

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik termal surya, arsitektur surya dan fotosintesis buatan. Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, pengubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dipersuasi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami. (Hamdi, 2016)

Potensi energi surya di Indonesia sebagai negara tropis sangatlah besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut:

1. Kawasan Barat Indonesia (KBI) dengan distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan 10%
2. Kawasan Timur Indonesia (KTI) dengan distribusi penyinaran sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Yandri, 2012)

2.2 Teknologi Energi Surya Fotovoltaik

Modul fotovoltaik merupakan bagian inti dari sistem pembangkit tenaga surya yang mengubah penyinaran/radiasi matahari menjadi listrik secara langsung (*direct conversion*). Umumnya, modul fotovoltaik dipasarkan dengan kapasitas 50 Watt-peak (Wp) atau kelipatannya. Unit satuan Watt-peak adalah satuan daya (Watt) yang dapat dibangkitkan oleh modul fotovoltaik dalam keadaan standar uji. (Gede Widayana, 2012).

Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut *solar cell* yang besarnya sekitar 10-15 cm persegi. Komponen ini mengkonversikan energi dari

cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar cell merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. *Multicrystalline* dan *monocrystalline* menghasilkan efisiensi yang relatif lebih tinggi daripada amorphous silikon. Sedangkan amorphous silikon dipakai karena biaya yang relatif lebih rendah. Selain bahan non organik diatas dipakai pula molekul-molekul organik walaupun masih dalam tahap penelitian.

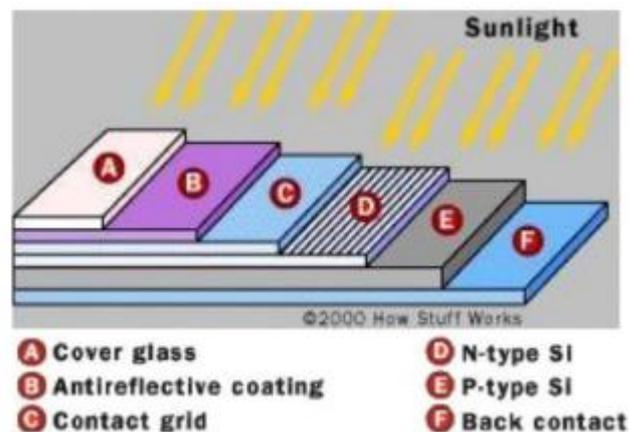
Salah satu yang diukur dalam kerja solar cell adalah efisiensi dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

Tabel 2.1 Jenis Material Sel Surya

Solar Module	Efisiensi	Lifetime	Harga	Kekuatan
Monocrystalline	10-13%	25 tahun	Tinggi	Tinggi
Polycrystalline	9-13%	10 tahun	Sedang	Sedang
Amorphous	6-8%	10 tahun	Rendah	Rendah

Sumber: Iskandar, Soetyono dkk.2018.Sistem Listrik Tenaga Surya Disain, dan Operasi Instalasi

Photovoltaic (PV) cells terbuat dari material khusus yang disebut semi konduktor seperti silikon. Pada dasarnya ketika cahaya mengenai cells, sebagian dari cahaya tersebut diserap oleh bahan semi konduktor. Energi yang diserap tersebut membuat elektron menjadi renggang dan menyebabkan elektron lebih bebas bergerak. PV cells juga mempunyai satu atau lebih medan listrik yang memaksa elektron untuk bergerak dengan arah tertentu sehingga menghasilkan energi listrik.



