



Teknologi

Pengeringan

Reza Fadhillah, S. TP, M. Si

# Teknologi Pengeringan

- Pengeringan: pengawetan yang dilakukan dengan cara mengurangi kadar air bahan hingga daya simpan dapat diperpanjang
- Pengeringan suhu tinggi (oven, udara panas, UV, spray drying), suhu rendah (freeze drying)
- **Keunggulan suhu rendah:** stabilitas produk dipertahankan dari kerusakan gizi/non-gizi akibat suhu tinggi
- **Keunggulan suhu tinggi:** produk lebih cepat kering, resiko kerusakan fisik
- Pengeringan tidak selalu dapat membunuh semua mikroba, sebagian masih survive (*Salmonella* tahan spray drying)
- **Kualitas mikrobiologi produk dipengaruhi:** total mikroba awal bahan, reaksi selama proses pengeringan, kontaminasi, pengemasan.



- Tipe mesin pengering (untuk bahan padat, butiran, dan pasta): Tray dryer, Continuous dryer, Tunnel dryer, Conveyor dryer
- Mesin pengering untuk bahan cair: Rotary dryer, Spray dryer, Drum dryer.
- Tujuan pengeringan:
  - ✓ Pengawetan
  - ✓ Mengurangi volume, berat produk, efektif di transportasi & penyimpanan
  - ✓ Penganekaragaman produk (breakfast cereal, cookies, minuman instan)
- Prinsip pengeringan:
  - ✓ Pengeringan terdiri dari pindah panas dan pindah massa (difusi air)
  - ✓ Perubahan cairan/padatan pada freeze drying menjadi uap memerlukan panas laten produk



