



Pelatihan Adca

Bagian 1

Presentasi ini hanyalah panduan, dan hanya dapat dilengkapi oleh personel yang terlatih.
(Penggunaan dan/atau reproduksi sebagian maupun seluruh dokumen ini hanya diperbolehkan
apabila mencantumkan sumbernya)

Bagian 1 Dasar-dasar

- Uap

Bagian 2 Boiler Peralatan

- Pada Boiler Pengolahan Air
- Blow Down Bawah Kontrol
- TDS Pemulihan Energi
- Deaerator

Bagian 3 Penentuan Ukuran Pipa – Water

- Hammer Steam Trap - Pembuangan
- Kondensat

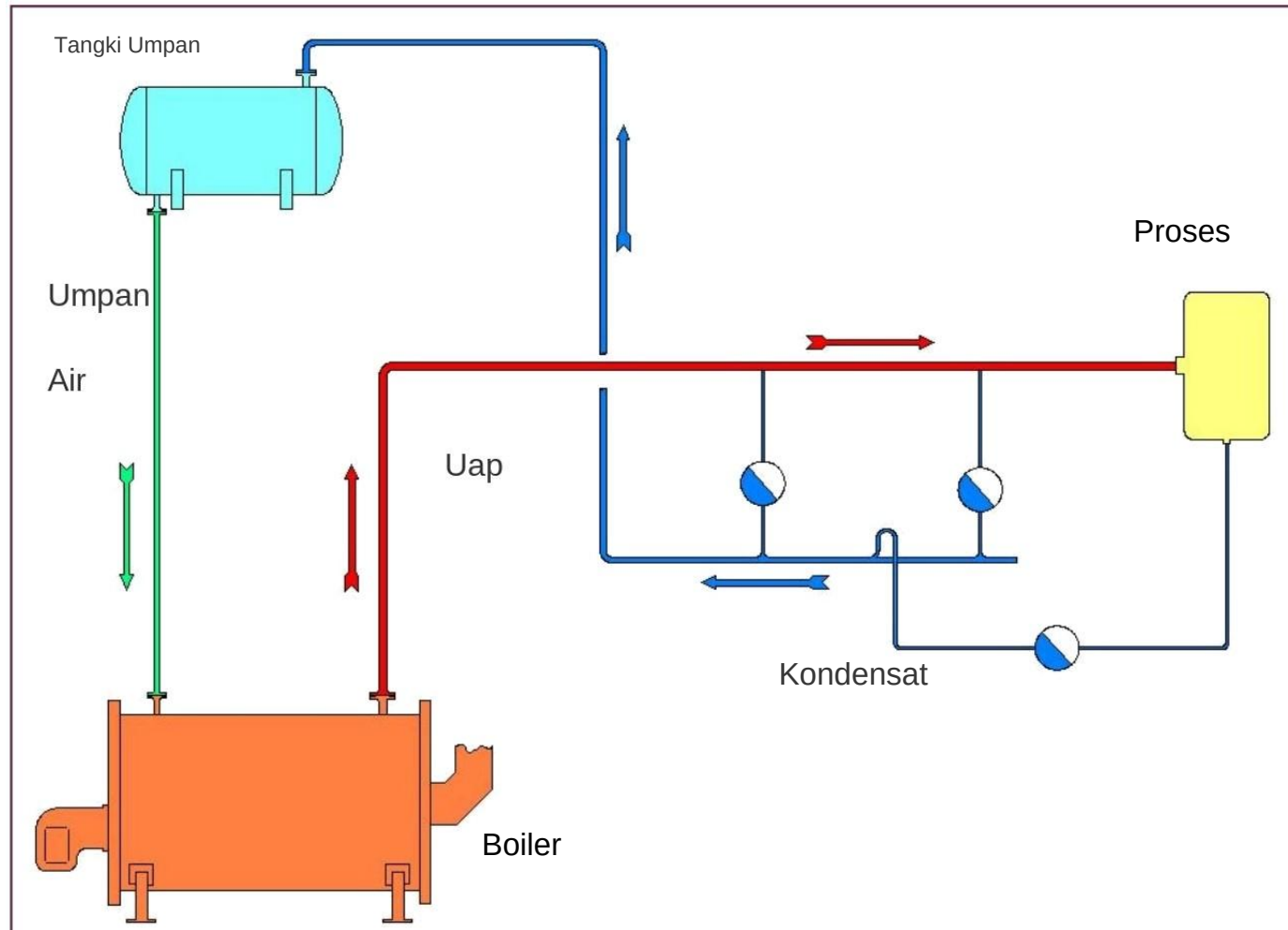
Bagian 4 Penurunan Tekanan Katup

- Pengaman (Safety Relief) dan Katup Uap
- Lainnya

Bagian 5 Katup Kontrol

- Komponen Katup Kontrol
- Humidifikasi

Basic Steam & Condensate Loop



Apa itu Uap?

- Jika suatu cairan diberi energi (panas) yang cukup, ikatan molekulnya akan terurai sehingga membentuk gas.
- Pada air, inilah proses transisi antara air dan uap.
- Uap adalah cara yang praktis dan ekonomis untuk menyalurkan energi dalam jumlah besar dari satu tempat ke tempat lain.
- Uap bersifat serbaguna dan mudah dikendalikan, dibuat dari komoditas yang melimpah: air – yang diberi panas untuk diubah menjadi bentuk uap.
- Fluida pemanas lain yang umum dikenal: air panas, air panas bertekanan tinggi (superheated), fluida pemanas bersuhu tinggi bertekanan rendah (minyak thermal).

- **Jumlah Panas**

Kalori besar (Kcal) – adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 Kg air sebesar 1 °C (dari 14,5°C menjadi 15,5°C).

$$1 \text{ Kcal} = 4,1868 \text{ KJ} \approx 4,19 \text{ KJ}$$

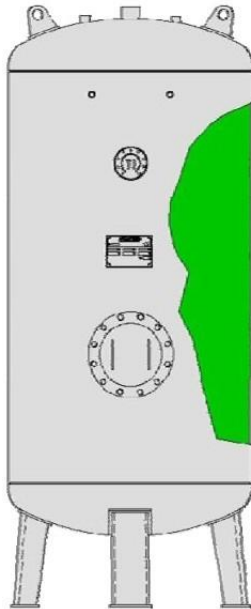
Joule (J) – kerja yang dilakukan untuk menghasilkan daya satu watt secara terus-menerus selama satu detik (atau satu watt-detik). Jadi, 1 KW/jam (kilowatt-hour) setara 3.600.000 J atau 3.600 KJ.

- **Panas Jenis**

Setiap benda membutuhkan jumlah panas yang berbeda untuk menaikkan suhu berat yang sama sebesar suhu yang sama.

Jumlah panas yang dibutuhkan untuk memanaskan 1 Kg suatu benda sebesar 1°C disebut panas jenis benda tersebut (Kcal/Kg °C atau KJ/Kg °C)

Panas



Volume air dalam
bejana 5000 l $\approx$ 5000 Kg

$T=60^{\circ}\text{C}$

Some specific heat :

Water – 1 Kcal/kg $^{\circ}\text{C}$ or 4,19 KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$

Alcohol – 0,58 Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$ or 2,43 KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$

Olive oil – 0,4 Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$ or 1,67 KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$

Air – 0,2415 Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$ or 1 KJ/KG $^{\circ}\text{C}$

Total Heat:

$$5000 \text{ Kg} \times 1 \text{ Kcal/Kg } ^{\circ}\text{C} \times 60 ^{\circ}\text{C} = 300\,000 \text{ Kcal}$$

atau

$$5000 \text{ Kg} \times 4,19 \text{ KJ/Kg } ^{\circ}\text{C} \times 60 ^{\circ}\text{C} = 1\,257\,000 \text{ KJ} = 349 \text{ KW}$$

- Kandungan panas: jumlah panas yang terkandung (tersimpan) dalam suatu benda. Contoh, air pada $60 ^{\circ}\text{C}$ memiliki kandungan panas 60 Kcal/Kg.

