

## Analisis *Baffle Cut* Pada Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* Pada Susunan Tabung Segi Empat

Faisal Lubis<sup>1\*</sup>, Sudirman Lubis<sup>2</sup>

\*[faisallubis@umsu.ac.id](mailto:faisallubis@umsu.ac.id)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan, Sumatera Utara

### ABSTRAK

Aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* adalah paralel atau berlawanan. Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle*. Aliran *cross flow* yang didapat dengan menambahkan *baffle* akan membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar, sehingga perpindahan panas di antara kedua fluida meningkat. Selain untuk mengarahkan aliran agar menjadi *cross flow*, *baffle* juga berguna untuk menjaga supaya *tube* tidak melengkung (berfungsi sebagai penyangga) dan mengurangi kemungkinan adanya vibrasi atau getaran oleh aliran fluida. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki dan mengetahui pengaruh *baffle cut* terhadap perpindahan panas pada alat penukar kalos selongsong dan tabung *1-1 pass* dengan susunan tabung segi empat. Jenis *baffle* yang digunakan adalah jenis *baffle* segmen tunggal dengan jarak *baffle* 40 mm. Pengujian dilakukan dengan 4 variasi *baffle cut* yaitu 11%, 25,6%, 38,88%, dan 48,97%. Dari hasil penelitian diperoleh koefisien perpindahan panas yang dinyatakan dengan bilangan Nusselt (Nu) yang optimum diperoleh pada *baffle cut*  $Nu = 0,000829 (Re)^{1,190241} (Bc/100)^{-0,09617}$  (untuk :  $2100 < Re < 4000$  dan Bc 11% sampai 48,97%).

**Kata Kunci** : *Baffle Cut*, Perpindahan Panas, Pada Alat Penukar Kalor

### PENDAHULUAN

Pada penelitian mengenai aliran dan proses perpindahan panas pada sisi selongsong, untuk memperkirakan koefisien perpindahan panas pada alat penukar kalor selongsong dan tabung telah dipublikasikan memperbaiki ketepatan perkiraan dari performa dan pengoptimalan perpindahan panas alat penukar kalor. Dalam suatu *shell and tube heat exchanger*, fluida yang satu mengalir dalam pipa kecil (*tube*) dan fluida yang lain mengalir melalui selongsong (*shell*). Perpindahan panas dapat terjadi di antara kedua fluida, dimana panas akan mengalir dari fluida bersuhu lebih tinggi ke fluida bersuhu lebih rendah [1][2].

Umumnya, aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* adalah paralel atau berlawanan. Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle*. Aliran *cross flow* yang didapat dengan menambahkan *baffle* akan membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar, sehingga perpindahan panas di antara kedua fluida meningkat. Selain untuk mengarahkan aliran agar menjadi *cross flow*, *baffle* juga berguna untuk menjaga supaya *tube* tidak melengkung (berfungsi sebagai penyangga) dan mengurangi kemungkinan adanya vibrasi atau getaran oleh aliran fluida [5]. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *shell and tube heat exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* (*tube bundle*) di bagian dalam, dimana temperatur fluida didalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (didalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *tube* dan di luar *tube* [6].

Perpindahan kalor secara radiasi yaitu perpindahan panas tanpa melalui media. Suatu energi dapat dipindahkan dari satu tempat ketempat lainnya (dari benda panas ke benda dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain. Radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya dinamakan radiasi termal [9]. Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan

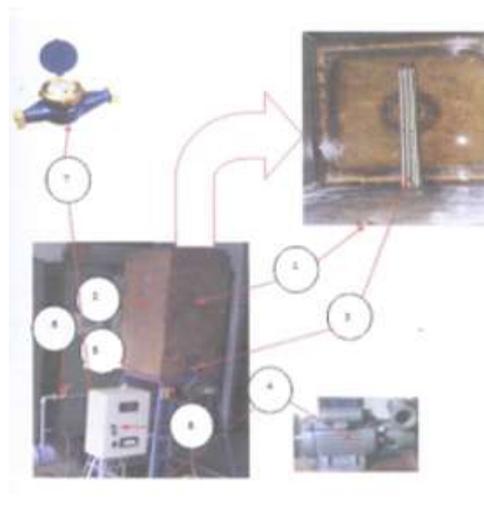
laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan, jadi

$$Q_{pancaran} = \sigma AT^4 \quad (\text{Pers. 1})$$

Dimana  $q$  ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai  $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ . Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam [7,8,10].