Sumber: Iskandar, Soetyono dkk.2018

2.1 Struktur Dasar dari Sel PV Silikon

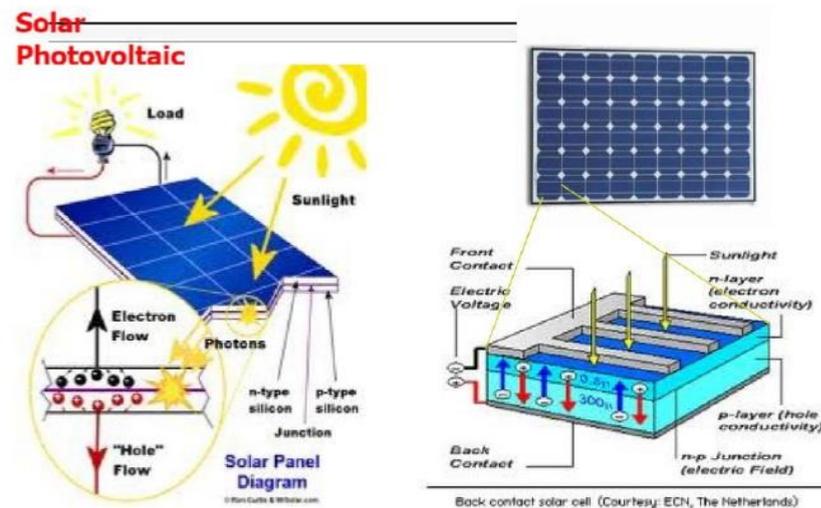
Pada solar cell terdapat ketidakmurnian silikon karena ada atom lain yang berikatan dengan atom pada silikon. Ketidakmurnian ini disebabkan orbit terluar pada atom silikon terdapat phosphorous. Phosphorous ini memiliki 5 elektron pada orbit terluar. Atom tersebut berikatan satu sama lain dengan atom lain namun menyebabkan satu electron lagi tidak memiliki pasangan lain, ini menyebabkan masih ada proton positif untuk menjaga atom tersebut pada posisinya.

Ketika energi ditambahkan pada silikon murni menyebabkan beberapa electron terbebas dan ikatan dan meninggalkan atom sehingga terjadilah hole. Elektron ini kemudian berpencar secara acak di sekitar *crystalline lattice* dan mencari hole lain untuk ditempati. Elektron ini disebut *free carrier* dan bisa membawa arus listrik. Proses penambahan impurities disebut doping. Ketika mendoping phosphorous akan menghasilkan silikon jenis N. Pada solar cell terdapat juga silikon tipe P yang di doping oleh atom boron. Silikon tipe P mempunyai hole bebas. Hole kekurangan elektron sehingga membawa *opposite charge* (positif).

Dalam *PV system* dibutuhkan baterai, *charge regulator*, inverter dan beban AC/DC. Jumlah dan kapasitas panel yang dibutuhkan pada suatu aplikasi tergantung pada beban alat listrik dan intensitas sinar matahari. 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. (Nyayu Aisyah, 2015).

Pada dasarnya, sel surya yang berbasis semi-konduktor silikon cara kerjanya sama dengan perilaku sebuah dioda silikon. Dengan kata lain, sel surya silikon adalah sebuah dioda yang besar. Sel surya photovoltaik terdiri dari wafer tipis lapisan silikon tipe-n (n = negatif) yang dicemari unsur fosfor (phospor-doped) dan lapisan tebal silikon tipe-p (p = positif) yang tercemar unsur Boron (boron-doped). Lapisan silikon jenis n merupakan semi-konduktor yang berkelebihan elektron sehingga kelebihan muatan negatif. Sedangkan lapisan silikon jenis p merupakan semi-konduktor yang berkelebihan proton (*hole*) sehingga kelebihan

muatan positif. Medan listrik timbul dekat permukaan atas sel dimana kedua lapisan p-n tersebut bersentuhan. Ketika photon sinar matahari menyentuh permukaan sel surya tersebut, medan listrik ini memberikan momentum dan pergerakan elektron bebas yang dirangsang oleh photon matahari, sehingga menimbulkan aliran arus ketika sel surya dihubungkan ke beban listrik (Erlinawati, 2013).



Sumber: Widayana, Gede.2012

Gambar 2.2. Skema Sistem Solar Fotovoltaik

2.3 Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses untuk mengurangi kadar kelembaban air atau produk ke kisaran tertentu untuk mencegah kerusakan produk oleh mikroba. Energi surya diaplikasikan karena jumlahnya yang berlimpah dan merupakan jenis energi yang dapat diperbarui dan telah digunakan sejak zaman dahulu. Produk yang dikeringkan diantaranya tumbuhan, daging, buah dan sayuran. Alasan pengeringan produk tersebut adalah untuk meningkatkan waktu penyimpanan produk, untuk mengontrol tekstur seperti kerenyahan (biskuit), untuk menstandarisasi komposisi, untuk mengurangi berat agar memudahkan proses pengangkutan dan yang paling penting adalah mengontrol aktivitas air. (Yusheila, 2011)

