengan cara mengatur sudut kemiringan kolektor. Pengaturan posisi kolektor energi surya dalam keadaan miring untuk mendapatkan arah sinar surya jatuh tegak lurus pada *absorber* sehingga penerimaan energi surya akan optimum (Hasbullah, 2000).

2.3. Alat Pengering Tipe Efek Rumah Kaca (ERK-Hybrid)

Pengering efek rumah kaca merupakan pengering yang menggunakan sumber energi surya untuk memanaskan udara pengering. Energi surya yang masuk ke ruang pengering terperangkap dalam ruang pengering, sehingga meningkatkan suhu plat beserta bagian-bagian pembangunan ruang pengering. Energi panas yang diterima tersebut, dipindahkan ke udara pengering secara konveksi, sehingga suhu udara yang masuk dari lingkungan ke ruang pengering terjadi peningkatan. Energi panas yang bersumber dari surya, walaupun melimpah, tetapi sangat tergantung pada keadaan cuaca dan tidak seragam setiap waktu, oleh karena itu diperlukan pemanas tambahan maupun penyimpan energi panas. Pada saat iradiasi surya yang diterima sangat rendah atau tidak ada sama sekali, maka energi

tambahan dapat didistribusikan dari sumber energi tambahan yang digunakan untuk mempertahankan suhu pengering yang diharapkan (Nababan, 2007).

2.4. Proses Pengeringan

Pengeringan menyangkut perpindahan massa (uap) dan energi panas antara bahan dan udara secara simultan (Hall, 1980). Mekanisme migrasi uap dapat terjadi dalam beberapa cara, diantaranya adalah (Brooker et al., 1974) :

1. Gerakan cairan karena gaya permukaan (aliran kapiler).
2. Gerakan cairan karena perbedaan konsentrasi (difusi cairan).
3. Gerakan cairan karena difusi permukaan pori-pori (difusi permukaan).
4. Gerakan uap karena perbedaan konsentrasi kelembaban (difusi uap).
5. Gerakan uap karena perbedaan suhu (difusi thermal).
6. Gerakan uap karena perbedaan tekanan total (aliran hidrodinamik).

Pada proses pengeringan yang sebenarnya gerakan migrasi uap atau cairan tidak berjalan sendiri-sendiri tetapi gabungan satu titik atau lebih mekanisme di atas (Taib dkk., 1988). Secara umum dapat dikatakan, migrasi uap yang terjadi karena perbedaan tekanan uap antara bahan dan udara. Oleh karena itu pada pengeringan buatan, prinsip kerjanya adalah memperbesar perbedaan tekanan uap, salah satu caranya adalah dengan memanaskan udara lingkungan. Menurut Sukatma (1994), laju perpindahan air (W) dapat dihitung dengan persamaan :

$$W1 = \frac{E}{\theta}, \text{ dan } \dots\dots\dots (1)$$

$$W2 = \frac{mb1 - mb2}{\theta} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- $W1$ = laju perpindahan air (kg H₂O/jam)
 $W2$ = laju perpindahan air (% bb/jam)
 $mb1$ = kadar air awal (%)
 $mb2$ = kadar air akhir (%)
 θ = waktu pengeringan (jam)

Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan terikat. Air bebas berada di permukaan bahan, proses penguapan berjalan sebagai difusi permukaan dengan laju pengeringan sebanding dengan perbedaan tekanan udara pengering, dalam bentuk persamaan (Henderson, 1976) :

$$\frac{dW}{d\phi} = Fv A (Ps - Pv) \dots\dots\dots (3)$$

di mana :

- W = berat air yang diuapkan, N
 ϕ = waktu, detik
 Fv = koefisien pindah panas air-uap, N/(Nm²det/m²)
 A = luas permukaan, m²
 Ps = tekanan uap jenuh, N/m²
 Pv = tekanan uap, N/m²

Sedangkan untuk menghitung beban uap air (Henderson dan Perry, 1976) dihitung berdasarkan persamaan berikut :

