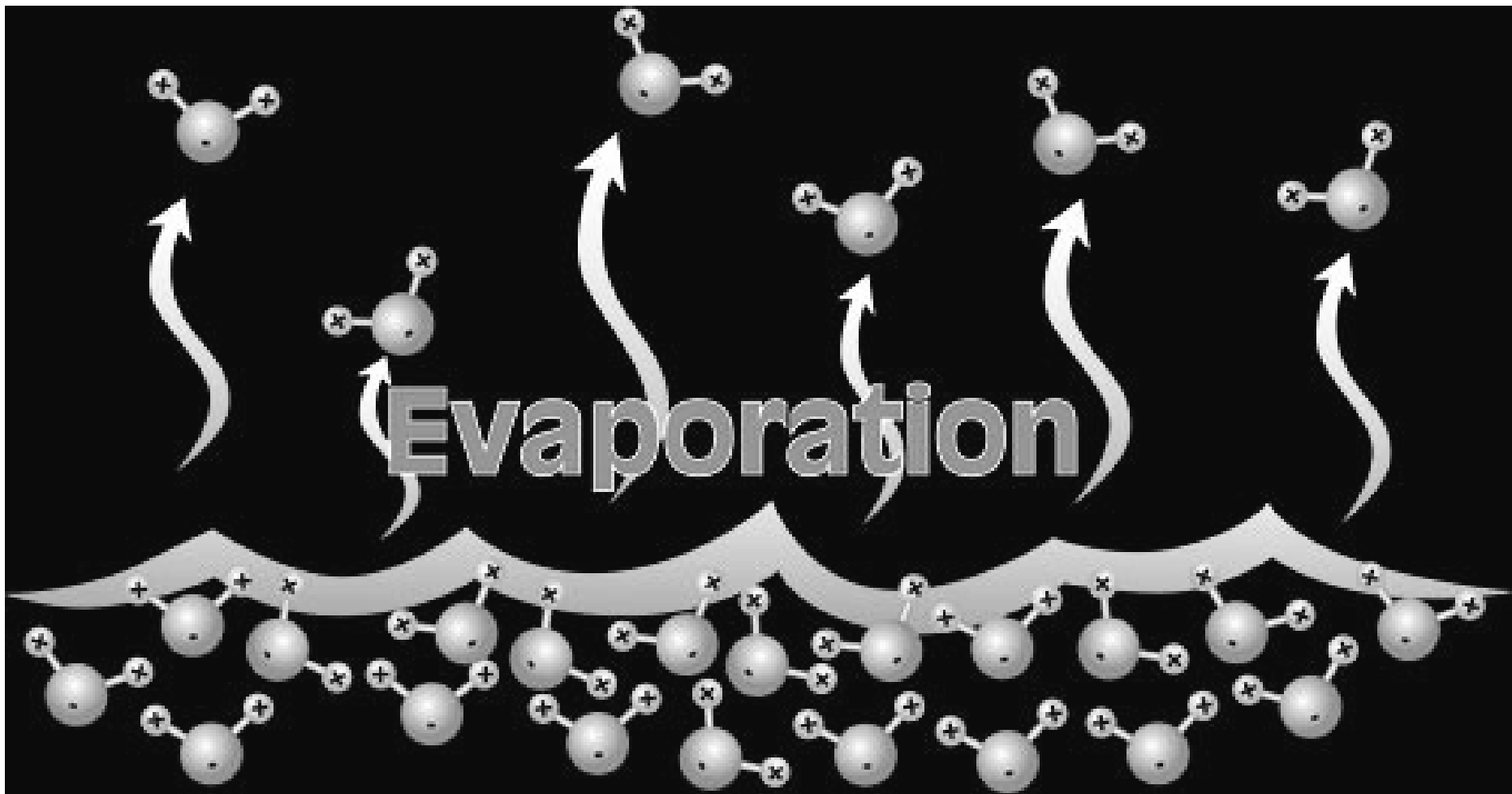


EVAPORASI PENGUAPAN



Faktor yang mempengaruhi laju evaporasi

- Laju dimana panas dapat dipindahkan ke cairan
- Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan setiap satuan massa air
- Suhu maksimum yang diperbolehkan untuk cairan
- Tekanan untuk menguapkan
- Perubahan pada makanan selama penguapan