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pengambilan data dimulai dengan memanaskan air didalam tangki terlebih dahulu dengan mengatur tempratur air bertahap sampai pada skala 80 °C. Adapun tangki pemanas air yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



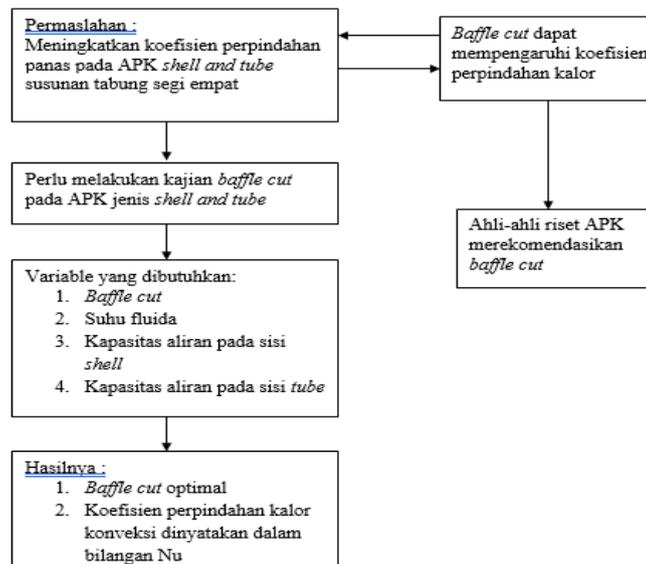
Keterangan gambar:

1. Sensor tempratur air panas
2. Tangki air panas
3. Pemanas air
4. Pompa sirkulasi air panas
5. Thermostat
6. Katup pengatur laju aliran air panas
7. Flow meter air
8. Panel pembaca termokopel

Gambar 1. Rangkaian bak pemanas air

### Kerangka Konsep Penelitian

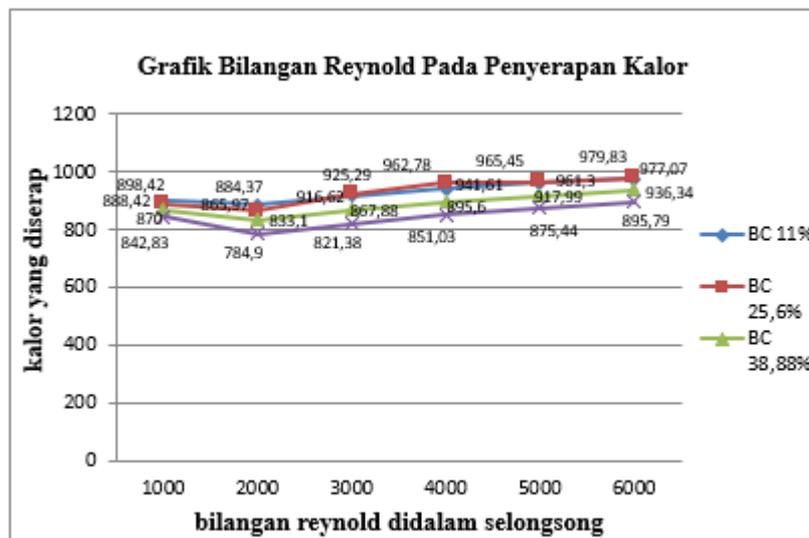
Hasil yang diperoleh dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh variable-variabel itu sendiri. Kerangka konsep penelitian dapat dijelaskan seperti gambar 1. kerangka konsep penelitian ini didasarkan pada identifikasi permasalahan yaitu peningkatan koefisien perpindahan APK *shell and tube* susunong dan tabung susunan segitiga yang di pengaruhi oleh *baffle cut*.