Menurut Brooker, et al., (1974), beberapa parameter yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan, antara lain :

a. Suhu Udara Pengereng

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Bila suhu pengeringan dinaikkan maka panas yang dibutuhkan untuk penguapan air bahan menjadi berkurang. Suhu udara pengereng berpengaruh terhadap lama pengeringan dan kualitas bahan hasil pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengereng maka proses pengeringan makin singkat. Biaya pengeringan dapat ditekan pada kapasitas yang besar jika digunakan pada suhu tinggi, selama suhu tersebut sampai tidak merusak bahan.

b. Kelembaban Relatif Udara Pengereng

Kelembaban udara berpengaruh terhadap pemindahan cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembaban relative juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengereng dalam menampung uap air di permukaan bahan. Semakin rendah RH udara pengereng, maka makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi, karena mampu menyerap dan menampung uap air lebih banyak dari pada udara dengan RH yang tinggi.

Laju penguapan air dapat ditentukan berdasarkan perbedaan tekanan uap air pada udara yang mengalir dengan tekanan uap air pada permukaan bahan yang dikeringkan. Tekanan uap jenuh ini ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembaban relative udara. Semakin tinggi suhu, kelembaban relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya.

c. Kecepatan Aliran Udara Pengereng

Pada proses pengeringan, udara berfungsi sebagai pembawa panas untuk menguapkan kandungan air pada bahan serta mengeluarkan uap air tersebut. Air dikeluarkan dari bahan dalam bentuk uap dan harus secepatnya dipindahkan dari bahan. Bila tidak segera dipindahkan maka air akan menjenuhkan atmosfer pada permukaan bahan, sehingga akan memperlambat pengeluaran air selanjutnya. Aliran udara yang cepat akan membawa uap air dari permukaan bahan dan mencegah uap air tersebut menjadi jenuh di permukaan bahan. Semakin besar volume udara yang

mengalir, maka semakin besar pula kemampuannya dalam membawa dan menampung air di permukaan bahan.

d. Kadar Air Bahan

Pada proses pengeringan sering dijumpai adanya variasi kadar air bahan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh tebalnya tumpukan bahan, RH udara pengering serta kadar air awal bahan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara mengurangi ketebalan tumpukan bahan, menaikkan kecepatan aliran udara pengering dan pengadukan bahan.

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 amat bergantung pada perbedaan antara kadar air bahan dengan kadar air keseimbangan. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan semakin cepat pindah panas ke bahan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan 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.

2.4 Mekanisme Pengeringan

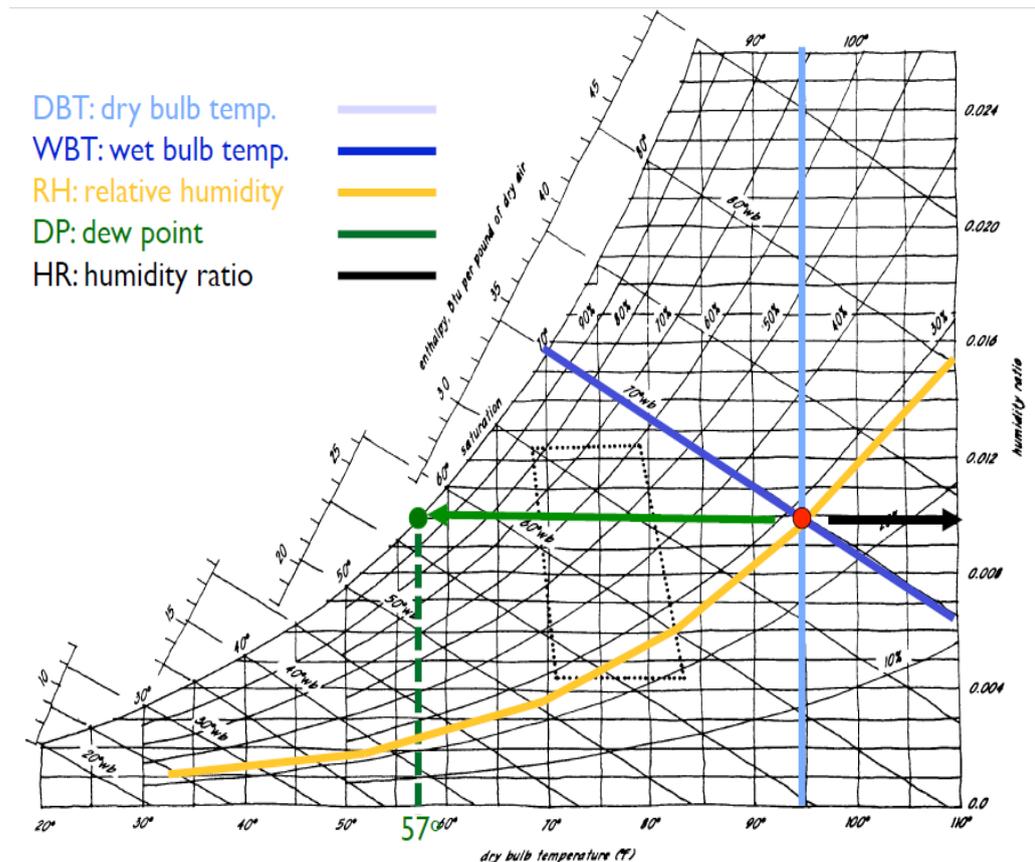
Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Perry, 1995).

