



Teknologi

Sterilisasi & Pasteurisasi

**Reza Fadhillah, S.TP, M.Si**

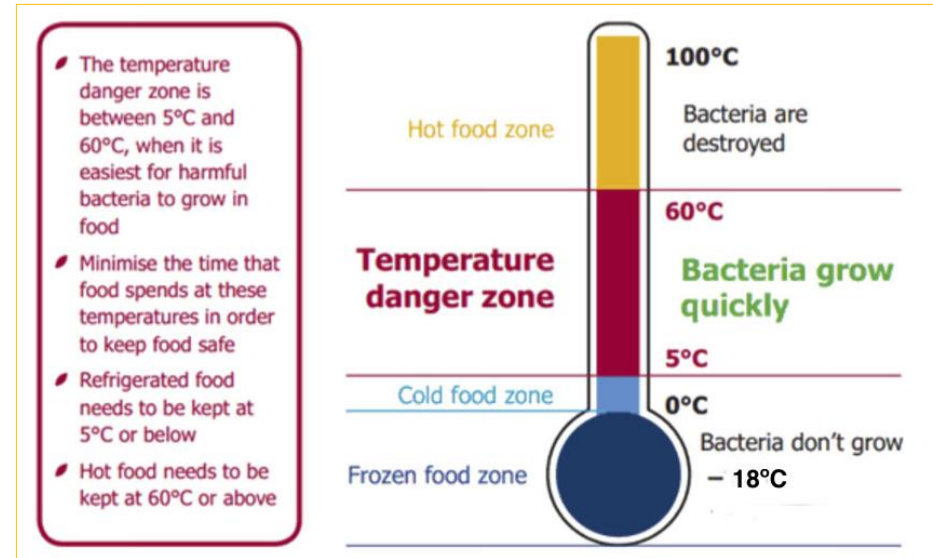
# Proses Termal

- Proses termal → salah satu metode penting pengolahan pangan untuk mempertahankan mutu dari aktivitas enzim dan mikroba dengan pemanasan
- Rentang suhunya 65 - 121°C → Blansir, Pasteurisasi, Sterilisasi Komersial
- Keuntungan:
  - ✓ Terbentuknya tekstur, citarasa khas dan disukai
  - ✓ Peningkatan gizi dan daya cerna & rusaknya antigizi
  - ✓ Inaktifnya enzim-enzim perusak mutu
- Teknik pengalengan: prosedur pengawetan menggunakan kemasan tertutup (hermetis), dikombinasi dengan sterilisasi (121,1°C)
- Sterilisasi → mematikan mikroba patogen/pembusuk dan spora [sterilisasi basah (lebih efektif), sterilisasi kering]
- Kemasan: kaleng (aluminium), kemasan non-kaleng (retort pouch, tetrapack, glass jar, plastik).



# Syarat pH

- Tingkat pH produk menentukan jenis mikroba yang tumbuh → penentu proses termal yang sesuai (sterilisasi/pasteurisasi)
- Produk kemasan kaleng dibedakan berdasarkan tingkat keasaman (pH):
  - ✓ Produk asam/acid food ( $pH < 4,5$ ): pasteurisasi, pertumbuhan mikroba rendah, tidak berbahaya
  - ✓ Produk asam rendah/low acid food ( $pH > 4,5$ ): mutlak sterilisasi, berbagai jenis mikroba dapat tumbuh



## Proses termal beberapa jenis pangan

Resiko	Kriteria	Contoh Pangan	Proses Termal
Tinggi	$pH > 4,5$ ; $A_w > 0,85$	Susu, daging, sayuran, unggas	Sterilisasi
Sedang	$pH < 4,5$ ; $A_w > 0,85$	Buah-buahan segar	Pasteurisasi
	$pH > 4,5$ ; $A_w < 0,85$	Bahan pangan kering	Pasteurisasi
Rendah	$pH < 4,5$ ; $A_w < 0,85$	Permen asam	Pasteurisasi

# Blansir (90-95°C, 3'')

- Blansir → Perlakuan awal sebelum sterilisasi terutama pada buah & sayuran
- Buah & sayuran mengandung enzim penurunan mutu: lipoksigenase, polifenolase, poligalakturonase, klorofilase.

## Air panas (Hot water blanching)

### Keuntungan

Biaya rendah

Efisien energi panas

Oksidasi ↓ karena kontak O<sub>2</sub> ↓

### Kerugian

Kehilangan komponen larut air

Limbah banyak dan cost tinggi

kontaminasi bakteri termofilik

## Uap panas (Hot air blanching)

### Keuntungan

Kehilangan komponen larut air ↓

Produksi limbah ↓

Peralatan mudah dibersihkan

### Kerugian

Pencucian & pembersihan terbatas

Boros energi

Blansir tidak merata



## Tujuan Blansir

- Menginaktifasi enzim
- Mengurangi jumlah mikroba awal (mikroba permukaan bahan pangan)
- Mempermudah pengupasan dan pemotongan
- Menaikkan suhu jaringan: kecukupan pasteurisasi/sterilisasi
- Melunakkan tekstur sehingga mempermudah pengisian ke dalam kemasan
- Mengeluarkan udara yang terperangkap di jaringan, mengurangi oksidasi
- Membantu proses pengalengan dengan terbentuknya head space



