

**REVAMPING PEMASANGAN ISOLASI ASBESTOS  
 PADA HEAT EXCHANGER SHELL AND TUBE**

**REVAMPING INSTALLATION OF ASBESTOS INSULATION  
 ON HEAT EXCHANGERS SHELL AND TUBE**

Anggi Wahyuningsi<sup>1)</sup>, Aliyah Shahab<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia  
 Corresponding Author E-mail: *anggi\_w@pap.ac.id* dan *aliyah@pap.ac.id*

**Abstract:** Heat exchanger is a heat exchanger that serves to change the temperature of a type of fluid. This process occurs by utilizing the heat transfer process from a high temperature fluid to a low temperature fluid. The purpose of this paper is to be able to understand the analysis of the effect of comparison before and after asbestos insulation is installed on the heat lost to the environment in a shell and tube type heat exchanger. At a temperature variable of 68°C, the results obtained without insulation were -1.980,4126 Btu/hours and using asbestos insulation -728,1133 Btu/hours. The conclusion is that asbestos insulation minimizes the heat released to the environment rather than not installing insulation on a shell and tube type heat exchanger.

Keywords: Heat Exchanger, Asbestos Insulation, Heat Transfer Coefficient.

**Abstrak:** Heat exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dari suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Tujuan dari penulisan adalah mampu memahami analisa pengaruh perbandingan sebelum dan setelah di pasang nya isolasi asbestos terhadap kalor yang hilang ke lingkungan pada alat heat exchanger tipe shell and tube. Pada variabel temperatur 68°C maka di dapatkan hasil tanpa di pasang isolasi -1.980,4126 Btu/hours dan dengan menggunakan isolasi asbestos -728,1133 Btu/hours. Kesimpulan bahwa isolasi asbestos lebih meminimumkan kalor yang lepas ke lingkungan dari pada tidak di pasang nya isolasi pada alat heat exchanger tipe shell and tube.

Kata kunci: Heat Exchanger, Isolasi Asbestos, Koefisien Perpindahan Panas.

## 1. PENDAHULUAN

*Heat exchanger* merupakan suatu alat yang digunakan untuk menukarkan energi dalam bentuk panas antara fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung. Fluida yang bertukar energi dapat berupa fluida yang sama fasanya (cair-cair atau gas-gas) atau dua fluida yang berbeda fasanya. (D.Q. Kern. *Process Heat Transfer*, 1965)

Sebagian besar dari industri - industri yang berkaitan dengan proses selalu menggunakan alat ini, sehingga alat penukar panas ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi atau operasi. *Heat exchanger* mempunyai beberapa tipe, yaitu *shell and tube*, *cooler*, kondensor, *reboiler* dan lain-lain. *Heat exchanger* tipe *shell and tube* mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan *heat exchanger* jenis lainnya, yaitu dapat digunakan dalam kondisi

operasi (temperatur dan tekanan) yang cukup tinggi, lebih mudah dirangkai atau dirakit, lebih mudah perawatannya.

*Heat exchanger* untuk tipe *shell and tube* mempunyai fungsi dan kegunaannya sebagai alat terjadinya kontak media dingin *shell* dan media panas di *tube*. Bentuk *heat exchanger* yang sering digunakan ialah *shell and tube*. Dengan berbagai pertimbangan bentuk ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi pabrik, biaya hingga untuk kerja.

Alat *heat exchanger* tipe *shell and tube* ini supaya kinerjanya efisiensi dapat terjaga, maka dibutuhkan isolasi. Kegunaan dari isolasi yang terdapat pada alat *heat exchanger* ini untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada peralatan dari korosif. Isolasi sangat diperlukan supaya tidak ada panas yang keluar ke lingkungan dan mendapatkan hasil proses perpindahan panas yang optimal. Pemasangan isolasi *asbestos* pada alat *heat*

*exchanger* bertujuan untuk meminimalisir kalor yang hilang yang berada pada alat *heat exchanger* dan meningkatkan efisiensi kerja pada alat *heat exchanger*. (D.Q.Kern. *Process Heat Transfer*, 1965).

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Prinsip-prinsip Perpindahan Energi Dalam Bentuk Panas

Energi dapat berpindah dalam bentuk panas dari suatu zat ke lingkungan atau zat lain apabila di antara kedua zat tersebut memiliki temperatur yang berbeda. Jadi, perbedaan temperatur merupakan potensial utama terjadinya perpindahan energi dalam bentuk panas yang sering disebut dengan perpindahan panas.