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan berada dalam keseimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitarnya. Pada saat

pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan meliputi permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap air, terutama pada daerah permukaan, sejalan dengan kenaikan suhunya.

Pada saat proses ini terjadi, perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung atau terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun. Setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulang lagi. Akhirnya setelah air bahan berkurang, tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitarnya.

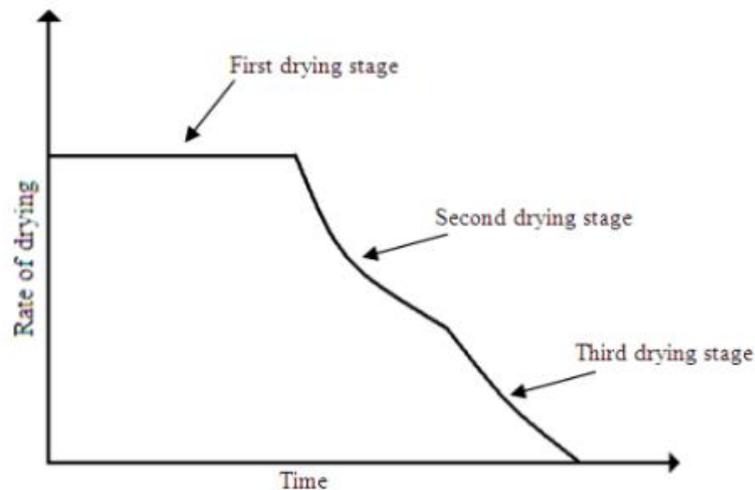
Selama proses pengeringan terjadi penurunan suhu bola kering udara, disertai dengan kenaikan kelembaban mutlak, kelembaban nisbi, tekanan uap dan suhu pengembunan udara pengering (Aisyah, 2015). Entalpi dan suhu bola basah udara pengering tidak menunjukkan perubahan sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 2.3.



Sumber : Perry's Chemical Handbook, 1989

Gambar 2.3. Kurva Psikometrik Proses Pengeringan

Proses pengeringan tiap produk berbeda-beda sesuai dengan kandungan air dan komposisinya. Menurut Mujumdar dan Menon, kurva pengeringan dibagi menjadi tiga tahap seperti gambar 2.4.



Sumber: Yusheila, 2011

Gambar 2.4. Kurva Pengeringan, Kondisi Pengeringan Konstan

Laju pengeringan yang terjadi tetap konstan pada tahap pertama (*first drying stage*). Penguapan terjadi pada bagian permukaan yang mengandung air bebas. Pada tahap kedua, saat dimana kadar air rata-rata mencapai keadaan air kritis dan kandungan air terus menurun sampai cairan menguap sepenuhnya. Tahap pengeringan selanjutnya menunjukkan bahwa tingkat pengeringan lebih cepat dari sebelumnya. Tahap ini terjadi transmisi panas yang terdiri dari perpindahan panas ke permukaan dan panas konduksi diproduksi. Tingkat pengeringan berlanjut hingga nilai kandungan air setimbang dengan kelembaban udara yang berlaku dan kemudian pengeringan berhenti.

2.5 Periode Pengeringan

Menurut Henderson dan Perry (1995), proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis. Pada periode pengeringan dengan laju tetap, bahan mengandung air yang cukup banyak, dimana pada permukaan bahan berlangsung penguapan yang lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada

pppermukaan air bebas. Laju penguapan sebagian besar tergantung pada keadaan sekeliling bahan, sedangkan pengaruh bahannya sendiri relatif kecil.