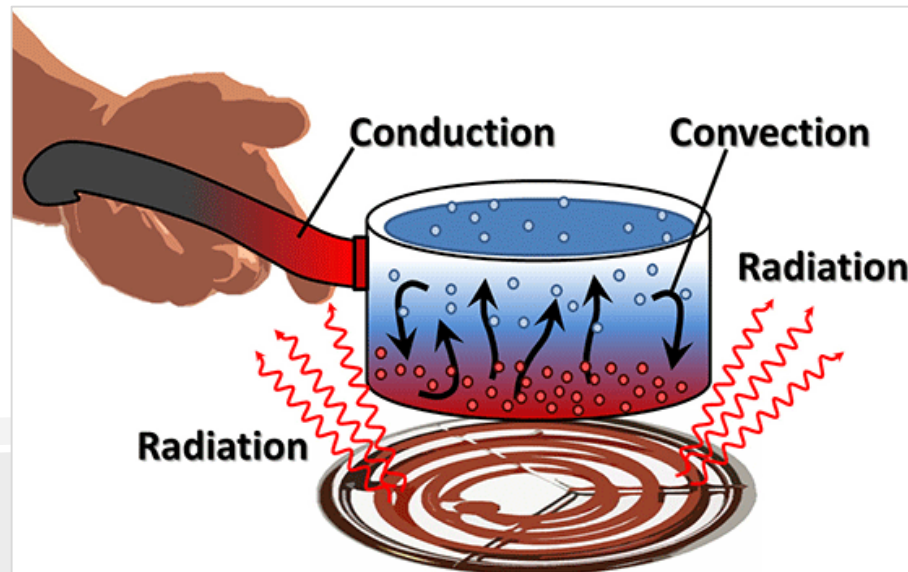
# Model Transfer Panas

**Konveksi:** Transfer panas yang dilakukan dengan menggunakan media perambatan panas udara (Oven, Spray dryer)

**Konduksi:** Transfer panas dilakukan secara langsung dari sumber panas (hot plate) ke permukaan bahan (Drum dryer)

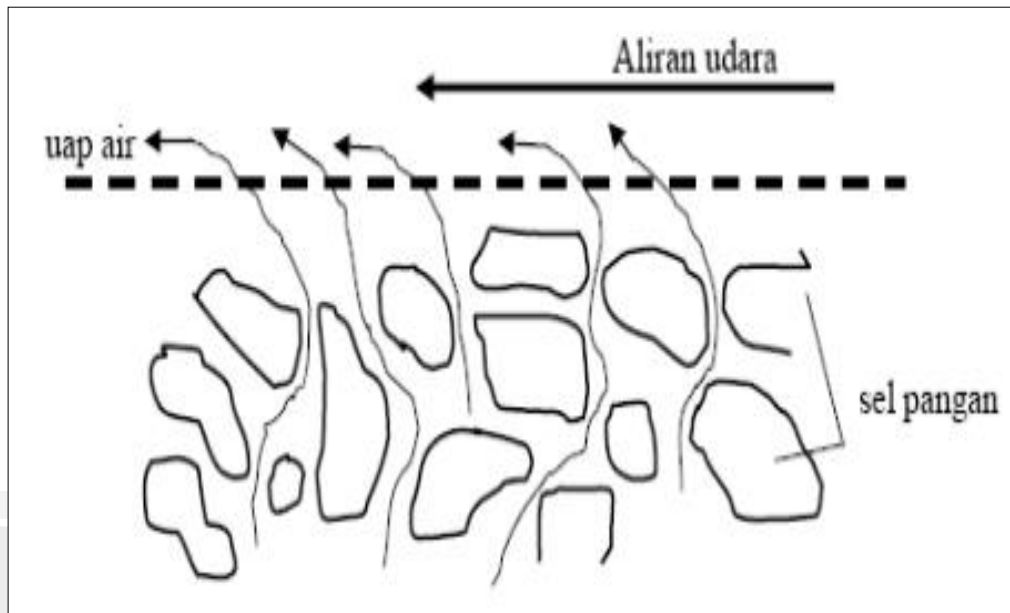
**Radiasi:**

- Pindah panas terjadi melalui gelombang elektromagnetik (Microwave)
- Radiasi menyebabkan perubahan gradien suhu permukaan bahan dan air
- Gelombang mikro juga menyebabkan gesekan antara molekul zat dalam bahan
- Gesekan yang muncul menimbulkan panas sehingga cukup untuk menguapkan air



# Fenomena Pengeringan Konvensional

- Ketika pengeringan 110–140°C (udara panas) air di permukaan bahan menguap
- Rendahnya RH udara alat pengering menciptakan gradien tekanan uap, terjadi perpindahan air bagian dalam bahan ke permukaan bahan
- Luas penguapan air bahan dipengaruhi tekstur dan laju pengeringan
- Saat laju penguapan menurun daerah evaporasi berpindah ke bagian dalam bahan
- Permukaan bahan menjadi kering dan terjadi pengerasan (efek lanjutan)



**Perpindahan air bahan pangan selama pengeringan**

# Kriteria Penting Pengeringan

Kriteria	Parameter
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Faktor mempengaruhi laju pengeringan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Suhu, Tekanan, Laju aliran udara, Luas permukaan bahan, Kadar air bahan, dan Komposisi kimia bahan</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Dasar pemilihan metode</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kualitas yang diinginkan, Sifat bahan dasar, dan Biaya</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Dasar pemilihan jenis alat pengeringan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Bentuk bahan:</b> cair, pasta, pulp, cairan kental, agregat besar/kecil</li><li>▪ <b>Sifat bahan:</b> sensitif terhadap oksidasi, peka terhadap suhu</li><li>▪ <b>Produk yang diinginkan:</b> bubuk, instan, bentuk tidak berubah</li><li>▪ <b>Harga produk:</b> murah, sedang, mahal</li></ul>



# Metode Pengeringan

[Penjemuran langsung, langsung batch & continue (I), Tidak langsung batch & continue (II), beku freeze drying (III)]

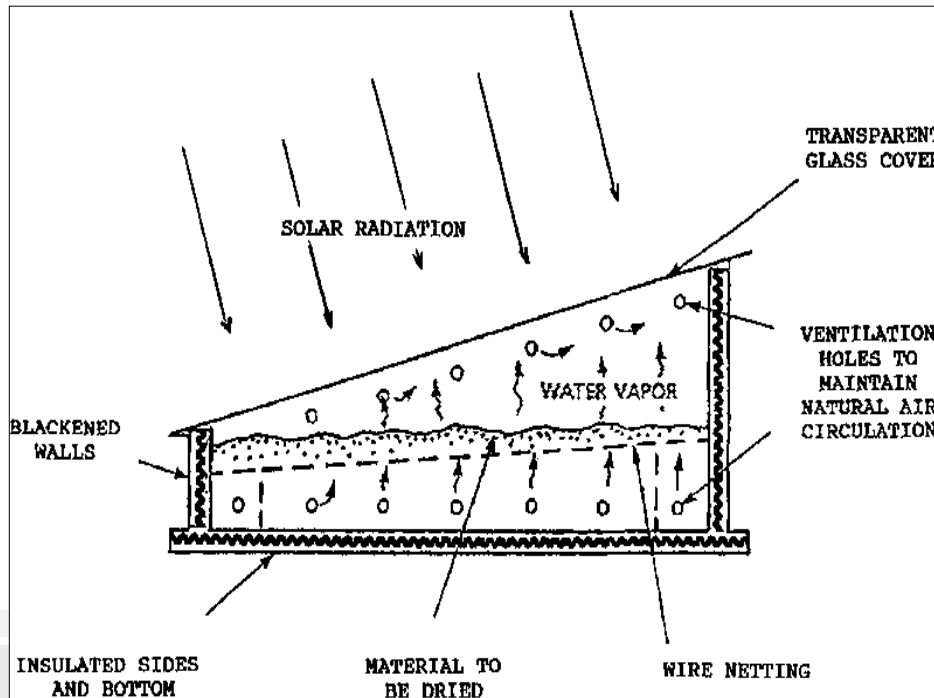
## Penjemuran Langsung Sinar Matahari (Sun Drying)