Gambar 2. Rangkaian bak pemanas air

**Penyerapan Kalor Pada APK**

Gabungan dari konduksi dan aliran massa menyebabkan terjadinya perpindahan panas antara batas benda pada fluida. Dalam aliran turbulen mekanisme konduksi diubah serta dibantu oleh banyaknya aliran pusaran-pusaran yang membawa gumpalan-gumpalan fluida melintas garis-garis aliran. Partikel-partikel ini berperan sebagai pembawa energi dan memindahkan energi dengan cara percampuran dengan partikel-partikel lain fluida tersebut. Gambar 3. menunjukkan pengaruh dari pemotongan *baffle*, pada bilangan Reynold yang sama dan jarak pemasangan *baffle* yang sam tetapi pada pemotongan *baffle* yang berbeda akan memberikan dampak penyerapan kalor oleh udara berbeda pula. Hal ini disebabkan karena terjadinya pola aliran udara pada *bundle* yang disebabkan pemotongan *baffle*.



Gambar 3. Grafik hubungan antara bilangan *reynold* dan penyerapan kalor didalam selongsong

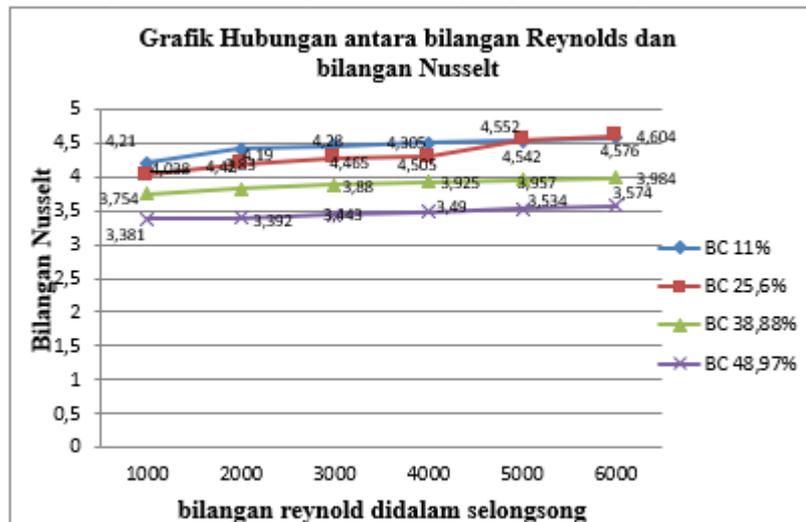
Pada gambar 3. tersebut terlihat penyerapan kalor yang optimum terjadi pada *baffle cut* 25,6% yaitu sebesar 979,83. hal ini menyatakan pemotongan yang ideal untuk pemotongan *baffle* diambil 25%. apabila pemotongan *baffle* diambil kurang dari 20% atau lebih dari 35%. Akan terjadinya kesalahan aliran yang akan menghasilkan penurunan penyerapan kalor

**Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Selongsong**

Konduktifitas termal fluida dan laju aliran massa memegang peranan penting dalam perpindahan energi konveksi. Bilangan Nusselt merupakan gabungan antara konveksi, diameter tabung dan konduktivitas termal fluida. Dengan meningkatnya turbulensi didalam selongsong maka akan meningkatkan bilangan Nusselt. Hal ini yang menyatakan kenaikan rasio bilangan Nusselt seiring dengan ketinggian *baffle*. Pada gambar terlihat dengan meningkatnya pemotongan *baffle* akan menurunkan bilangan Nusslet didalam selongsong.