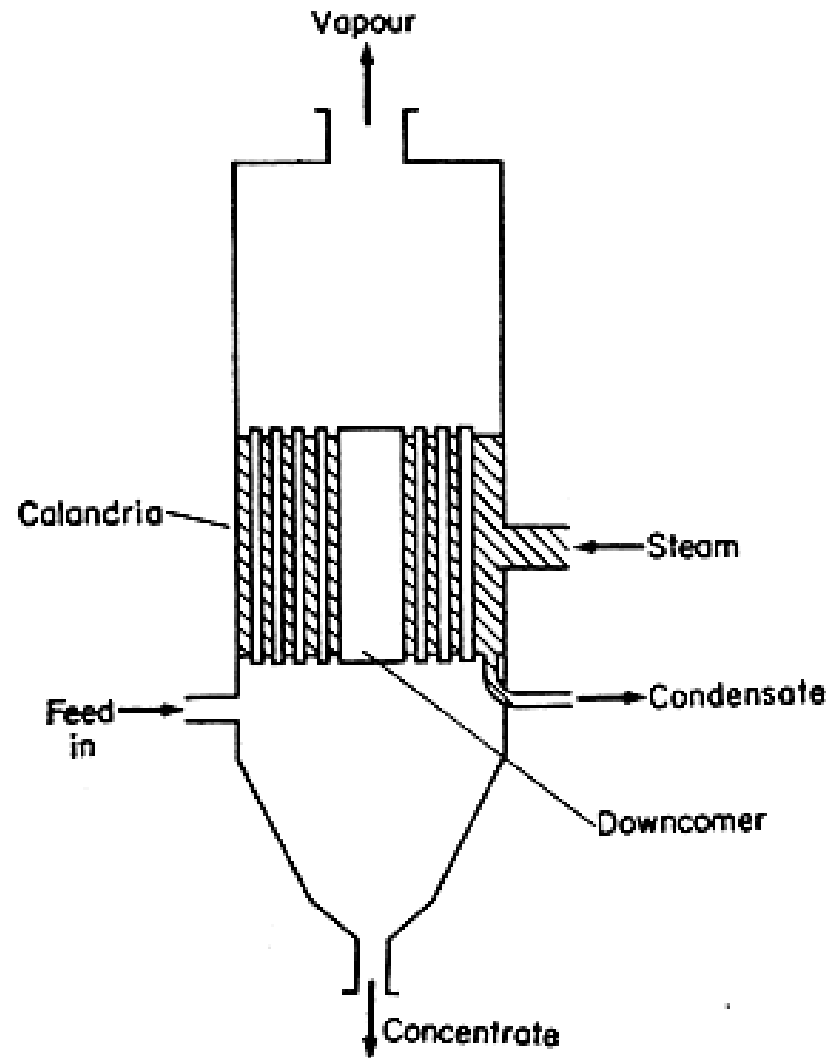
Fungsi pokok evaporator:

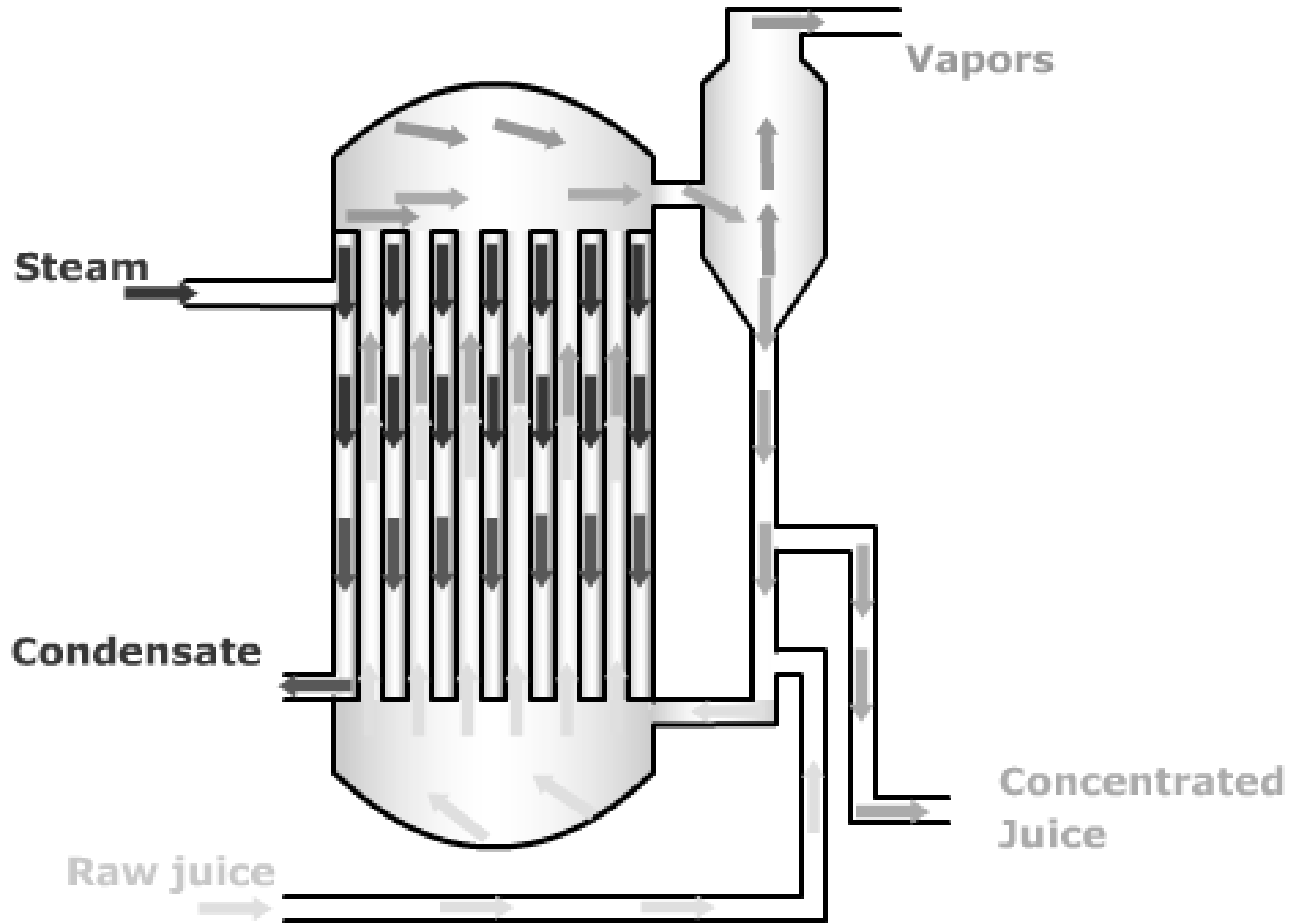
- Penukar panas
- Memisahkan uap yang terbentuk dari cairan

Pertimbangan praktik:

- Suhu maksimum yang dipersyaratkan
- Sirkulasi cairan di area (permukaan) pindah panas
- Viskositas fluida
- Kecenderungan terbentuknya *foam*

The Single-Effect Evaporator





Pindah Panas dalam Evaporator

- Pindah panas untuk mendidihkan cairan
- Konduksi & konveksi
- Perhitungan
 - kombinasi kesetimbangan massa & energi + perpindahan panas

Soal 1

- *Single effect evaporator* menguapkan larutan 10% padatan menjadi 30% padatan dg laju 250 kg *feed* per jam. Tekanan dalam evaporator 77 kPa absolute, & tekanan steam 200 kPa gauge. Hitung jumlah steam yang dibutuhkan per jam & luas area permukaan pindah panas
- Diketahui: Koefisien pindah panas overall $1700 \text{ Jm}^{-2}\text{s}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- Asumsi: suhu feed 18°C , titik didih larutan pada 77 kPa absolute = 91°C , panas spesifik larutan = air = $4,186 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$, panas laten penguapan = air pada kondisi yang sama

Condenser

- Jika evaporator bekerja pada tekanan yang lebih rendah (*reduced pressure*), pada bagian sebelum pompa vakum seringkali ditambahkan *condenser* untuk mengambil/membuang uap dengan cara mengembunkannya menjadi cairan

