

Perpindahan panas

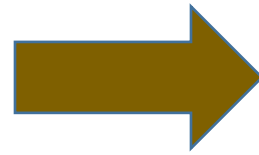
Dasar perpindahan panas

- Bedakan antara *panas* dengan *suhu!*
- Panas mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah.
- *Hot objects in a cooler room will cool to room temperature.*
- *Cold objects in a warmer room will heat up to room temperature.*

Contoh :



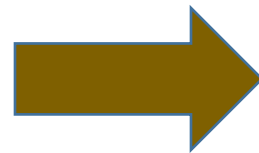
Hot



Room
temperature



Cold



MEGAPIXEL

Download from megapixel.com/054/054

Macam perpindahan panas

- Perpindahan Panas Konduksi
- Perpindahan Panas Konveksi
- Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan Panas Konduksi

Adalah proses transport panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah dalam satu medium (padat, cair atau gas), atau antara medium – medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung

Perpindahan Panas Konduksi

Dinyatakan dengan Hukum Fourier :

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas (w)

A = Luas penampang dimana panas mengalir (m^2)

dT/dx = Gradien suhu pada penampang, atau laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas x

k = Konduktivitas thermal bahan ($w/m^{\circ}C$)

Perpindahan Panas Konveksi

Adalah transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan, energi dan gerakan mencampur.

Proses terjadi pada permukaan padat (lebih panas atau dingin) terhadap cairan atau gas (lebih dingin atau panas).

Perpindahan Panas Konveksi

Dinyatakan dengan Hukum Newton :

$$q = h A (\Delta T)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas konveksi

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{w}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = Perubahan atau perbedaan suhu ($^\circ\text{C}$; $^\circ\text{F}$)

Perpindahan Panas Radiasi

Adalah proses transport panas dari benda bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah, bila benda – benda itu terpisah didalam ruang (bahkan dalam ruang hampa sekalipun)

Perpindahan Panas Radiasi

Dinyatakan dengan :

$$q = \delta A (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana :

δ = Konstanta Stefan-Boltzman $5,669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ k}^4$

A = Luas penampang

T = Temperatur

Perpindahan Panas Konduksi

contoh:

Salah satu permukaan sebuah plat tembaga yang tebalnya 3 cm mempunyai suhu tetap 600K, sedangkan suhu permukaan yg sebelah lagi dijaga tetap 300K. Berapa kalor yang berpindah melintasi lempeng itu per satuan luas?

TABLE A.1 Properties of Metallic Elements

Element ^a	Thermal Conductivity k (W/m · K) ^b							Properties at 293 K (20 °C)				
	200 K -73 °C	273 K 0 °C	400 K 127 °C	600 K 327 °C	800 K 527 °C	1000 K 727 °C	1200 K 927 °C	ρ (kg/m ³)	c (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \times 10^6$ (m ² /s)	Melting Temperature (K)
Aluminum	237	236	240	232	220			2702	896	236	97.5	933
Antimony	30.2	25.5	21.2	18.2	16.8			6684	208	24.6	17.7	904
Beryllium	301	218	161	126	107	89	73	1850	1750	205	63.3	1550
Bismuth ^c	9.7	8.2						9780	124	7.9	6.51	545
Boron ^c	52.5	31.7	18.7	11.3	8.1	6.3	5.2	2500	1047	28.6	10.9	2573
Cadmium ^c	99.3	97.5	94.7					8650	231	97	48.5	594
Cesium	36.8	36.1						1873	230	36	83.6	302
Chromium	111	94.8	87.3	80.5	71.3	65.3	62.4	7160	440	91.4	29.0	2118
Cobalt ^c	122	104	84.8					8862	389	100	29.0	1765
Copper	413	401	392	383	371	357	342	8933	383	399	116.6	1356
Germanium	96.8	66.7	43.2	27.3	19.8	17.4	17.4	5360		61.6		1211
Gold	327	318	312	304	292	278	262	19300	129	316	126.9	1336
Hafnium	24.4	23.3	22.3	21.3	20.8	20.7	20.9	13280		23.1		2495
Indium	89.7	83.7	74.5					7300		82.2		430
Iridium	153	148	144	138	132	126	120	22500	134	147	48.8	2716
Iron	94	83.5	69.4	54.7	43.3	32.6	28.2	7870	452	81.1	22.8	1810
Lead	36.6	35.5	33.8	31.2				11340	129	35.3	24.1	601
Lithium	88.1	79.2	72.1					534	3391	77.4	42.7	454
Magnesium	159	157	153	149	146			1740	1017	156	88.2	923
Manganese	7.17	7.68						7290	486	7.78	2.2	1517
Mercury ^c	28.9							13546				234
Molybdenum	143	139	134	126	118	112	105	10240	251	138	53.7	2883
Nickel	106	94	80.1	65.5	67.4	71.8	76.1	8900	446	91	22.9	1726
Niobium	52.6	53.3	55.2	58.2	61.3	64.4	67.5	8570	270	53.6	23.2	2741
Palladium	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5		12020	247	75.5	25.4	1825
Platinum	72.4	71.5	71.6	73.0	75.5	78.6	82.6	21450	133	71.4	25.0	2042
Potassium	104	104	52					860	741	103	161.6	337
Rhenium	51	48.6	46.1	44.2	44.1	44.6	45.7	21100	137	48.1	16.6	3453
Rhodium	154	151	146	136	127	121	115	12450	248	150	48.6	2233
Rubidium	58.9	58.3						1530	348	58.2	109.3	312
Silicon	264	168	98.9	61.9	42.2	31.2	25.7	2330	703	153	93.4	1685
Silver	403	428	420	405	389	374	358	10500	234	427	173.8	1234
Sodium	138	135						971	1206	133	113.6	371
Tantalum	57.5	57.4	57.8	58.6	59.4	60.2	61	16600	138	57.5	25.1	3269
Tin ^c	73.3	68.2	62.2					5750	227	67.0	51.3	505
Titanium ^c	24.5	22.4	20.4	19.4	19.7	20.7	22	4500	611	22.0	8.0	1953
Tungsten ^c	197	182	162	139	128	121	115	19300	134	179	69.2	3653
Uranium ^c	25.1	27	29.6	34	38.8	43.9	49	19070	113	27.4	12.7	1407
Vanadium	31.5	31.3	32.1	34.2	36.3	38.6	41.2	6100	502	31.4	10.3	2192
Zinc	123	122	116	105				7140	385	121	44.0	693
Zirconium ^c	25.2	23.2	21.6	20.7	21.6	23.7	25.7	6570	272	22.8	12.8	2125