## Waktu Blansir Sayuran

Sayuran	Waktu Blansir (menit), dalam air mendidih (100C)
Asparagus	
< 5/16 in. per butt	2
5/16–9/16 in. per butt	3
9/16 in. per butt	4
Buncis (Green bean)	
Kecil	1–1,5
Medium	2–3
Besar	3–4
Brokoli	2–3
Bayam	1,5

## Pengaruh Blansir Terhadap Kerusakan Vit C

Metode Blansir	Kerusakan Vit. C (%)		
	Kacang polong	Brokoli	Buncis
Air panas + pendinginan (air dingin)	29,1	38,7	15,1
Air panas + pendinginan (udara dingin)	25,0	30,6	19,5
Uap panas + pendinginan (air dingin)	24,2	22,2	17,7
Uap panas + pendinginan (udara dingin)	14,0	9,0	18,6

## Pasteurisasi (62–75°C)

- Pasteurisasi → Pemanasan suhu ↓ <100°C untuk mengurangi populasi patogen, toksin, dan pembusuk.
- Patogen: *Mycobacterium tuberculosis* (TBC), *Salmonella* (tifus), *Shigella dysenteriae* (disentri). Pembusuk non-spora: *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Aerobacter*
- Setelah pasteurisasi dikombinasi dengan pendinginan & + pengawet, awet beberapa hari (susu)– bulan (sari buah)
- Alasan penerapan pasteurisasi:
  - ✓ Dikhawatirkan panas tinggi menyebabkan kerusakan mutu (susu)
  - ✓ Tujuan utama: mematikan sel vegetatif dan inaktivasi enzim
  - ✓ Ditujukan untuk pangan mudah rusak (panas/asam pH>4,5)
  - ✓ Akan dikombinasi dengan pengawetan lain

Tipe pasteurisasi	Suhu & waktu
Low Temperature Long Time (LTLT)	62,8 – 65,6°C ; 30 menit
High Temperature Short Time (HTST)	73°C ; 15 detik
Flash Pasteurization	85–95°C ; 2 – 3 detik



# Hot-Filling

- Hot-filling → teknik pengemasan menggunakan kemasan steril (botol/gelas) dalam pasteurisasi ketika bahan masih kondisi panas
- Biasanya proses hot-filling dikombinasi dengan teknik pengawetan lain (penggulaan, penggaraman, BTP pengawet)
- Contoh produk: saus, sambal, susu pasteurisasi, dan jem.



Hot-filling of milk



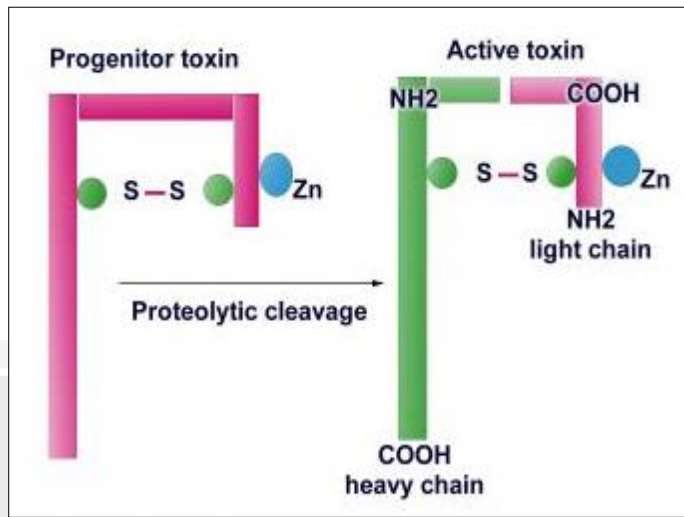
# Kondisi & Tujuan Pasteurisasi Tergantung pH

Jenis produk	Tujuan utama pasteurisasi Inaktivasi	Tujuan Sampingan Mematikan	Kondisi min pasteurisasi
<b>pH &lt; 4,5</b>			
Sari Buah	enzim pektinesterase, Poligalakturonase	Bakteri pembusuk, kapang & khamir	65C;30 menit 77C;1 menit, 88C;15 detik
Bir	Khamir, Lactobacillus, sisa khamir (Saccharomyces)	–	65–68C;20 menit; 72–75C;1–4 menit (900–1000 kPa)
<b>pH &gt; 4,5</b>			
Susu	<i>B. abortis</i> , <i>S. aureus</i> <i>M. tuberculosis</i> ,	Mikroba pembusuk & enzim	63C;30 menit 71,5C;15 detik
Telur cair	<i>S. Typhimurium</i>	Mikroba pembusuk	64,4C;2,5 menit 60C;3,5 menit
Es Krim	Mikroba patogen	Mikroba pembusuk	65C;30 menit 71C;10 menit 80C;15 detik



