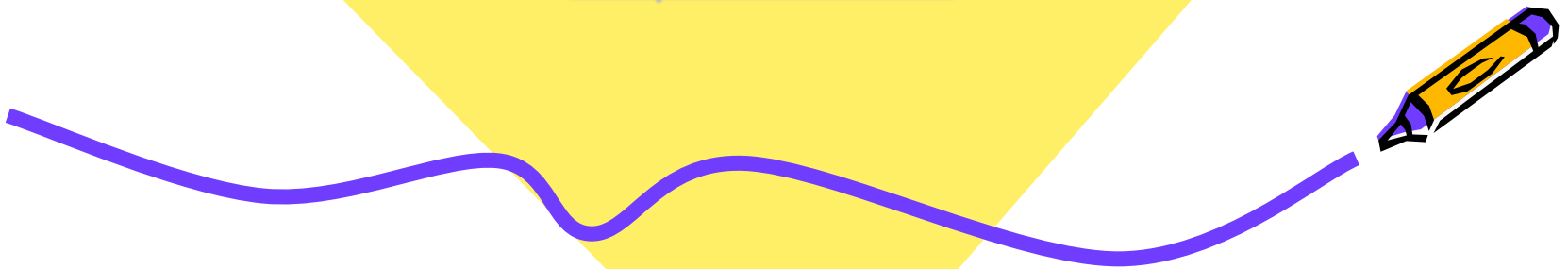




DASAR-DASAR PERPINDAHAN PANAS

I Nyoman Artana



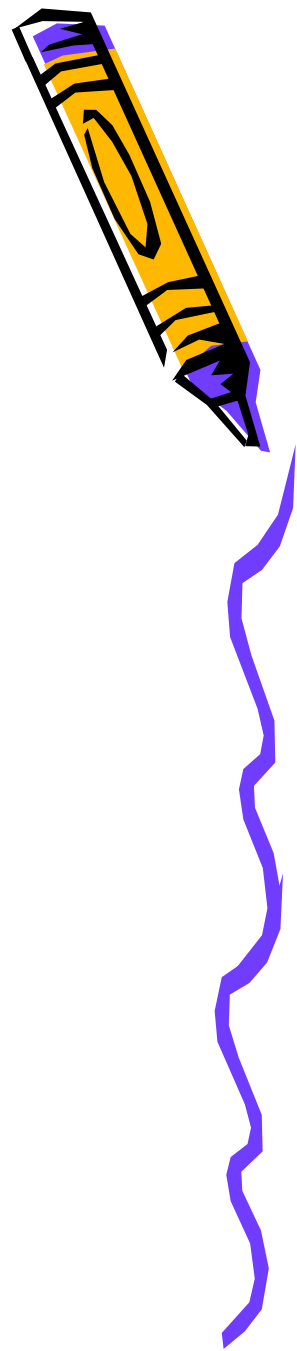
Introduction



- Perpindahan panas memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan kita.
- Energi yang kita gunakan kebanyakan berasal dari matahari & ditransfer melalui jarak $\pm 150 \cdot 10^6$ km. Sinar matahari memungkinkan fotosintesa pada tanaman yang menghasilkan makanan, energi metabolisme yang kemudian menjadi fosil yang penting untuk bahan bakar minyak, gas alam dan batu bara. Mesin bakar memanfaatkan energi dari bahan bakar untuk menggerakkan mobil/kendaraan. Hal ini tidak bisa terjadi kalau tidak ada **perpindahan panas**. Di rumah juga terjadi perpindahan panas : unit pemanas/heater mentransfer panas ke seluruh ruangan pada musim dingin dan unit AC mengambil panas pada hari yang panas. Badan kitapun mengalami perpindahan panas.



- SUHU ?
- PANAS ?



DEFINISI

SUHU

- SUHU didefinisikan sebagai derajat panas suatu benda atau zat.
- Dinyatakan dalam satuan $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{R}$, $^{\circ}\text{F}$ atau $^{\circ}\text{K}$

DEFINISI

PANAS

- PANAS didefinisikan sebagai bentuk energi yang ditransfer antara dua system dengan adanya perbedaan temperatur

PERPINDAHAN PANAS

- Suatu ilmu yang mempelajari jumlah panas yang dipindahkan antara benda-benda sebagai akibat adanya perbedaan suhu atau temperatur.
- Panas mengalir dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah

DEFINISI

- Dalam perpindahan panas berlaku
Asas Black

Panas yang dilepas = panas yang diterima

- Banyaknya panas yang dilepas atau diterima dirumuskan :

$$Q = m \times c_p \times \Delta t$$

DEFINISI

- Kalor jenis (c_p)

Kalor jenis menyatakan banyaknya panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda satu satuan massa sebesar 1°C .

contoh :

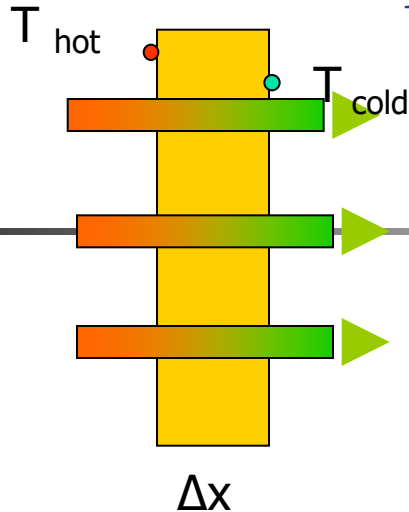
$$c_{p_{\text{air}}} = 1 \text{ cal / gr }^{\circ}\text{C}$$



3 MEKANISME TRANSFER PANAS

- KONDUKSI
- KONVEKSI
- RADIASI

Konduksi



$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T / \Delta X$$

Q = Kecepatan perpindahan panas, Btu/jam

k = Konduktifitas panas, Btu/jam.ft. °F

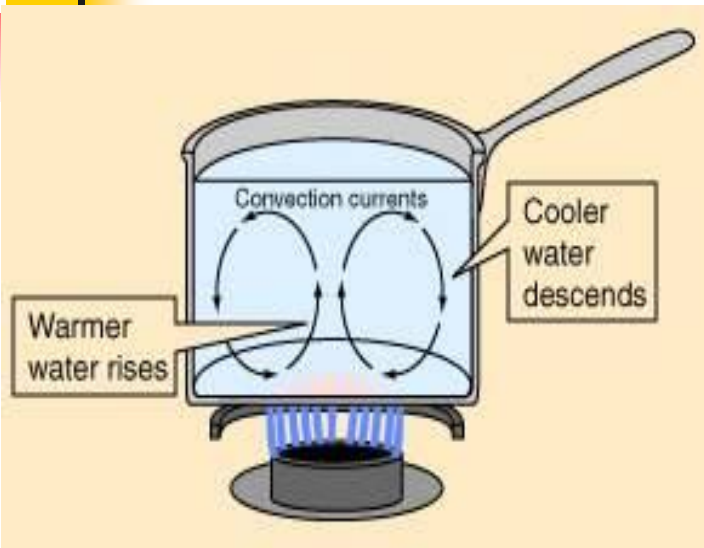
A = Luas Penampang Perp. Panas, ft²

ΔT = Beda Temperatur, °F

ΔX = Tebal, ft

- Proses dimana panas ditransfer melalui material (Dari molekul yang suhunya tinggi ke molekul didekatnya yang suhunya lebih rendah)
Contoh : jika kita memegang ujung sebatang logam, sedang ujung yang lainnya diatas nyala api, kita akan merasa bahwa temperatur logam yang kita pegang akan panas.
- Material yang menghkonduksi panas dengan baik : *konduktor termal* contoh Al, Cu, Ag,
- Material yang menghkonduksi panas jelek : *Isolator termal* contoh kayu, gelas plastik
- Perpindahan panas dengan konduksi terjadi hanya jika ada beda temperatur diantara dua bagian media.

Konveksi



$$Q = h A dT$$

Q = panas yang mengalir persatuan waktu,
Btu/jam

h = koefisien perpindahan panas konveksi,
Btu/j.ft². oF

A = luas penampang perpindahan panas, ft²

dT = beda temperatur ($T_2 - T_1$), oF

- Jika molekul yang suhunya tinggi mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah dan memberikan panasnya pada molekul yang suhunya lebih rendah.