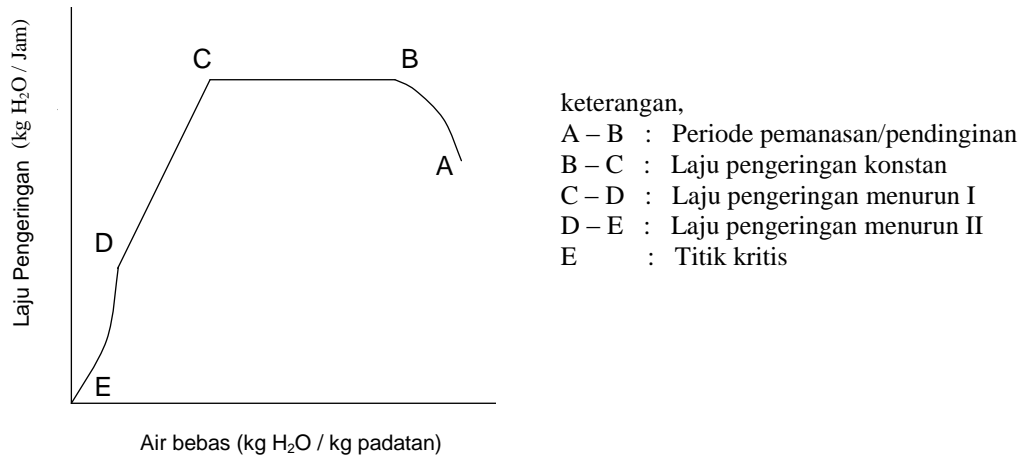
$$E = \frac{(mb1 - mb2)100}{(100 - mb1)(100 - mb2)} \times Wd \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

- E = beban uap air (kg H₂O)
 $mb1$ = kadar air awal (%)
 $mb2$ = kadar air akhir (%)
 Wd = berat padatan awal (kg)

Laju pengeringan ini disebut laju pengeringan konstan. Pada laju pengeringan konstan berjalan singkat, sehingga dapat diabaikan. Laju pengeringan konstan

pada produk terjadi pada awal pengeringan pada kadar air di atas 70 % (Taib dkk., 1988). Kurva karakteristik pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2 (Helmand and Singh, 1981) :



Gambar 2. Kurva karakteristik pengeringan

2.5. Kadar Air

Kadar air suatu bahan adalah kandungan air yang terdapat pada bahan yang dinyatakan dalam persen. Penentuan kadar air suatu bahan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) kadar air basah, dan (2) kadar air basis kering.

Beberapa persamaan kadar air suatu bahan (Henderson dan Perry, 1976) :

$$mb = \frac{Wm}{Wd+Wm} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$mk = \frac{Wm}{Wd} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

$$mb = \frac{mk}{100+mk} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$mk = \frac{mb}{100-mk} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

di mana :

- mb = kadar air basis basah (%)
- mk = kadar air basis kering (%)
- Wm = berat air (kg)
- Wd = berat padatan (kg)

Kadar air yang dinyatakan dalam basis basah banyak digunakan dalam perdagangan, sedangkan untuk perhitungan pengeringan kadar air basis kering yang banyak dipergunakan. Kadar air yang penting diketahui dalam pengeringan dan penyimpanan adalah kadar air kesetimbangan. Biji-bijian umumnya bersifat higroskopik yang mampu menyerap dan mengeluarkan air. Bila uap air yang dilepaskan ke udara lingkungan sama dengan jumlah uap yang diserap maka disebut bahan dalam keadaan setimbang disebut kadar air kesetimbangan (Me). Dari definisi air kesetimbangan dapat disimpulkan bahwa kadar air kesetimbangan adalah kadar air terendah yang dapat dicapai atau dipertahankan pada kondisi RH dan suhu tertentu.

Menurut Taib dkk (1988), untuk mencari jumlah kalor yang digunakan untuk pengeringan kandungan air dari bahan dan entalpi penguapan pada temperatur rata-rata ($^{\circ}\text{C}$) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_e = (b_a - b_k) \times H_{fg} \dots \dots \dots (9)$$

$$H_{fg} = (2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \times T) \times 1000 \dots \dots \dots (10)$$

dimana :

- ba = massa bahan yang akan dikeringkan (kg)
- bk = massa bahan yang sudah dikeringkan (kg)
- Hfg = entalpi penguapan pada temperatur rata-rata(kJ/kg)

2.6. Energi Matahari.

Lama penyinaran Matahari adalah lamanya Matahari bersinar cerah sampai permukaan Bumi dalam periode satu hari mulai dari terbit sampai terbenam yang dinyatakan dalam satuan waktu, yaitu jam. Lama penyinaran Matahari ini seringkali tidak penuh satu hari. Hal ini dapat disebabkan karena sinar Matahari terhalang oleh awan, aerosol atau kabut.

Intensitas radiasi Matahari diartikan sebagai banyaknya atau jumlah energi dari cahaya Matahari yang diterima Bumi, pada luas tertentu serta jangka waktu tertentu. Satuan yang banyak digunakan adalah : kalori/cm²/menit disebut juga Langley per menit, ditulis ly/menit. Menurut WMO sinar matahari dikatakan cerah apabila intensitas radiasinya mencapai 21 mW/cm² (0,3 kalori/cm²/menit) atau lebih.