# Sterilisasi Komersial (121,1°C)

- Sterilisasi komersial → pemanasan ↑ diaplikasikan dalam skala industri,
- Ditujukan → produk berasam ↓ pH >4,5 rentan kontaminasi
- Sebagian spora bakteri dapat tahan sterilisasi → bersifat dorman
- Bakteri resisten sterilisasi:
  - ✓ Bakteri termofilik (> 50C): *Bacillus*, *C. botulinum*, *Pediococcus*
  - ✓ Bakteri termodurik (suhu pasteurisasi): *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, spora *Bacillus*, spora *Clostridium*
- Karakteristik *C. botulinum*:
  - ✓ Gram positif (+) pembentuk spora, anaerob/kedap udara
  - ✓ Spora banyak di lingkungan (tanah, limbah, tanaman)
  - ✓ Mengkontaminasi produk pangan berasam rendah (pH>4,5)
  - ✓ Menghasilkan toksin mematikan (botulinum toksin)

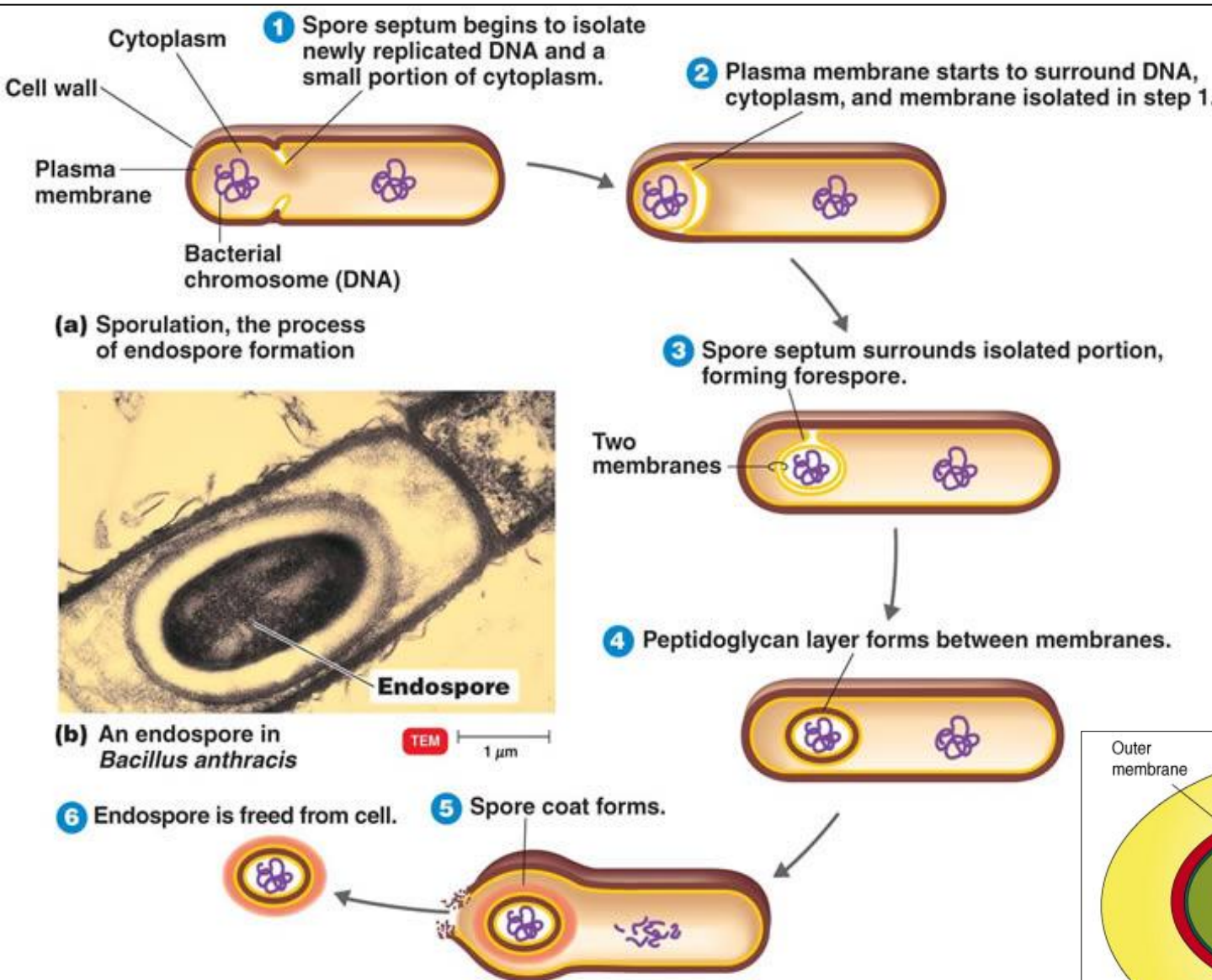


Botulinum  
toxin  
structure

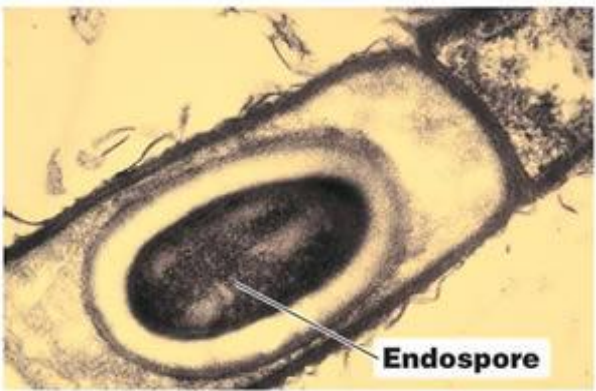


Botulinum Toxin  
/Botox Treatment

# Proses Sporulasi & Germinasi Spora

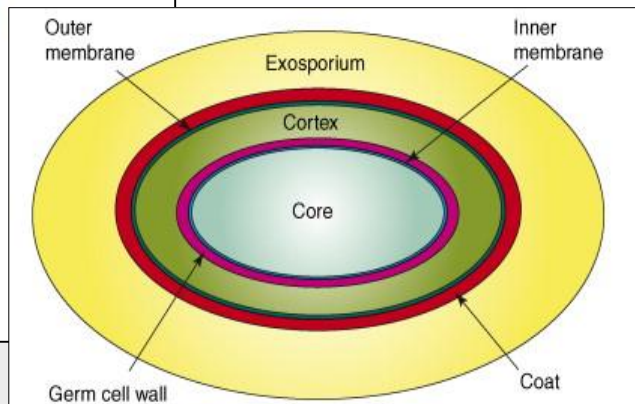


**(a)** Sporulation, the process of endospore formation



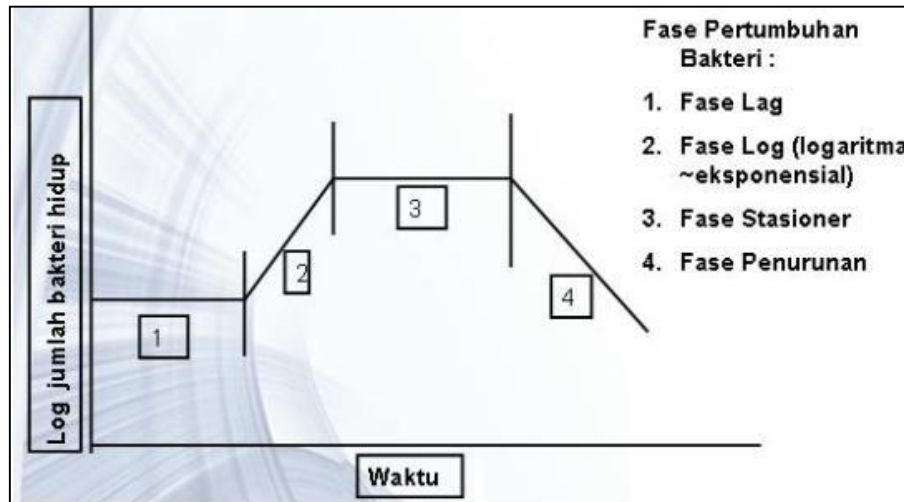
**(b)** An endospore in *Bacillus anthracis*

Spora



# Penyebab Resistensi

- Makin banyak jumlah sel maka makin resisten
- Umur sel:
  - ✓ Pada Fase LAG (adaptasi) dan Fase STATIS: ketahanan panas tinggi