^aPurity for all elements exceeds 99%.^bThe expected percent errors in the thermal conductivity values are approximately within $\pm 5\%$ of the true values near room temperature and within about $\pm 10\%$ at other temperatures.^cFor crystalline materials, the values are given for the polycrystalline materials.

Source: Refs. [1-4].

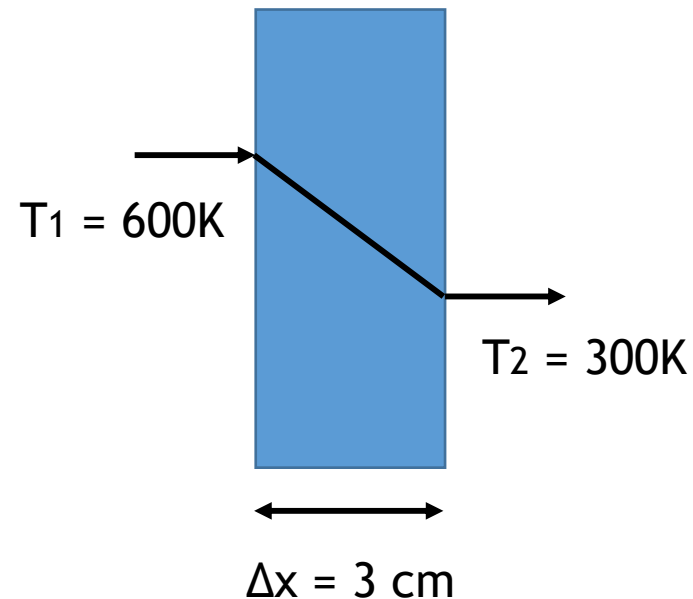
Penyelesaian

- Dari lampiran A1 Appendix A Serth, terlihat konduktivitas termal tembaga adalah 383 W/m.K.

- Dari Hukum Fourier :

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \rightarrow q_x = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

- $Q/A = -383 (300-600) / 0,03$
 $= 3,83 \text{ MW/m}^2$



Perpindahan Panas Konveksi

Contoh:

Udara pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bertiup diatas plat panas $50 \times 75\text{ cm}$. Suhu plat dijaga tetap $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koefisien perpindahan kalor konveksi adalah $25\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hitunglah perpindahan kalor.

Penyelesaian

$$\begin{aligned}q &= h A (T_w - T_\infty) \\ &= (25)(0,50)(0,75)(250 - 20) \\ &= 2,156 \text{ kW}\end{aligned}$$

Perpindahan Panas Radiasi

Contoh:

Dua plat hitam tak berhingga yang suhunya masing masing $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ saling bertukar kalor melalui radiasi. Hitunglah perpindahan kalor persatuan luas.

Penyelesaian

$$q = \delta A (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q/A = \delta (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q/A = (5,669 \times 10^{-8})(1073^4 - 573^4)$$

$$q/A = 69,03 \text{ kW/m}^2$$