Radiasi

- ✦ Perpindahan panas yang berlangsung secara gelombang elektromagnetik, jadi tidak ada zat perantara. Berlangsung sangat cepat

$$Q = \varepsilon \cdot \delta \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

A = luas bidang transfer, ft^2

ε = Emisivitas

$\delta = 0,173 \times 10^{-8}$, konstanta Boltzman, $\text{Btu/j ft}^2 \text{ } ^\circ\text{R}$

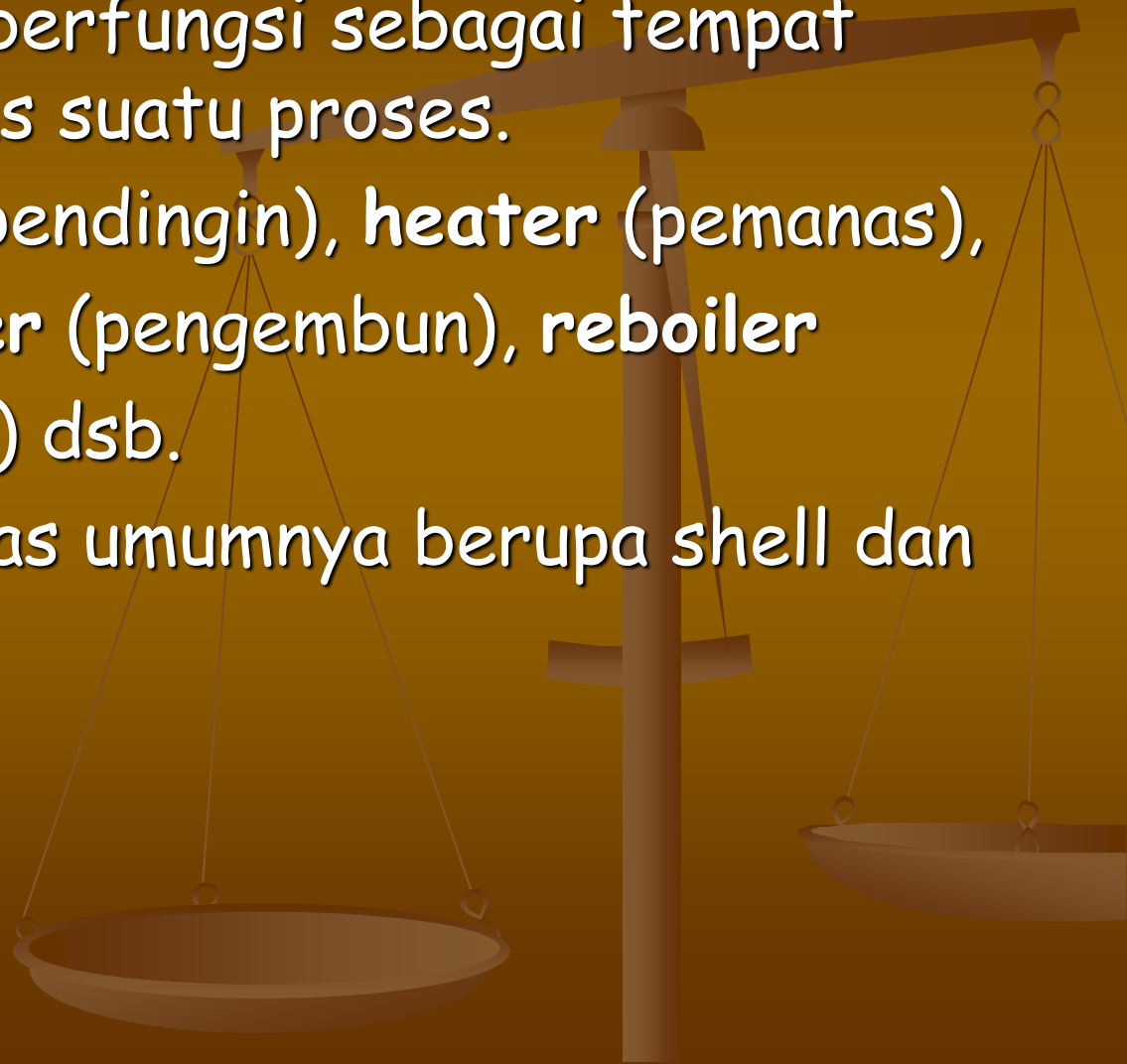
T_1 = Temperatur sumber panas, $^\circ\text{R}$

T_2 = Temperatur penerima panas, $^\circ\text{R}$



ALAT PERPINDAHAN PANAS (HEAT EXCHANGER)

- Suatu Alat yang berfungsi sebagai tempat perpindahan panas suatu proses.
Contoh : cooler (pendingin), heater (pemanas), condenser (pengembun), reboiler (penguap) dsb.
- Alat penukar panas umumnya berupa shell dan tube