Dari studi pustaka, diperoleh bahwa ada 3 (tiga) cara perpindahan panas, yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi. Dari ketiga jenis perpindahan panas ini. Apabila definisi perpindahan panas hanya dibatasi sebagai akibat adanya perbedaan temperatur saja, maka hanya konduksi dan radiasi yang cocok. Sedangkan pada konveksi, selain beda temperatur masih bergantung pula dengan adanya perpindahan massa. Namun karena pada konveksi ini perbedaan temperatur merupakan faktor yang cukup penting untuk dapat terjadinya proses perpindahan panas, maka istilah konveksi telah diterima pula secara umum sebagai salah satu cara perpindahan panas (*Geankoplis, Transfer Process and Unit Operation 1983*)

### 2.2 Heat Exchanger Tipe Shell and Tube

*Shell and tube heat exchanger* merupakan tipe alat penukar panas yang banyak digunakan pada suatu proses seperti pada industri perminyakan dan industri kimia. *Shell and tube heat exchanger* mengandung beberapa *tube* sejajar di dalam *shell*.

Kelebihan *shell and tube heat exchanger* sehingga banyak dipakai dalam industri sebagai berikut:

1. Memiliki permukaan perpindahan panas per satuan *volume* yang luas.
2. Tersedia dalam berbagai bahan konstruksi.

3. Dapat digunakan dalam rentang kondisi operasi (temperatur dan tekanan) yang lebar.
4. Perancangannya lebih mudah dilakukan.
5. Lebih mudah perawatannya.
6. Metode perancangan yang baik telah tersedia.

### 2.3 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Heat Exchanger

Di dalam pemilihan *heat exchanger* tipe *shell land tube*, harus diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya, antara lain:

1. *Log Mean Temperature Difference (LMTD)*

LMTD digunakan untuk menentukan temperatur yang berlaku untuk perpindahan panas dalam sistem aliran. LMTD adalah perbedaan temperatur rata-rata yang disamakan antara fluida panas dan dingin disetiap *inlet* dan *outlet heat exchanger*. Semakin besar LMTD tersebut, semakin banyak panas yang ditransfer.

1. *Caloric temperature*

Merupakan temperatur rata-rata fluida yang terlibat dalam terlibat dalam pertukaran panas.

2. *Flow area*

Merupakan luas penampang yang tegak lurus pada sepanjang arah aliran yang ada.

3. *Mass velocity*

*Mass velocity* adalah banyaknya zat yang mengalir dengan kecepatan tertentu persatuan waktu.

4. Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan *internal* fluida.

5. Kapasitas panas

Kapasitas panas adalah besaran terukur yang menggambarkan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat (benda) sebesar jumlah tertentu.

6. Konduktifitas

Suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduksi panas adalah suatu fenomena perpindahan dimana perbedaan temperatur menyebabkan *transfer*

energi panas dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang berpindah dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

#### 7. Reynold number

Dalam mekanika fluida, bilangan *Reynold* merupakan rasio antara gaya inersia ( $\rho v^2$ ) terhadap gaya visko yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, yang dinyatakan dengan kategori laminar, transisi dan turbulen

#### 8. Koefisien perpindahan panas ( $h$ )

Digunakan dalam perhitungan perpindahan panas konveksi atau perubahan fase antara cair dan padat. Koefisien perpindahan panas banyak dimanfaatkan dalam ilmu termodinamika dan mekanika serta teknik kimia. Koefisien perpindahan panas pada *shell* disimbolkan  $h_o$  dan pada *tube* disimbolkan  $h_{io}$ .

#### 9. Fouling factor atau Dirt factor ( $R_d$ )

Dalam *heat exchanger*, *fouling* adalah peristiwa terakumulasinya padatan yang tidak dikehendaki di permukaan *heat exchanger* yang berkontak dengan fluida kerja, termasuk permukaan *heat transfer*. Peristiwa tersebut adalah pengendapan, pengerakan, korosi, polimerisasi dan proses biologi.

*Fouling* mengakibatkan kenaikan tahanan *heat transfer*, sehingga meningkatkan biaya, baik investasi, operasi maupun perawatan. Akibat terjadinya *fouling*, ukuran *inside diameter (ID) heat exchanger* menjadi lebih kecil, kebutuhan energi meningkat dan biaya perawatan meningkat.