Relations – Pressure, Temperature, Volume, Enthalpy

- Tekanan dan Suhu berbanding lurus pada uap jenuh (saturated steam).
- Tekanan dan Volume Jenis uap berbanding terbalik.
- Tekanan dan Entalpi Jenis (panas laten) uap berbanding terbalik.

Steam Table

Pm - Tekanan gauge;

Pa – Tekanan absolut;

T - Suhu;

V – Volume jenis;

he - Entalpi jenis

cairan;

r – Entalpi jenis

penguapan;

hg - Entalpi jenis

uap jenuh.

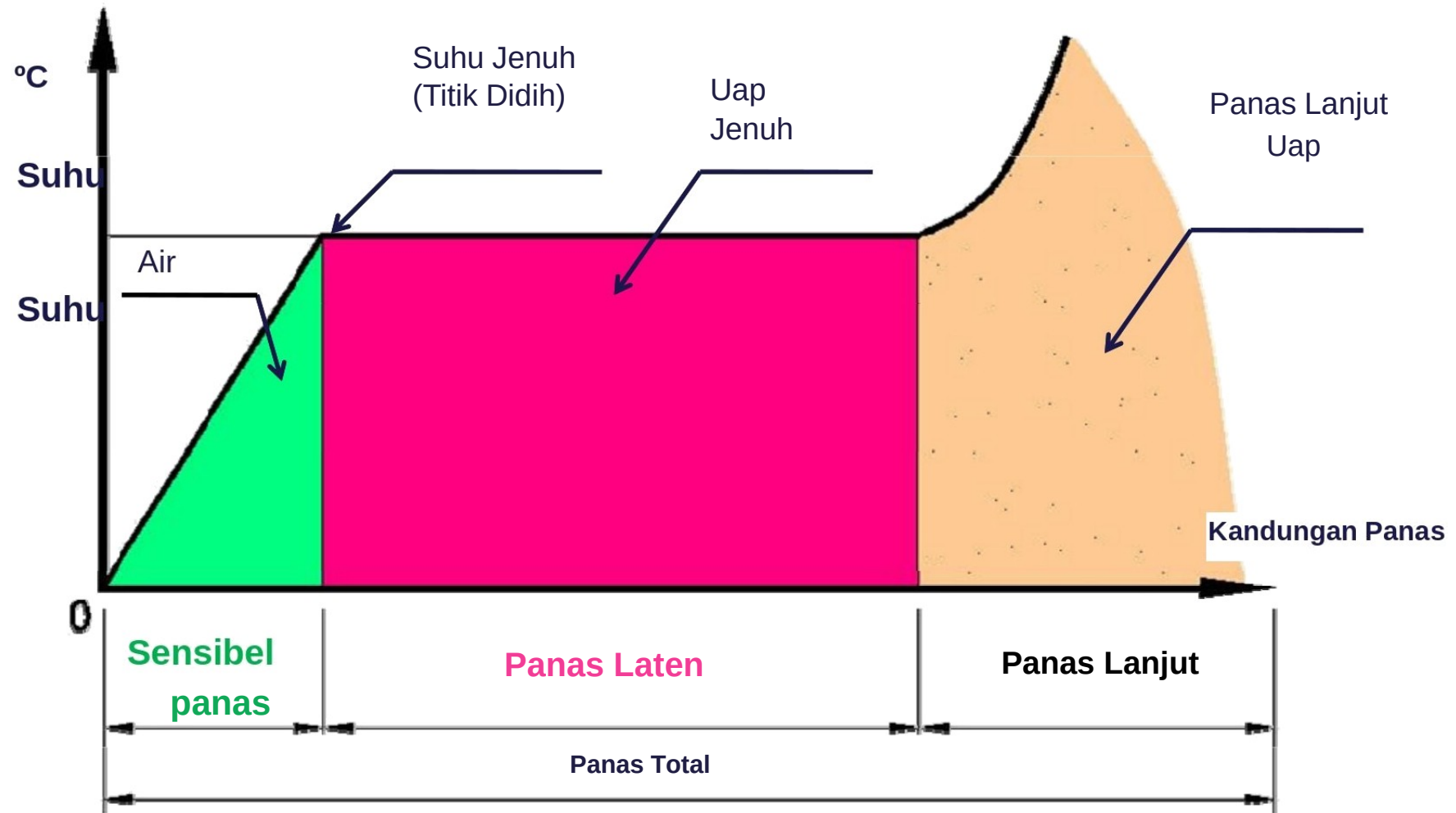
SIFAT FISIK UAP JENUH (SATURATED STEAM)									
Pm (bar)	Pa (bar)	T (°C)	V (m³/Kg)	he (Kcal/Kg)	he (KJ/Kg)	r (Kcal/Kg)	r (KJ/Kg)	hg (Kcal/Kg)	hg (KJ/Kg)
0,00	1,013	100,0	1,673	100,1	419,1	539,4	2258,4	639,5	2677,5
0,50	1,513	111,6	1,149	111,9	468,5	531,9	2227,0	643,8	2695,5
1,00	2,013	120,4	0,881	120,8	505,8	526,0	2202,3	646,8	2708,0
1,50	2,513	127,6	0,714	128,1	536,3	521,1	2181,7	649,2	2718,1
2,00	3,013	133,7	0,603	134,4	562,7	517,0	2164,6	651,4	2727,3
3,00	4,013	143,7	0,461	144,7	605,8	509,9	2134,8	654,6	2740,7
4,00	5,013	152,0	0,374	153,1	641,0	503,8	2109,3	656,9	2750,3
5,00	6,013	158,9	0,315	160,3	671,1	498,5	2087,1	658,8	2758,3
6,00	7,013	165,0	0,272	166,7	697,9	493,8	2067,4	660,5	2765,4
7,00	8,013	170,5	0,240	172,4	721,8	489,4	2049,0	661,8	2770,8
8,00	9,013	175,4	0,215	177,6	743,6	485,4	2032,3	663,0	2775,8
9,00	10,013	180,0	0,194	182,3	763,3	481,6	2016,4	663,9	2779,6
10,00	11,013	184,1	0,177	186,8	782,1	478,0	2001,3	664,8	2783,4
12,00	13,013	191,7	0,151	194,8	815,6	471,4	1973,7	666,2	2789,2
13,00	14,013	195,1	0,141	198,5	831,1	468,3	1960,7	666,8	2791,8
14,00	15,013	198,3	0,132	202,0	845,7	465,3	1948,1	667,3	2793,9
15,00	16,013	201,4	0,124	205,3	859,6	462,5	1936,4	667,8	2795,9
18,00	19,013	209,9	0,105	214,4	897,8	454,4	1902,5	668,8	2800,1
19,00	20,013	212,5	0,100	217,2	909,4	451,8	1891,6	669,0	2801,0
20,00	21,013	215,0	0,095	220,0	921,1	449,4	1881,5	669,4	2802,6
25,00	26,013	226,1	0,077	232,3	972,6	437,7	1832,6	670,0	2805,2