Radiasi Matahari dapat digunakan untuk menghasilkan energi termal untuk air, bisa juga digunakan sebagai sumber pemanas pada siklus pemanas mesin sebagai tenaga gerak. Kegunaan yang lain dari energi Matahari adalah menghasilkan listrik dari melalui penggunaan sel *photovoltaic*. Kata *photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani photos yang berarti cahaya dan volta yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. *Photovoltaic* merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* pertama kali berhasil diidentifikasi oleh seorang ahli Fisika berkebangsaan Prancis Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Baru pada tahun 1876, William Grylls Adams bersama muridnya, Richard Evans Day menemukan bahwa

material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar. Meskipun selenium gagal mengkonversi cukup listrik dari cahaya untuk menjalankan suatu peralatan, mereka berhasil membuktikan bahwa material padat dapat menghasilkan listrik tanpa panas ataupun bagian yang bergerak.

Pada perkembangan berikutnya seorang peneliti bernama Russel Ohl berhasil mengembangkan teknologi sel surya dan dikenal sebagai orang pertama yang membuat paten peranti *solar cell* modern. Pada tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 Watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10 persen, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 Watt. Saat ini modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5 hingga 15 persen tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar Matahari.

2.7. Jenis-jenis kolektor

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

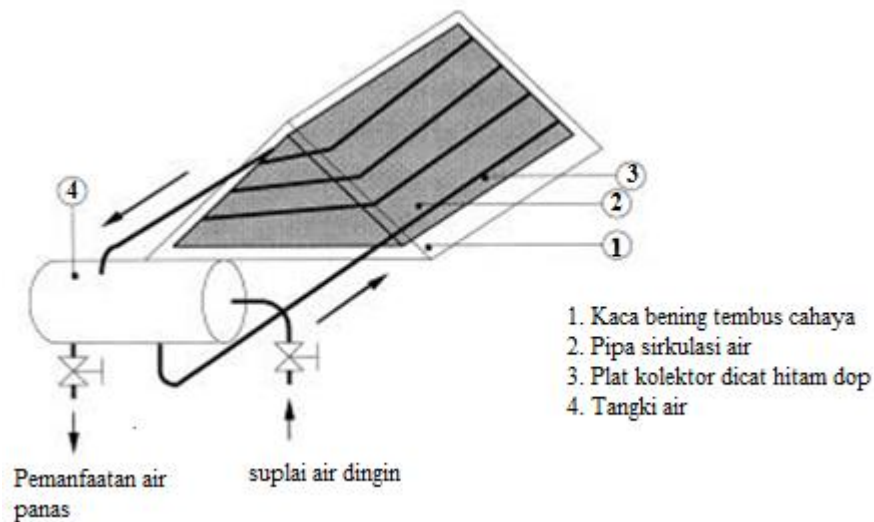
surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi.

Kolektor surya yang pada 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.

2.7.1. Kolektor Surya Prismatik

Kolektor surya tipe prismatik adalah kolektor surya yang dapat menerima energi radiasi dari segala posisi matahari. Kolektor jenis ini juga dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari empat bidang yang berbentuk prisma, dua bidang berbentuk segitiga sama kaki dan dua bidang berbentuk segi empat siku-siku. Sehingga dapat lebih optimal. Proses penyerapan tipe kolektor jenis prismatik ini dapat dilihat seperti Gambar 3.



Gambar 3. Skema sistim kolektor surya prismatic

2.7.2. Kolektor Surya plat Datar

Kolektor surya *type* plat datar adalah *type* kolektor surya yang dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana. Dengan bentuk persegi panjang seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kolektor surya plat datar

Kolektor surya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir kedalamnya dengan mengkonversikan energi radiasi

Matahari menjadi panas. Fluida yang dipanaskan berupa cairan minyak, oli, dan udara kolektor surya plat datar mempunyai temperatur keluaran di bawah 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. Menurut Holman J.P (1995), jumlah energi radiasi yang tiba di alat dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{rs} = A \cdot I_r \cdot t \dots\dots\dots (11)$$