  - ✓ Pada Fase LOG: ketahanan menurun (paling sensitif) terhadap panas
  - ✓ Spora berumur tua lebih tahan dari spora muda



- Suhu pertumbuhan
  - ✓ Makin ↑ suhu inkubasi, resistensi makin ↑ (Salmonella yang diinkubasi 44°C, 3x lebih tahan panas jika diinkubasi 35°C)
  - ✓ Makin ↑ suhu pembentukan spora 62°C spora makin resisten spora *B subtilis*
- Air:
  - ✓ Makin rendah kelembaban maka mikroba makin tahan panas
  - ✓ Sel bakteri kering lebih tahan daripada sel bakteri basah
  - ✓ Denaturasi cepat terjadi di air daripada udara (bakteri lebih tahan udara panas)

# Penyebab Resistensi

- Adanya komponen makromolekul (lemak, karbohidrat, protein) membuat bakteri tahan panas karena terlindungi.
- Garam (NaCl) melindungi bakteri halofilik (*S. aureus*) dari panas. Sebaliknya, ion logam (Ca & Mg) menurunkan ketahanan panas.
- Bakteri dengan pH pertumbuhan optimum, akan tahan panas
- Antimikroba dalam pangan dapat menurunkan ketahanan panas bakteri
- Suhu lebih berperan penting daripada waktu dalam proses pemanasan:

Contoh: Untuk mematikan jumlah  $6,0 \times 10^{10}$  spora *C. botulinum* dibutuhkan waktu 60 menit (100°C), atau 5 menit (120°C)

# Tahap Pengalengan Konvensional

1. Pemilihan dan persiapan bahan
2. Blansir
3. Penghampaan Udara (Exhausting)
4. Penutupan (Double seaming)
5. Sterilisasi
6. Pendinginan

