

EVAPORASI



- **Evaporasi:** pengurangan air dari bahan encer untuk mendapatkan produk cair konsentrat (umumnya bersifat kental)
- **Prinsip:** menghilangkan sebagian air dari bahan pangan cair dengan cara pemanasan
- Pemisahan/penguapan air disebabkan oleh perbedaan volatilitas antara air dan padatan
- **Keuntungan:** stabilitas mikrobiologis dan mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan



Tujuan evaporasi:

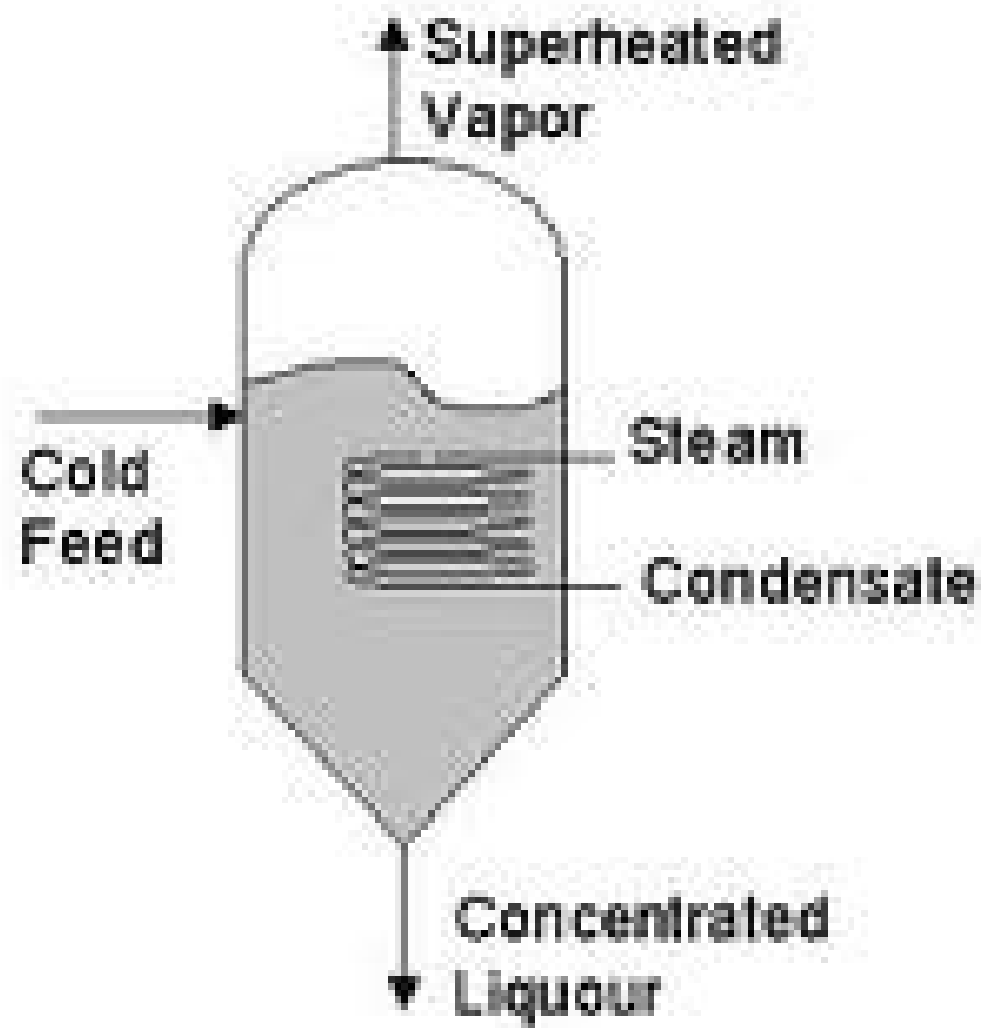
- untuk pemekatan sblm pengeringan, pembekuan/sterilisasi untuk mengurangi berat dan volume→menghemat energi utk penyimpanan, transport dan distribusi
- meningkatkan kadar total solid, menurunkan A_w : lebih awet
- Lebih praktis untuk konsumen
- Merubah flavor, warna makanan
- Evaporasi berbeda dg *drying* dan destilasi
- Selama evaporasi panas laten ditransfer dari medium panas ke makanan untuk menaikkan suhu ke titik didih (panas sensible)



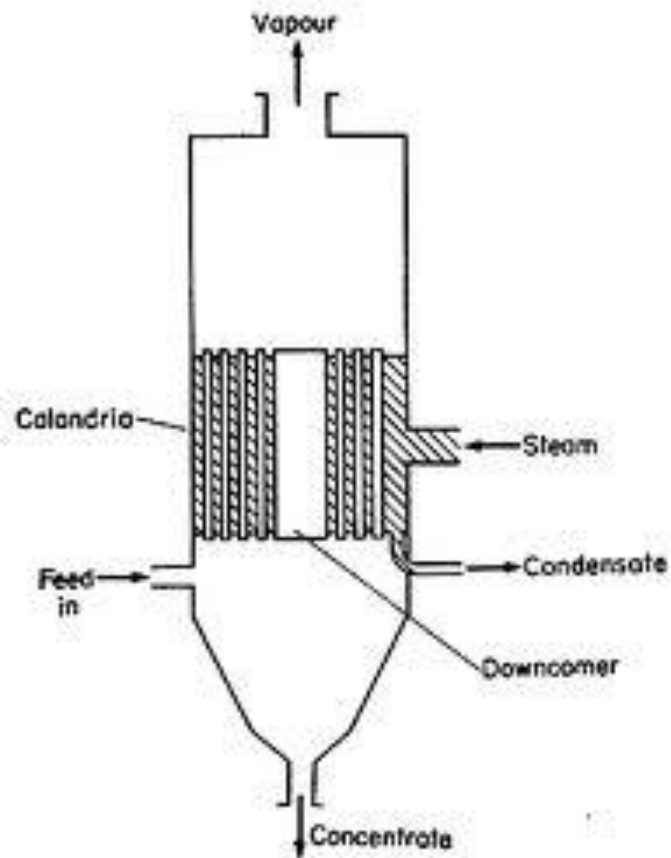
EVAPORATOR VACUUM
by. Archigama Technic
Jogjakarta