Laju pengeringan akan menurun seiring dengan penurunan kadar air selama pengeringan. Jumlah air terikat makin lama semakin berkurang. Perubahan dari laju pengeringan tetap menjadi laju pengeringan menurun untuk bahan yang berbeda akan terjadi pada kadar air yang berbeda pula.

2.6 Pengeringan Surya (*Solar Dryer*)

Pengeringan surya merupakan alternatif yang tepat dalam teknologi pengeringan. Penerapan *Solar Dryer* mampu mengurangi polusi di atmosfer yang disebabkan oleh bahan bakar konvensional.

Proses pengeringan pada dasarnya melibatkan 3 mode pemanasan yang terjadi secara bersamaan di dalam pengering surya. Panas ditransfer ke dalam *solar dryer* melalui konduksi, konveksi dan radiasi. (Yusheila, 2011)

1. Konduksi

Konduksi adalah proses mengalirnya kalor dari daerah yang bersuhu kalor tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu media (padat) atau antara media - media berlainan yang bersinggungan secara langsung.

2. Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan kalor dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan kalor dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan kalor antara permukaan benda padat dan cairan atau gas.

3. Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang elektromagnet atau paket-paket energi (*photon*) yang dapat merambat sampai jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium.

Menurut Ekechukwu, sistem pengeringan matahari menjadi tiga, yakni:

a. Pengering Surya Secara Langsung

Pengeringan secara langsung merupakan salah satu metode pengeringan yang paling murah dan mudah karena menggunakan panas langsung dari matahari dan pergerakan udara lingkungan. Pengeringan ini mempunyai laju

pengeringan yang lambat, memerlukan perhatian lebih dan sangat rentan terhadap resiko terhadap kontaminasi lingkungan (Toftuben, 1977). Pengeringan matahari sangat tergantung pada iklim yang panas dan udara atmosfer yang kering (Frazier dan Westhoff, 1978). Bahan ditempatkan dalam wadah transparan dari kaca atau plastik sementara matahari memanaskan material dan wadah secara langsung.

b. Pengering Surya Secara Tidak Langsung

Matahari tidak secara langsung mengenai material tetapi produk yang dikeringkan menggunakan udara panas yang dipanaskan oleh matahari. Hal ini membuat suhu menjadi lebih tinggi dari pada pengering langsung dan dapat menghasilkan produk berkualitas tinggi.

c. Pengering Surya Gabungan

Jenis pengering memperoleh gabungan panas dari radiasi matahari langsung dan udara panas dari kolektor surya untuk operasi pengeringan. Tingkat pengeringan lebih tinggi dari pengering surya langsung karena menerima panas lebih dari satu sumber. Pengering jenis gabungan merupakan pengering yang paling efisien diantara pengering lainnya.

2.7 Jenis-Jenis Alat Pengering

Berdasarkan bahan yang akan dikeringkan adapun jenis-jenis alat pengering yang terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Pengering untuk Zat Padat dan Tapal

a. Pengering Putar (Rotary Dryer)

Pengering putar terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder yang berputar, horisontal atau gerak miring ke bawah ke arah keluar. Umpan masuk dari satu ujung silinder, bahan kering keluar dari ujung yang lain.

b. Pengering konveyor (Screen Conveyor Dryer)

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

c. Pengering Menara (Tower Dryer)

Pengering menara terdiri dari sederetan talam bundar yang dipasang bersusun keatas pada suatu poros tengah yang berputar. Zat padat itu menempuh jalan seperti melalui pengering, sampai keluar sebagian hasil yang kering dari dasar menara.

d. Pengering Konveyor Sekrup (Screw Conveyor Dryer)

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

e. Pengering Tipe Rak (Tray Dryer)

Tray dryer atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dan didalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (tray) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas.

Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka lubangnya berukuran kecil. Pada alat pengering ini bahan selain ditempatkan langsung pada rak-rak dapat juga ditebarkan pada wadah lainnya misalnya pada baki dan nampan. Kemudian pada baki dan nampan ini disusun diatas rak yang ada di dalam pengering. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan juga kipas (fan) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu kemudian dialurkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas didalam alat pengering bisa dari atas ke bawah dan bisa juga dari bawah ke atas, sesuai dengan dengan ukuran bahan yang dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini maka letak kipas juga harus disesuaikan .