Beberapa faktor akibat pengaruh dari *fouling factor* antara lain:

- a) Temperatur fluida,
- b) Temperatur dinding plat, dan
- c) Kecepatan alir fluida.

#### 10. Pressure drop

Merupakan besarnya perbedaan tekanan yang terjadi antara tekanan awal masuk fluida dan setelah tekanan fluida yang keluar dari sistem. Menurut *D.Q. Kern*.

*Process Heat Transfer (1965)*, Terjadinya perbedaan tekanan selama proses berlangsung, disebabkan oleh dua hal, yaitu :

- a) Gesekan aliran dengan dinding, dan
- b) Pembelokan aliran.

#### 2.4. Isolasi Termal

Insulasi termal atau isolasi termal adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas atau kalor. Panas atau energi panas (kalor) bisa dipindahkan dengan cara konduksi, konveksi, dan radiasi atau ketika terjadi perubahan wujud. Salah satu dasar yang diperlukan bagi bahan isolasi adalah hantaran termal yang rendah. Umumnya konduktivitas termal dari bahan keramik lebih rendah dari pada bahan logam. (Surdia, dkk., 1999)

Umumnya, bahan isolasi termal digolongkan menurut bentuk menjadi:

##### a. Bahan isolasi termal bentuk serat

Asbes adalah bahan mineral yang berupa serat terbentuk secara alamiah, ditemukan di alam sebagai krisotil, amosit, krosidolit dst. Asbes dapat dipakai sebagai bahan isolasi setelah mineral tersenut dilepaskan menjadi bentuk seperti kapas. Isolator asbes telah tersedia dalam bentuk kain asbes, tali asbes dan spon asbes. Spon asbes dikembangkan sebagai bahan isolasi termal yang mempunyai sifat fleksibel dan tahan panas yang baik sekali.

*Wol slag* dan wol batu berturut – turut dibuat dari *slag* tanur tinggi dan dari batuan gunung berapi. Bahan baku dicairkan dalam kupola atau tanur listrik dan dibuat menjadi serat halus. Permukaannya dilapisi resin agar tahan terhadap air. Bahan ini dipergunakan terutama sebagai isolasi pada pekerjaan konstruksi. Serat keramik termasuk wol gelas kuarsa, serat  $Al_2O_3-SiO_2$  dan serat alumina.

Bahan ini dibuat menjadi bentuk seperti kapas, *felt* dan lembaran tipis dan dipakai sebagai bahan isolasi yang baik untuk lapisan dinding tanur, ketel uap, turbin dan gas buang, peralatan pemurnian karena bahan ini stabil secara kimia dan sukar patah oleh getaran.

- b. Bahan isolasi dalam bentuk bubuk dan bentuk bata

Bahan otoklaf kalsium silikat secara kasar dapat digolongkan kepada bahan yang terutama terdiri dari tobermorit  $\text{Ca}_5(\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{H}_2) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  dan yang terutama terdiri dari ksonotlit  $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$ . Kedua bahan tersebut hampir memiliki sifat yang sama dalam hantaran termal, tetapi bahan isolasi termal dari ksonotlit lebih unggul daripada bahan isolasi yang terbuat dari tobermorit karena tahan terhadap gas karbon dioksida, dan memiliki penyusutan rendah pada temperatur tinggi. Bahan tersebut dipergunakan sebagai bahan isolasi tahan api pada bangunan bertingkat banyak, bahan isolasi perumahan, bahan penyekat antara bagian panas dan bagian dingin, dan sebagainya.

Bata tahan api alumina sebagai isolasi untuk temperatur tinggi terdiri dari 90-99%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang memiliki sifat khas: (1) tahan korosi terhadap *slag* asam dan basa, (2) tahan terhadap gas pereduksi seperti gas  $\text{H}_2$ , (3) tahan rontok (*spalling*) yang sangat baik. Bahan ini dipakai untuk lapisan tanur penganil baja tahan karat, tungku penyolder, tungku perlakuan panas untuk semikonduktor dan tungku bergas hydrogen (Richard, *Insulation Handbook*, 2001).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Alat dan Bahan

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah satu rangkaian alat *heat exchanger shell and tube*, pipa galvanis, drum terbuat dari besi. LPG, pompa listrik, *termometer* 200 °C dan 100 °C, *beaker glass* 1000 ml, *stopwatch*. Bahan yang diperlukan pada penelitian ini *oli*, *air* dan *asbestos*.