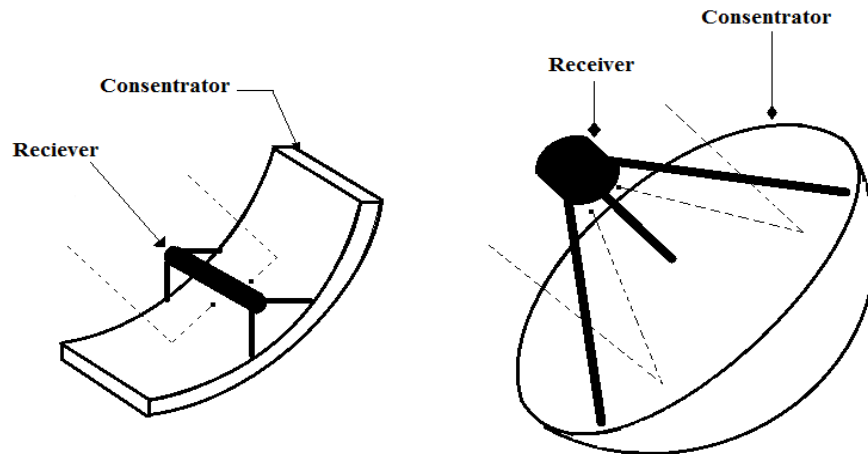
dimana :

- A = luas pelat kolektor (m²)
- I_r = intensitas radiasi surya (Watt/m²)
- t = selisih antara waktu akhir pengeringan dengan waktu awal pengeringan (detik)

2.7.3. Concentrating Collectors

Jenis ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur antara 100°C – 400°C. Kolektor surya jenis ini mampu memfokuskan energi radiasi cahaya Matahari pada suatu *receiver*, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh *absorber*. Spesifikasi jenis ini dapat

dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu *line focus* dan *point focus*.



Gambar 5. Konsentrator

Agar cahaya matahari selalu dapat difokuskan terhadap tabung *absorber*, *concentrator* harus dirotasi. Pergerakan ini disebut dengan *tracking*. Temperatur fluida melebihi 400°C dapat dicapai pada sistem kolektor ini seperti terlihat pada Gambar 5.

2.7.4. Evacuated Tube Collectors

Jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua jenis kolektor surya sebelumnya. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan fluida yang terjebak diantara absorber dan cover-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan.

2.8. Jenis-Jenis Perpindahan Panas

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

2.8.1. Radiasi

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. Ada beberapa jenis radiasi elektromagnetik, radiasi termal hanyalah salah satu diantaranya. Energi cahaya yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis memiliki panjang gelombang (λ) 380 nanometer sampai dengan 780 nanometer. Gelombang elektromagnetis ini (gelombang cahaya) bergerak dengan kecepatan (v) 299860 kilometer per detik atau sekitar 186000 mil per detik, dengan frekuensi getaran gelombang (f) 390×10^{12} hertz sampai dengan 790×10^{12} hertz. Ketiga besaran ini (v , λ dan f) adalah besaran-besaran gelombang cahaya.

$$f = \lambda v \dots\dots\dots (12)$$

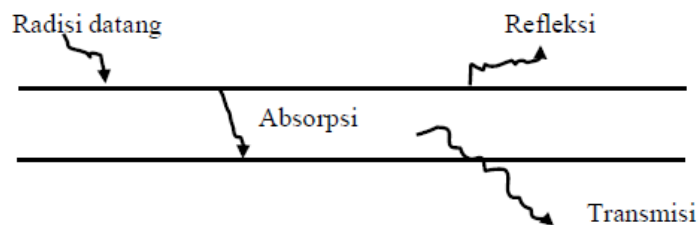
dimana:

- v = kecepatan cahaya (cm/s)
- λ = panjang gelombang (cm)
- f = frekuensi (Hz)

Satuan λ boleh centimeter, angstrom ($\text{\AA} = 10^{-8} \text{ cm}$), atau mikrometer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$). Radiasi termal terletak dalam rentang antara $0,1 - 100 \mu\text{m}$, sedangkan bahagian cahaya tampak dalam spektrum itu sangat sempit, yaitu terletak antara kira-kira $0,35 - 0,75 \mu\text{m}$.

2.8.1.1. Sifat-Sifat Radiasi

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian radiasi itu dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dan sebagian lagi diteruskan (transmisi). Berikut bagan pengaruh radiasi datang pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan menunjukkan pengaruh radiasi datang.