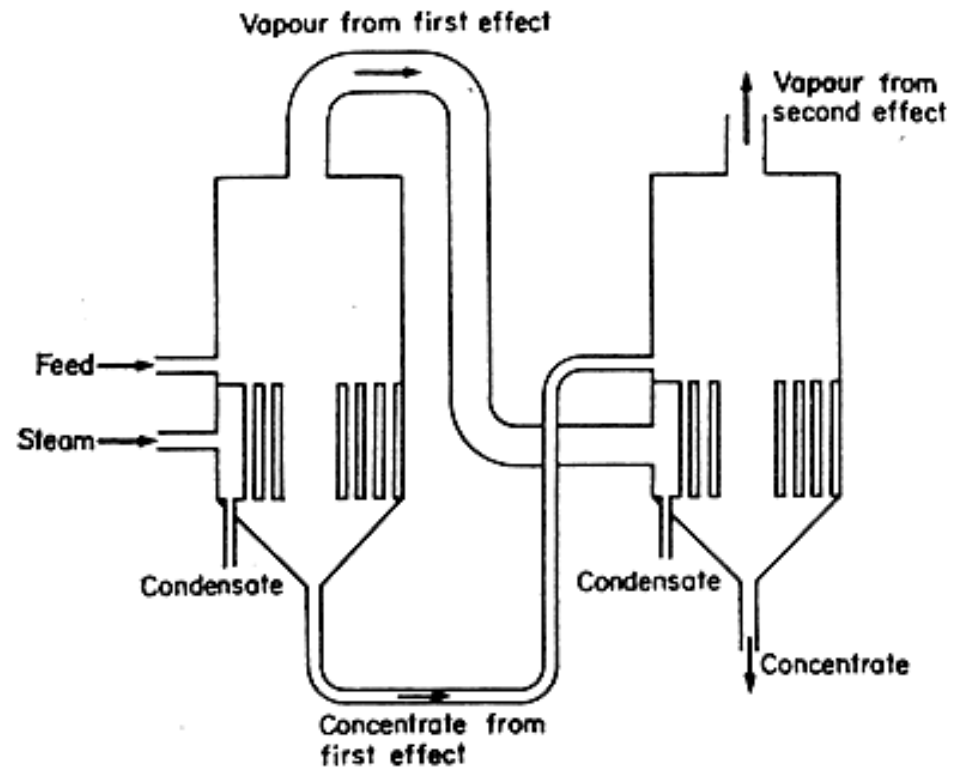
- Evaporator terdiri atas heat exchanger dalam chamber, kontak dg permukaan bahan→perpindahan panas, perbedaan tekanan
- Kondisi vakum dalam ruang evaporasi → suhu didih turun, kerusakan minimal
- Sumber panas: steam, mengalami kondensasi, kondensat/vapor dibuang→**single effect**
- Jika vapor digunakan lagi untuk media pemanas pada chamber evaporator lain→**multiple effect**



