

ANALISA PERHITUNGAN KERJA ALAT PENUKAR KALOR BERDASARKAN DATA DESAIN DAN DATA AKTUAL

Rapi Nugraha¹, Reza Setiawan², Ratna Dewi Anjani³

*1,2,3Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang,
Jl. H. S. Ronggowaluyo Telukjambe-Karawang 41361
E-mail: 1710631150013@student.unsika.ac.id

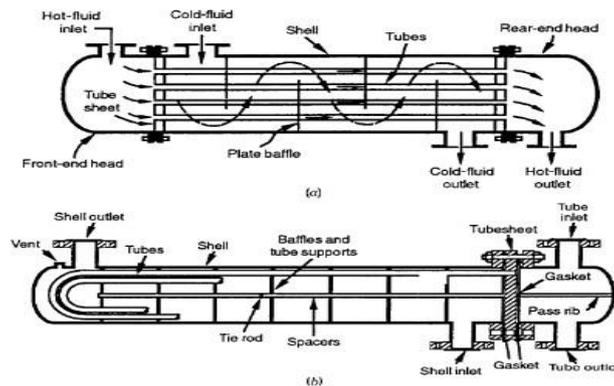
Abstrak

Alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* merupakan alat yang digunakan untuk menukar atau mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan atau memindahkan kalornya dengan fluida lain. Sebagian besar dari industri – industri yang berkaitan dengan pemrosesan selalu menggunakan alat ini, sehingga alat penukar kalor ini mempunyai peran penting dalam suatu proses produksi atau operasi. Seperti halnya yang akan dibahas pada studi kasus yang telah dilakukan di PT Sintas Kurama Perdana sebuah alat penukar kalor *Reboiler* AB 464 Jenis *Shell and Tube* Type 1-1 (*Single Pass*) yang memiliki fungsi sebagai pemanas. Dimana fluida panas (*hot fluid*) adalah uap panas (*steam*) yang diperoleh dari PT. Pupuk Kujang Cikampek dan fluida dingin (*cold fluid*) adalah campuran methanol, metil format, dan air sebagai fluida yang dipanaskan. Untuk menentukan besar kecilnya panas yang dipindahkan pada beda temperature ini tergantung pada harga variabel yang ditentukan, dimana pada suatu alat penukar kalor tersebut ini dapat diperkirakan besarnya melalui hasil perhitungan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efektivitas *Reboiler* pada data aktual sekitar 83,31% sedangkan pada data desain hanya 21,5%. Untuk mendapatkan hasil maksimal, hendaknya melakukan koreksi kembali terhadap data desain atau *specification sheet* karena penulis menemukan hasil perhitungan yang tidak ideal pada efektivitas peforma *Reboiler* AB 464.

Kata Kunci: *Heat Exchanger, Reboiler AB 464, hot fluid, cold fluid*

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* merupakan alat yang digunakan untuk menukar atau mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan atau memindahkan kalornya dengan fluida lain. Arti dari mempertukarkan disini adalah memberikan atau mengambil kalor [1]. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*. Alat ini terdiri dari *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* (*tube bundle*) dibagian dalam, dimana temperatur fluida didalam *tube bundle* berbeda dengan di luar (didalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan kalor antara aliran fluida di dalam *tube* disebut *tube side* dan yang di luar disebut *shell side*. [2]



Gambar 1 *Shell and tube heat exchanger* [2]

Pemilihan tepat suatu alat penukar kalor akan menghemat biaya operasional harian dan perawatan. Bila alat penukar kalor dalam keadaan baru, maka permukaan logam dari pipa – pipa pemanas masih dalam keadaan bersih setelah alat beroperasi beberapa lama maka terbentuklah lapisan kotoran atau kerak pada permukaan pipa tersebut [3]. Harga koefisien perpindahan kalor untuk suatu alat penukar kalor selalu mengalami perubahan selama pemakaian. Batas terakhir alat dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan adalah saat harga koefisien perpindahan panas mencapai harga minimum [4].

Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan kalor antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran kalor terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkan maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). Penukar kalor sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petro kimia, industri gas alam, refrigrasi, pembangkit listrik [5]. Seperti halnya yang akan dibahas pada hasil studi kasus di PT Sintas Kurama Perdana sebuah alat penukar kalor *Reboiler AB 464* yang fungsinya sebagai pemanas dimana fluida panas (*hot fluid*) adalah uap panas (*steam*), *steam* ini digunakan untuk memanaskan fluida dingin (*cold fluid*) sampai titik didih atau menguap, dimana fluida dingin adalah *methanol*, *methyl format* dan air.

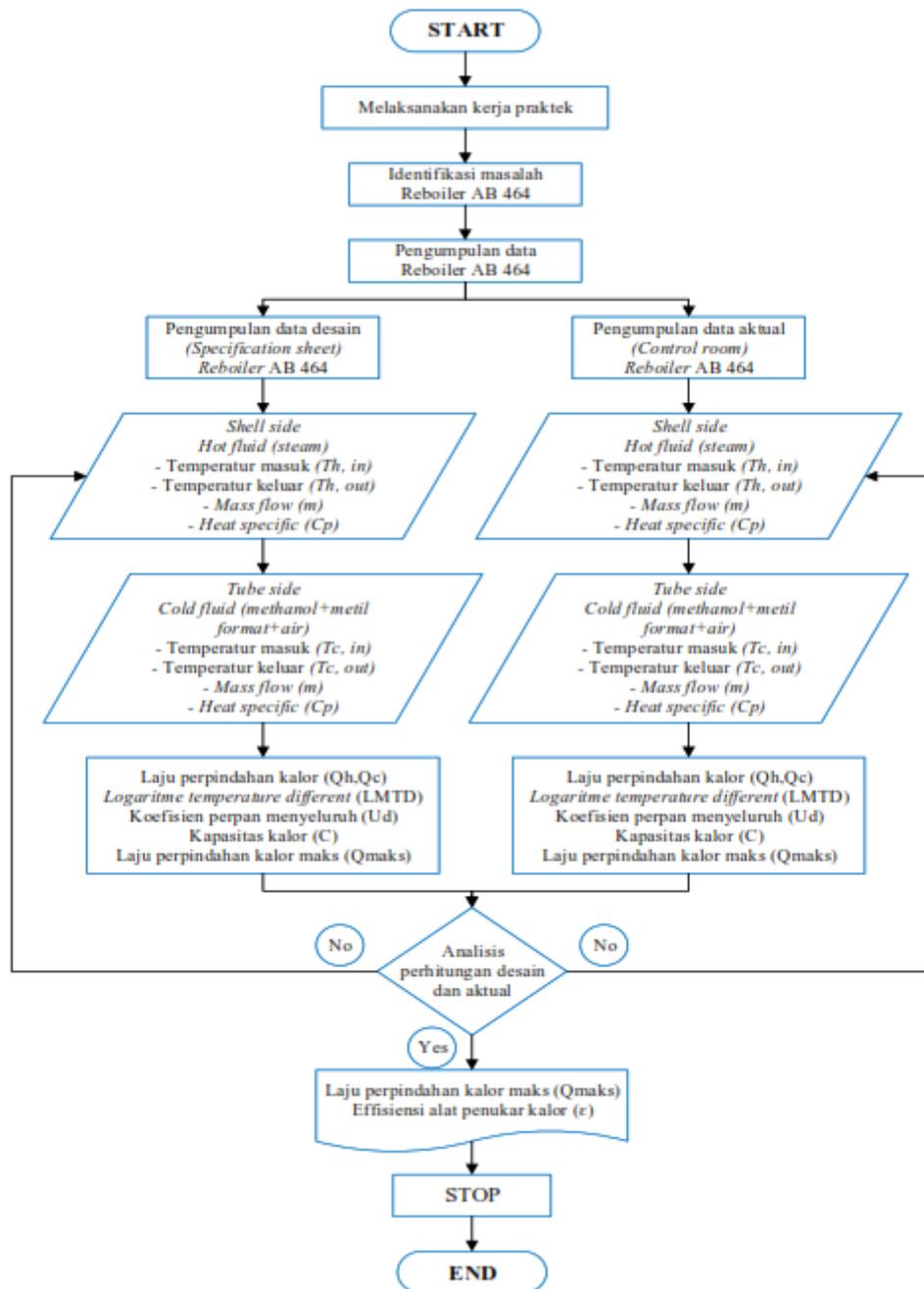


Gambar 2 Contoh *Reboiler* AB 464 yang sedang diperbaiki

Artikel ini membahas bagaimana perhitungan kerja aktual dari sebuah *Reboiler* AB 464 yang fungsinya sebagai pemanas dengan membandingkan data desain dan data aktual dilapangan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yakni perbandingan dengan melakukan wawancara dan juga dokumentasi. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data aktual dengan melakukan control room atau pengambilan data dilapangan. Sedangkan dokumentasi dilakukan untuk mendapatkan data desain berdasarkan *spesification sheet Reboiler* AB 464. Berikut merupakan diagram alir penelitian studi kasus PT Sintas Kurama Perdana :



Gambar 1 Diagram alir pengerjaan studi kasus

Setelah kedua data didapatkan, dilakukan perhitungan-perhitungan variabel untuk mengetahui nilai efektivitas Reboiler yang didapatkan berdasarkan data desain dan data aktual dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

1. Perhitungan laju perpindahan kalor:

$$Q_h = m_h \cdot C_{p_h} \cdot \Delta T \quad (1)$$

Dimana :

Q_h = Laju perpindahan kalor (W)

m_h = Laju aliran massa fluida panas (Kg/s)

C_{p_h} = Heat capacity (Kj/Kg.K)