2. Pengeringan Larutan dan Bubur

a. Pengering Semprot (Spray Dryer)

Pada spray dryer, bahan cair berpartikel kasar (slurry) dimasukkan lewat pipa saluran yang berputar dan disemprotkan ke dalam jalur yang berudara bersih, kering, dan panas dalam suatu tempat yang besar, kemudian produk yang telah kering dikumpulkan dalam filter kotak, dan siap untuk dikemas.

b. Pengering Film Tipis (Thin Film Dryer)

Saingan Spray dryer dalam beberapa penerapan tertentu adalah pengering film tipis yang dapat menangani zat padat maupun bubuk dan menghasilkan hasil padat yang kering dan bebas mengalir. Efisiensi termal pengering film tipis biasanya tinggi dan kehilangan zat padatnya pun kecil. Alat ini relatif lebih mahal dan luas permukaan perpindahan kalornya terbatas (Unair Thaib, dkk).

Jenis bahan yang akan dikeringkan, mutu hasil akhir yang dikeringkan dan pertimbangan ekonomi mempengaruhi pemilihan alat dan kondisi pengering yang akan digunakan misalnya untuk jenis bahan padatan atau yang berbentuk lempeng maka alat yang sesuai untuk mengeringkan bahan tersebut adalah pengering kabinet atau *tray dryer*, *oven* dan *rotary dryer*, sedangkan bahan yang berbentuk pasta alat yang sesuai untuk mengeringkan adalah pengering drum (Brennan et, al., 1974 dan novilia,2006). Ada beberapa kriteria yang digunakan untuk mengelompokkan mesin pengering, seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Pengelompokkan Mesin Pengering

Kriteria	Jenis
Modus Operasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Batch. Contohnya: tray and compartment dryer, through circulation dryer, vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer. 2. Kontinyu. Contohnya: pneumatic dryer, tunnel dryer, rotary dryer, fluidized bed dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer.
Metode pindah panas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konduksi. Contohnya : belt conveyor dryer, rotary dryer flash dryer, spray dryer, tray dryer, fluidized bed dryer 2. Konveksi. Contohnya : drum dryer, vacuum tray dryer, steam jacket rotary dryer 3. Radiasi. Contohnya : microwave
Tekanan Operasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vakum. Contohnya: vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer freeze dryer. 2. Tekanan atmosfer. Contohnya : rotary dryer, tunnel dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer.
Waktu bahan dalam mesin pengering	<ol style="list-style-type: none"> 1. Singkat (< 1 menit). Contohnya: flash dryer, spray dryer, drum dryer. 2. Sedang (1-120 menit) belt conveyor dryer, fluidized bed dryer, rotary dryer, tray dryer 3. Panjang (> 120 menit). Contohnya : Tray Dryer (Batch)

Sumber : Mujumdar dan Menon, 1995

2.7 Pisang

Pisang (*Musaa spp.*) merupakan tanaman buah berbentuk herba berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Di Indonesia, pisang merupakan salah satu buah yang sangat populer di masyarakat karena mudah ditemukan dan tersedia dalam berbagai jenis, disamping harganya yang sangat terjangkau dan nilai gizinya yang sangat lengkap.

Menurut Prihatman (2000), pisang dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan jenis dan pemanfaatannya yakni:

- a. Pisang yang dimakan buahnya tanpa dimasak yaitu *M. paradisiaca var sapientum*, *M. nana* atau disebut juga *M. cavendishii*, *M. sinensis*, misalnya pisang ambon, susu, raja, cavendis, barangan dan mas.
- b. Pisang yang dimakan setelah buahnya dimasak yaitu *M. paradisiaca forma typica* atau disebut juga *M. paradisiaca normalis*, misalnya pisang nangka, tanduk, dan kepok.
- c. Pisang berbiji yaitu *M. brachycarpa* yang di Indonesia dimanfaatkan daunnya, misalnya pisang batu dan klutuk.
- d. Pisang yang diambil seratnya misal pisang manila.