Kurva Suhu-Energi Air – Uap

Temperature Curve

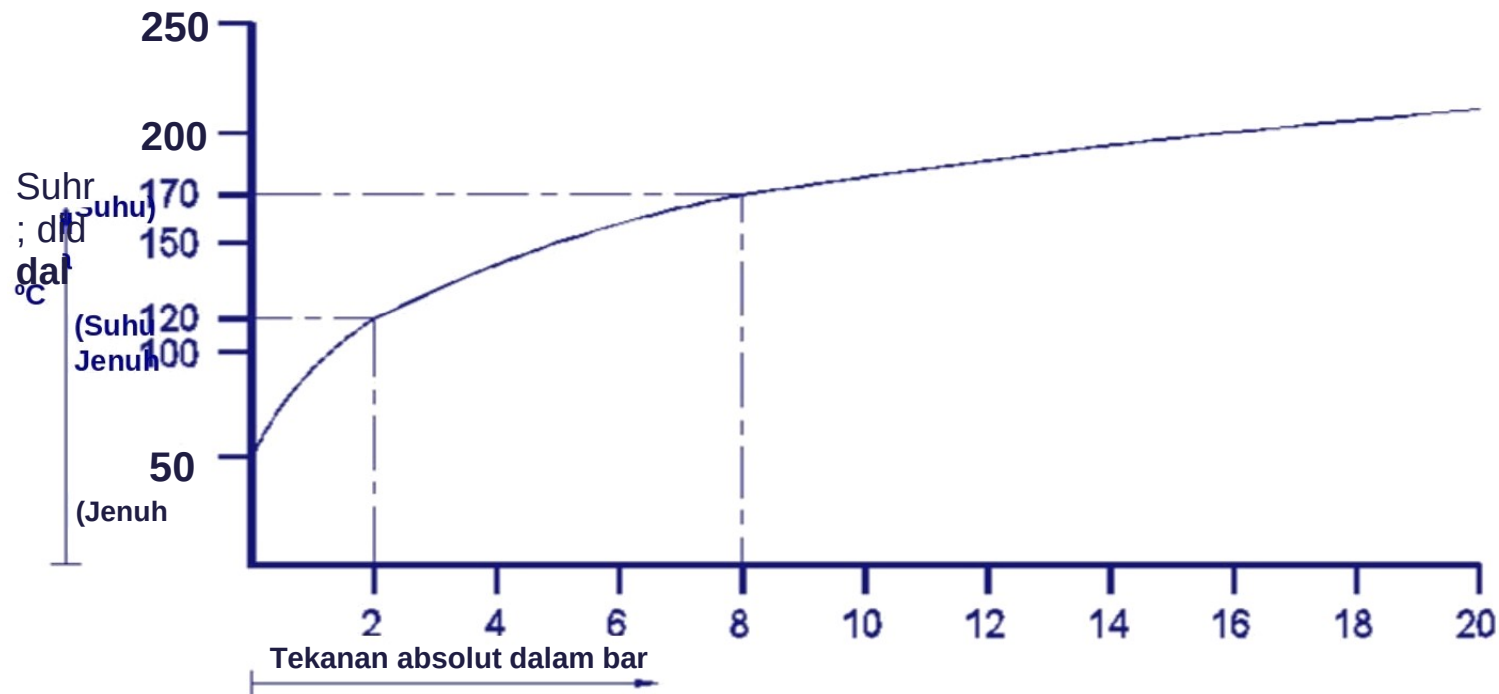
- **Panas sensibel – (panas cairan)** Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu satuan massa air dari titik beku hingga suhu jenuh (titik didih).
- **Panas laten - (panas uap)** Panas yang dibutuhkan untuk mengubah satu satuan massa air pada suhu jenuh menjadi uap kering pada suhu yang sama.
- **Panas lanjut (superheat)** – Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu satuan massa uap kering pada suhu jenuh ke suhu tertentu yang lebih tinggi.
- **Panas total** – Total panas dalam uap pada suatu waktu, yaitu jumlah dari panas sensibel, panas laten, dan panas lanjut.

Kurva Suhu-Energi Air – Uap Temperature Curve



Saturation Curve of Water

Kurva Saturasi Air (Kurva Uap Jenuh)



Suhu didih naik seiring naiknya tekanan, dan turun seiring turunnya tekanan.

- Berdasarkan informasi sebelumnya dan pada tekanan atmosfer:

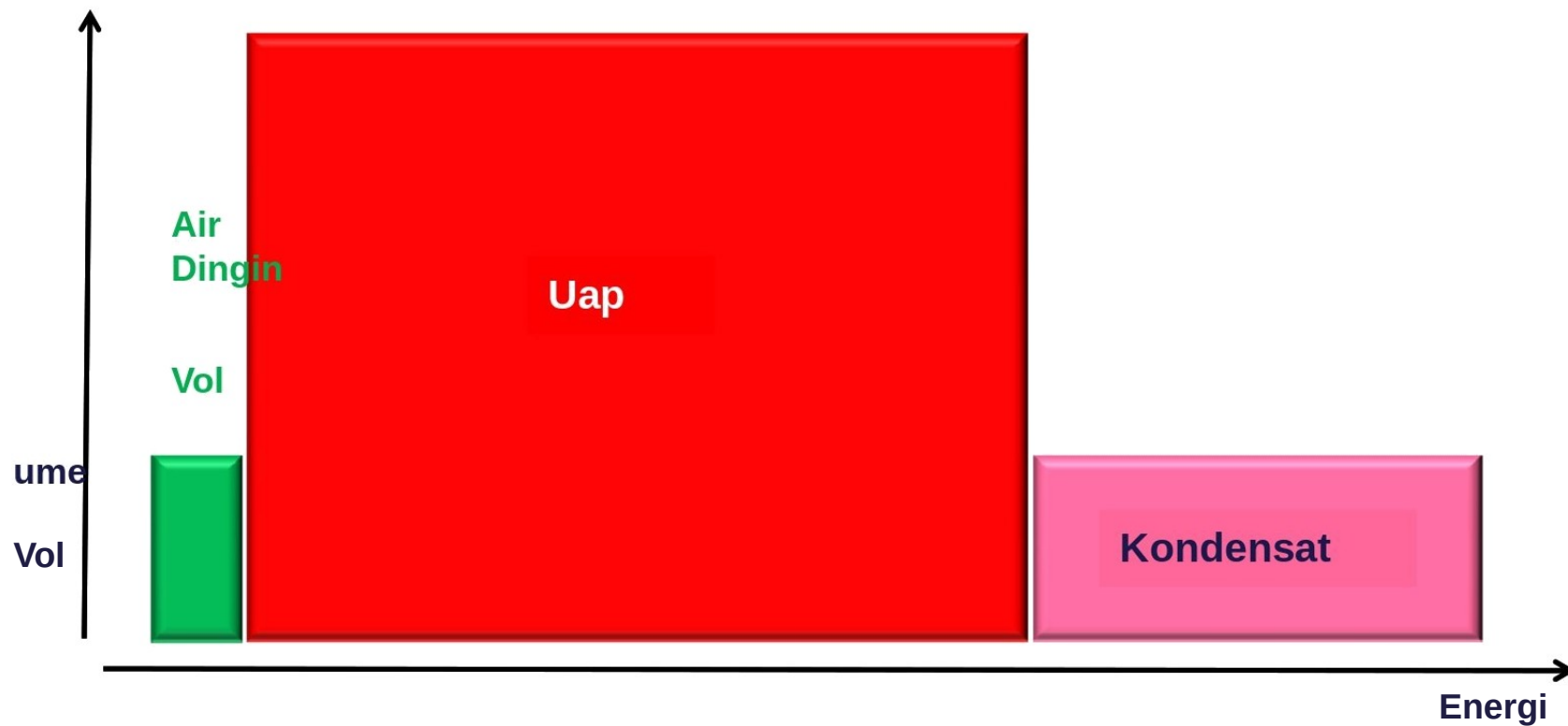
Jika 1 Kg air dipanaskan, kandungan panas dan suhunya akan naik secara bersamaan hingga 100 Kcal dan 100°C. Setelah titik ini, jika panas terus ditambahkan, kandungan panas dan suhu air tidak lagi naik, namun air akan mulai mendidih. Dengan menambah panas lebih lanjut, air berubah dari wujud cair menjadi wujud gas: air yang mendidih berubah menjadi uap.

