

## Critical insulation thickness

Isolasi dipasang pada suatu dinding alat dimaksudkan agar panas yang merambat di sekeliling alat itu sekecil mungkin. Selain itu juga faktor safety, yaitu agar orang yang bekerja di sekitar alat itu tidak merasa terlalu kepanasan.

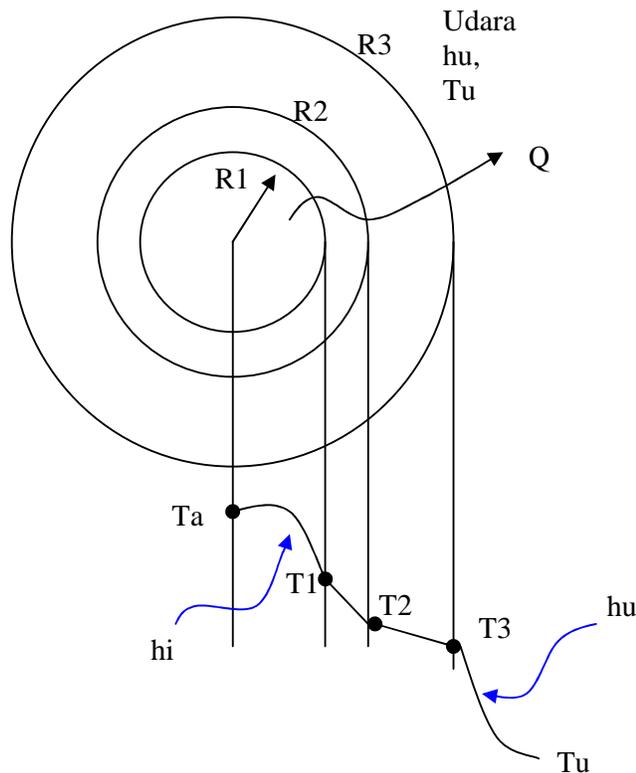
Harga isolasi tidaklah murah, oleh karenanya perlu perhitungan yang cukup teliti dalam menentukan tebal isolasi yang dibutuhkan suatu alat. Berikut ini contoh penentuan tebal isolasi suatu pipa.

**Ditinjau:** Suatu fluida panas bersuhu  $T_a$ , koefisien perpindahan panas  $h_i$ , mengalir dalam pipa setebal  $(R_2-R_1)$  sepanjang  $L$ , berkonduktivitas  $k_d$  dan diisolasi dengan konduktivitas  $k_{iso}$ . Pipa berkontak dengan udara lebih dingin bersuhu  $T_u$ .

**Dicari:** tebal isolasi yang memberikan perpindahan panas maksimum.

Penyelesaian:

- a. **Skema** profil suhu dari pusat pipa.



- b. **Asumsi:** Steady state, transfer panas satu arah ( $T=f(r)$ ), sifat-sifat bahan konstan.

- c. **Analisis:**

Pada saat steady state panas yang dipindahkan adalah sama, yaitu  $Q$  (panas/waktu).

**Perpindahan panas konveksi** dari fluida di dalam pipa ke dinding pipa per satuan panjang:

$$Q = h_i (2 \pi R_1) (T_1 - T_a)$$

$$(T_1 - T_a) = \frac{Q}{h_i (2 \pi R_1)}$$

**Perpindahan panas dalam dinding pipa** setiap satuan panjang:

$$Q = -k_d 2 \pi r \frac{dT}{dr}$$

Distribusi suhu pada berbagai jarak dari pusat dievaluasi dengan NP di elemen volum setebal  $\Delta r$  :

$$\text{Rate of heat Input} - \text{Rate of heat output} = \text{accumulation}$$

$$q_r(2\pi r) - q_{r+\Delta r}(2\pi(r+\Delta r)) = 0$$

$$\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{(r+\Delta r)q_{r+\Delta r} - rq_r}{\Delta r} = 0$$

$$\frac{d(rq)}{dr} = 0$$

$$rq = C$$

Substitusi hukum fourier :

$$-k_d r \frac{dT}{dr} = C$$

$$-k_d dT = C \frac{dr}{r}$$

$$-k_d (T_2 - T_1) = C \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$C = \frac{k_d (T_2 - T_1)}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

dengan,  $Q = -k_d 2\pi r \frac{dT}{dr}$

$$Q = 2\pi C$$

maka:  $Q = 2\pi \frac{k_d (T_2 - T_1)}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$

$$(T_1 - T_2) = \frac{Q}{\frac{2\pi k_d}{\ln \left( \frac{R_1}{R_2} \right)}}$$

**Perpindahan panas di dalam isolasi** diperoleh dengan cara yang sama dengan transfer panas di dinding pipa, diperoleh:

$$(T_2 - T_3) = \frac{Q}{\frac{2\pi k_{iso}}{\ln \frac{R_2}{R_3}}}$$

**Perindahan panas dari permukaan isolasi ke udara** secara konveksi :

$$(T_3 - T_u) = \frac{Q}{h_u(2\pi R_3)}$$

Nilai Q dicari dengan menjumlahkan ke-4 persamaan suhu di atas, sehingga diperoleh:

$$(T_a - T_u) = \frac{Q}{h_i(2\pi R_1)} + \frac{Q}{\frac{2\pi k d}{\ln \frac{R_2}{R_1}}} + \frac{Q}{\frac{2\pi k_{iso}}{\ln \frac{R_3}{R_2}}} + \frac{Q}{h_u(2\pi R_3)}$$

$$Q = \frac{(T_a - T_u)}{\sum R}$$

dengan R = total tahanan

$$\sum R = \frac{1}{h_i(2\pi R_1)} + \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi k d} + \frac{\ln \frac{R_3}{R_2}}{2\pi k_{iso}} + \frac{1}{h_u(2\pi R_3)}$$

Transfer panas terbesar jika tebal isolasi minimum, atau:

$$\frac{dQ}{dR_3} = 0$$

$$\frac{d \sum R}{dR_3} = 0$$

maka,

$$\frac{1}{k_{iso} R_3} - \frac{1}{h_u(R_3)^2} = 0$$

$$R_3 = \frac{K_{iso}}{h_u}$$

Pada kondisi ini, R3 merupakan tebal isolasi minimum atau kritis, dimana jika tebal isolasi lebih kecil dari R3 kritis ini maka Q semakin besar. Oleh karena dalam penentuan tebal isolasi harus lebih besar dari R3 kritis ini.

Meskipun semakin besar R3 maka panas yang ditransfer semakin kecil, tetapi semakin tebal isolasi berarti biaya isolasi semakin tinggi pula. Oleh karenanya perlu diperhatikan tebal isolasi optimum atau economic insulation thickness. Telah banyak artikel yang menulis *rule of thumb* tebal isolasi ekonomis. *Keyword: recommended hot insulation thickness*. Tebal ini sangat dipengaruhi suhu alat dan jenis isolasi.

**Tampak bahwa penentuan jenis isolasi mempengaruhi tebal isolasi kritis. Tebal isolasi kritis perlu dievaluasi, dan selanjutnya perlu dipilih tebal isolasi yang ekonomis.**

Disarikan dari:

Kern, "Heat Transfer".

Incropera, "Fundamental of Heat and Mass Transfer".

Oleh : Sperisa Distantina.