Soal 2

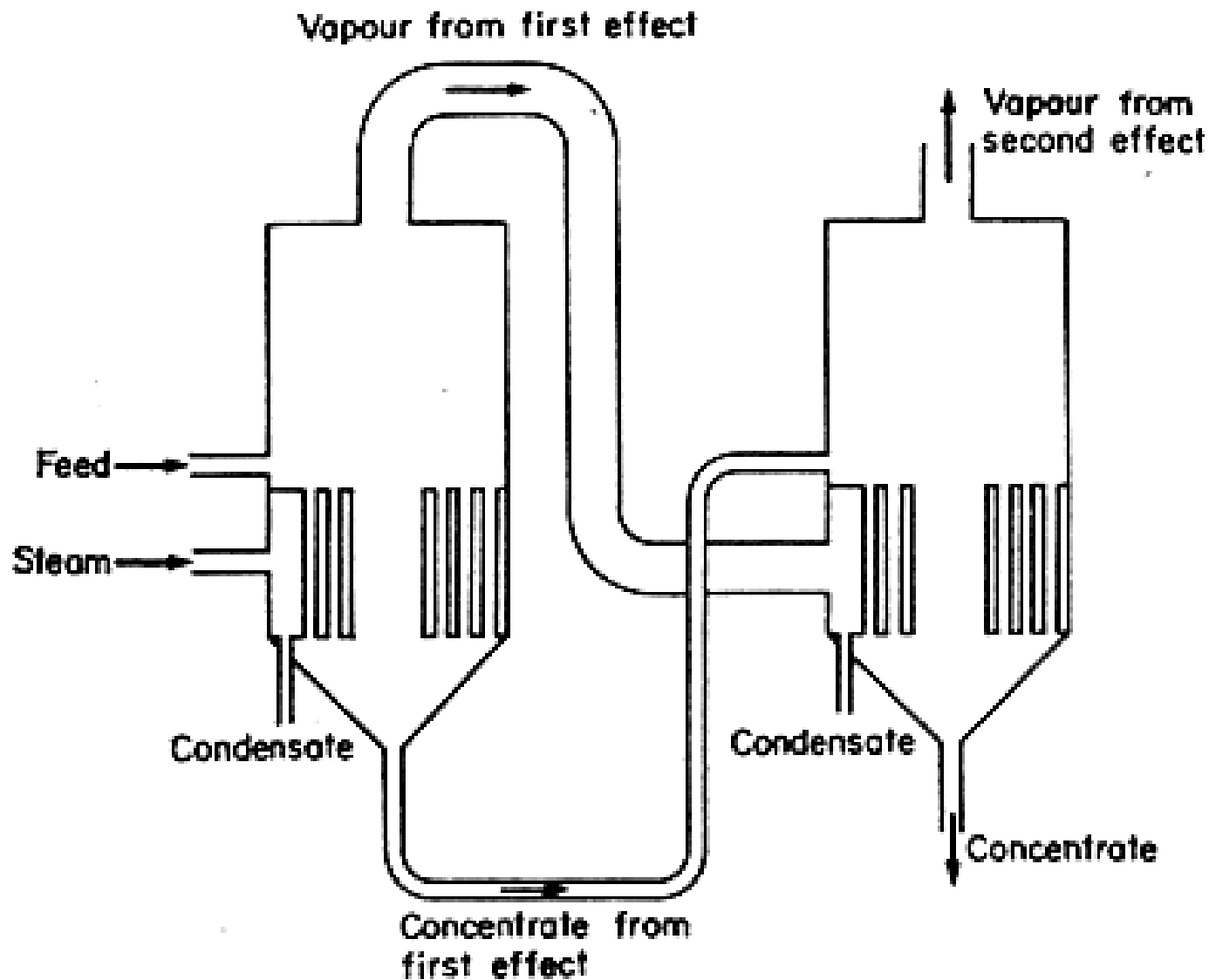
- Hitung air yang dibutuhkan *jet condenser* untuk mengembunkan uap dari evaporator yang menguapkan 5000 kg/jam air pada kondisi vakum 20 kPa
- Air kondensasi (*condensing water*) terjadi pada 18°C & suhu maksimum untuk mengeluarkan air dari 35°C