- Memanfaatkan sinar matahari langsung
- **Kekurangan:**
  - ✓ Terbatas kondisi iklim, RH fluktuatif, kadar air >15% (umur simpan singkat)
  - ✓ Kerusakan produk tinggi karena terkontaminasi debu, kotoran, serangga
  - ✓ Proses pengeringan lambat, tidak cocok untuk produk mutu tinggi



## Solar Drying

- Masih menggunakan energi matahari tetapi tidak secara langsung, tapi lebih cepat dibanding sun drying
- Energi panas matahari diserap dan diakumulasikan untuk menaikkan suhu dan dialirkan ke ruang pengering
- Bahan pangan lebih terjaga dari kerusakan lingkungan





## Sistem Langsung Batch & Continue (I) [cabinet dryer, tunnel dryer]

- Udara panas mengalir merata pada bahan yang dikeringkan
- Pindah panas dari udara ke bahan dan pindah massa (air bahan ke udara) terjadi secara simultan
- Aplikasi: biji-bijian, irisan umbi, rempah-remah, buah & sayuran

### Cabinet Dryer

- Sistem batch dan kontinu, tersusun atas rak-rak bertingkat sebagai wadah pengering dan sumber panas berasal dari elemen elektrik
- Kelemahan: pengeringan kurang seragam hingga perlu dilakukan rotasi rak



Cabinet Dryer

## Tunnel Dryer

- Operasi kontinu, bahan dimasukkan ke dalam baki/conveyor bergerak
- Pengeringan di dalam suatu tunnel dimana produk yang dikeringkan dilewatkan
- Pengeringan bersifat cepat, seragam tanpa menyebabkan kerusakan bahan
- Aplikasi: buah dan sayuran
- Kelemahan: satu komoditas (homogen) dan tidak cocok untuk produk yang harus mengalami kondisi pengeringan berubah-ubah

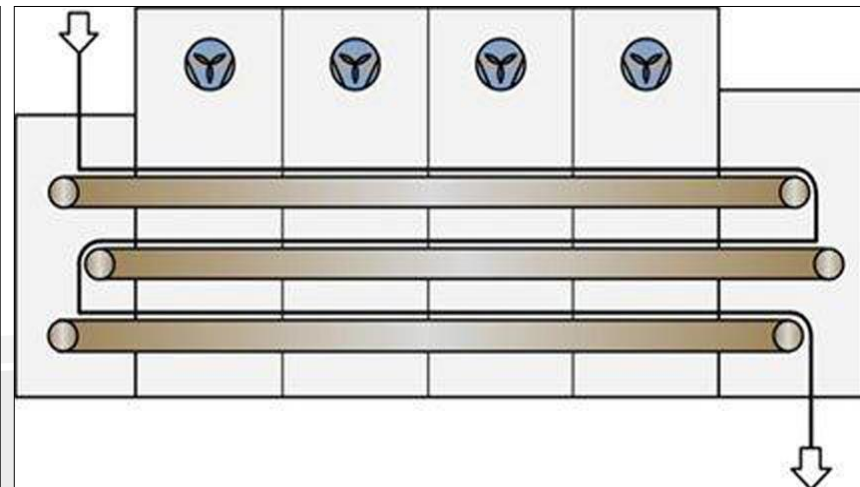
### Tunnel Dryer



## Conveyor Dryer

- Kontinyu dan otomatis
- Bahan diletakkan di ban berjalan (conveyor belt) di dalam tunnel yang mengandung udara panas bersirkulasi
- Proses terkontrol: kecepatan aliran bahan, suhu, kelembaban
- Keuntungan: sedikit tenaga kerja dan pengeringan dalam skala besar
- Kelemahan: satu komoditas (homogen) dan tidak cocok untuk produk yang harus mengalami kondisi pengeringan berubah-ubah