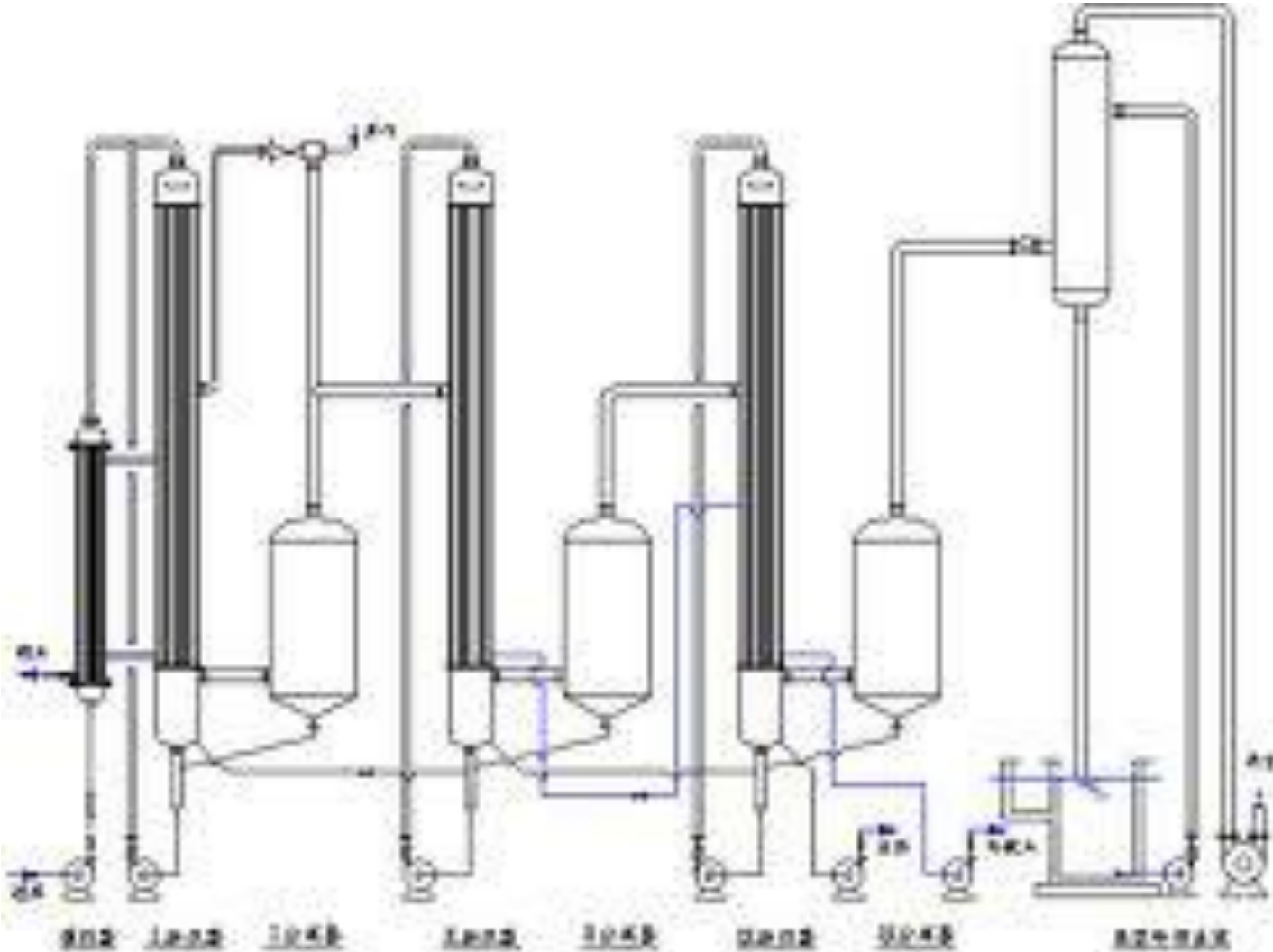
SINGLE EFFECT

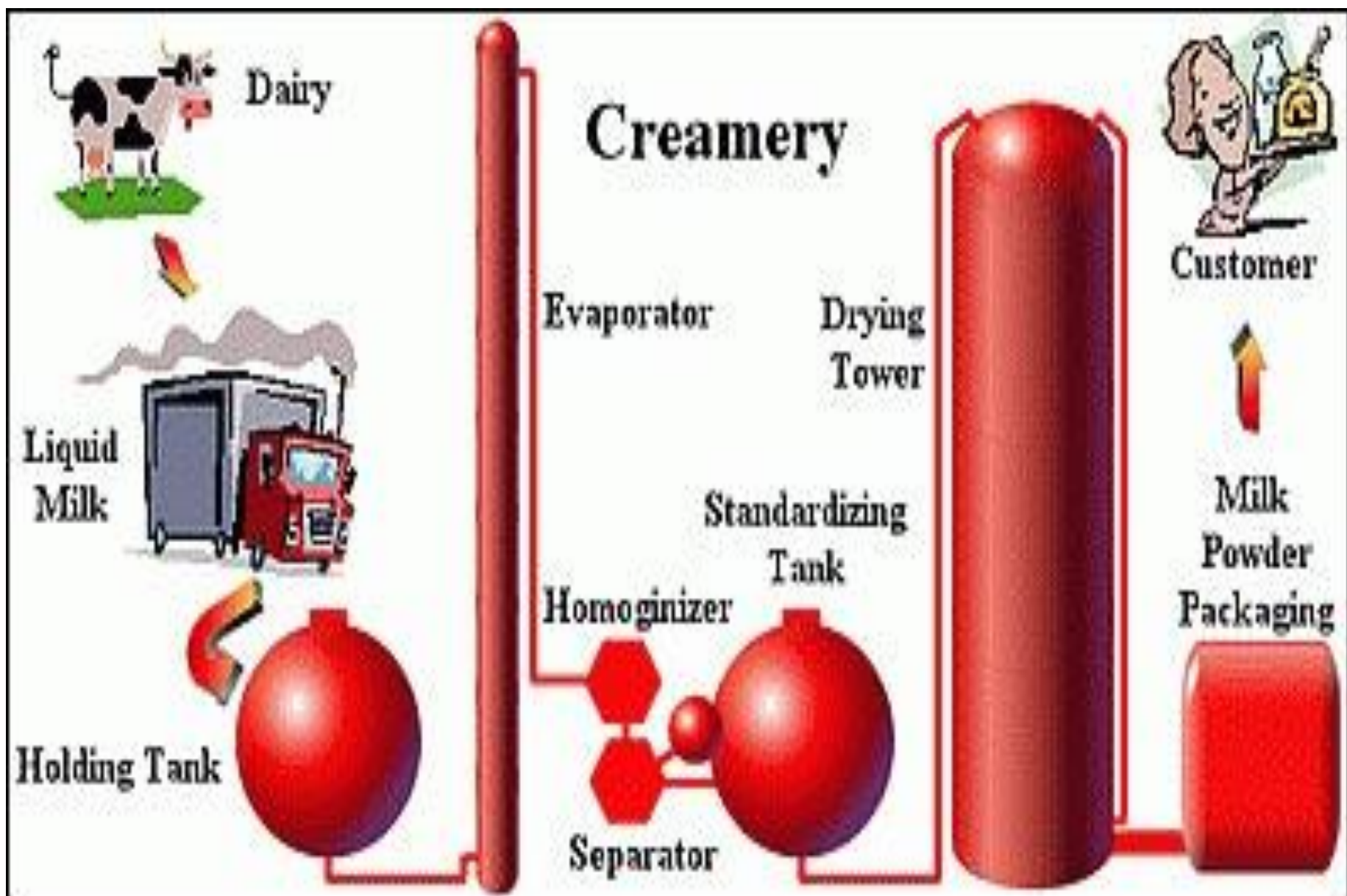


DOUBLE EFFECT



TRIPLE EFFECT





Contoh EVAPORATOR :



Contoh EVAPORATOR :

20K GPD LEACHATE EVAPORATOR, Berman Road, Florida

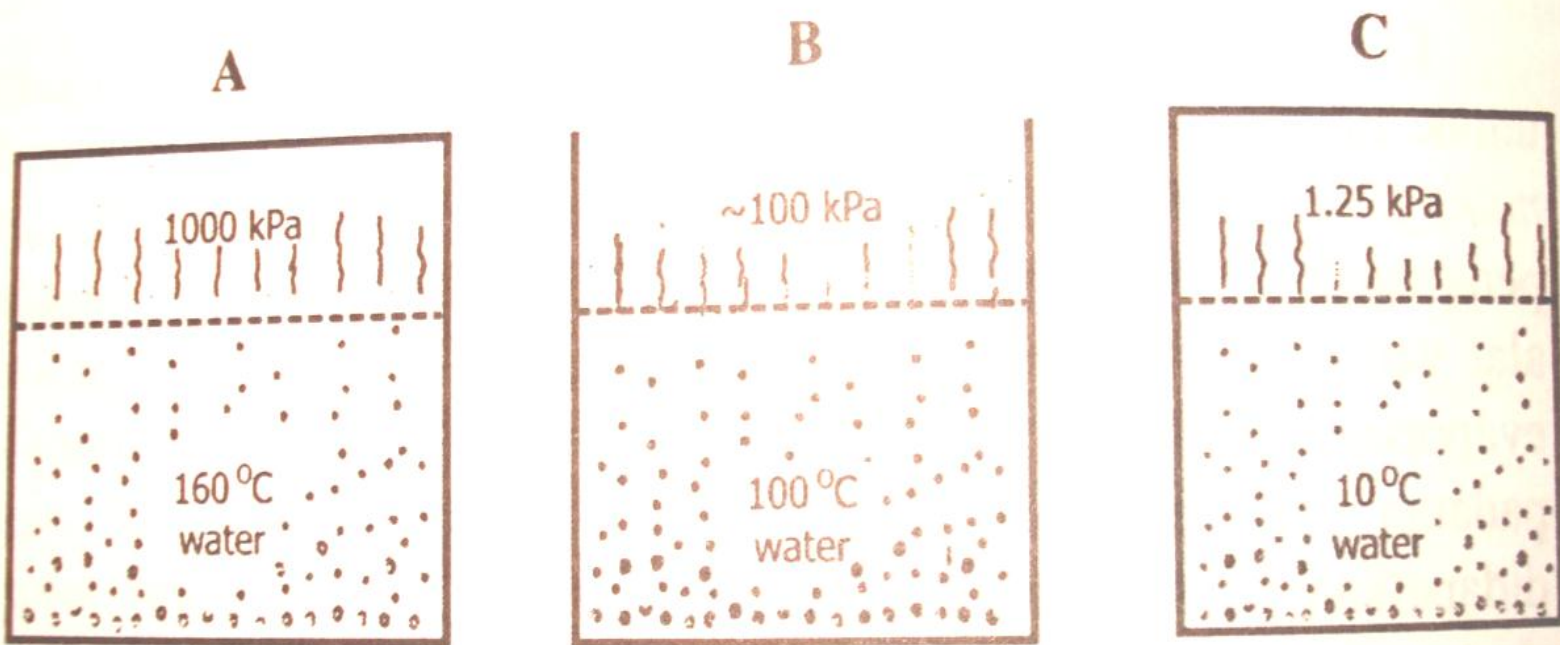


EVAPORASI SUSU

- Penguapan air → konsentrat komponen susu (laktosa, protein, lemak dan padatan)
- Hasil: susu kental dg kadar padatan 47-50%
- Penguapan suhu 100°C → kerusakan nutrisi
- Kondisi vakum: air menguap pada suhu $70-80^{\circ}\text{C}$



HUBUNGAN ANTARA SUHU, TINGKAT KEVAKUMAN DAN PENGUAPAN AIR



- ◉ DENGAN VAKUM EVAPORATOR

- ◉ TITIK DIDIH AIR

0.05 ATM==> 32.6°C

0.1 ATM ==> 45.5°C

0.5 ATM ==>80.9°C

1.0 ATM ==> 99.1°C

Pengaruh Pada Bahan :

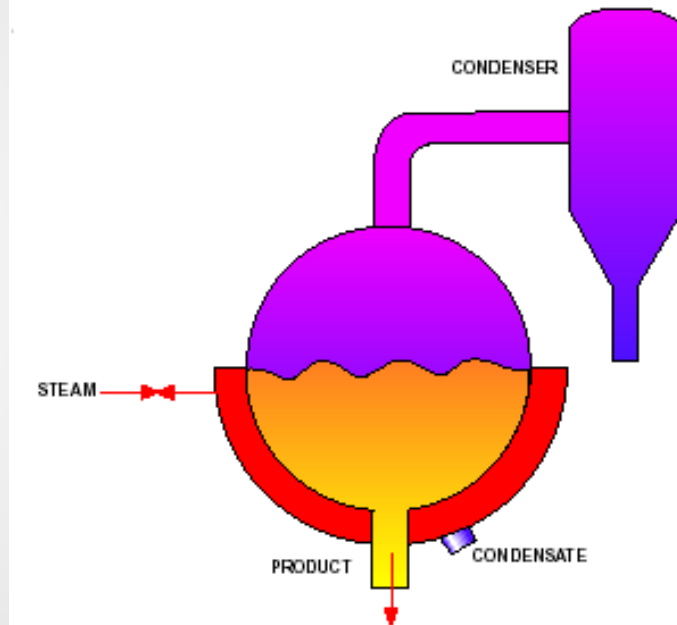
- Beberapa komponen **aroma** lebih **volatil** daripada air dan hilang selama evaporasi → menurunkan kualitas sensoris konsentrat
- Retensi komponen volatil dlm produk dapat dipertahankan dengan cara:
 1. Pengadukan
 2. Volatile recovery dg kondensasi vapor
 3. Stripping volatiles dg inert gas, ditambahkan kembali setelah evaporasi
- Evaporasi: kenampakan produk lbh gelap krn konsentrasi meningkat, reaksi kimia (Maillard browning)
- Suhu rendah dan waktu tinggal pendek → kualitas sensori baik