Dari tabel uap terlihat bahwa jika kita menambahkan 540 Kcal ke air mendidih pada 100°C (100 Kcal), air tersebut akan menjadi 1 Kg uap dengan kandungan panas 640 Kcal (100 + 540).

- Dapat disimpulkan:

Kandungan panas air -	100 Kcal
Kandungan panas penguapan	540 Kcal
– Kandungan panas uap –	640 Kcal

- Selama uap melepaskan panasnya, uap tersebut berubah kembali dari wujud gas menjadi wujud cair, atau dengan kata lain, uap mengembun (berkondensasi)!



Untuk pemanfaatan uap jenuh yang efisien, panas latenlah yang melakukan kerja!

Berapa Banyak Uap?

$$Q = m C_p \Delta T$$

Q = Quantity of energy [Kcal] (or KJ)

m = Mass of substance [kg]

C_p = Specific heat capacity of the substance
[kcal/Kg °C] (or KJ/Kg °C)

ΔT = Temperature rise of the substance [°C]

$$Q = 5000 \text{ Kg} \times \text{Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \times (60^\circ - 10^\circ) \Leftrightarrow \\ = 250\,000 \text{ Kcal/jam}$$

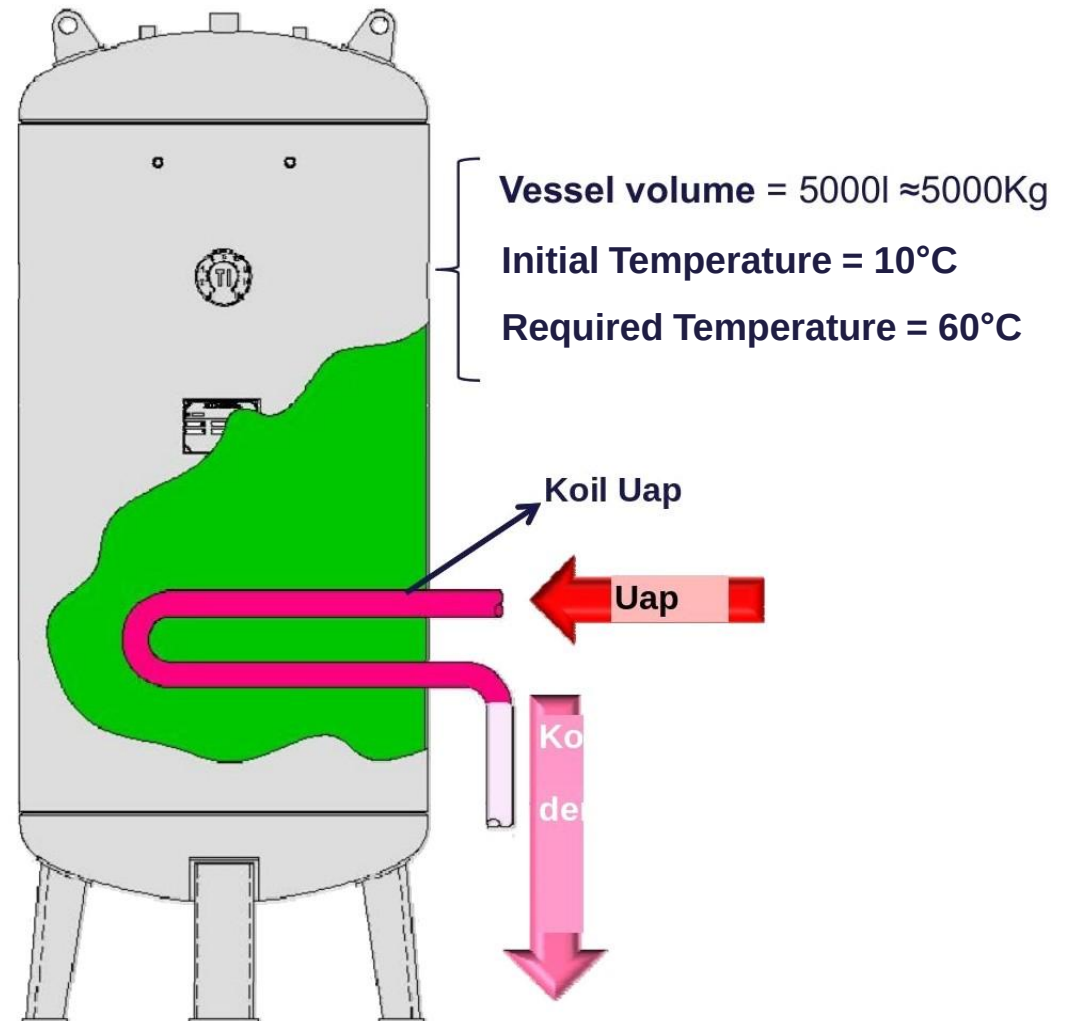
Jika diperlukan pemanasan isi bejana
dalam 20 menit, maka:

$$Q = \frac{5000 \text{ Kg} \times 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \times (60^\circ - 10^\circ) \times 60'}{20'} \Leftrightarrow$$

$$Q = 750\,000 \text{ Kcal/jam}$$

Berapa Banyak Uap?

CATATAN: Kehilangan panas akibat radiasi dan pemanasan massa bejana diabaikan.



Berapa Banyak Uap?

$$Q = m C_p \Delta T$$

Q = Quantity of energy [Kcal] (or KJ)

m = Mass of substance [kg]

C_p = Specific heat capacity of the substance
[kcal/Kg °C] (or KJ/Kg °C)

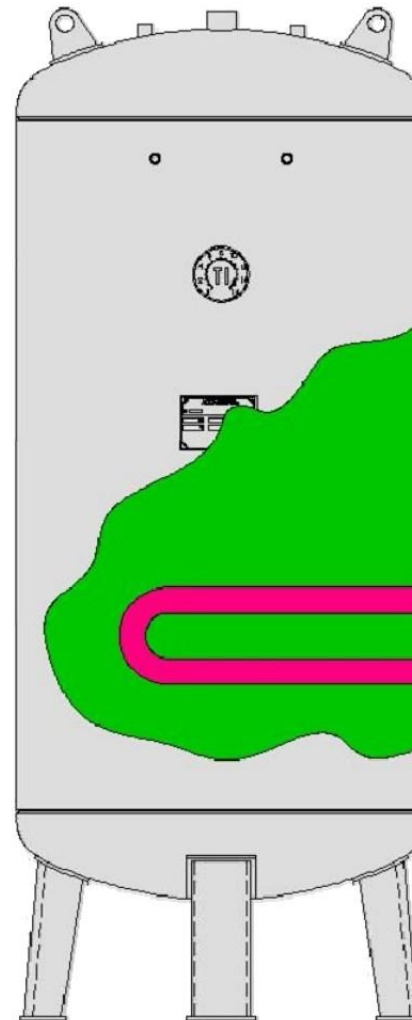
ΔT = Temperature rise of the substance [°C]

$$Q = 5000 \text{ Kg} \times \text{Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \times (60^\circ - 10^\circ) \Leftrightarrow \\ = 250\,000 \text{ Kcal/jam}$$

Jika diperlukan pemanasan isi bejana
dalam 20 menit, maka:

$$Q = \frac{5000 \text{ Kg} \times 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \times (60^\circ - 10^\circ) \times 60'}{20'} \Leftrightarrow$$

$$Q = 750\,000 \text{ Kcal/jam}$$



Berapa Banyak Uap?