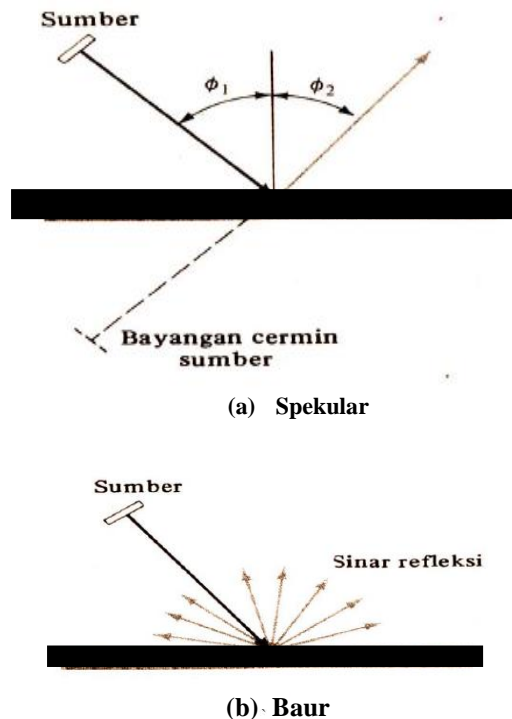
Jika ρ disebut refleksifitas, α disebut absorptivitas, τ disebut transmitivitas, maka hubungan ketiganya adalah : $\rho + \alpha + \tau = 1$

Benda padat yang berwarna hitam atau gelap 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 spekulat (*specular*). Di lain pihak, apabila berkas yang

jatuh itu tersebar merata ke segala arah sesudah refleksi maka refleksi itu disebut baur (*diffuse*). Berikut bagan refleksi cahaya pada Gambar 7.



Gambar 7. Refleksi cahaya

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

2.8.1.2. Daya Emisi dan Emisivitas Benda

Daya emisi (*emissive power*) E suatu benda ialah energi yang dipancarkan benda itu per satuan luas per satuan waktu. Dalam suatu ruangan tertutup terbuat dari

benda hitam sempurna yaitu yang menyerap seluruh radiasi yang menimpunya, ruang itu juga akan memancarkan radiasi. Besarnya fluks radiasi yang diterima ruangan itu ialah $q_i \text{ W/m}^2$. Jika suatu benda ditempatkan di ruangan tersebut dan dibiarkan mencapai kesetimbangan, maka energi yang diserap benda itu mesti sama dengan energi yang dipancarkan; sebab jika tidak tentu ada energi yang mengalir masuk atau keluar benda itu dan menyebabkan suhunya naik atau turun atau yang disebut dengan hukum kesetimbangan energi. Pada kesetimbangan dapat ditulis

$$CA = q_i A \varepsilon \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

- C = Daya emisi (W/m^2)
- A = Luas permukaan (m^2)
- q_i = Fluks radiasi (W/m^2)
- ε = Emisivitas

Jika dalam ruangan itu diganti dengan benda hitam sempurna yang bentuk dan ukurannya sama, dan benda hitam itu dibiarkan mencapai kesetimbangan dengan ruang itu pada suhu yang sama, maka

$$C_b A = q_i A (1) \dots\dots\dots (14)$$

dimana:

$$C_b A = \text{Daya emisi benda hitam } (\text{W/m}^2)$$

2.8.1.3. Radiasi surya

Radiasi surya (*solar radiation*) merupakan suatu bentuk radiasi thermal yang mempunyai distribusi panjang gelombang khusus. Intensitasnya sangat bergantung dari kondisi atmosfer, saat dalam tahun, dan sudut timpa (*angle of*

incidence) sinar matahari dipermukaan Bumi. Pada batas luar atmosfer, iradiasi surya total ialah 1395 W/m^2 bilamana Bumi berada pada jarak rata-ratanya dari Matahari. Angka ini disebut konstanta surya (*solar constant*).

Radiasi Matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. Jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi tergantung 4 (empat) faktor yaitu :

1. Jarak matahari. Setiap perubahan jarak bumi dan matahari menimbulkan variasi terhadap penerimaan energi matahari
2. Intensitas radiasi matahari yaitu besar kecilnya sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.
3. Panjang hari (*sun duration*), yaitu jarak dan lamanya antara matahari terbit dan matahari terbenam.
4. Pengaruh atmosfer. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diadsorpsi oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

Tidak seluruh energi yang disebutkan dalam konstanta surya mencapai permukaan Bumi, karena terdapat absorpsi yang kuat dari karbondioksida dan uap air di atmosfer. Radiasi surya yang menimpa permukaan Bumi juga bergantung dari kadar debu dan zat pencemar lainnya dalam atmosfer. Energi surya yang maksimum akan mencapai permukaan Bumi bilamana berkas sinar itu langsung menimpa permukaan Bumi, karena terdapat bidang pandang yang lebih luas terhadap fluks surya yang datang dan berkas sinar surya menempuh jarak yang lebih pendek di atmosfer, sehingga mengalami absorpsi lebih sedikit daripada jika sudut timplanya miring terhadap normal. Untuk menghitung suhu Matahari maka dapat digunakan Persamaan 15.

$$4\pi L^2 G_s = 4\pi r^2 \sigma T_{sun}^4 \dots\dots\dots (15)$$

dimana:

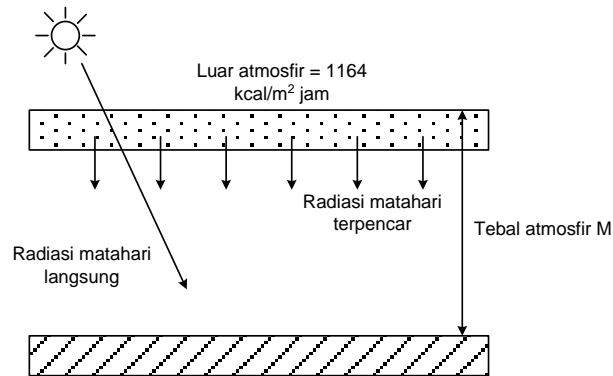
- L = jarak antara Matahari dan Bumi ($1,5 \times 10^{11}$)² (m)
- G_s = konstanta surya (1395)
- r = jari-jari Matahari ($\frac{1,39 \times 10^9}{2}$) (m)
- σ = konstanta plank ($5,67 \times 10^{-8}$)

sehingga suhu Matahari didapat:

$$T_{sun} = \left(\frac{L^2 G_s}{r^2 \sigma} \right)^{1/4} = \left(\frac{(1,5 \times 10^{11})^2 \times 1395}{\left(\frac{1,39 \times 10^9}{2} \right)^2 \times 5,67 \times 10^{-8}} \right)^{1/4} = 1839928,787 K \dots\dots\dots (16)$$

Untuk mengetahui energi radiasi yang jatuh pada permukaan Bumi dibutuhkan beberapa parameter letak kedudukan dan posisi matahari, hal ini perlu untuk mengkonversikan harga fluks berkas yang diterima dari arah Matahari menjadi hubungan harga ekivalen ke arah normal permukaan.

Radiasi Matahari dapat dibagi dalam golongan radiasi langsung dan radiasi tidak langsung. Permeabilitas atmosferik adalah komplimen dari faktor reduksi yang memperhitungkan adanya panas radiasi Matahari yang diserap oleh lapisan udara atmosfer di atas permukaan Bumi, hal ini dapat digambarkan seperti Gambar 8.



Gambar 8. Radiasi Matahari

Jumlah kedua jenis radiasi tersebut dinamakan “radiasi Matahari total”. Sesuai dengan kedudukan permukaan bidang terhadap arah datangnya radiasi, maka radiasi matahari langsung adalah :

$$J_n = 1164 P \operatorname{cosec} h \dots\dots\dots (17)$$

$$J_h = 1164 P \operatorname{cosec} h \sin h \dots\dots\dots (18)$$

$$J_v = 1164 P \operatorname{cosec} h \cos h \dots\dots\dots (19)$$

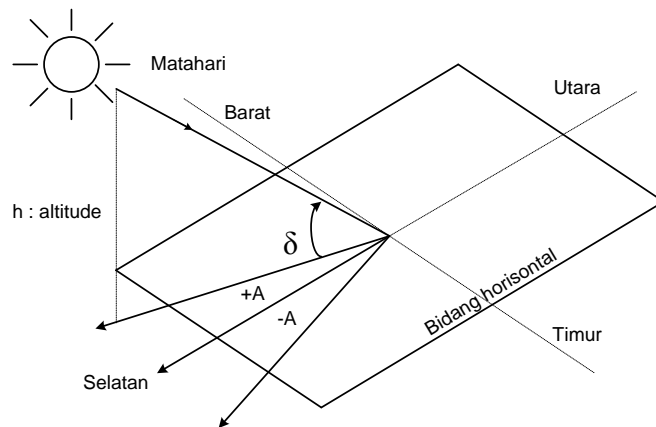
$$J_\beta = 1164 P \operatorname{cosec} h \cos h \cos \beta \dots\dots\dots (20)$$

dimana :

- J_n = Radiasi Matahari langsung pada bidang tegak lurus arah datangnya radiasi (kcal/m²jam)
- J_h = Radiasi Matahari langsung pada bidang horizontal (kcal/m²jam)
- J_v = Radiasi Matahari langsung pada bidang vertikal (kcal/m²jam)
- J_β = Radiasi Matahari langsung pada bidang vertikal, tetapi pada posisi membuat sudut samping β dari arah datangnya radiasi (kcal/m²jam)

- 1164 = Konstanta panas Matahari (kcal/ m²jam)
- P = Permeabilitas atmosferik (0,6 - 0,75 pada hari yang cerah)
- h = Ketinggian Matahari (dinyatakan dalam derajat dengan sistem desimal)

Apabila lingkungan gedung banyak memberikan refleksi atau tertutup oleh sesuatu maka besarnya radiasi tak langsung pada bidang vertikal dapat dianggap ½ dari radiasi matahari tak langsung pada bidang horizontal. Sedangkan untuk ketinggian Matahari (h) dan azimuth (A) dapat digambarkan seperti Gambar 9.