Macam-macam Evaporator

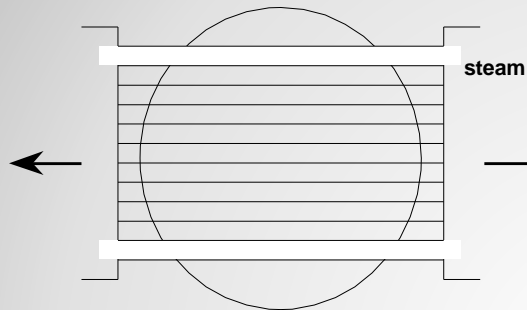
- Open kettle (Pan)
- Horizontal-tube natural circulation evaporator
- Vertical-type natural circulation evaporator
- Long-tube Vertical type evaporator
- Force-circulation-type evaporator
- Falling film Evaporator
- Agitated-film evaporator
- Plate Evaporator
- Open-pan solar evaporator

Batch pan

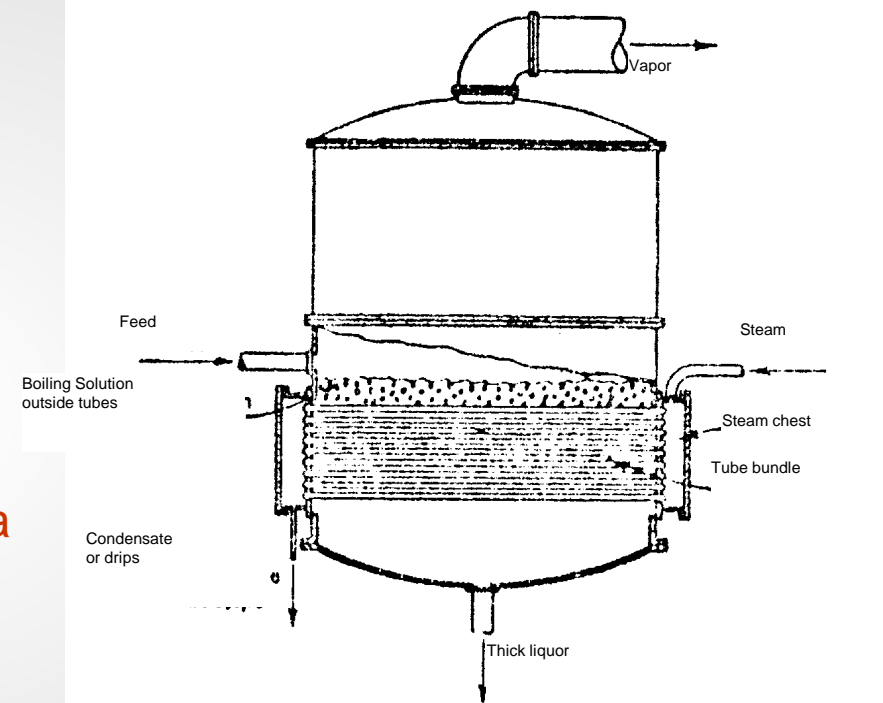
- Secara teknologi sudah ketinggalan, tapi masih digunakan dalam aplikasi terbatas, seperti pemekatan nira untuk pembuatan gula merah.
- Waktu tinggal produk dalam pan biasanya beberapa jam
- Yang penting adalah mendidihkan pada suhu rendah dan gunakan tekanan vakum jika produk sensitif terhadap panas.
- Pemanasan pan dengan jaket atau dengan coil atau dipanaskan langsung dengan api dari bawah.
- Luas perpindahan panas umumnya sangat kecil karena bentuk dari bejana dan koefisien perpindahan panasnya cenderung kecil karena konveksi natural.
- Kapasitas evaporator kecil karena rendahnya koefisien dan luas perpindahan panas.
- Perpindahan panas dapat ditingkatkan dengan adanya pengadukan
- Penggunaannya terbatas karena rendahnya kapasitas penguapan



Horizontal-tube evaporator

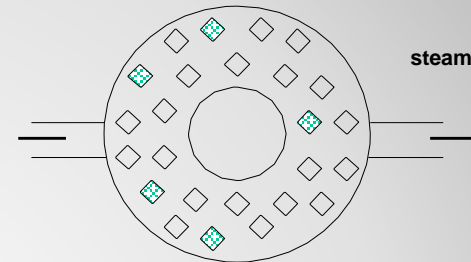
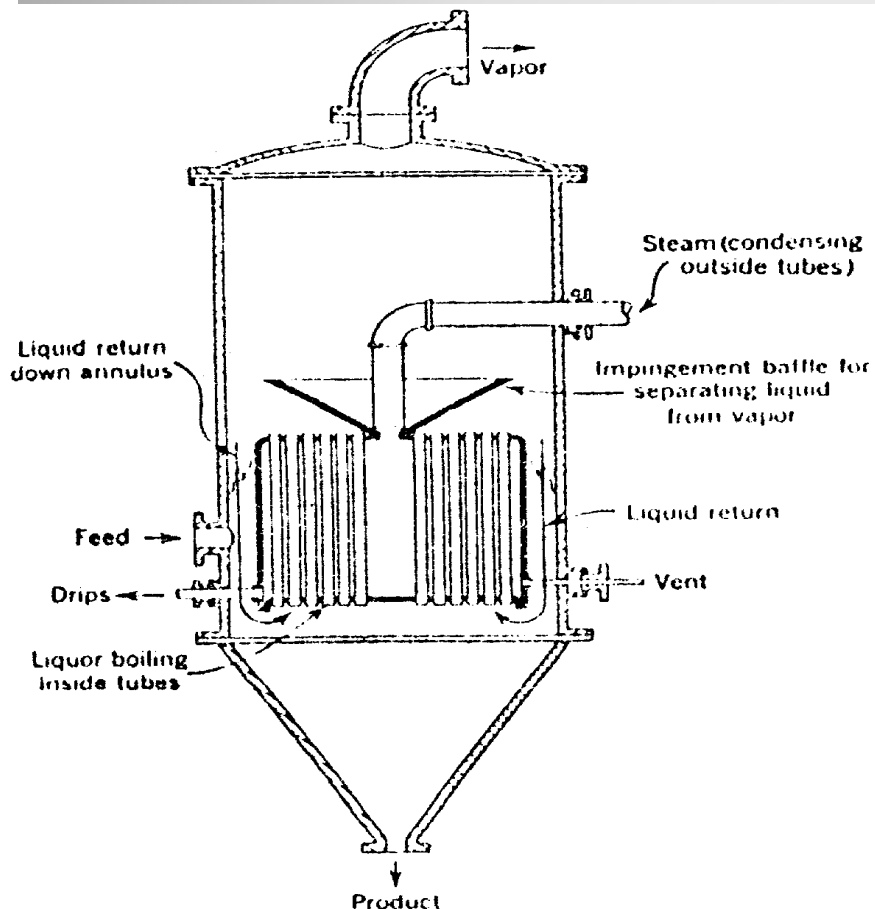


- Evaporator sederhana. Tidak mahal,
- Steam di tube dan cairan di bagian luar
- Sirkulasi cairan kurang baik
- Koefisien transfer panas rendah, akibatnya transfer panas kurang efisien.
- Baik untuk cairan yang tidak mengendap
- Pengendapan kerak terjadi di luar tabung, jadi sukar dibersihkan
- Konstruksi harus diusahakan agar bundel tabung-tabung bisa dikeluarkan untuk dibersihkan.