#### 3.2. Prosedur Penelitian

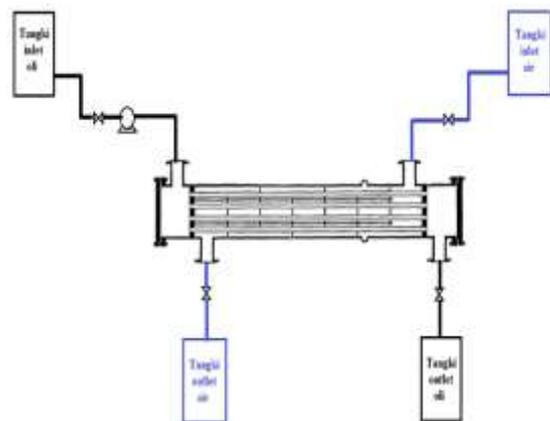
Prosedur untuk rangkaian alat *heat exchanger shell and tube* pada penelitian ini:

1. Atur *flowrate* air dan oli yang telah ditentukan.
2. Lalu lapiasi *heat exchanger* dengan menggunakan isolasi *asbestos*.
3. Selanjutnya, buka *inlet valve* air agar air mengalir dan memenuhi *shell*.

4. Panaskan oli sesuai suhu yang telah ditentukan, oli yang telah dipanaskan dialirkan pada bagian *tube*.
5. Setelah itu, buka *outlet valve* air dan oli, maka terjadi kontak antara fluida yang berada di *shell* dan *tube* sehingga terjadi perpindahan panas.
6. Keluaran dari *tube* dan *shell*, yaitu oli dan air akan mengalami perubahan temperature.
7. Lakukan pengambilan data dengan cara mencatat *outlet* temperatur air dan oli
8. Lakukan juga langkah 1-7 dengan kondisi *heat exchanger* tanpa menggunakan isolasi *asbestos*.

### 3.3 Desain Penelitian

Berikut ini desain penelitian yang dilakukan seperti pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 Desain Penelitian

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini hasil penelitian didapatkan data sebagai berikut:

#### 4.1 Hasil Perhitungan *Heat Balance*

Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan hasil *heat balace* seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil *Heat Balance*

Fluida Panas (Oli)	Fluida Dingin (Air)
$T_1 = 58^\circ\text{C} = 136,4^\circ\text{F}$	$t_1 = 29^\circ\text{C} = 84,2^\circ\text{F}$
$T_2 = 54^\circ\text{C} = 129,2^\circ\text{F}$	$t_2 = 32,3^\circ\text{C} = 90,14^\circ\text{F}$
Flowrate = 357 ml/s	Flowrate = 186 ml/s
$W = 2.647,2301 \text{ lb/hours}$	$W = 1.476,2161 \text{ lb/hours}$
$C_p = 0,46 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$	$C_p = 1 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$
$Q = W \cdot C_p \cdot \Delta T$	
$Q = 8.767,6261 \text{ Btu/hours}$	$Q = 8.766,0664 \text{ Btu/hours}$

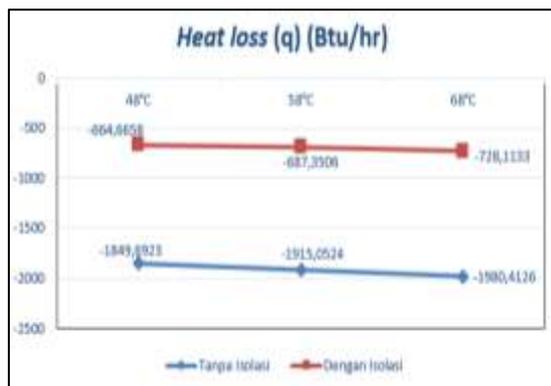
## 4.2 Hasil Perhitungan Kalor yang Lepas

Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan hasil kalor yang lepas seperti pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Kalor Lepas

Temperatur (°C)	Tanpa Isolasi (Btu/hours)	Dengan Isolasi Asbestos (Btu/hours)
48	-1.849,6923	-664,6658
58	-1.915,0524	-687,3500
68	-1.980,4126	-728,1133

Grafik berikut ini memperlihatkan perbandingan pemasangan isolasi *asbestos* dan tanpa di pasang isolasi antara *heat loss* dengan variasi temperatur.