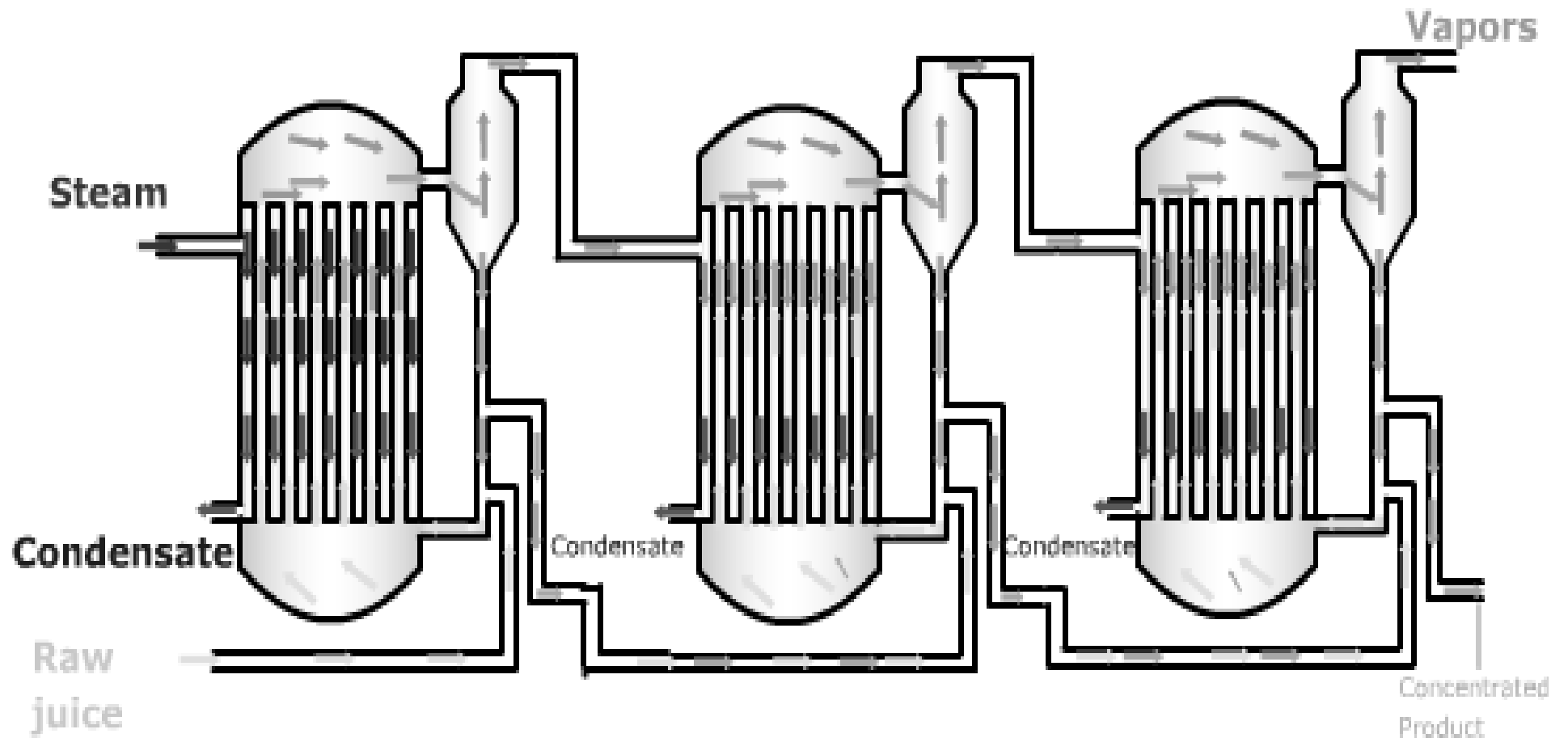
Soal 3

- Hitung luas area pindah panas yang dibutuhkan oleh *surface condenser* yang bekerja seperti *jet condenser* pada contoh sebelumnya.