Cross-sectional diagram of horizontal-tube evaporator
Gb. 2-1

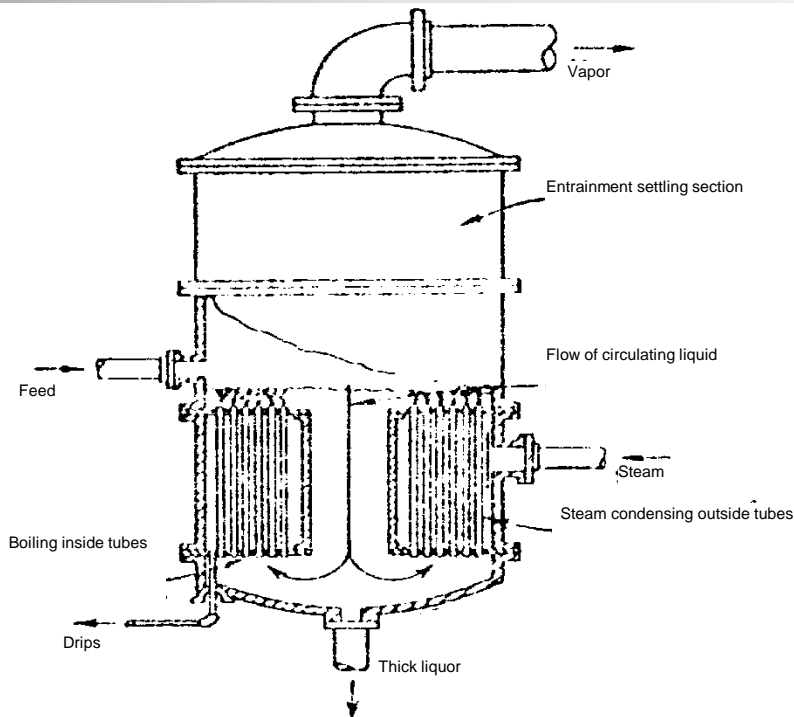
Vertical-tube Basket Evaporator



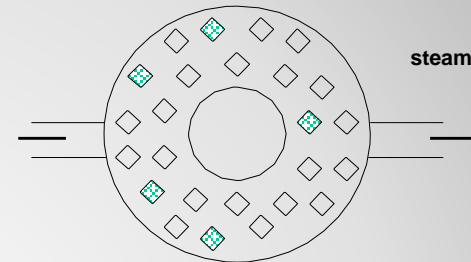
- hydrostatic head in tubes prevents boiling in tubes
- Cairan dalam tabung, *steam* dalam *shell*.
- Sirkulasi / aliran cairan bisa berjalan dengan baik sehingga akibat aliran tersebut, koefisien transfer panas besar, mengakibatkan transfer panas cukup efisien.
- Endapan / kerak terjadi dalam tabung sehingga lebih mudah dibersihkan.

Gb. 2-2 Cross-sectional diagram of basket evaporator

Vertical-tube Standard Evaporator



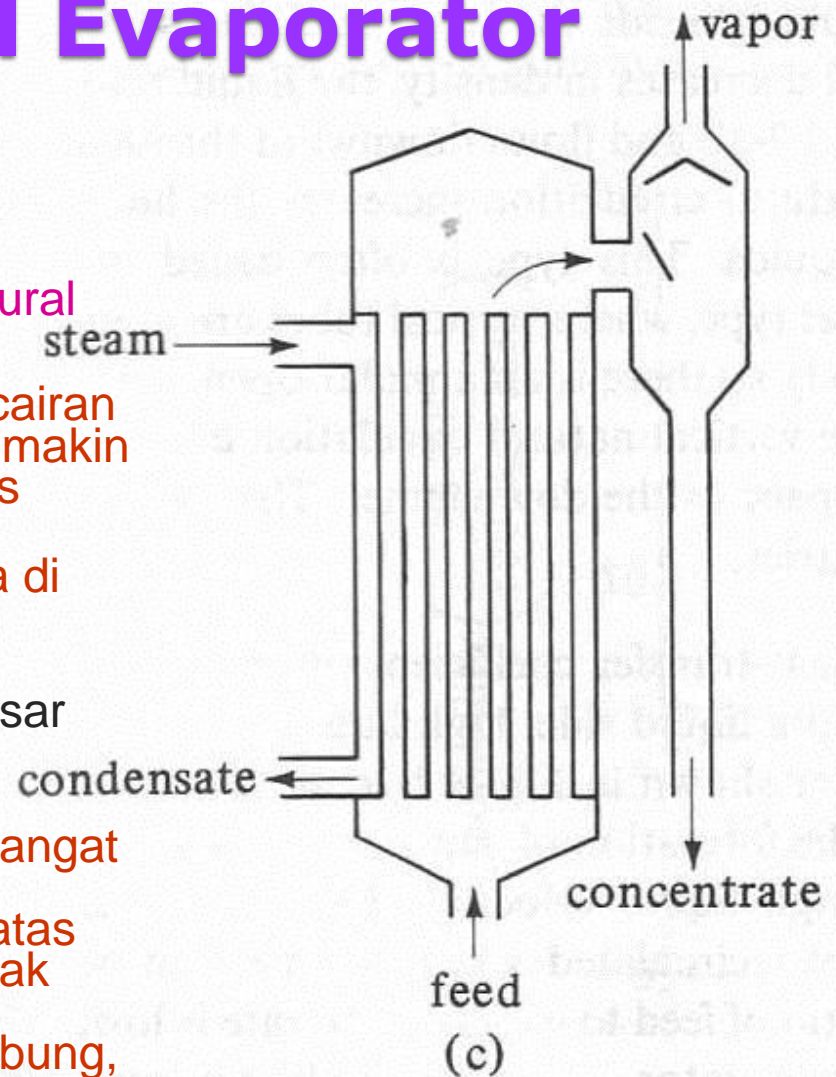
Gb. 2-3 Cross-sectional diagram of stand and vertical-tube evaporator with natural circulation.