Conveyor Dryer



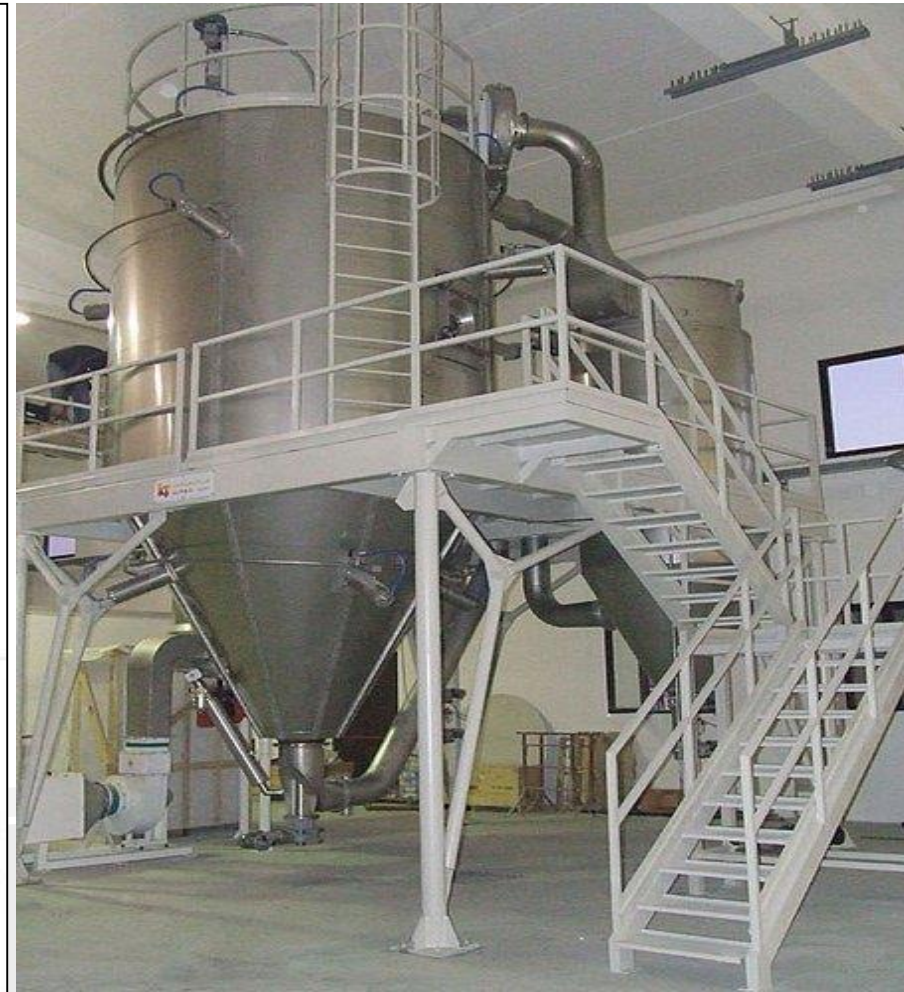
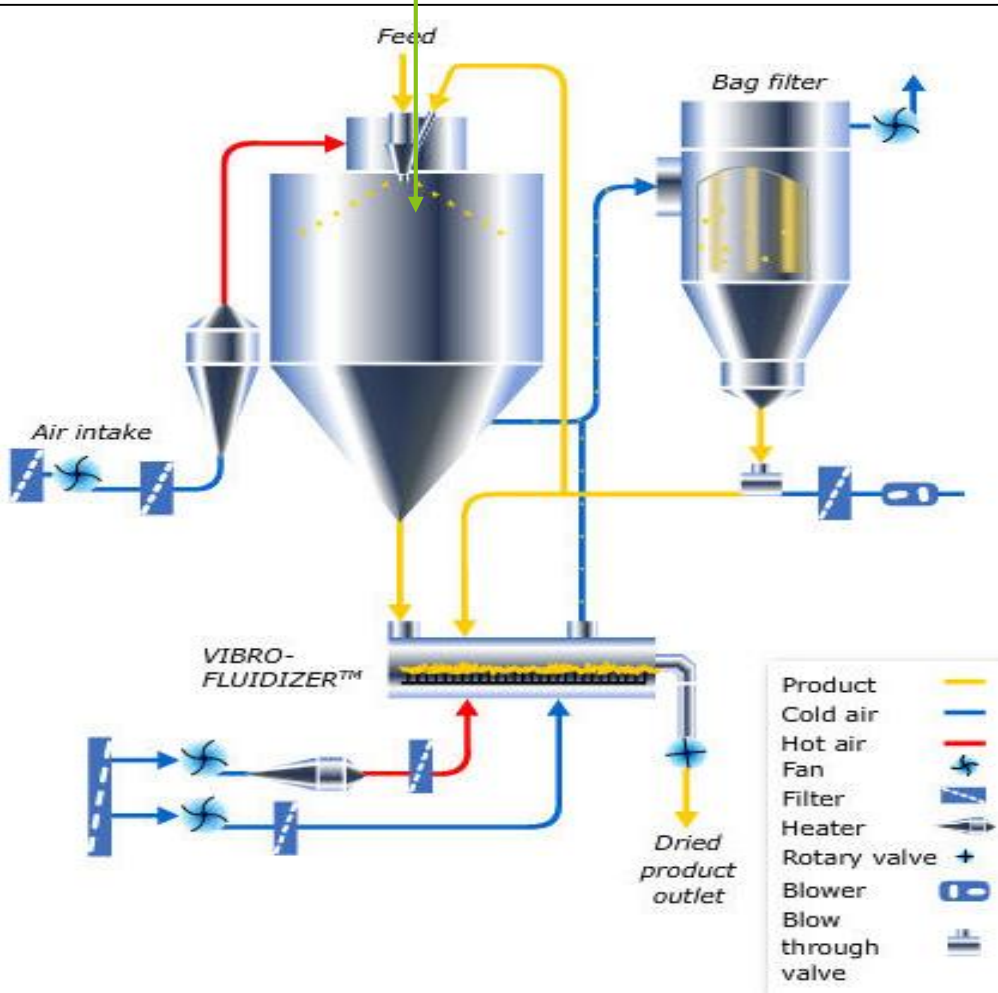
## Tidak Langsung Batch & Continue (II) [Spray dryer, Drum dryer]