Contoh Jenis HE

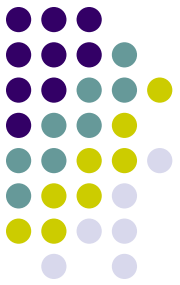
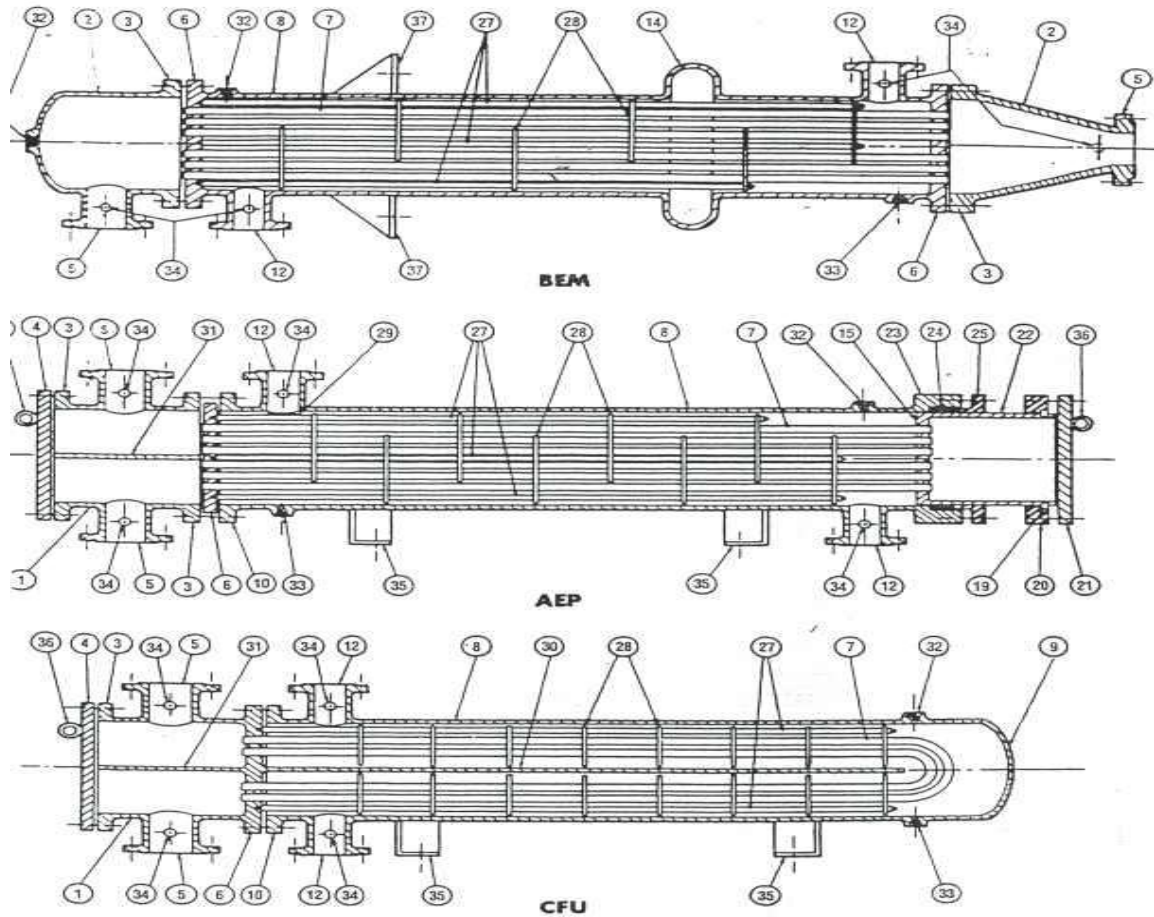


FIGURE N-2 (continued)





TYPE HEAT EXCHANGER

- **Fixed Tube Sheet**

Ciri-ciri :

Kedua tube sheet menempel tetap (fixed) pada shell

Pemakaian :

Untuk pemanas, pendingin, pengembunan dan penguapan fluida cair-cair, gas-gas, gas-cair posisi datar ataupun tegak

Kelemahan :

Tidak dapat dipakai untuk beda temperatur lebih dari 200 °F, karena dikhawatirkan terjadi perbedaan pemuaian yang cukup besar antara tube dan shell