# 1. Pemilihan & Persiapan Bahan

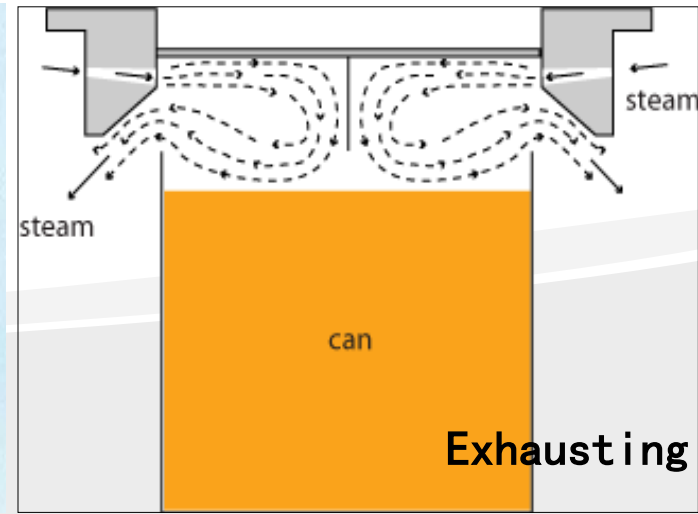
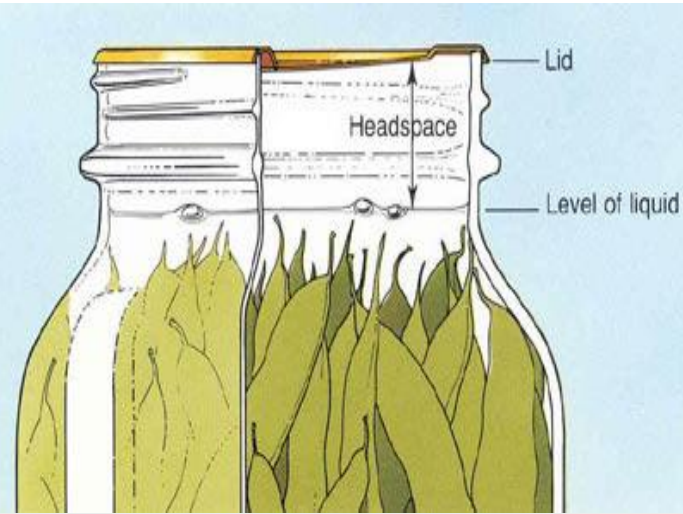
- Pemilihan (seleksi) terhadap bahan yang akan dikalengkan
- Pencucian, dan pemotongan: Pencucian bertujuan memisahkan bahan dari material tidak diinginkan (kotoran, minyak, tanah) dan mengurangi jumlah mikroba awal



## 2. Blansir

### 3. Penghampaan Udara (Exhausting)

- Exhausting → pengeluaran oksigen dari dalam kaleng mengurangi tekanan selama pemanasan
- oksigen: mempercepat korosi kaleng, reaksi oksidasi, bakteri aerofilik ↑
- Teknik penghampaan:
  - ✓ Mengisi bahan langsung ke dalam kaleng saat masih panas
  - ✓ Memanaskan kaleng dan isinya pada 80–95°C, 8–10" dengan tutup terbuka
  - ✓ Secara mekanik: penyedotan vakum
- Jarak **head space** (ruang bagian atas) sekitar 1–2 cm dari permukaan kaleng. Bila isi kaleng penuh → kaleng menjadi cembung
- Head space berperan merapatkan tutup kaleng saat uap mengembun dalam kaleng P dihead space ↓ dan P atmosfer diluar menekan tutup kaleng dengan kuat.

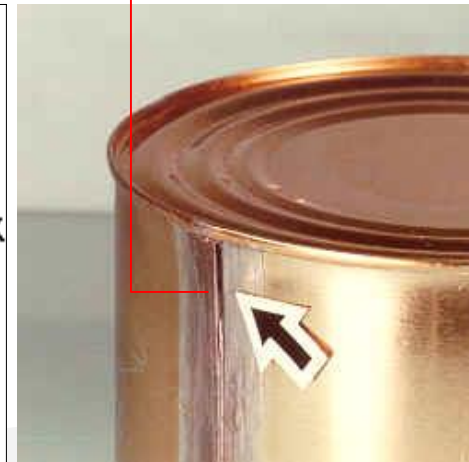
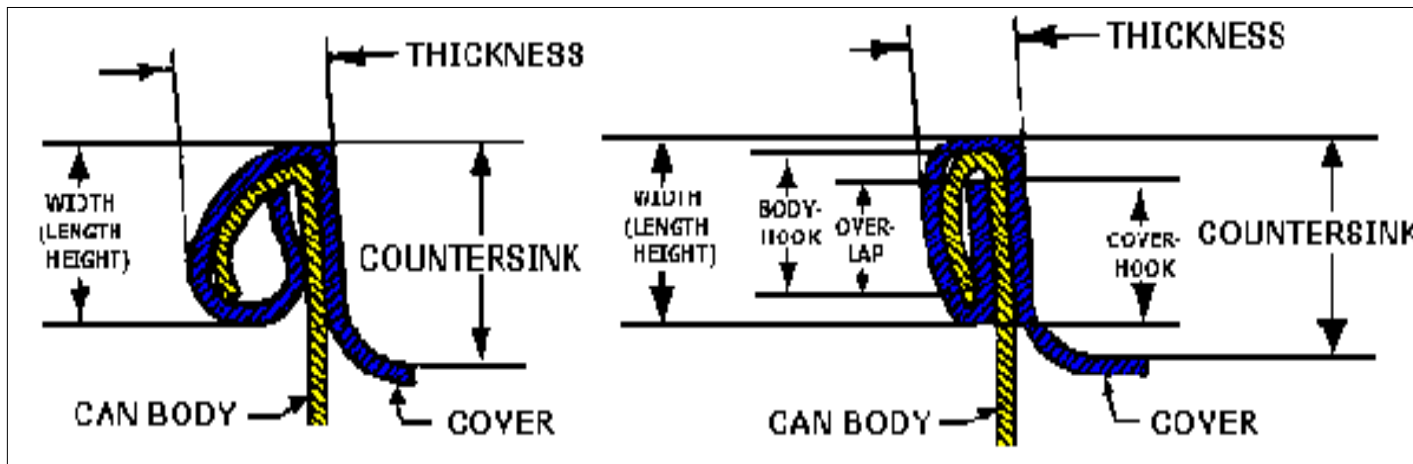