- **Spray dryer**: Bekerja dengan cara menyemprotkan larutan ke ruang pengering
- Tekanan, suhu, dan viskositas larutan diatur agar menghasilkan partikel kecil seragam (bubuk)
- Aplikasi: pembuatan susu bubuk, minuman serbuk instan, isolat protein
- Parameter kritis Spray dryer:
  - ✓ **Suhu pengering masuk** makin tinggi penguapan makin cepat (suhu tinggi beresiko terjadi kerusakan fisik/kimia bahan).
  - ✓ **Suhu pengering keluar** berpengaruh terhadap kadar air produk.
  - ✓ **Viskositas larutan** terlalu rendah dan tinggi menyebabkan kegagalan pembentukan partikel
  - ✓ **Tegangan permukaan** tinggi menghambat pengeringan, gunakan emulsifier untuk menurunkan tegangan dan memperkecil ukuran partikel.
  - ✓ **Suhu bahan masuk** dapat mempercepat waktu proses
  - ✓ **Volatilitas pelarut** tinggi dapat mempercepat pengeringan, air masih menjadi utama

# Bagian-Bagian Spray Dryer



Atomizer



# (+) / (-) Spray Drying

## Kelebihan

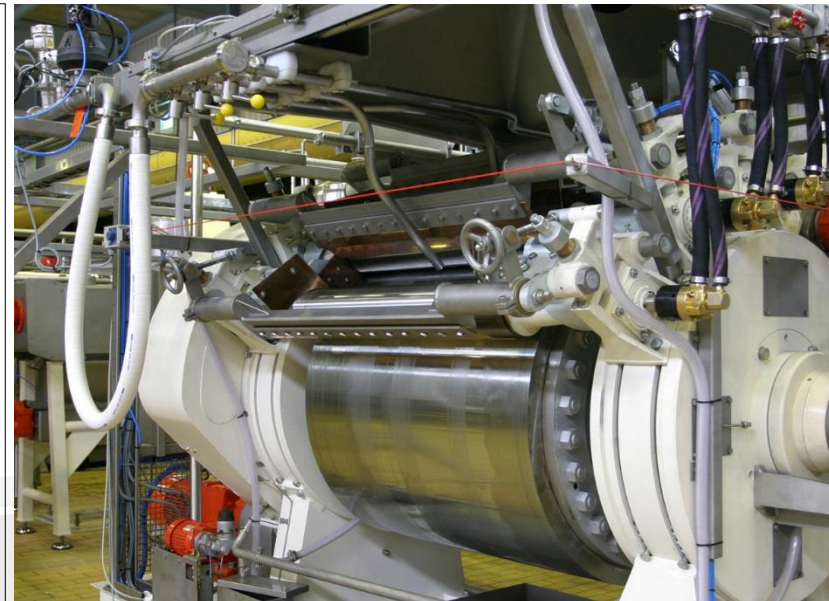
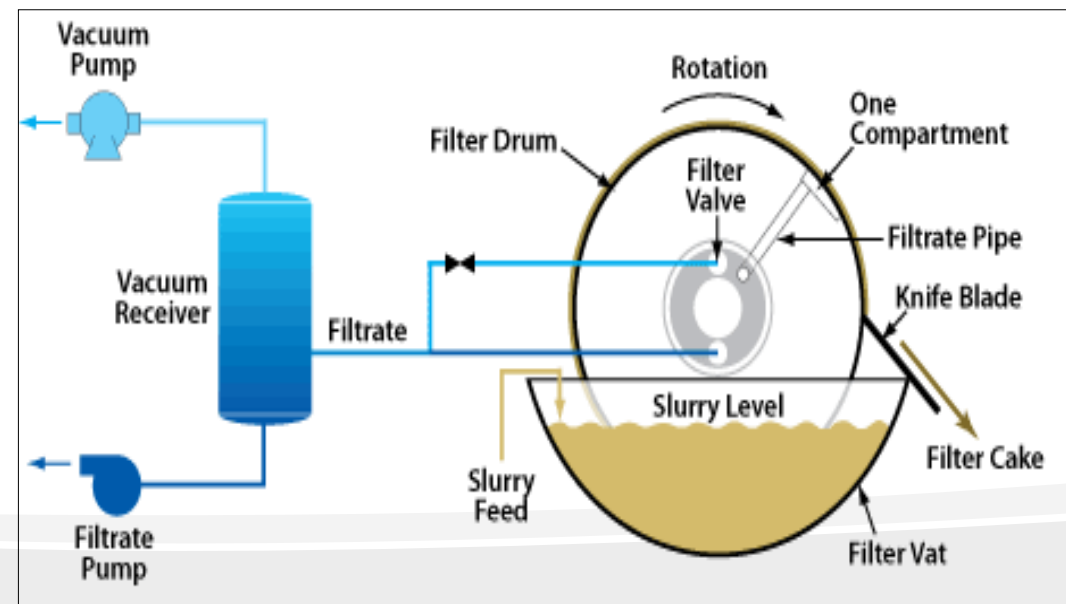
- Kapasitas produksi besar (100 ton/jam) dan pengeringan cepat.
- Tidak terjadi kehilangan senyawa volatil dalam jumlah besar (aroma)
- Cocok untuk produk sensitif pemanasan (tinggi protein)
- Memproduksi partikel kering dengan ukuran, bentuk, dan kandungan air yang dapat dikontrol sesuai keinginan
- sistem kontinyu yang dapat dikontrol secara manual maupun otomatis