TYPE HEAT EXCHANGER

- **U-Tube atau U-Bundle**

Ciri-ciri :

hanya satu tube sheet yang diperlukan,
lengkungan tuber berbentuk "U",
Bundle dapat dilepas

Pemakaian :

Untuk Beda temperatur yang cukup tinggi, tetapi perlu perhatian
pada pemuaian di daerah tubesheet

Kelemahan :

Perlu perhatian yang khusus pada saat dibentuk "U" karena dapat
mengakibatkan terjadinya keretakan, Mudah terjadi Erosi pada
daerah U jika kecepatan fluida dalam tube tinggi, fluida proses
diharapkan bebas dari partikel-partikel



TYPE HEAT EXCHANGER

- **Pipa Coil :**

- Ciri-ciri :**

- Berupa pipa coil yang dicelupkan dalam tempat yang berisi air atau berupa pipa coil yang disemprot/spray dengan air

- Pemakaian :**

- Untuk proses pengembunan atau pendinginan /pemanasan dengan beban panas yang relatif kecil

- Kelemahan :**

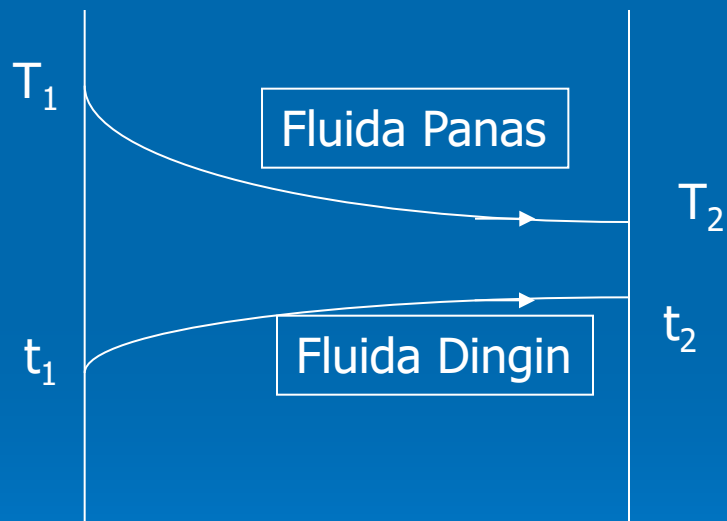
- Koefisien transfer panas rendah, sehingga jika untuk beban panas yang besar diperlukan alat besar.

POLA ALIRAN FLUIDA

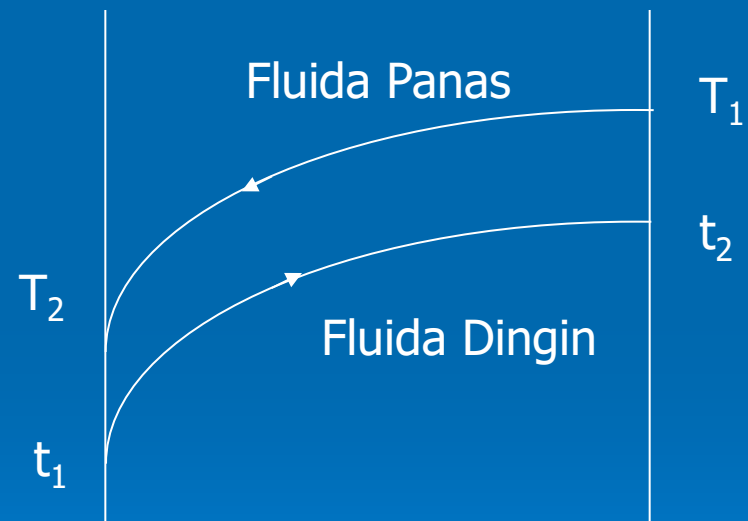
- Fluida panas/dingin dapat berada pada sisi shell ataupun sisi tube, tergantung dari jenis ataupun sifat-sifat dari fluida. Fluida yang relatif bersifat korosif biasanya ditempatkan pada sisi tube.
- Aliran dalam alat penukar panas dibedakan :
Searah (Cocurrent)
Berlawanan Arah (Counter Current)
- Aliran berlawanan arah lebih efektif dibandingkan aliran searah, karena lebih banyak panas yang dapat dipindahkan dalam proses. Umumnya aliran berlawanan arah lebih banyak dipergunakan.