Asumsi, nilai U $2270 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, & *sub-cooling* cairan tidak dipertimbangkan.

Multiple-Effect Evaporators





- Jika cairan diuapkan di setiap '*effect*',
- Jika titik didih cairan tsb tidak dipengaruhi oleh konsentrasi *solute*,
- maka Kesetimbangan panas '*effect*' I

$$q_1 = U_1 A_1 (t_s - t_1) = U_1 A_1 \Delta t_1$$

- t_s : suhu *condensing steam* dari boiler

- '*effect*' II

$$q_2 = U_2 A_2 (t_1 - t_2) = U_2 A_2 \Delta t_2$$

- Jika semua evaporator bekerja setimbang
→ semua uap dari '*effect*' I mengembun & menguapkan uap '*effect*' II,
- Jika kehilangan panas dapat diabaikan,
- Jika tidak ada kenaikan titik didih larutan yang semakin pekat,
- Jika *feed* dipasok pada titik didihnya,
- maka

$$q_1 = q_2$$

- Jika $A_1 = A_2$

$$U_2 / U_1 = \Delta t_1 / \Delta t_2$$

Feeding of Multiple-Effect Evaporators

- Agar steam hasil penguapan '*effect*' I dapat mendidihkan larutan pada '*effect*' II ...
- Agar suhu didih larutan pada '*effect*' II lebih rendah...
- so?
- '*effect*' II harus pada keadaan tekanan yang lebih rendah

- *Feed* akan mengalir dari 'effect' I ke 'effect' II dst tanpa pemompaan

→ *Forward feed*

→ Cairan paling pekat akan dihasilkan pada 'effect' terakhir

→ *Backward feed*

>< *Feed* mengalir dengan arah berlawanan (menggunakan pemompaan)

Keuntungan *Multiple-Effect Evaporators*

- Jika *single-effect evaporator* bekerja dengan tekanan yang sama dg 'effect' I & semua kondisi sama
→ A_s untuk *single effect evap.* yang akan menguapkan dalam jumlah yang sama dg 2 'effect'?

$$\begin{aligned}\Delta t_1 &= \Delta t_2 \\ \Delta t_s &= \Delta t_1 + \Delta t_2 = 2\Delta t_1 \\ \Delta t_1 &= 0.5\Delta t_s\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_1 + q_2 &= U_1 A_1 \Delta t_1 + U_2 A_2 \Delta t_2 \\ &= U (A_1 + A_2) \Delta t_s / 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_1 + q_2 &= q_s \\ q_s &= U A_s \Delta t_s \\ (A_1 + A_2) / 2 &= 2 A_1 / 2 = A_s \\ A_1 &= A_2 = A_s\end{aligned}$$

(subscript 's' menunjuk pada single effect evap.)

Soal 4

- Hitung kebutuhan steam, luas permukaan pindah panas, & suhu penguapan pada setiap '*effect*' dari *triple effect evaporator* yang menguapkan 500 kg/jam 10% padatan menjadi 30% padatan. Steam berada pada 200 kPa gauge & tekanan di dalam *evaporation space* pada '*effect*' terakhir 60 kPa absolute.
- Asumsi koefisien pindah panas keseluruhan 2270, 2000, & 1420 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹ di '*effect*' I, II, & III. Pengaruh panas sensibel diabaikan, tidak ada kenaikan titik didih, dan pindah panas di setiap '*effect*' adalah sama.

Penguapan Bahan Sensitif Panas

- Menggunakan *high flow-rate evaporators* (contoh: *long-tube evaporators, plate evaporators, various scraped-plate thin-film evaporators*)

Soal 5

- Jus tomat dipekatkan dari 12% padatan menjadi 28% padatan dalam *climbing film evaporator*, tinggi 3 m & diameter 4 cm. Suhu maksimum jus 57°C. Jus dimasukkan ke evap. pada 57°C, & pada suhu ini panas laten penguapan 2366 kJ kg⁻¹. Steam digunakan di 'jaket' evaporator pada tekanan 170 kPa (absolute). Jika koefisien pindah panas keseluruhan 6000 J m⁻² s⁻¹ °C⁻¹, hitung jumlah jus tomat yang dimasukkan per jam.