**Gambar 4.1** Heat Loss

## 4.3 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan dan grafik di atas, maka terlihat nilai kalor yang lepas ( $q$ ) yang didapatkan untuk *heat exchanger* tanpa dipasang isolasi pada temperatur 48°C adalah -1.849,6923 Btu/hours; temperatur 58°C adalah -1.915,0524 Btu/hr dan temperatur 68°C adalah -1.980,4126 Btu/hours. Untuk *heat exchanger* yang dipasang isolasi *asbestos* pada temperatur 48°C adalah -664,6658 Btu/hours; temperature 58°C adalah -687,3506 Btu/hours pada temperatur 68° adalah -728,1133 Btu/hours.

Tanda negatif mengindikasikan bahwa adanya panas yang lepas dari *heat exchanger* ke lingkungan. (Handoyo, dkk., 2000). Untuk perbandingan antara jumlah panas yang lepas antara alat *heat exchanger* tanpa dan dengan

dipasang isolasi nilainya jauh lebih berbeda, alat *heat exchanger* tanpa menggunakan isolasi *asbestos* menunjukkan banyaknya jumlah panas yang lepas dibandingkan dengan alat *heat exchanger* yang dipasang isolasi *asbestos*, jadi Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penambahan isolasi pada alat *heat exchanger* dapat memperkecil pelepasan kalor ke lingkungan sehingga *heat exchanger* dapat bekerja secara optimal

## 5. KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan nilai kalor yang lepas ( $q$ ) yang didapatkan untuk *heat exchanger* tanpa dipasang isolasi pada temperatur 48°C adalah -1.849,6923 Btu/hours; temperature 58°C adalah -1.915,0524 Btu/hr dan temperatur 68°C adalah -1.980,4126 Btu/hours. Untuk *heat exchanger* yang dipasang isolasi *asbestos* pada temperatur 48°C adalah -664,6658 Btu/hours; temperatur 58°C adalah -687,3506 Btu/hour pada temperatur 68° adalah -728,1133 Btu/hours.

## DAFTAR PUSTAKA

Bichkar, P., et.al.. 2018. *Study of Shell and Tube Heat Exchanger with the Effect of Types of Baffles*. Procedia Manufacturing.

Geankoplis, J. Chirstie. 1983. *Transfer Process and Unit Operations*. Third Edition. New Delhi : Prentice-Hall of India.

Handoyo, Ekadewi Anggraini. 2000. *Pengaruh Tebal Isolasi Termal Terhadap Efektivitas Plate Heat Exchanger*.

Incropera. F.P.. 1996. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. New York: Jhon Wiley and Sons.

Jr, Richard T. Bynum. 2001. *Insulation Handbook*. United States of America: McGraw-Hill Book, Co.

Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: International Student Edition, McGraw-Hill Book.

McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering*. United States of America: McGraw Hill Book, Co..

Ozden, E., and Tari, I.. 2010. *Shell Side CFD of a Small Shell and Tube Heat Exchanger*, International Journal PF Energy Conversion and Management.

Perry, R.H, and Green, D.W. 1984. *Perry's Chemical Engineers Hand Book*, 6<sup>th</sup>.ed. Mc. Graw Hill, Co.. Tokyo: International Student Edition.

Surdia, Tata, dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita

Saeid, N. H. and Seetharamu, K. N.. 2006. *Finite Element Analysis For Co-Current And Counter-Current Parallel Flow Three-Fluid Heat Exchanger*. International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow.

Shaughnessy, E. J., Katz, I. M. & Schaffer, J. P. 2005. *Introduction To Fluid Mechanics, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition*. Oxford University Press, Inc..

Thulukkanam, Kuppan. 2013. *Heat Exchanger Design Handbook Second Edition*. New York: Taylor & Francis Group.

Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc. 2007. *Standards Of The Tubular Exchanger Manufactures Association*. 9<sup>th</sup> edn.

Walas, Stanley M. 1988. *Chemical Process Equipment - Selection and Design*. Boston: Butterworth-Heinemann.

White, F. M.. 1974. *Viscous Fluid Flow*. 2<sup>nd</sup> edn. Edited by L. Beamesderfer and J. M. Morriss. McGraw Hill, Inc..