- Cairan dalam tabung, *steam* dalam *shell*.
- Cairan dalam tabung mendidih, uap bergerak ke atas, cairan terbawa. Di atas tabung, uap dan cairan terpisah. Uap ke atas menuju outlet, cairan ke bawah lewat saluran besar di tengah dan kembali masuk ke tabung.
- tekanan hydrostatic dalam tubes mencegah pendidihan dalam tubes
- *Natural convection* berjalan baik sehingga transfer panas efisien.
- Kerak / endapan terbentuk dalam tabung sehingga lebih mudah dibersihkan.
- Sirkulasi menyebabkan ada sebagian cairan yang berkali-kali kontak dengan permukaan pemanas. Hal ini kurang baik untuk bahan yang tidak tahan panas, misalnya susu

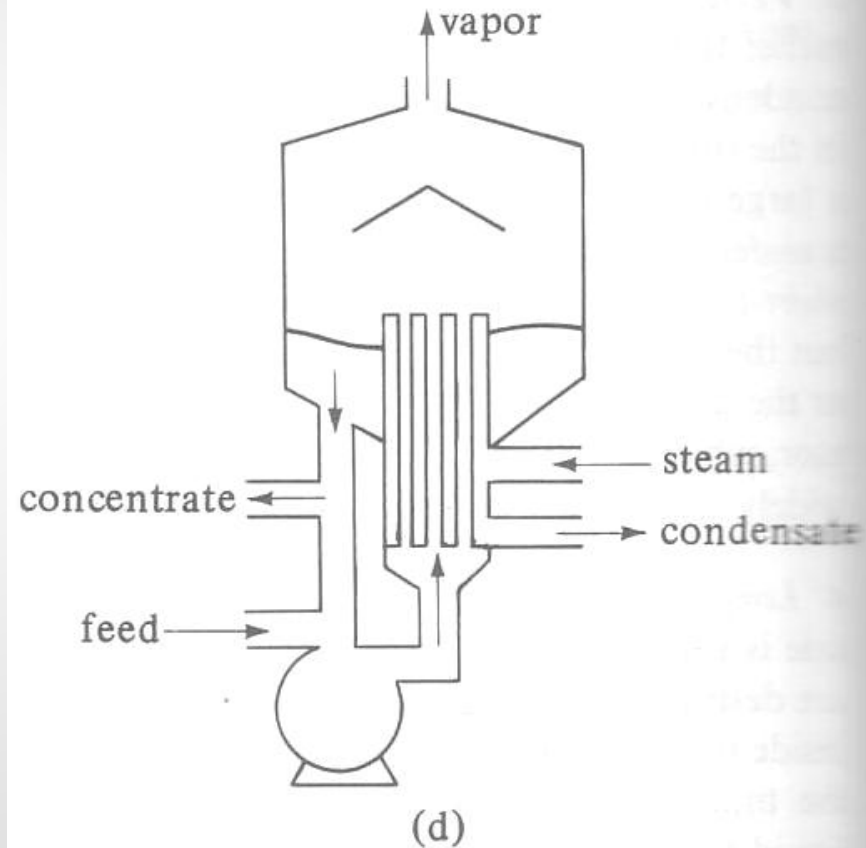
Long-tube vertical Evaporator

- Cairan dalam tube, steam dibagian luar
- Cairan disirkulasikan secara konveksi natural sekali jalan (single pass)
- Untuk memperbesar kecepatan sirkulasi cairan dengan harapan koefisien transfer panas makin besar, tabung-tabung untuk transfer panas diperpanjang.
- Aliran cairan kembali ke bawah lewat pipa di luar evaporator.
- Keuntungan : Koefisien transfer panas besar sehingga transfer panas lebih efisien
- Kerugian : Jumlah penguapan tiap *pass* sangat besar (karena tabung panjang) sehingga konsentrasi lokal di mulut tabung bagian atas sangat tinggi (cairan dalam evaporator tidak homogen). Hal ini bisa menyebabkan kristalisasi atau pembentukan gel pada tabung, sehingga bisa mengganggu sirkulasi cairan.