## 4. Penutupan (Double Seaming)

- Penutupan kaleng dilakukan setelah penghampaan udara (suhu masih tinggi)
- Dilakukan dengan menyatukan badan kaleng dengan tutupnya (double seaming).
- Dua operasi dasar saat penutupan kaleng:
  - ✓ Operasi 1: Menggulung bersama ujung pinggir tutup kaleng dan badannya.
  - ✓ Operasi 2: Meratakan gulungan yang dihasilkan oleh operasi 1.

### Double Seaming



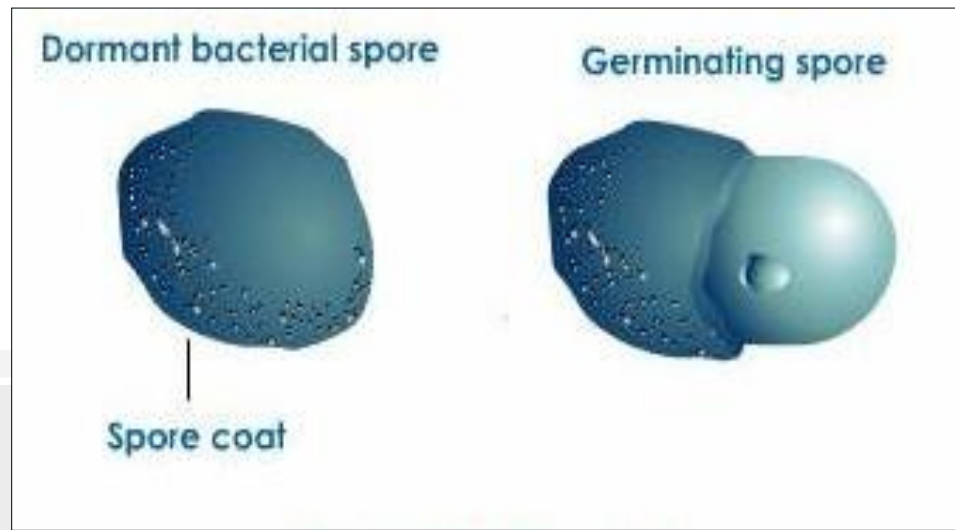
## 5. Proses Sterilisasi (done)

- Harus dilakukan secepat mungkin setelah penutupan kaleng. Jika waktu tunggu (holding time) terlalu lama, dikuatirkan jumlah mikroba awal akan kembali meningkat