ΔT = Beda temperatur (K)

2. Perhitungan *Logaritm Temperature Different (LMTD)*:

$$LMTD = \frac{\Delta T_{maks} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{maks}}{\Delta T_{min}}} \quad (2)$$

Dimana :

$LMTD$ = *Logaritm Temperature Different* (K)

ΔT_{maks} = Selisih temperatur maksimum (K)

ΔT_{min} = Selisih temperatur minium (K)

3. Perhitungan koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U):

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (3)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan kalor (W)

A = Luas (m²)

ΔT = Beda temperatur (K)

4. Perhitungan kapasitas kalor fluida dingin:

$$C_c = m_c \cdot C_{p_c} \quad (4)$$

5. Perhitungan kapasitas kalor fluida panas

$$C_h = m_h \cdot Cp_h \quad (5)$$

6. Perhitungan perpindahan kalor maksimum (Q_{maks}):

$$Q_{maks} = C_h (Th_i - Tc_i) \quad (6)$$

Dimana :

Q_{maks} = Laju perpindahan kalor maksimum (W)

C_h = Heat capacity (Kj/Kg.K)

Th_i = Hot in temperature (K)

Tc_i = Cold in temperature (K)

7. Perhitungan Efektivitas

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{maks}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Dimana :

ε = Efektivitas

Q = Laju perpindahan kalor (W)

Q_{maks} = Laju perpindahan kalor maksimum (W)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mengasumsikan bahwa kalor yang dilepaskan *hot fluid* berupa steam seluruhnya diserap atau diterima oleh *cold fluid* berupa campuran methanol, metil format dan air, *steady state*, *steady flow*, *incompressible flow*. Maka dilakukan perhitungan-perhitungan variabel seperti laju perpindahan kalor, *Logaritm Mean Temperature Different* (LMTD), koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U), laju kapasitas kalor, laju perpindahan kalor maksimum serta efektivitas berdasarkan data aktual dan data desain yang peroleh. Berikut merupakan hasil perhitungan berdasarkan data desain dan data aktual yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan data desain dengan data aktual