POLA ALIRAN

Parallel Flow



Counterflow



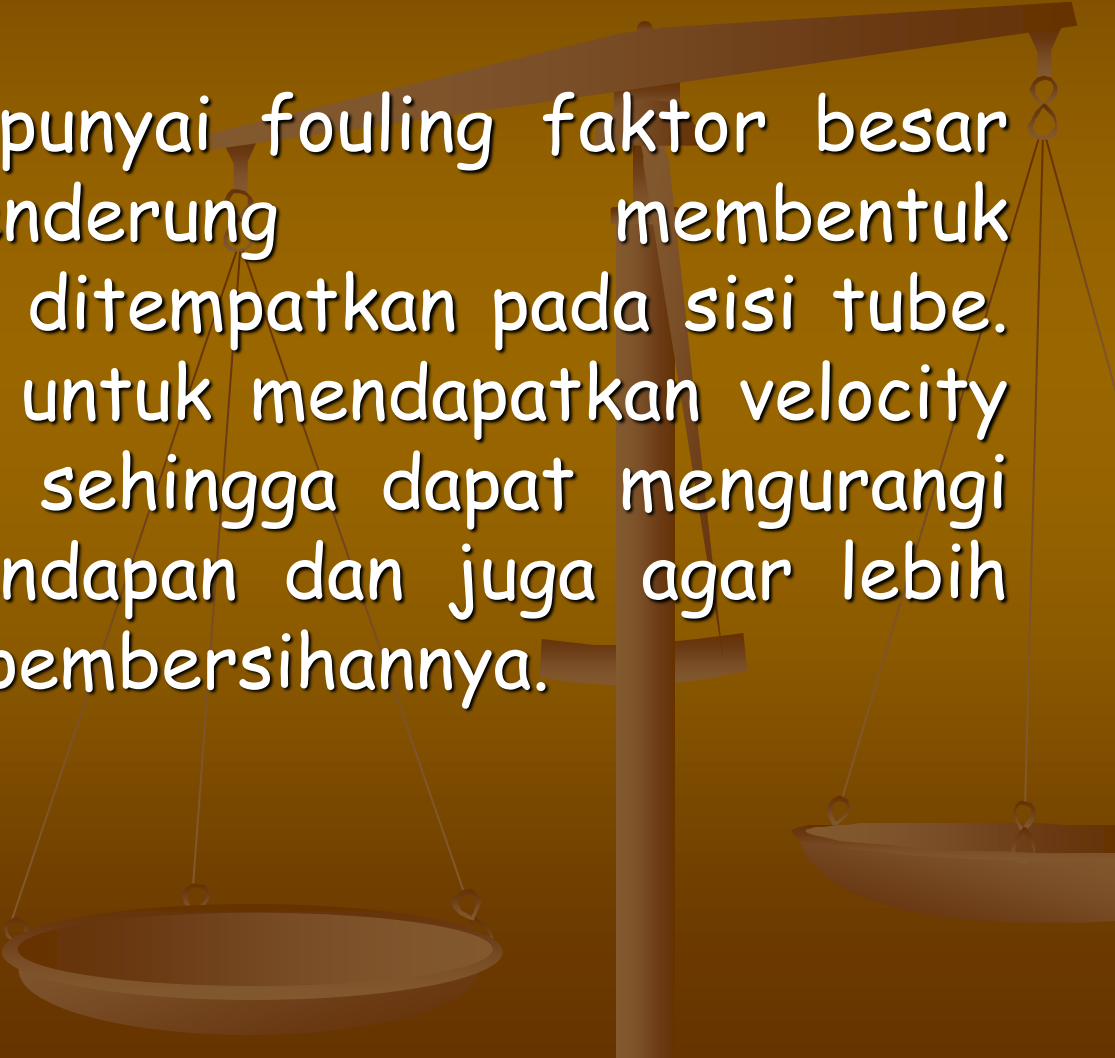
PEMILIHAN TEMPAT ALIRAN FLUIDA

- Pertimbangan pemilihan tempat dimana suatu fluida harus ditempatkan pada suatu alat penukar panas terutama didasarkan pada faktor ekonomisnya. Untuk peristiwa yang tidak terjadi perubahan fasa pada saat terjadi perpindahan panas pemilihannya adalah sebagai berikut :
- **Fluida korosif**
Untuk fluida yang lebih korosif ditempatkan pada sisi tube. Hal ini dilakukan untuk mengurangi biaya untuk pelapisan atau cladding. Walaupun tidak dilapisi maka bagian yang terkena korosi hanya pada dinding tube saja, sedangkan pada sisi shell tidak terkena korosi. Jika fluida yang lebih korosif ditempatkan pada sisi shell maka bagian yang akan terkena korosi adalah shellnya sendiri dan dinding luar tube.