Gambar 9. Ketinggian Matahari dan Azimuth

Dan dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \cos 15 \text{ } \dots\dots\dots (21)$$

$$\cos(A) = \frac{\sin(h) \cdot \sin \psi - \sin \delta}{\cos(h) \cdot \cos \psi} \dots\dots\dots (22)$$

dimana :

- A = azimuth Matahari (tepat sebelah Selatan adalah 0, ke arah barat positif dan ke arah Timur adalah negatif)
- h = ketinggian Matahari
- ψ = kedudukan garis lintang (Lintang Utara adalah positif dan lintang Selatan adalah negatif)
- δ = deklinasi Matahari.

T_h = saat penyinaran Matahari (pukul 12 siang adalah 0, siang hari adalah positif dan pagi hari adalah negatif).

Nilai T_h dapat ditulis sebagai berikut :

Pukul	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T_h	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6

2.8.2. Konduksi

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. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan 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 :

$$q_{konduksi} = -KA \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (23)$$

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 kesatuan termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Persamaan (23) disebut *hukum Fourier tentang konduksi kalor*. Persamaan (23) merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapat dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas berbagai bahan.

2.8.3. Konveksi

Konveksi adalah suatu perpindahan panas dari suatu bahan yang temperaturnya tinggi ke bahan yang temperaturnya rendah disertai dengan perpindahan fluida karena adanya perbedaan massa jenis. Aliran panas secara konveksi merupakan aliran fluida di atas permukaan kolektor plat datar.

$$q = h A (\Delta T) \dots\dots\dots (24)$$

dimana :

q = Laju perpindahan panas konveksi (W)

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

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Perubahan atau perbedaan suhu ($^\circ\text{C}$)

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 di dalam partikel–partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel tersebut.

2.9. Buah Pisang

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musaceae*. Buah ini tersusun dalam tandan dengan kelompok-kelompok tersusun menjari, yang disebut sisir. Hampir semua buah pisang memiliki kulit berwarna kuning ketika matang, meskipun ada beberapa yang berwarna jingga, merah, ungu, atau bahkan hampir hitam. Buah pisang sebagai bahan pangan merupakan sumber energi (karbohidrat) dan mineral.

Pisang dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Pisang yang dimakan dalam bentuk segar, misalnya pisang : ambon, raja sere, raja bulu, susu, seribu, dan emas.

2. Pisang yang dimakan setelah diolah terlebih dahulu, misalnya pisang : kepok, nangka, raja siam, raja bandung, kapas, rotan, gajah, dan tanduk.

Nilai energi pisang sekitar 136 kalori untuk setiap 100 gram, yang secara keseluruhan berasal dari karbohidrat. Nilai energi pisang dua kali lipat lebih tinggi dari pada apel. Apel dengan berat sama (100 gram) hanya mengandung 54 kalori. Karbohidrat pisang menyediakan energi sedikit lebih lambat dibandingkan dengan gula pasir dan sirup, tetapi lebih cepat dari nasi, biskuit, dan sejenis roti. Secara umum kandungan gizi dalam satu buah pisang matang adalah 99 kalori, 25,8 mg karbohidrat, 1,2 gr protein, 0,7 gr serat, 8 mg kalsium dan 0,2 gr lemak. Selain itu, pisang juga mengandung vitamin A, vitamin B, vitamin C, dan juga air. Gula pisang merupakan gula buah, yaitu terdiri dari fruktosa yang mempunyai indek glikemik lebih rendah dibandingkan dengan glukosa, sehingga cukup baik sebagai penyimpan energi karena sedikit lebih lambat dimetabolisme.

Pertumbuhan buah pisang yang ditandai oleh perubahan dalam ukuran panjang dan lingkarannya, merupakan proses pertumbuhan yang cepat sehingga pada tingkat masak, kulitnya dapat merekah. Selama pertumbuhan dan perkembangan buah, berat masing-masing buah terus bertambah. Pada stadium awal pertumbuhan buah, kadar gula total termasuk gula pereduksi dan nonpereduksi sangat rendah. Setelah 115 hari, kandungan total gula pada pisang susu masih tetap rendah. Dengan meningkatnya pemasakan, kandungan gula total naik cepat dengan timbulnya glukosa dan fruktosa. Kenaikan gula secara mendadak ini dapat digunakan sebagai petunjuk kimia telah terjadi kemasakan.