## Kekurangan

- Biaya operasional cukup tinggi
- Hanya dapat digunakan terhadap sampel cair dengan kekentalan tertentu
- Tidak dapat diaplikasikan pada produk yang memiliki sifat lengket karena menyebabkan penggumpalan dan penempelan pada permukaan ruang pengering

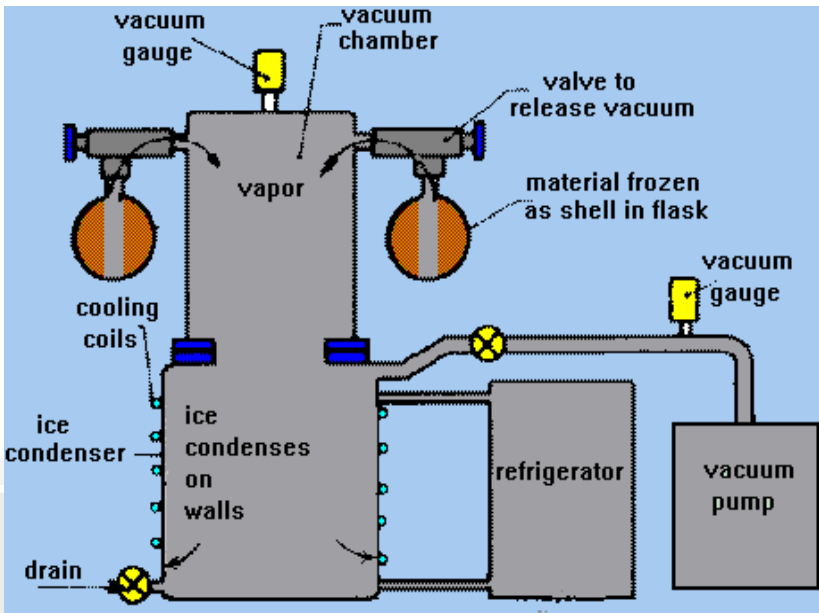
## Drum Dryer

- Alat pengering sistem kontak tidak langsung dengan sumber panas, melalui plat silinder 120–170°C dipanaskan dengan steam
- Bahan dikontakkan ke permukaan silinder panas hingga menguap, lalu rendemen kering dikikis dengan pisau dan digiling
- Hanya sesuai untuk bahan tidak sensitif panas (tepung, MP-ASI, bubur)
- **Masalah:** sering terjadi off-flavor, off-colour, lengket (gula tinggi)