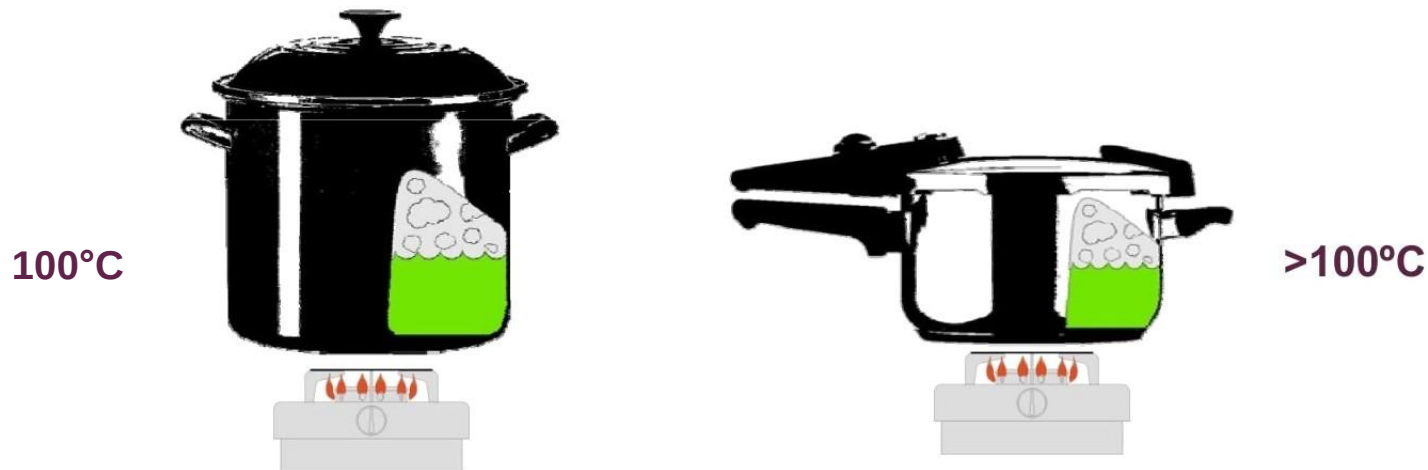
P_m – Tekanan Uap: 6 bar g r – Kg

$$\frac{7500 \text{ Kcal/jam}}{493,8 \text{ Kcal/Kg}} = 1518,8 \text{ Kg/h}$$

Uap 1518,8 Kg/h

Kondensat 1518,8 Kg/h

- Tekanan adalah gaya yang bekerja pada permukaan seluas 1 cm². Pada kondisi normal, tekanan udara di permukaan laut adalah 1,033 Kgf/cm² atau 1 atmosfer fisik atau 1 bar.
- For our considerations and for simplicity reasons we will accept :
1 Kgf/cm² as normal air pressure and 1 bar = 1 Kgf/cm².
- Uap adalah gas dan tunduk pada hukum yang sama seperti gas lainnya. Ketika air diuapkan dalam ruang tertutup yang terbatas seperti boiler uap dan tidak dapat dilepaskan ke udara terbuka, tekanan uap tersebut akan naik melebihi tekanan atmosfer. Tekanan dapat dipertahankan pada nilai yang diinginkan jika, setelah mencapai nilai yang dibutuhkan, panas dikurangi (dengan memutus pembakaran atau mengendalikan sumber panas) sehingga tidak ada lagi air yang diuapkan.



- Pada panci terbuka, air mendidih pada 100°C – proses memasak berlangsung lambat.
- Panci presto (tertutup) memungkinkan proses memasak lebih cepat dengan suhu lebih tinggi >100°C, akibat tekanan lebih yang timbul dari terbentuknya uap.

Mengapa Uap?

- Contoh 1:

Penukar Panas Air ke Air

We need to heat 2000 Kg/h of water from 20° to 30°C ($2000 \times 1 \times 10 = 20000$ Kcal/h).

- Jika kita menggunakan air panas dari boiler air dengan suhu keluar 85°C dan kembali pada 65°C, artinya air tersebut melepaskan 20 Kcal per Kg ke air sekunder melalui penukar panas. Dalam hal ini kita membutuhkan 1000 kg air pemanas setiap jam untuk menggantikan energi yang dibutuhkan

($20\ 000\ \text{Kcal/h} : 20\text{Kcal/kg} = 1000\ \text{Kgs/h}$)

Mengapa Uap?

- **Contoh 1:**

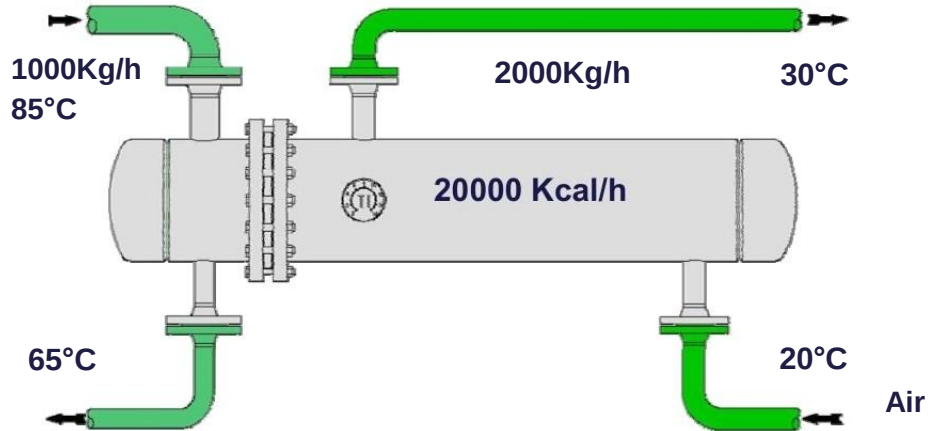
Penukar Panas Uap ke Air

We need to heat 2000 Kg/h of water from 20° to 30°C ($2000 \times 1 \times 10 = 20000$ Kcal/h).

- If steam were used as heating fluid instead, at the given pressure of one bar abs, to cover the same energy demand, we would then need 20000 Kcal/h : 540 Kcal/Kg = **37 Kgs/h of steam !**
- Akan tersisa 37 Kg kondensat dengan kandungan panas 100 Kcal/Kg yang setara dengan suhu 100°C, yang jika dikembalikan ke boiler uap akan berubah kembali menjadi uap.
- Jika ditelusuri lebih dalam ke penentuan ukuran pipa, variasi tekanan operasi uap, ukuran unit pemanas, dan sebagainya, akan ditemukan perbedaan-perbedaan lain yang lebih mengejutkan...