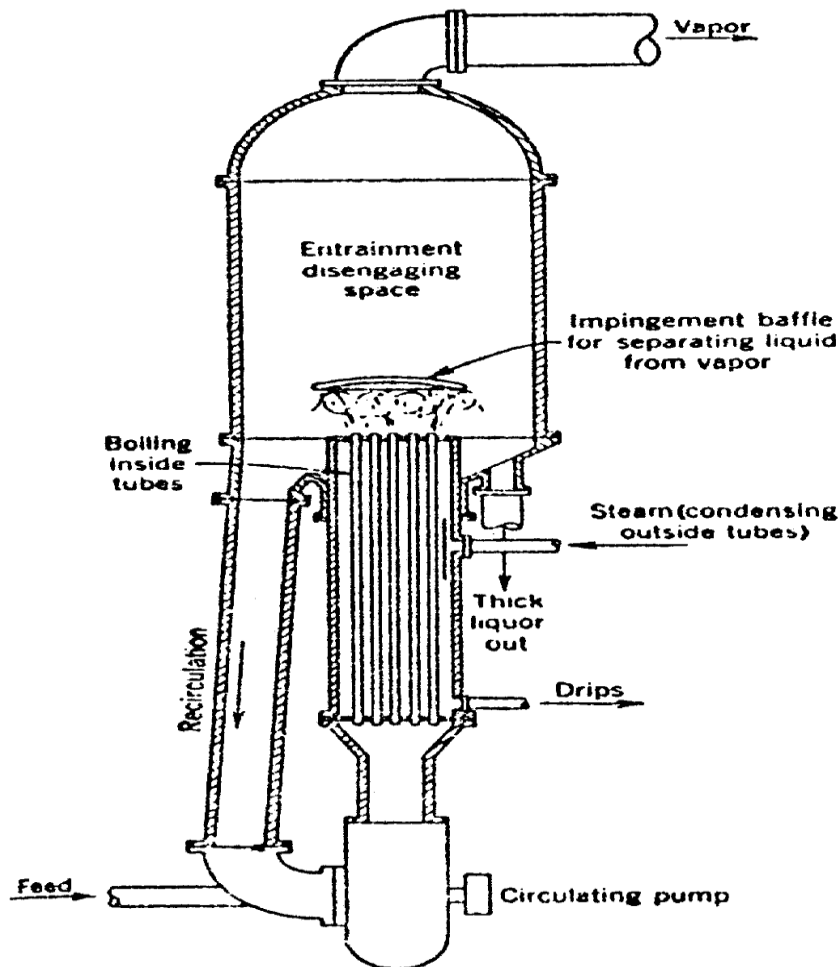


Forced-circulation Evaporator

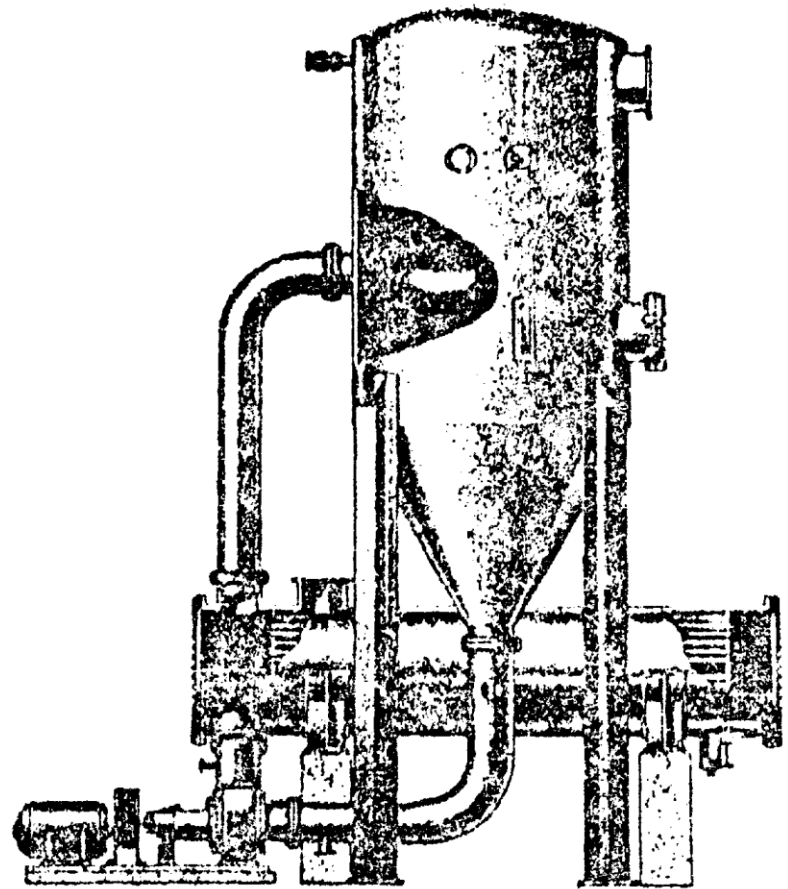
- Cairan dalam tube, steam dibagian luar
- Cairan disirkulasikan secara konveksi paksa
- Baik untuk fluida dengan viskositas tinggi
- Sirkulasi cairan untuk memperbesar koefisien transfer panas dibantu dengan pompa.
- Koefisien transfer panas bisa besar dan penyumbatan-penyumbatan dalam tabung bisa terdorong keluar tabung oleh pompa.
- Tabung tidak terlalu panjang. Sirkulasi cepat, sehingga larutan dalam evaporator lebih homogen.
- Diperlukan pompa yang menjadi satu dengan evaporator sehingga harga alat lebih mahal.
- Perlu biaya pemompaan.
- Karena aliran keluar tabung cepat, maka pemisahan uap dan cairan lebih sulit, sehingga perlu *baffle* yang lebih baik dan ruang pemisah lebih besar di bagian atas.



Forced-circulation Evaporator



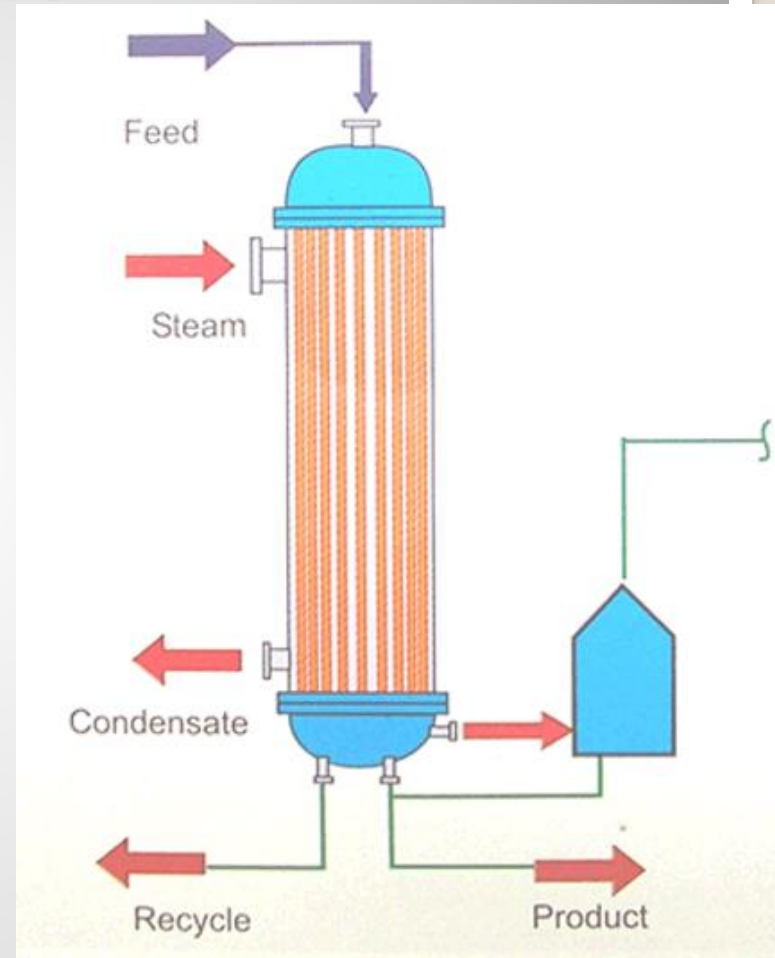
Gb. 2-4. Cross-sectional diagram of vertical-tube evaporator with forced circulation.



Gb. 2-5 Cross-sectional diagram of forced-circulation evaporator with an external horizontal heater.

Falling Film Evaporator

- Steam diberikan pada sisi shell.
- Larutan pekat dikeluarkan pada bagian bawah.
- Cairan mengalir ke bawah membentuk film di keliling dalam tabung. Aliran disebabkan gaya berat dan gesekan uap.
- Uap bergerak ke bawah. Meskipun Δt kecil, tetapi aliran tetap baik (*gravity*).
- Kapasitas alat ini tidak bisa divariasasi terlalu besar.