Terlihat pada bilangan Reynold yang sama tetapi pada *baffle cut* yang besar akan

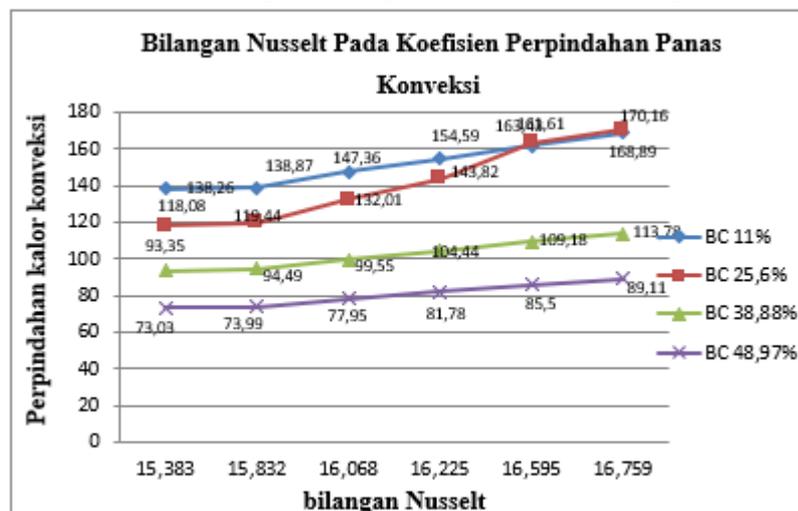
menghasilkan bilangan Nusselt yang cenderung menurun.



Gambar 4. Grafik hubungan antara bilangan Reynold dan bilangan Nusselt didalam selongsong

Pada Gambar 4. terlihat pemotongan *baffle* yang memberikan bilangan Nusselt optimum terjadi pada *baffle cut* 25% sebesar 4,604. hal ini se menyatakan pemotongan yang ideal untuk pemotongan *baffle* diambil 25%. apabila pemotongan *baffle* diambil kurang dari 20% dan lebih dari 35% dari diameter selongsong maka akan menurunkan penyerapan kalor.

Sedangkan gambar 5. menunjukan Grafik hubungan antara bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan kalor konveksi didalam selongsong. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan yang menyatakan bahwasanya perbandingan bilangan Nusselt dan meningkatkan ketinggian *baffle*.

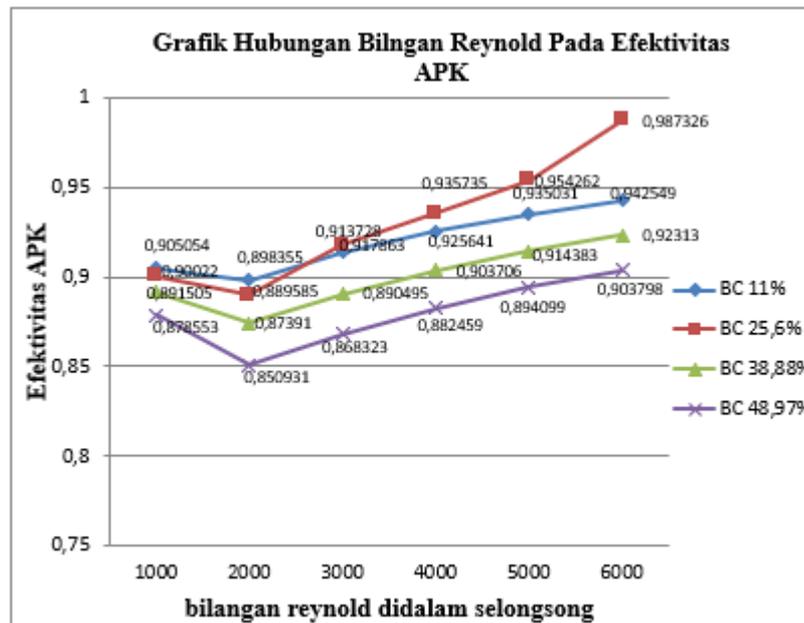


Gambar 5. Grafik hubungan antara bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan panas konveksi didalam selongsong

Koefisien perpindahan kalor konveksi berbanding lurus dengan bilangan Nusselt. Hal ini terlihat dari gambar 5 dengan meningkatnya bilangan Nusselt maka koefisien perpindahan kalor konveksi juga akan meningkat. Koefisien perpindahan kalor konveksi maksimum sebesar  $170,16 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  terjadi pada *baffle cut* 25%.