Pengeringan atau kehilangan air dapat mengakibatkan penyusutan jaringan atau bahkan dapat mengakibatkan gejala-gejala yang serupa dengan kerusakan akibat pendinginan yang berat. Pengeriputan pada buah pisang dapat dibangkitkan dengan baik oleh suhu tinggi maupun RH rendah. Suhu dari 95-100°F dapat mulai menimbulkan pengeriputan. Itulah sebabnya buah pisang yang diterima pada cuaca panas dalam kondisi tropika jangan dikenakan suhu sekitar yang tinggi bila tidak perlu. Serupa dengan suhu yang tinggi, RH jauh di bawah 80% dapat mengakibatkan timbulnya gejala-gejala yang khas seperti kerusakan akibat suhu dingin. Dapat pula timbul ketidakmampuan untuk matang secara normal dan menunjukkan klimaterik. Oleh karena itu, untuk menghindari pengaruh kehilangan air, buah-buah pisang harus langsung didinginkan setelah pemanenan dan disimpan pada kelembaban antara 90 dan 85% (Ertanti, 2009).

Pengolahan sale pisang dengan cara pengeringan tradisional dilakukan dengan cara menjemur di bawah sinar matahari. Pada musim penghujan pengolahan sale pisang cara tradisional menghasilkan sale yang kurang bagus karena sale kurang berwarna cerah dan kurang menarik, yaitu kehitam-hitaman. Warna sale pisang yang baik adalah coklat. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan sale pisang ini yaitu :

1. Pengupasan

Pisang dikupas, kemudian permukaan daging buah dikerok. Jika pisang berukuran besar, pisang dapat dibelah dua memanjang.

2. Pengasapan dengan belerang.

Agar warna pisang sale lebih cerah dan muda, pisang perlu diasapi dengan gas SO₂. Pengasapan menggunakan lemari pengasap. Pisang disusun di atas

rak-rak yang dibuat dari anyaman lidi atau bambu, di dasar lemari dibakar belerang. Setelah itu, lemari ditutup rapat kecuali saluran udara pembakaran. Setiap kg pisang memerlukan 2 – 4 gram belerang. Setelah pembakaran belerang habis terbakar. Pisang tetap dibiarkan di dalam lemari pengasapan, selama 10 menit.

3. Penggulaan.

Pisang yang rasanya kurang manis, setelah pengasapan, ditaburi gula pasir sehingga seluruh permukaannya tertutup lapisan tipis gula.

4. Penjemuran.

Pisang tersebut diletakkan di atas tampah, kemudian dijemur. Pada hari kedua, pisang yang masih basah, dapat ditekan dengan papan agar sedikit pipih. Jika penekanan terlalu kuat, pisang akan retak atau pecah. Penekanan ini diulangi setiap hari sampai bahan agak kering. Bahan yang agak kering menjadi agak alot, lentur, dan tidak mudah patah. Produk yang diperoleh dari proses ini disebut sebagai pisang sale segar.

5. Pengeringan dengan alat pengering.

Jika menginginkan pengeringan yang lebih cepat, langit berawan atau hari hujan pisang dapat dikeringkan dengan menggunakan alat pengering. Pengeringan akan berlangsung antara 18 sampai 24 jam tergantung pada suhu pengeringan. Dianjurkan suhu pengeringan tidak kurang dari 50°C dan tidak lebih dari 70°C. Jika suhu terlalu rendah, waktu pengeringan akan terlalu lama. Jika terlalu panas, tekstur pisang sale akan kurang baik. Selama pengeringan, sekali 3 jam, pisang dapat juga ditekan agar semakin pipih.

Pengeringan dilakukan sampai kadar air di bawah 18%. Produk yang diperoleh dari proses ini disebut sebagai pisang sale segar.

6. Penggorengan.

Pisang sale segar dapat digoreng. Terlebih dahulu pisang sale dicelupkan ke dalam adonan tepung beras. Adonan ini terdiri dari campuran tepung beras (satu bagian), air (empat bagian), garam (secukupnya) dan tepung kayu manis (secukupnya). Setelah itu, pisang sale digoreng dengan minyak panas (170°C) sampai garing. Produk yang diperoleh disebut pisang sale goreng.

Teknologi pembuatan sale dengan menggunakan alat pengering sangat diperlukan untuk memperbaiki mutu sale pisang. Pengeringan sale yang dilakukan dengan alat pengering lebih menguntungkan dibanding dengan sinar Matahari karena waktu yang diperlukan lebih pendek dan pada prosesnya lebih terjamin kebersihannya (Santoso, 1995).