Mengapa Uap?

Air Primer dari
Boiler



Air ke air



Penukar Panas

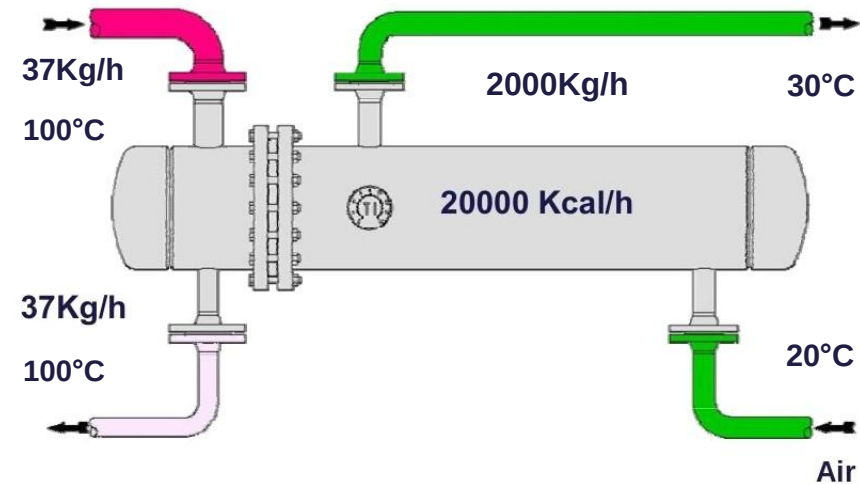
Air Primer
kembali ke Boiler

Uap ke air



Penukar Panas

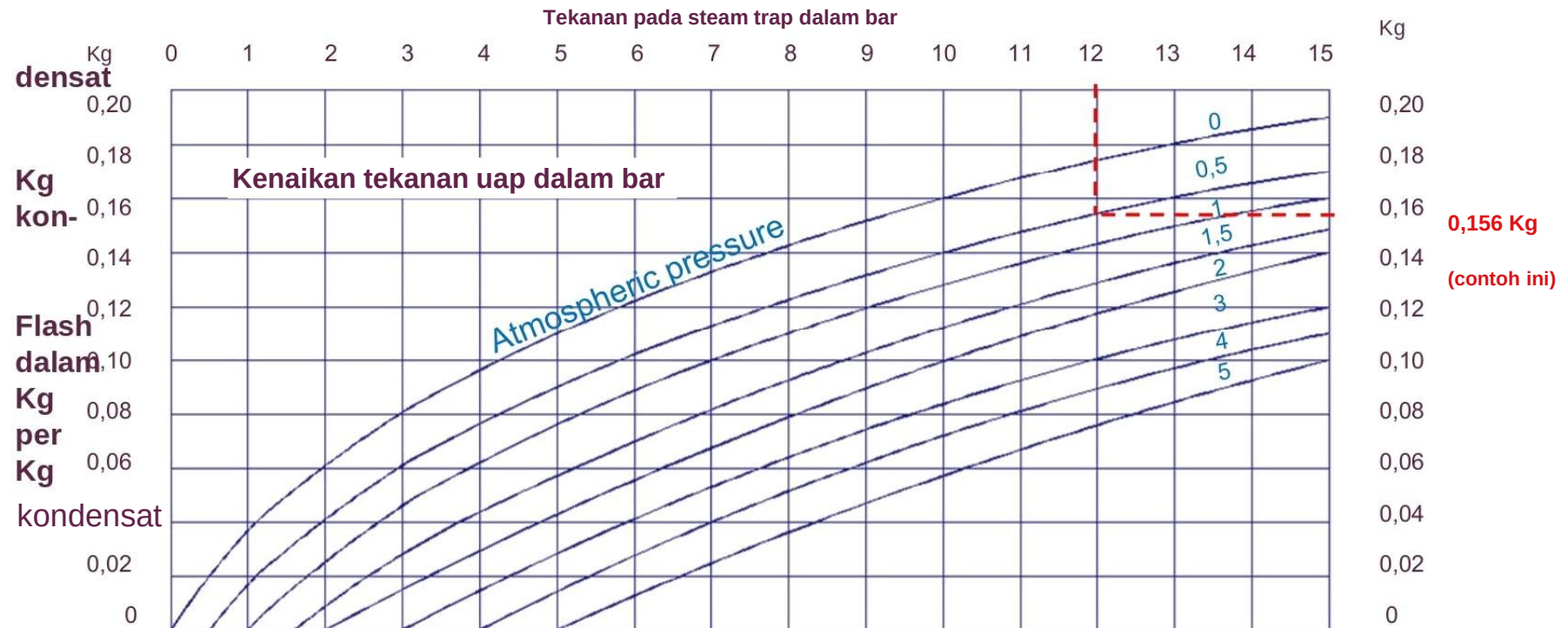
Uap dari
Boiler



Dari tabel uap, kita ambil data berikut:

- Pada 12 barg, kandungan panas dari air mendidih adalah ≈ 195 Kcal/Kg
- Pada 0,5 barg, kandungan panas air mendidih adalah ≈ 112 Kcal/Kg
- Artinya, pada 12 barg setiap Kg air mendidih mengandung 83 kkal lebih banyak dibanding pada 0,5 barg, dan pada 0,5 barg air tidak dapat menampung lebih dari 112 Kcal/Kg!
- Energi yang dilepaskan ini (83 Kcal/Kg) menghasilkan efek yang sama seperti jika ada sumber energi eksternal yang ditambahkan, dan penguapan pun terjadi.
- Sekali lagi, dari tabel uap, energi yang dibutuhkan untuk menguapkan 1 Kg air pada 0,5 barg adalah 532 Kcal/Kg, (Sekitar 16% dari air mendidih yang berubah kembali menjadi uap): inilah yang disebut FLASH STEAM!

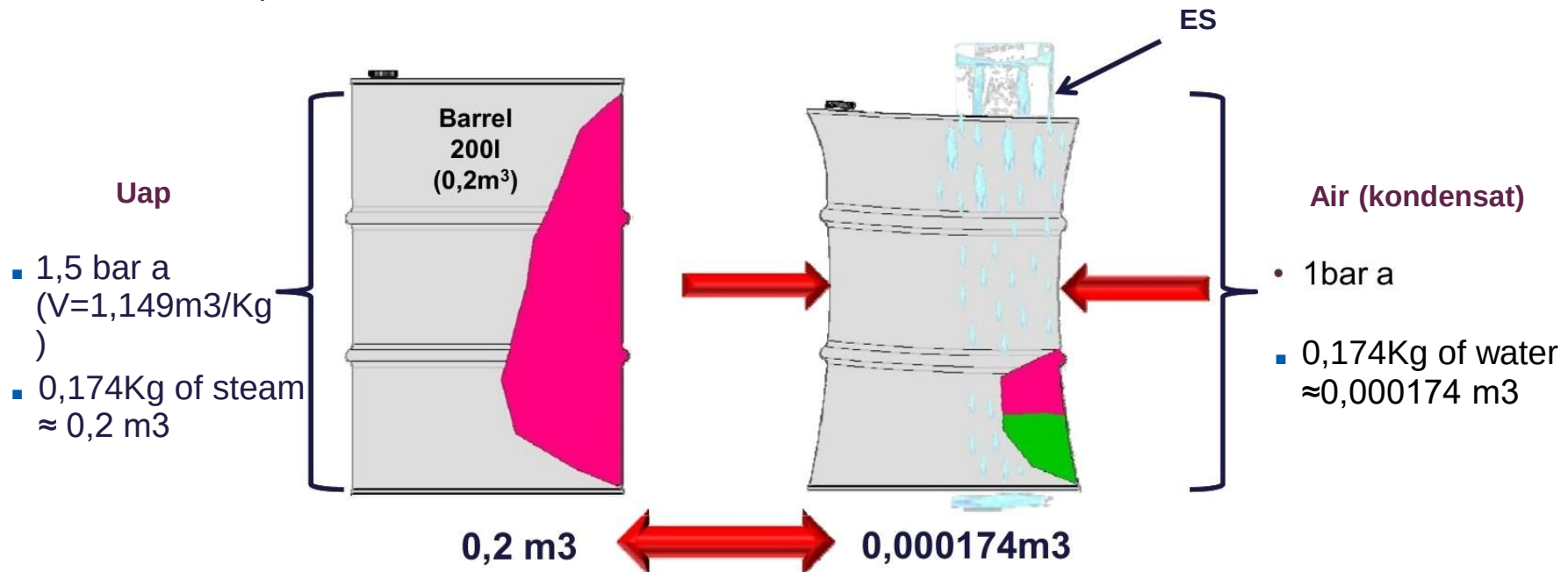
Berapa Banyak Flash Steam?