## Pengering Batch & Continue (III) [Freeze dryer]

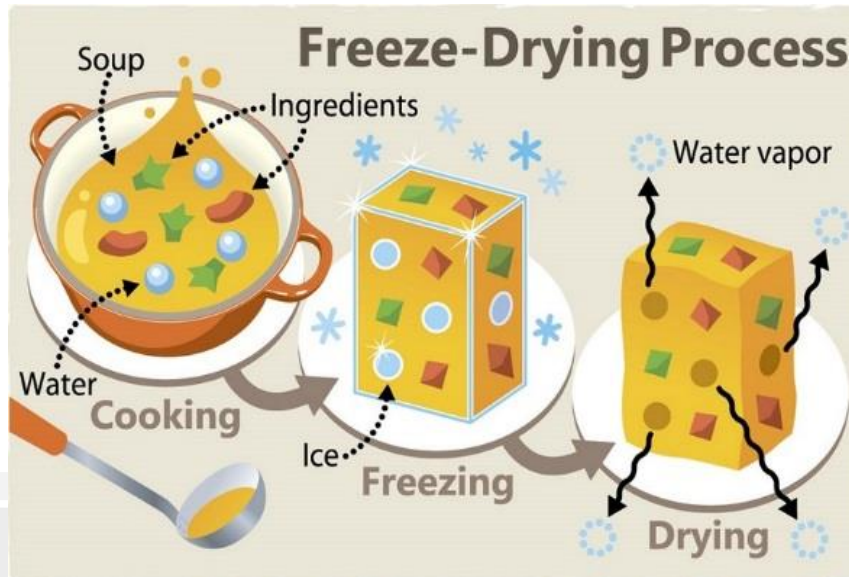
- Generasi III dirancang untuk meminimalkan kerusakan struktur bahan pangan, aroma, gizi, dan flavor.
- Pengeringan tidak menyebabkan pencoklatan dan pengkerutan produk, karena menggunakan suhu dan tekanan rendah (vakum).
- Tidak terjadi perpindahan cairan dari bagian dalam ke permukaan (seperti pengeringan konvensional)
- **Kelemahan:** mahal, perlu pengemasan khusus, cocok untuk produk mahal





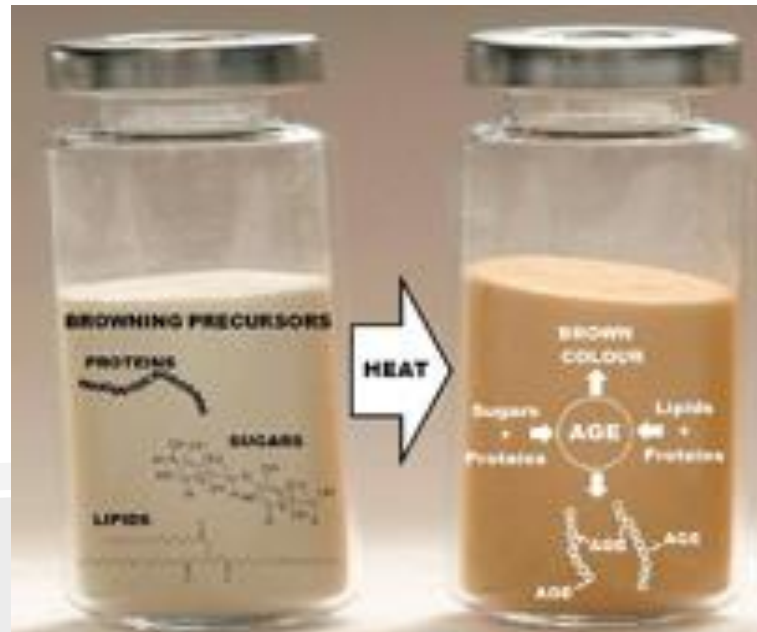
# Pengering Beku Freeze Dryer

- Pengeringan yang khusus untuk bahan sensitif terhadap panas.
- Air dihilangkan dari bahan melalui sublimasi (melewati fase cair), pada tekanan rendah air beku akan menguap jika suhu dinaikan
- Pengeringan beku menghasilkan produk berpori akibat es yang menguap
- Flavor dapat dipertahankan dan kadar air rendah (<2%)
- **Aplikasi:** teh matcha, ekstrak herbal, flavor buah dan sayuran



# Mutu Produk Pengering Konvensional & Beku

Perlakuan	Pengeringan konvensional	Pengeringan beku
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu Proses</li> <li>▪ Tekanan</li> <li>▪ Penguapan</li> <li>▪ Produk</li> <li>▪ Bau</li> <li>▪ Warna</li> <li>▪ Cita rasa</li> <li>▪ Rehidrasi</li> <li>▪ Biaya</li> </ul>	<p>100–170°C</p> <p>Atmosfer (760 mmHg)</p> <p>Dari permukaan bahan</p> <p>Kering, padat dan mengkerut</p> <p>Berubah</p> <p>Lebih gelap</p> <p>Berubah</p> <p>Lambat</p> <p>Rendah</p>	<p>43, 33°C</p> <p>Vakum (di bawah titik tripel)</p> <p>Sublimasi</p> <p>Kering dan berongga</p> <p>Tetap</p> <p>Tetap</p> <p>Tetap</p> <p>Cepat dan sempurna</p> <p>Tinggi</p>



Maillard pada susu bubuk

# Tahapan Pengeringan Beku

## Tahap pembekuan

- Waktu pembekuan harus diatur, bila terlalu lama mengakibatkan pembentukan kristal es berukuran besar dan merusak bahan.
- Pembekuan terlalu cepat mengakibatkan penyimpangan warna dan tekstur