PEMILIHAN TEMPAT ALIRAN FLUIDA

■ Faktor Fouling

Fluida yang mempunyai fouling faktor besar (lebih cenderung membentuk endapan/deposit) ditempatkan pada sisi tube. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan velocity yang lebih besar sehingga dapat mengurangi terjadinya pengendapan dan juga agar lebih mudah dilakukan pembersihannya.



PEMILIHAN TEMPAT ALIRAN FLUIDA

■ Faktor Temperatur

Untuk fluida yang mempunyai temperatur yang cukup tinggi akan memerlukan material alat penukar panas yang khusus, sehingga akan lebih ekonomis jika fluida tersebut ditempatkan pada sisi tube dan juga untuk mengurangi panas yang hilang ke sekelilingnya (tidak memerlukan isolasi yang mahal) dan juga mencegah keselamatan

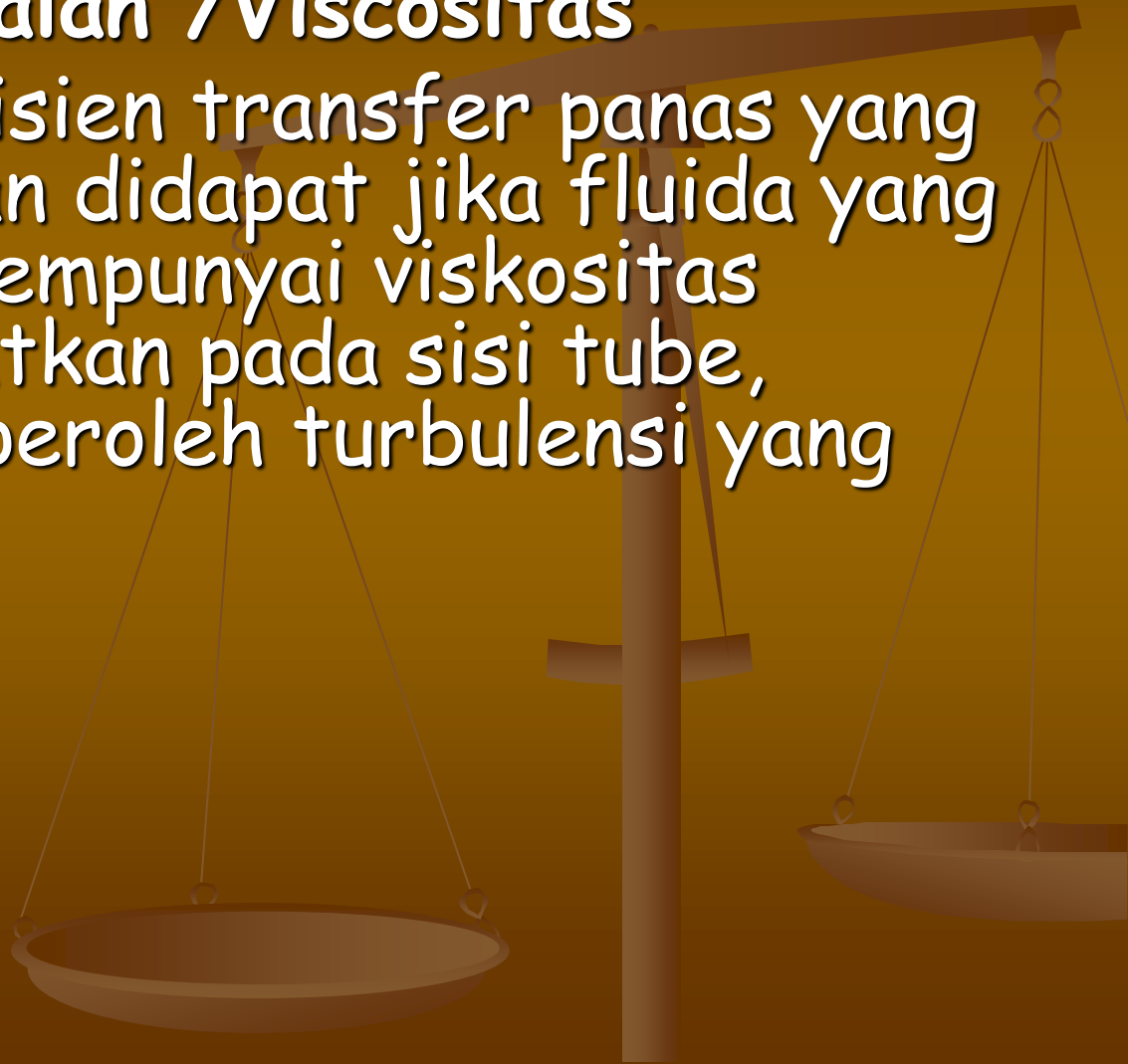
■ Faktor Tekanan

Untuk aliran dengan tekanan yang lebih tinggi ditempatkan pada sisi tube, karena investasi untuk tube tekanan tinggi lebih murah dari pada shell untuk tekanan tinggi.

PEMILIHAN TEMPAT ALIRAN FLUIDA

■ Faktor Kekentalan /Viscositas

Umumnya koefisien transfer panas yang lebih besar akan didapat jika fluida yang lebih kental (mempunyai viskositas tinggi) ditempatkan pada sisi tube, karena akan diperoleh turbulensi yang lebih besar.



CLEANING/PENCUCIAN

Untuk mempertahankan performance /unjuk kerja alat penukar panas agar dapat memindahkan panas seperti yang diinginkan maka diperlukan usaha-usaha agar koefisien panas pada sistem tetap bertahan seperti kondisi rancangannya, yaitu dengan cara mengurangi terbentuknya endapan / deposit pada permukaan pipa, yang mana endapan ini yang akan menghambat perpindahan panas. Pembersihan/cleaning permukaan pipa dapat dilakukan pada saat alat tidak dioperasikan ataupun sedang dioperasikan.

Cleaning

- Cleaning alat yang sedang tidak dioperasikan
Cara yang biasa dipakai adalah :
 - Pencucian secara mekanis (**mechanical cleaning**)
 - Pencucian secara kimiawi (**chemical cleaning**)Pencucian dapat dilakukan dengan salah satu cara diatas ataupun dengan cara kedua-duanya