(Outlook Komoditas Pisang, 2016)

Tabel 2.3 Syarat Mutu Sale Pisang

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan :		
	Bau		normal
	Rasa		manis, khas
	Warna		normal, khas
2.	Air	% b/b	maks. 40
3.	Abu	% b/b	maks. 2,0
4.	Gula sebagai sakarosa	% b/b	min. 35
5.	Zat (SO ₂) pengawet	mg/kg	maks. 500
6.	Cemaran logam :		
	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 1,0
	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 10,0
	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 40,0
	Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,05
7.	Arsen (As)	mg/kg	maks. 1,0
8.	Cemaran mikroba		
	E. Coli	APM/g	negatif
	Angka lempeng total	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁶
	Kapang dan khamir	koloni/g	maks. 1 x 10 ⁴

Sumber: Badan Standardisasi Nasional

Tabel 2.4 Nilai Gizi Beberapa Jenis Pisang (Per 100 Gram Bagian yang Dapat Dimakan)

Jenis	Kalori (kal)	Protein (gr)	Lemak (gr)	Karbohidrat (gr)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Besi (mg)	Vit.A (S.I)	Vit. B1 (mg)	Vit. C (mg)	Air (gr)	b.d.d. (%)
Pisang Ambon	99	1,2	0,2	25,8	8	28	0,5	146	0,08	3	72,0	75
Pisang Angleng (Pisang Ampyang)	68	1,3	0,2	17,2	10	26	0,6	76	0,08	6	80,3	75
Pisang Lampung	99	1,3	0,2	25,6	10	19	0,9	618	Ø	4	72,1	75
Pisang Mas	127	1,4	0,2	33,6	7	25	0,8	79	0,09	2	64,2	85
Pisang Raja	120	1,2	0,2	31,8	10	22	0,8	950	0,06	10	65,8	70
Pisang Raja Sere (Pisang Susu)	118	1,2	0,2	31,1	7	29	0,3	112	Ø	4	67,0	85
Pisang Raja Uli	146	2,0	0,2	38,2	10	28	0,9	75	0,05	3	59,1	75

Sumber: Hieronymus Budi Santoso, 1995

2.8 Perhitungan

2.8.1 Densitas Udara Masuk dan Densitas Udara Keluar

Untuk menghitung densitas udara yang masuk dan densitas udara yang keluar dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$PV = n R T \quad \dots(1)$$

$$P \frac{m}{BM} = n R T \quad \dots(2)$$

Dimana:

P : Tekanan (atm)

V : Volume (m^3 atau L)

m : Massa Udara (gr atau kg)

BM : Berat Molekul Udara (gr/grmol)

n : Jumlah Mol Gas (gr/grmol atau kg/kmol)

R : Konstanta Gas (J/kmol K atau L atm/grmol.K)

T : Suhu (K)

2.8.2 Laju Alir Volumetrik Udara

Untuk menghitung laju alir volumetric udara dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = v \times A \quad \dots(3)$$

Dimana:

Q : Laju Alir Volumetrik Udara (m^3/s atau L/s)

v : Kecepatan Aliran Udara (m/s)

A : Luas Penampang Aliran Udara (m^2)

2.8.3 Massa Udara Masuk dan Massa Udara Keluar

Untuk menghitung massa udara masuk dan massa udara keluar dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$m_{\text{udara}} = Q \times \rho \quad \dots(4)$$

Dimana:

m : Massa Udara (gr atau kg)

Q : Laju Alir Volumetrik Udara (m^3/s atau L/s)

ρ : Densitas Udara (gr/ m^3 atau L/s)

2.8.4 Massa H₂O yang Terandung dalam Udara Masuk dan Keluar

Untuk menghitung H₂O yang terkandung dalam udara masuk dan keluar menggunakan basis 1 jam dengan rumus berikut:

$$m_1 = \omega_{\text{masuk}} \times \text{massa udara} \quad \dots(5)$$

$$m_2 = \omega_{\text{keluar}} \times \text{massa udara} \quad \dots(6)$$

Dimana:

m_1 = massa H₂O yang terkandung dalam udara masuk (kg H₂O)

m_2 = massa H₂O yang terkandung dalam udara keluar (kg H₂O)

ω = nilai *humidity* (kg H₂O/kg udara kering)

2.8.5 Massa H₂O yang Teruapkan oleh Udara

Untuk menentukan massa H₂O yang teruapkan oleh udara dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_2 - m_1 \quad \dots(7)$$

Dimana:

m_1 = massa H₂O yang terkandung dalam udara masuk (kg H₂O)

m_2 = massa H₂O yang terkandung dalam udara keluar (kg H₂O)

2.8.6 Kadar Air

Untuk menghitung kadar air pada bahan pangan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad \dots(8)$$

Dimana:

W_0 = Berat Cawan Kosong

W_1 = Berat Cawan dan Contoh Sebelum Dikeringkan

W_2 = Berat Cawan dan Contoh Setelah Dikeringkan