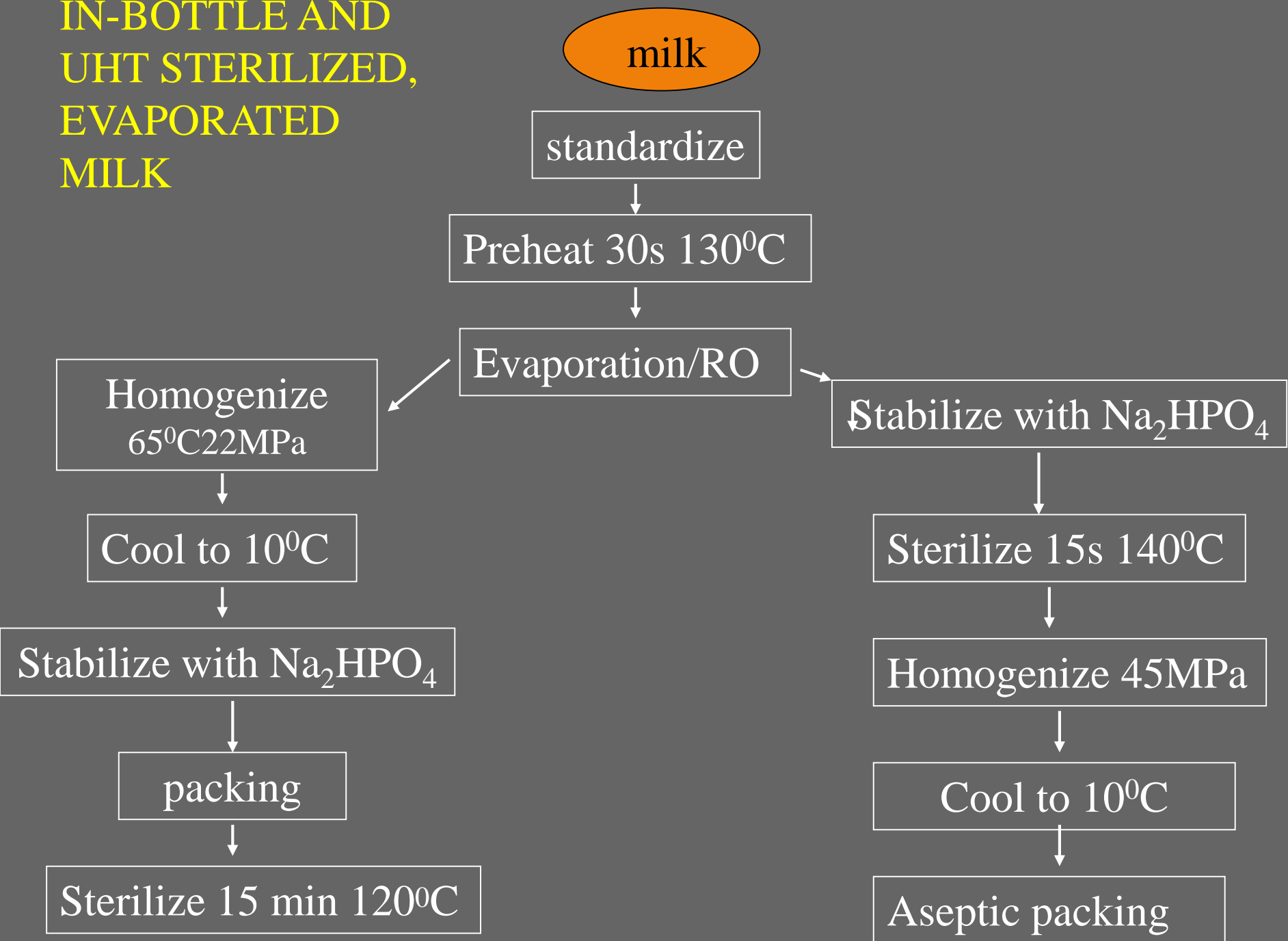


Combination Evaporator



Falling film evaporator

IN-BOTTLE AND UHT STERILIZED, EVAPORATED MILK



Evaporation Process :

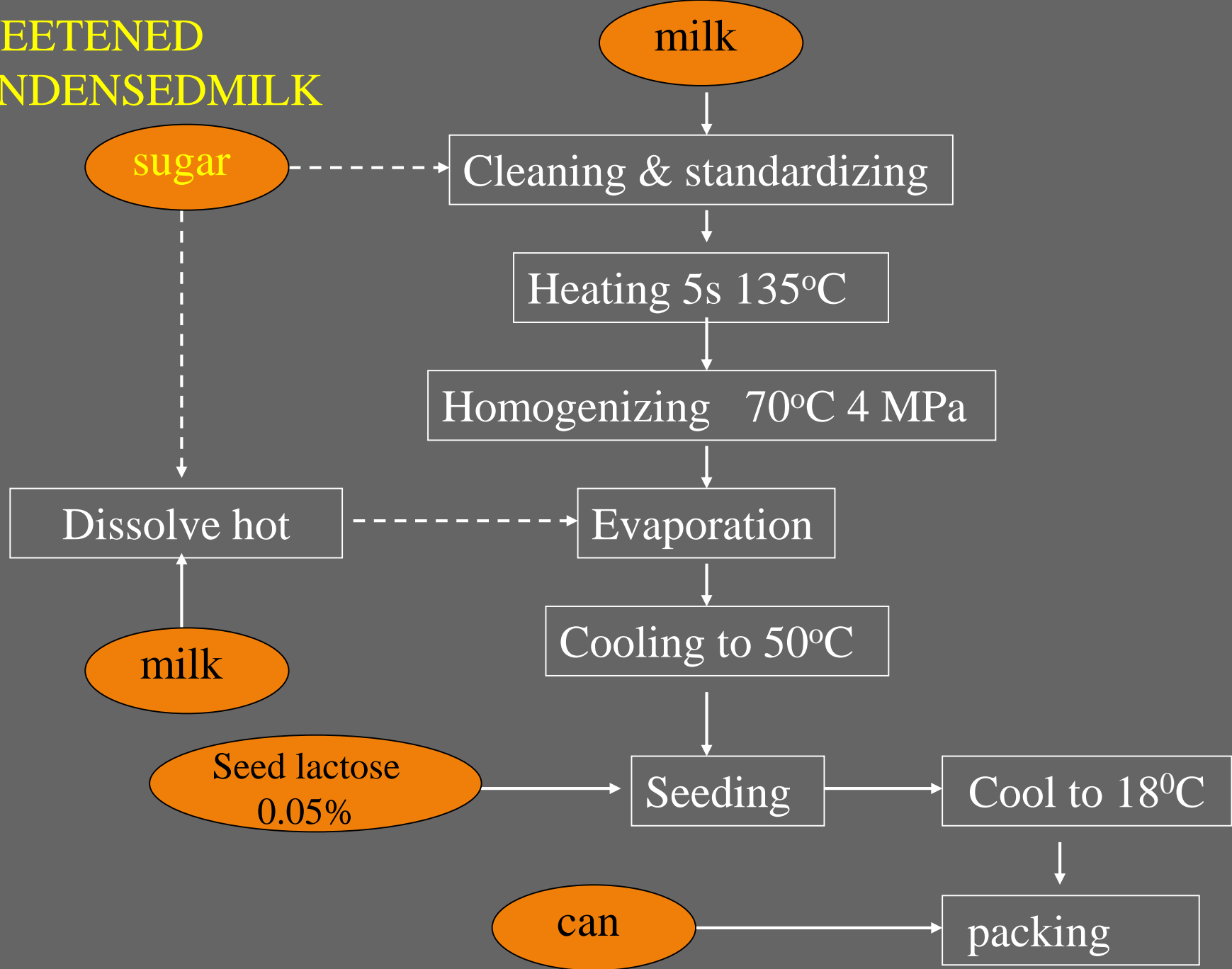
- **Preheating** serves to enhance heat stability, inactivate enzymes, to kill microorganism
- **Concentrating** by evaporation or reverse osmosis
- Continuous **standardization** to a desired dry matter content by determining mass density or refractive index
- **Homogenization** serves to prevent creaming & coalescence
- **Stabilization** to prevent coagulation during sterilization, acquire a desirable viscosity. pH 6.1→6.5
- **Sterilization** is aimed at killing all bacterial spores, inactivating plasmin (milk proteinase)
- **Homogenization** after UHT str is meant to reduce the size of protein aggregates formed

JENIS SUSU KENTAL

Susu Kental Manis (SWEETENED CONDENSED MILK)

- Susu dievaporasi + GULA
- Rasio gula = $[\% \text{ Gula dalam SKM} / (100 - \text{Total solid SKM})] \times 100\%$
 - $>64.5\% \rightarrow$ KRITALISASI SUKROSA
 - $<62.5\% \rightarrow$ PERTUMBUHAN KHAMIR
 - $63.5-64,5\% \rightarrow$ OPTIMUM
- Penambahan gula: di awal SEBELUM EVAPORASI atau larutan gula 65 % akhir evaporasi

SWEETENED
CONDENSEDMILK



- **Homogenization often not big problem for high viscous $\eta = 2\text{Pa.s} = 1000$ times milk viscosity**
- **If effective viscosity of continuous phase 1 Pa.s, and homogenization is omitted, the creaming would be about 1% per day**

Concentration is done by evaporation (80°C)

After seeding, cooling should be fast. In Vacuum cooler or scraped surface heat exchanger

CRITICAL:

Cooling, seedling & Cristalisation

- pendinginan dengan pengadukan segera setelah evaporasi
- pada suhu 30°C ditambah tepung gula
- kristal terbentuk pada suhu 15-25 °C, maka pendinginan mencapai 15-18 °C)

$a_w < 0.65$

milk fat >8.5 % dan Total solid >28 %