- Pencucian secara mekanis dilakukan jika deposit/scale tidak dapat larut dalam larutan bahan kimia. Alat yang dapat dipakai untuk pencucian ini antara lain : Water jet tekanan tinggi, plat (seperti gergaji), batang penggrogol dengan sikat dll. Pencucian dengan cara mekanis lebih ekonomis dibandingkan dengan cara kimiawi.

Cleaning

- Pencucian dengan cara kimiawai dilakukan dengan cara mensirkulasikan larutan bahan kimia dengan maksud untuk melunakkan dan melarutkan endapan /scale/deposit yang ada pada permukaan tube. Bahan kimia yang biasa dipakai untuk pencucian kimiawi antara lain :
 - Bahan kimia anorganik : Asam klorida, Asam fosfat, Asam Sulfat, Asam Nitrat, Asam Hidroflorik, Hidrogen Peroksida, Natrium Hidroksida, Natrium Hypoklorit dll
 - Bahan Kimia Organik : Asam Sitrat, Asam Oksalat, dll.

Cleaning

- Penggunaan atau pemilihan bahan kimia untuk pencucian tergantung pada jenis scale/depositnya, seperti :

Oksida Besi : As. Klorida, As. Fosfat, As. Sulfat, As. Nitrat, As. Oksalat, dll

Silika : As. Hidrofluorik, Natrium Hidroksida dll

Slime : Hidrogen Peroksida, Natrium Hypoklorit dll.

Untuk jenis endapan tidak diketahui, untuk pemilihan bahan kimia dapat dilakukan uji coba di laboratorium dengan melarutkan endapan kedalam berbagai macam konsentrasi dan jenis bahan kimia.

Cleaning

- Pencucian alat yang sedang dioperasikan (**Onstream Cleaning**)

Pencucian ini dapat dilakukan hanya untuk membersihkan permukaan dalam tube dan bentuk tube lurus (straight tube).

Pembersihan scale dilakukan dengan mensirkulasikan secara periodik dengan bola-bola spons pada sisi tube, sehingga tidak terjadi pengendapan pada permukaan dalam tube.

Peralatan yang dipakai untuk pencucian ini biasanya sudah terpasang pada sistem proses, terdiri dari : pompa sirkulasi, bola-bola, kolektor, strainer dll.

Scaling



Slime Bacteria



Chemical Cleaning