### Efektifitas APK Selongsong dan Tabung

Perbandingan antara jumlah kalor yang diserap terhadap jumlah kalor maksimum merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan APK selongsong dan tabung, peningkatan efektifitas APK selongsong dan tabung meningkat dengan peningkatan bilangan Reynold. Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya turbulensi maka akan meningkatkan koefisien perpindahan panas dan akhirnya akan meningkatkan penyerapan kalor yang terjadi.



Gambar 6. Grafik hubungan antara bilangan Reynold dan efektifitas APK selongsong dan tabung susunan segi empat

Pada Gambar 6. terlihat dengan meningkatnya pemotongan *baffle* akan menurunkan efektifitas APK, dan terlihat pada bilangan Reynold yang sama tetapi pada *baffle cut* yang berbeda akan menghasilkan efektifitas yang berbeda pula. Efektifitas maksimum APK pada penelitian ini sebesar 0,987 terjadi pada *baffle cut* 25%.

### Kesimpulan

1. Koefisien perpindahan kalor konveksi berbanding lurus dengan bilangan Nusselt. dengan meningkatnya bilangan Nusselt maka koefisien perpindahan kalor konveksi juga akan meningkat. Koefisien perpindahan kalor konveksi maksimum sebesar  $170,167 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  terjadi pada *baffle cut* 25%.
2. Bahwa harga yang optimal ada pada *baffle cut* 25,6% dengan kecepatan udara 2,6 m/s belum terjadi turbulensi.
3. Kalau pada *baffle cut* 11% terjadi pressure drop, sehingga terjadi turbulensi dan itu tidak diharapkan.
4. Kalau pada *baffle cut* 38,88% *baffle cut* 48,97% pressure drop terlalu rendah sehingga tidak optimal.

**Daftar Pustaka**

- [1] Ariyanto.Henry. 2000.,Pengaruh laju aliran massa dan jarak antara *baffle* terhadap Efektivitas Heat Exchanger model *Shell and Tube*.
- [2] Lubis F. (2015).Pengaruh *baffle cut* terhadap unjuk kerja termal dan penurunan tekanan *shell and tube* susunan tabung segi empat. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [3] Holman J.P. Perpindahan kalor, edisi keenam, Penerbit Erlangga, (1997), hal. 226-227.
- [4] Ibrahim Husin, *pengaruh jarak baffle terhadap unjuk kerja termal dan penurunan tekanan pada alat penukar kalor shell and tube susunan segitiga* Tesis Magister Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara (2007).
- [5] J.P Hughes, T.E.R Jones, and P.W James, *Numerical simulation and experimental Measurements of the flow in a multi-tube heat exchanger*, Proceeding of institution of Mechanical Engineering Nov. 2005 ; 219 ;
- [6] Mica Vukic, Gradimir Ilic, Nenad Radojkovic, Velimir Stefanovic, *A new approach to the prediction and design of shell and tube heat exchanger*, Series: Mechanical Engineering Vol. 1, No. 7, 2000, pp 77-787.
- [7] Rajiv Mukherjee, *Effectivity Design Shell an Tube Heat Exchanger*, Chemical Engineering Process, (1998), pp. 21-37
- [8] R, Kukral, L. Stephen, *The effect of internal leakage on steady stade and transient behavior of shell and tube heat exchanger*, International Heat Transfer Conference, Brighton, UK, August 1994, pp. 393-3
- [9] Tinker, T, Shell side characteristic of shell and tube heat exchanger, parts I, II, III, *General Discussion on Heat Transfer . The Institutel of Mechanical Engineering, London, 1951, pp. 89-116*
- [10] Yunus A. Cengel, *Heat Transfer A Practical Approach, Second Edition*, International Edition, Mc Graw-Hill, Book Company, Inc, Singapore (2003), pp. 690-694