## Tahap pra sublimasi (pem-vakuman)

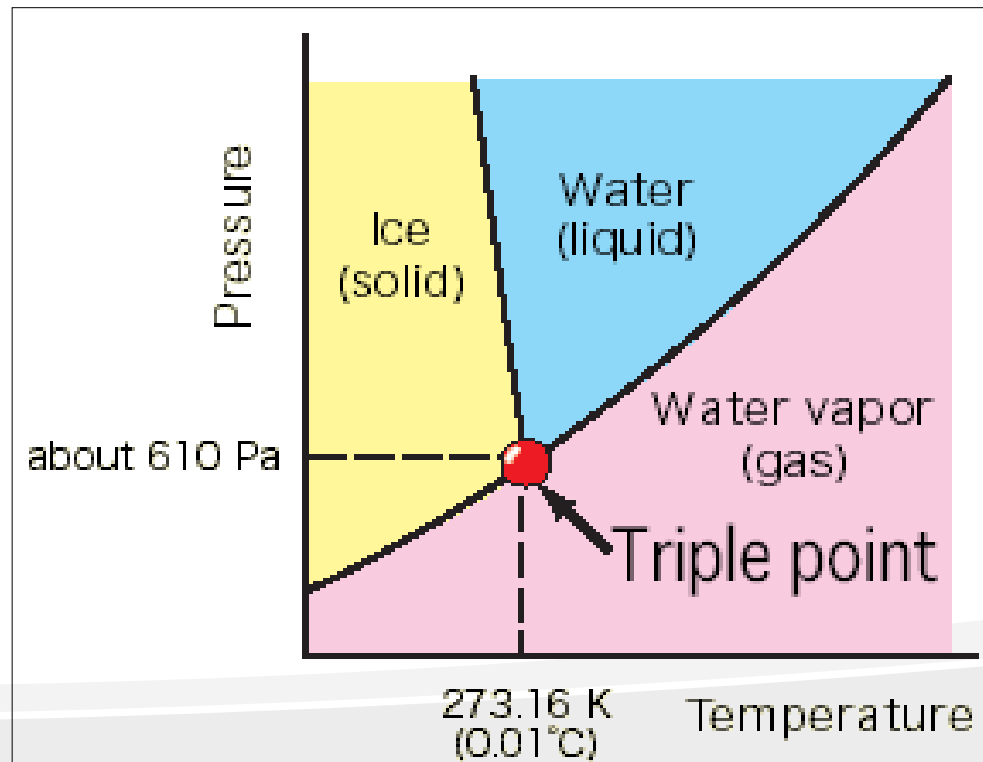
- Prinsipnya mengatur tekanan dan suhu
- Air menjadi uap, air, dan es tergantung oleh suhu dan tekanan
- Pada kondisi tekanan 4,58 mmHg/610,5 Pa/4,58 torr dan suhu 0,01°C, air berada pada kondisi kesetimbangan (**titik tripel**)

## Tahap sublimasi

- Pada tekanan rendah 610,5 Pa, suhu dinaikkan terjadi sublimasi (es-uap)
- Air bahan terus dikurangi dengan tetap berada pada tekanan rendah
- Sublimasi terjadi dari permukaan ke bagian dalam bahan (kebalikan dari pengeringan konvensional)

# Titik Tripel (Triple Point)

- Suhu dan tekanan yang mana air, uap air, dan es berada dalam kesetimbangan (titik tripel) pada tekanan 4,58 mmHg/610,5 Pa/4,58 torr, dan suhu 0,01°C
- **Keadaan kesetimbangan:** ketika tidak ada es yang mencair/menguap, tidak ada air yang membeku/menguap, dan tidak ada uap air yang mengembun/membeku.



## Perlakuan Sebelum Pengeringan (Inaktivasi Enzim)

### Pengasaman (Acidifikasi) & Pemanasan (Blansir)

- Bahan pangan jenis sayuran dan buah-buahan mengandung enzim katalase, peroksidase, lipoksigenase, polifenolase
- Enzim dapat menyebabkan perubahan warna dan perubahan flavor saat pengupasan dan pemotongan

### Sulfuring

- Inaktivasi enzim polifenolase penyebab reaksi pencoklatan
- Dilakukan dengan:
  - ✓ Penyemprotan dengan gas  $\text{SO}_2$  (tidak praktis)
  - ✓ Perendaman larutan Na-sulfit, Na-bisulfit, Na-metabisulfit
- **Aplikasi:** cabai 750–1500 ppm, kentang dan wortel 200–500 ppm

### Perlakuan Setelah Pengeringan

- Penambahan BTP antikempal/penggumpalan (aluminium silikat)
- Produk hasil pengeringan beku dikemas dalam kemasan MAP menggunakan gas inert nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan  $\text{CO}_2$ ,

**NeXT..**

Teknologi Pengasapan