$$\text{Flash Uap } [\%] = \frac{\text{Tekanan Tinggi} - \text{Tekanan Rendah}}{\text{Tekanan Tinggi}} \times 100 [\%]$$

CATATAN: Tersedia software SFW.FV

- Dari tabel uap, kita dapat melihat perbedaan volume yang sangat besar antara uap dan air (kondensat).
- Ketika penukar panas, panci berjaket (jacketed pan), atau peralatan proses uap lainnya mendingin, timbul kondisi terbentuknya kevakuman, dan akibatnya peralatan dapat rusak akibat implosi.

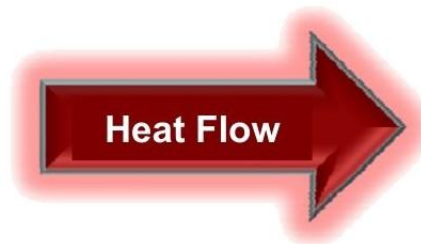
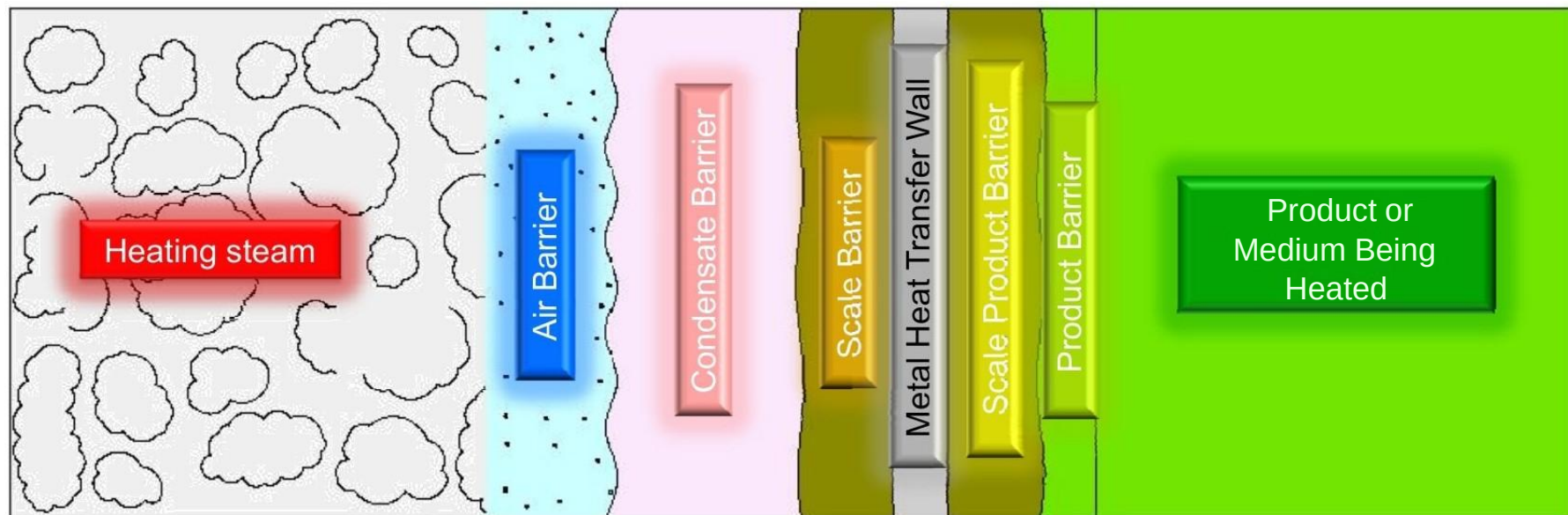


Udara di Ruang Uap

- Ketika aliran uap dihentikan, udara mengisi ruang kosong yang timbul akibat pengembunan uap (jika tidak, akan terbentuk kevakuman).
- Ketika sistem dijalankan kembali, sangat penting agar udara dikeluarkan dari pipa dan peralatan.
- Kerugian akibat adanya udara pada sistem uap: -Udara menurunkan suhu uap -Udara menurunkan laju perpindahan panas -Udara dan CO₂ bercampur dengan air dan dapat menyebabkan masalah korosi yang serius.