Variabel	Desain	Aktual
Jumlah Tube	112	112
Laju Perpindahan Kalor (Qh)	30.222 W	16.912 W
Logaritm Temperature Different (LMTD)	71,05 K	36,43 W
Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh (U)	$16,82 \frac{W}{m^2.K}$	$18,36 \frac{W}{m^2.K}$
Laju Perpindahan Kalor Maksimum (Qmaks)	140.000 W	20.300,8 W
Efektivitas (ϵ) Reboiler AB 464	21,5%	83,31 %

Laju perpindahan kalor (Qh) *Reboiler* AB 464 secara desain yaitu sebesar 30.222 W , sedangkan secara aktual yaitu sebesar 16.912 W. Hal ini disebabkan faktor laju aliran massa data aktual turun cukup besar dari 0,83 kg/s menjadi 0,125 kg/s sehingga sangat mempengaruhi laju perpindahan kalor.

Logaritm Temperature Different (LMTD) *Reboiler* AB 464 secara desain yaitu sebesar 71,05 K, sedangkan secara aktual yaitu sebesar 36,43 K. Hal ini disebabkan faktor perbedaan temperatur desain dan aktual berbeda jauh sehingga mempengaruhi besar nilai LMTD. Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) *Reboiler* AB 464 secara desain yaitu sebesar $16,82 \frac{W}{m^2.K}$, sedangkan secara aktual yaitu sebesar $18,36 \frac{W}{m^2.K}$. Hal ini disebabkan faktor perbedaan LMTD yang cukup besar, sehingga nilai U sangat mempengaruhi laju perpindahan kalor. Laju perpindahan kalor maks (Qmaks) secara desain yaitu sebesar 140.560 W, sedangkan secara aktual yaitu sebesar 20.300,8 W. Hal ini disebabkan faktor laju aliran massa, LMTD, dan koefisien perpindahan panas menyeluruh. Sehingga hal tersebut mempengaruhi laju perpindahan kalor maksimal. Efektivitas (ϵ) *Reboiler* AB 464 secara desain yaitu sebesar 21,5 %, sedangkan secara aktual yaitu sebesar 83,31 %. Secara aktual efektivitas performa *Reboiler* AB 464 masih sangat baik karena diatas 80 %, sedangkan secara desain sangat kecil, kemungkinan ada kesalahan data yang diambil dalam *specification sheet* atau kesalahan pada *specification sheet* sehingga nilainya dibawah standar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan-perhitungan dari dua sumber data yang didapatkan, yakni data desain dan data aktual dapat diperoleh kesimpulan utama bahwa masing-masing variabel hasil perhitungan baik berdasarkan data desain maupun data aktual sangat

Analisa Perhitungan Kerja.....Rafi Nugraha, dkk.

berpengaruh terhadap efektivitas *Reboiler* AB 464. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, hendaknya dilakukan koreksi kembali terhadap data desain atau *specification sheet* karena penulis menemukan hasil perhitungan yang tidak ideal pada efektivitas performa *Reboiler* AB 464. Juga melakukan pengecekan terhadap tube-tube karena jika terjadi kebocoran akan mempengaruhi laju perpindahan kalor dan efektivitas performa *Reboiler* AB 464. Dan alangkah lebih baiknya melengkapi sensor untuk dipasang pada setiap komponen *Reboiler* AB 464 karena untuk mendapatkan data yang akurat dan memudahkan dalam pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holman, J. (1984). *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Frank, K. (1994). *Prinsip-prinsip Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Soekardi, C. (2015). Analisis Pengaruh Efektivitas Perpindahan Panas dan Tahanan Termal Terhadap Rancangan Termal Alat Penukar Kalor Shell & Tube. *Jurnal Sinergi*, 19-24.
- [4] Mikheyey, M. (1968). *Fundamental of Heat Transfer*. Russian: Peace Publisher.
- [5] Shah, K. &. (2003). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. Amerika: Jhon Wiley.
- [6] Sudrajat, J. (2017). Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau. *Jurnal teknik mesin*, Vol 06, No.3.