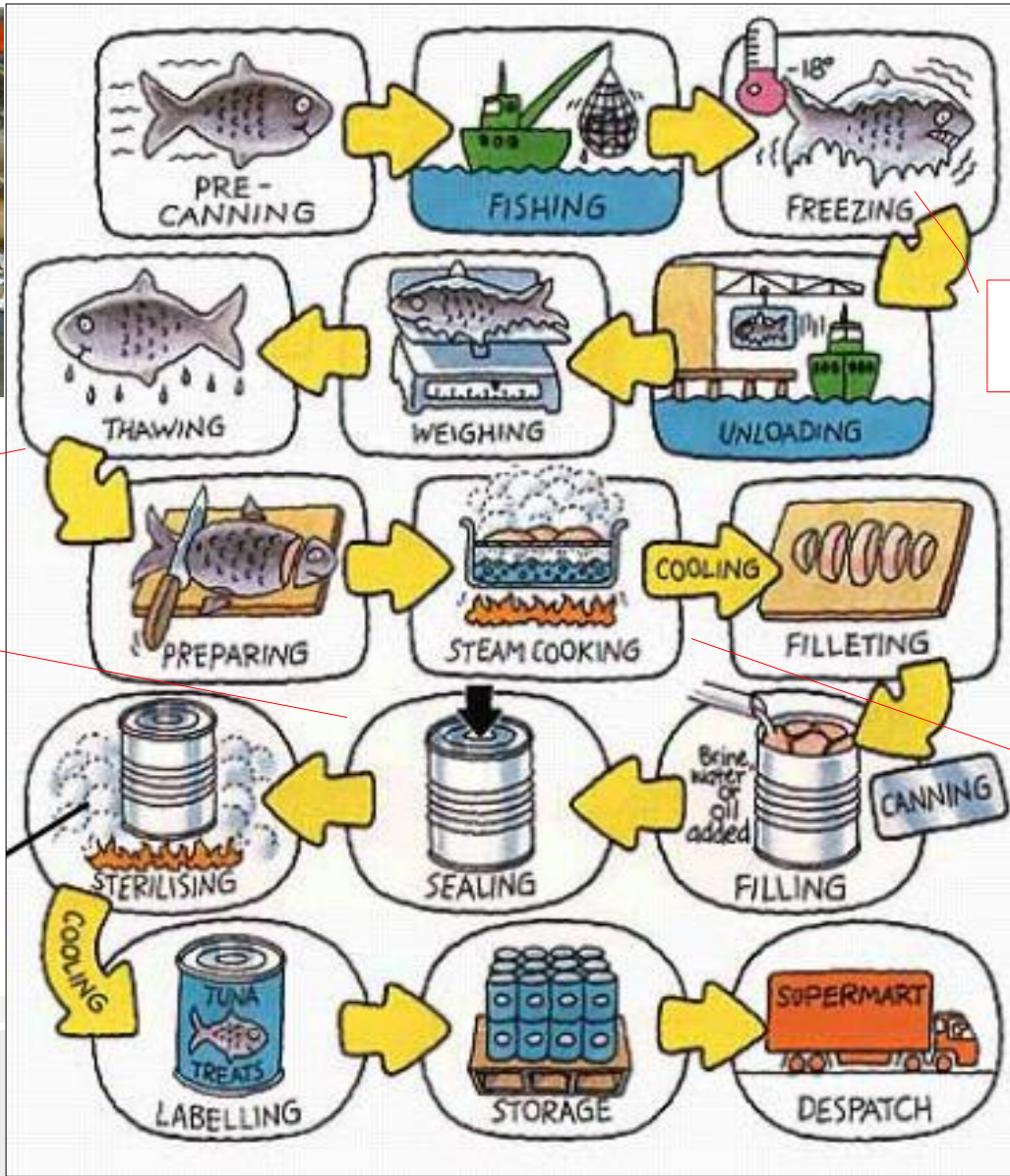
## 6. Pendinginan

- Saat sterilisasi, masih mungkin menyisakan spora bakteri termofilik.
- Untuk menghindari germinasi spora, produk yang telah steril harus segera didinginkan (air mengalir).
- Pendinginan akan memberikan efek cold shock sehingga spora tidak dapat bergerminasi. Pendinginan juga mencegah overcooking