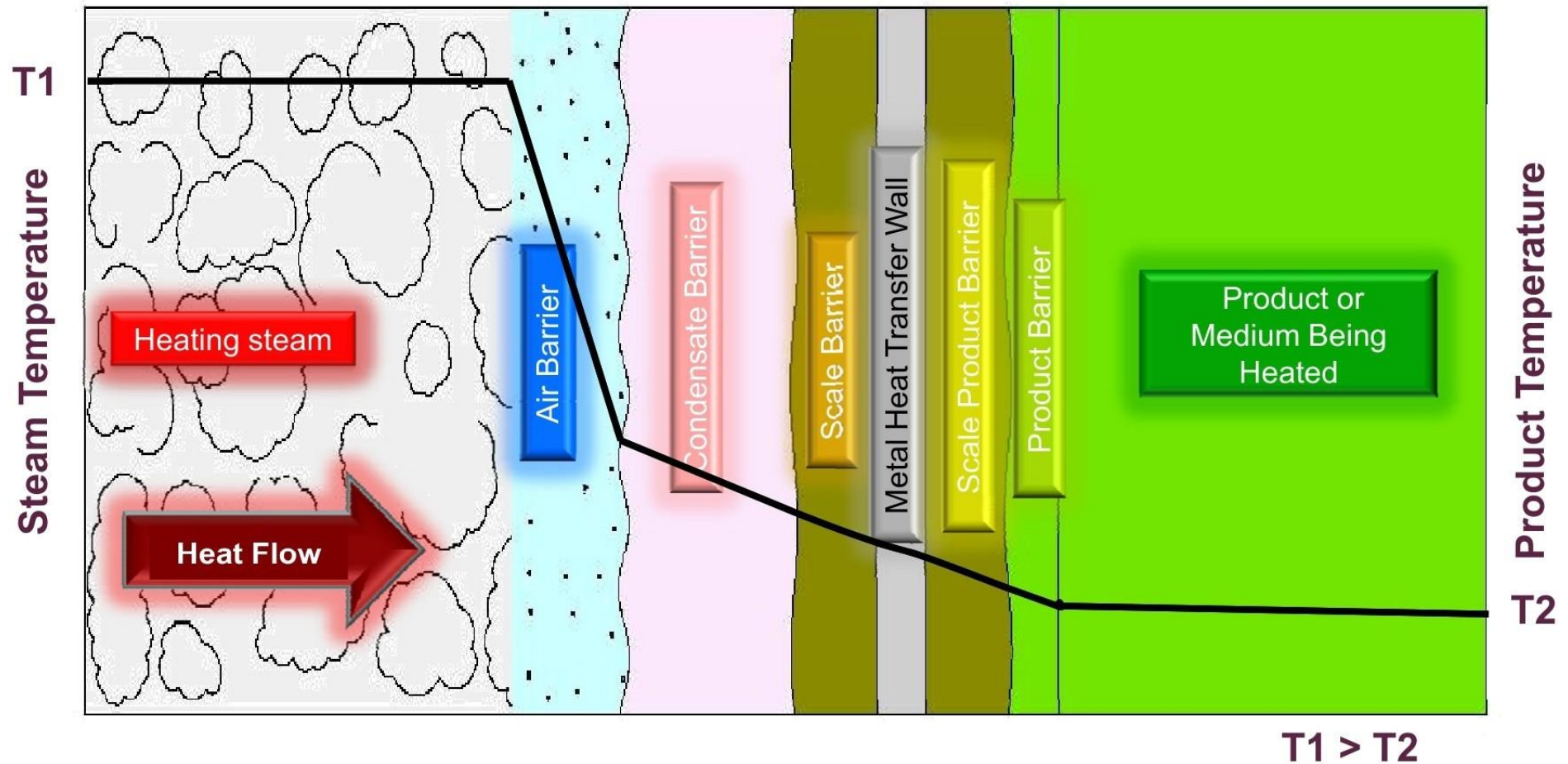
Air, Condensate and Scale Barriers

Heat Transfer Layers



Air, Condensate and Scale Barriers

Temperature Gradients Across Heat Transfer Layers



Masalah Penghalang (Barrier)

- Penghalang (barrier) akan sangat mengurangi perpindahan panas.

Penghalang berupa udara, kondensat, dan kerak akan menyelimuti permukaan perpindahan panas, namun udaralah yang memberikan hambatan terbesar terhadap aliran panas. Seperti disebutkan sebelumnya, udara masuk ke sistem uap saat sistem dimatikan, namun udara juga terlepas saat air mendidih. Karena massa jenisnya mendekati uap pada kondisi yang sama, udara kemudian terbawa bersama uap.

Pada campuran gas apa pun, setiap gas hanya memberikan sebagian dari tekanan total berdasarkan jumlah masing-masing gas yang ada. Jika terdapat 1/3 udara dan 2/3 uap, dan tekanan sistem adalah 3 bar, maka uap berada pada 2 bar dan udara pada 1 bar. Jika sistem dirancang untuk 3 bar, kita akan membaca 3 bar pada pressure gauge, namun suhu sebenarnya sesuai dengan uap pada 2 bar!

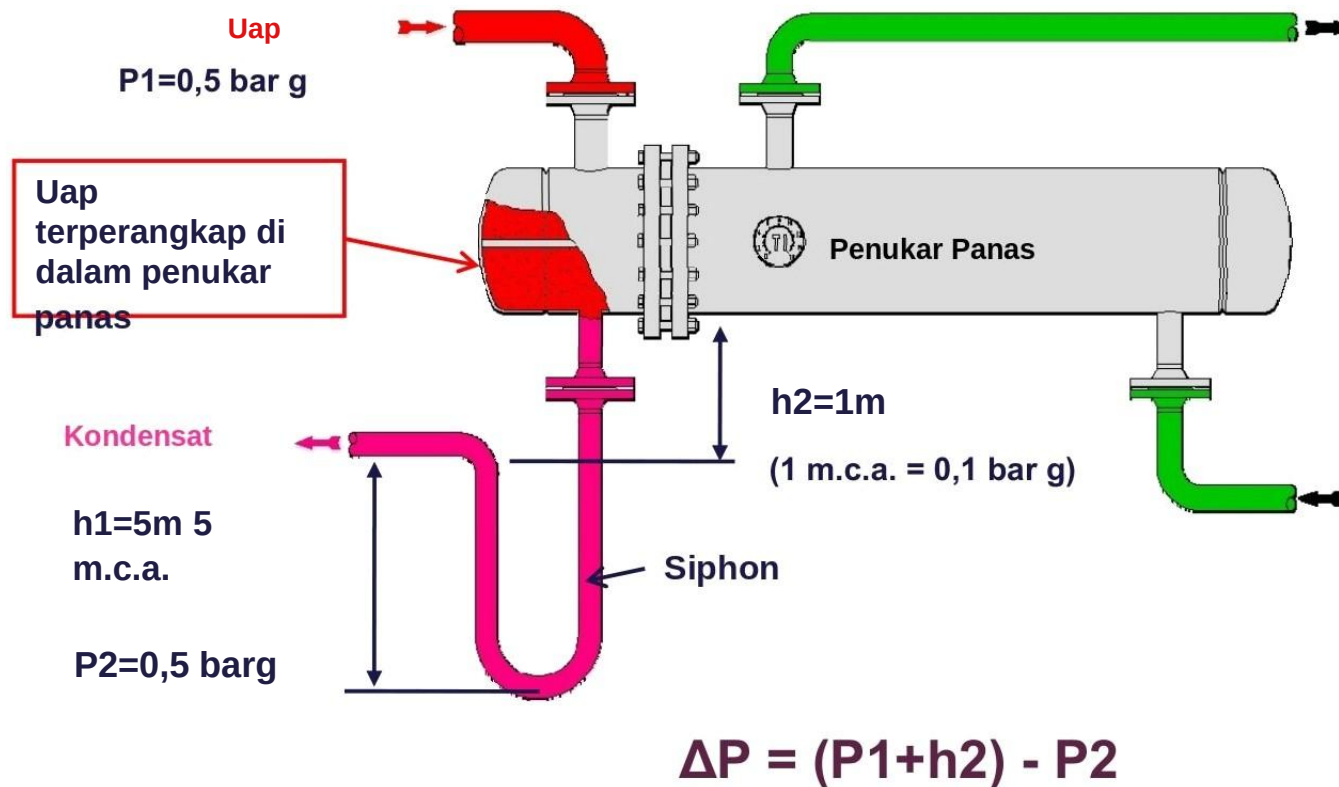
Untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas, sangat penting untuk:

- Menghilangkan udara;
- Memiliki pembuangan kondensat yang baik;
- Menggunakan pengolahan air yang memadai;
- Memiliki desain aliran peralatan yang benar.

Drainase

- Jelas bahwa kondensat, udara, dan gas yang tidak dapat mengembun harus dikeluarkan dari peralatan proses agar efisiensi proses terjaga, dengan menjaga permukaan pemanas tetap terselimuti uap.
- Uap secara alami mengalir menuju permukaan perpindahan panas yang lebih dingin, mengembun menjadi air, dan mengalir ke saluran pembuangan karena gravitasi.
- Sangat penting untuk menemukan cara membuang kondensat (dan sisa gas) tanpa membuang uap, dengan kata lain, kita perlu “menangkap” uap, dan untuk itu kita membutuhkan sebuah trap.

Drainase



- MUNGKIN KURANG PRAKTIS, TAPI SIPHON INILAH STEAM TRAP KITA UNTUK SAAT INI!