Spora bakteri



# Proses Pengalengan Tuna



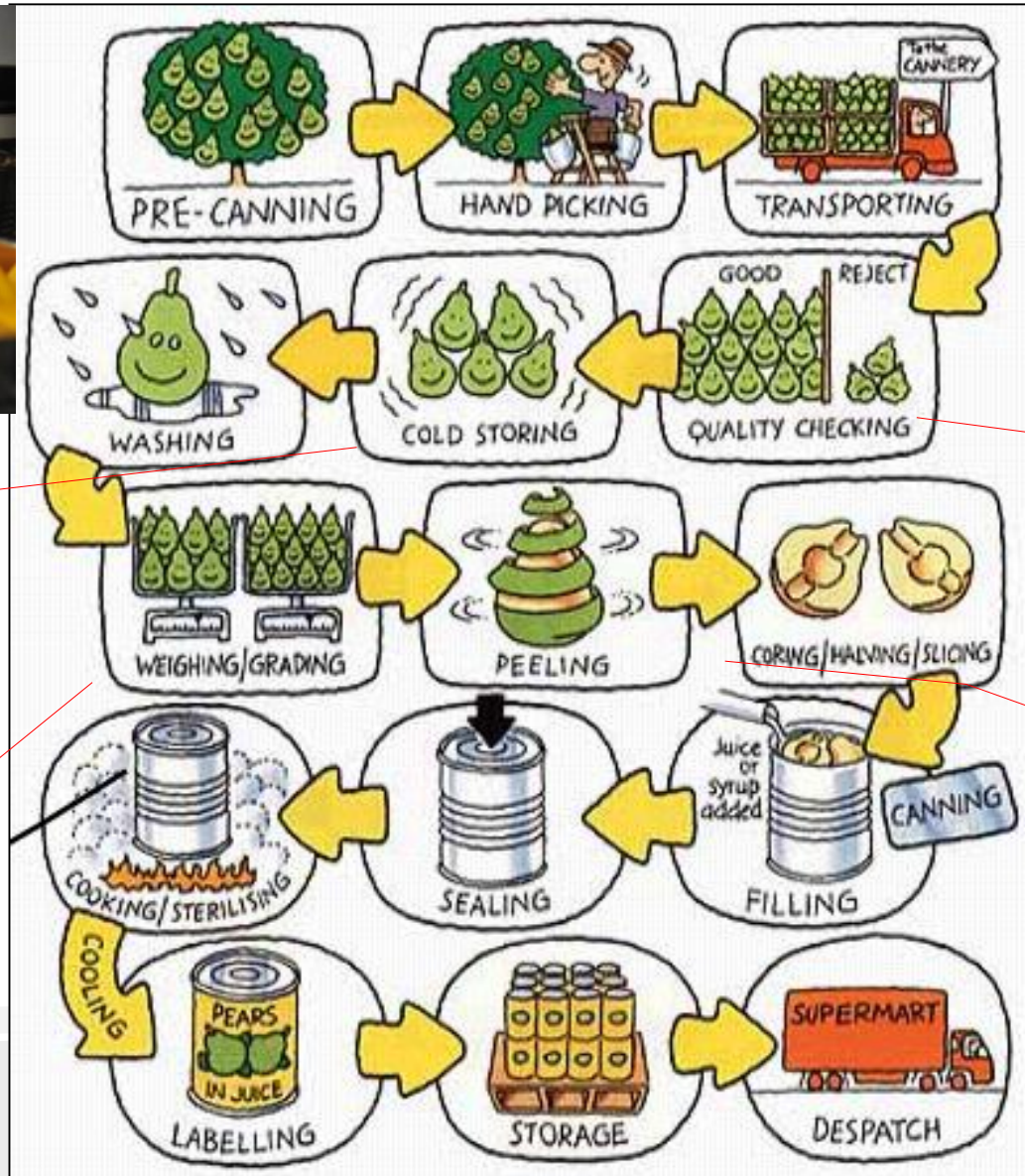
Penyimpanan sementara

Pencairan

Penutupan

Blansir

# Proses Pengalengan Buah Pear



Penyimpanan sementara

Kualifikasi mutu

Sortasi

Pengemasan

# Kerusakan Produk Makanan Kaleng

## 1. Flat Sour

- Bentuk fisik kaleng baik, namun isi sudah rusak dan berbau asam menyengat
- Kerusakan dipicu adanya spora tertinggal (tidak hancur saat sterilisasi)
- Kerusakan *B. stearothermophilus* pada produk berasam rendah ( $\text{pH} \geq 4,5$ ), *B. coagulans* pada produk asam ( $\text{pH} 4-4,5$ )

## 2. Flipper

- Apabila dilihat sekilas bentuk kaleng normal tanpa kerusakan. Namun, bila salah satu ujung kaleng ditekan, maka ujung lainnya terlihat cembung.

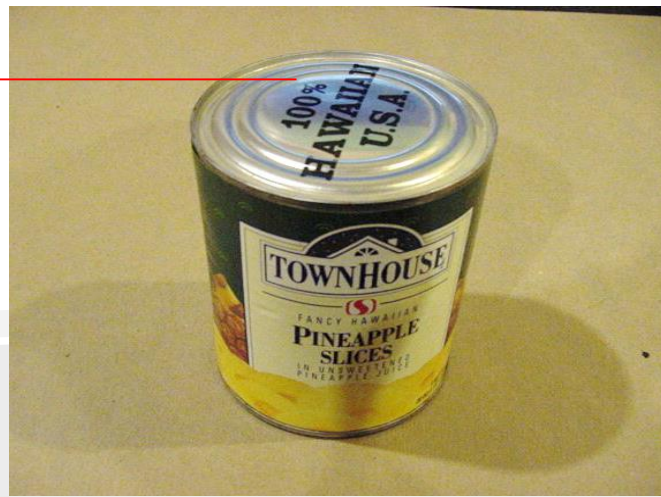
## 3. Springer

- Salah satu ujung kaleng tampak rata (normal), sedang ujung yang lain tampak cembung permanen.
- Bila bagian yang cembung ditekan maka bagian ujung yang rata akan cembung

#### 4. Swell (cembung)

- Kaleng terlihat cembung disebabkan pertumbuhan bakteri pembentuk gas (*C. botulinum*, *C. sporogenes*, *C. thermosaccharolyticum*, *C. pasteurianum*).
- Swell dibedakan menjadi:
  - ✓ Soft swell (kedua ujung kaleng cembung tetapi belum begitu keras, masih bisa ditekan sedikit ke dalam)
  - ✓ Hard swell (kedua ujung permukaan kaleng cembung dan keras, tidak ditekan ke dalam).

Swell



## Bakteri Pembentuk Spora Penyebab Kerusakan

Kelompok Bakteri	Tingkat Keasaman Pangan	
	Asam (3,7 < pH < 4,5)	Asam Rendah (pH > 4,5)
Termofilik (35–55°C)	<i>B. coagulans</i> <i>S. thermophilus</i>	<i>C. thermosaccharolyticum</i> <i>B. stearothermophilus</i>
Mesofilik (10–40°C)	<i>L. Bulgaricus</i> <i>C. butyricum</i> <i>C. Pasteurianum</i> <i>B. Mascercans</i>	<i>C. botulinum</i> (A dan B) <i>C. Sporogenes</i> , <i>B. subtilis</i>
Psikrofilik (<5–35°C)	<i>B. Polymixa</i> , <i>Pseudomonas</i> <i>Micrococcus</i>	<i>C. botulinum</i> , <i>S. aureus</i>

Bakteri	Strain	Kerusakan Produk
Termofilik (35–55°C)	<i>B. stearothermophilus</i>	Penyebab flat sour
	<i>C. nigrificans</i>	Kebusukan sulfida
	<i>C. thermosaccharolyticum</i>	Penggembungan kaleng (CO <sub>2</sub> )
Mesofilik (10–40°C)	<i>C. Pasteurianum</i>	Penggembungan kaleng (CO <sub>2</sub> )
	<i>C. butyricum</i>	Penggembungan kaleng (CO <sub>2</sub> )
	<i>C. Putrifacies</i>	Kebusukan sulfida
	<i>C. Botulinum</i>	Menghasilkan toksin botulinum
Psikrofilik (<5–35°C)	<i>Micrococcus</i>	Mengentalkan susu

**EnD. .**