

Planning A Condenser Type Concentric Tube Exchanger As An Instrument For Testing And The Learning

Sobar Ihsan^{1*}

¹Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Jln. Adhyaksa (Kayutangi) No.2 Banjarmasin, 70123

*Corresponding author:sobar.uniska@gmail.com

Abstract Condensers used in small industries are generally simple, which is only constructed from two concentric pipes only, so in this study a condenser design is made that can increase capacity. So that it can be known how much condensate capacity is; pump power; Overall displacement coefficient value on Reynold variation of 8000, 12000, 25000, 48000 and 64000 and performance of condenser. In this study used a concentric tube type condenser model, for shell material used carbon steel with an inner diameter of 22.9 mm, an outer diameter of 25.4 mm, and a length of 400 mm. Copper is used for tube material with an inner diameter of 13.4 mm, an outer diameter of 15.9 mm, and a length of 2000 mm. The result of analysis calculation in can displacement heat engine received by the flow of a fluid gas amounting to 762.216 kW while displacement heat engine that is removable air of 30,07 Kg/s. the surface area of displacement heat total, A_{total} of 0,099 m² and different average temperature logarithmic, $LMTD$ who in a can of 89.93 k. The size of the power enter into a pump in a can of $P_{in} = 253,8$ watt while $P_{out} = 6962,5$ watt.

Abstrak Kondensor yang dipakai pada industri kecil umumnya sederhana, yang mana hanya terkontruksi dari dua buah pipa yang konsentrik saja., maka dalam penelitian ini dibuat suatu design kondensor yang dapat meningkatkan kapasitas. Sehingga dapat diketahui berapa besarnya kapasitas kondensat; daya pompa; nilai koefisien perpindahan menyeluruh pada variasi *Reynold* yaitu 8000, 12000, 25000, 48000 dan 64000 serta kinerja dari *kondensor*. Dalam penelitian ini digunakan model kondensor tipe *concentric tube*, untuk bahan *shell* digunakan baja karbon dengan diameter dalam 22,9 mm, diameter luar 25,4 mm, dan panjang 400 mm. Untuk bahan *tube* dipakai tembaga dengan diameter dalam 13,4 mm, diameter luar 15,9 mm, dan panjang 2000 mm. Hasil dari Analisa perhitungan di dapat perpindahan kalor yang diterima oleh aliran fluida gas sebesar 762.216 kW sedangkan perpindahan kalor yang dilepas udara sebesar 30,07 Kg/s. Luas permukaan perpindahan panas total, A_{total} sebesar 0,099 m² dan beda temperatur rata-rata logaritmik, $LMTD$ yang di dapat sebesar 89.93 K. Besarnya daya masuk ke dalam pompa di dapat sebesar $P_{in} = 253,8$ Watt sedangkan $P_{out} = 6962,5$ Watt

Keywords: kondensor, *Concentric Tube*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kondensor merupakan komponen pendingin yang sangat penting yang berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi pada mesin pendingin,. Pada kondensor ini, terjadi pelepasan kalor secara kondensasi dan kalor sensibel. Pada umumnya menggunakan kondensor tipe permukaan (*surface condenser*), tipe kondensor ini merupakan jenis *shell-tube* yang mana air pendingin disirkulasikan melalui *tube*. Kondensor biasanya menggunakan sirkulasi air pendingin dari menara pendingin (*cooling tower*) untuk melepaskan kalor ke atmosfer, atau *once-through water* dari sungai, danau atau laut.

Kebanyakan aliran fluida kerja yang mengalir secara terus menerus di dalam alat penukar kalor (APK), setelah melampaui waktu operasi tertentu akan mengotori permukaan

perpindahan panasnya. Deposit yang terbentuk di permukaan kebanyakan akan mempunyai konduktivitas termal yang cukup rendah sehingga akan mengakibatkan menurunnya besaran koefisien global perpindahan panas di dalam alat penukar kalor, akibatnya laju pertukaran energi panas di dalam APK menjadi lebih rendah.

Dasar perhitungan desain termal kondensor adalah terpenuhinya kinerja secara termal pada kondisi normal. Berbagai asumsi dapat diambil untuk penyelesaian dengan menentukan kondensor sebagai volume control tunggal (*single control volume*) dan rerata koefisien transfer kalor dua sisi-masuk dan keluar. Koefisien transfer kalor didasarkan pada konstituen koefisien sisi-*shell* (kondensasi) dan sisi-*tube* (pendingin).

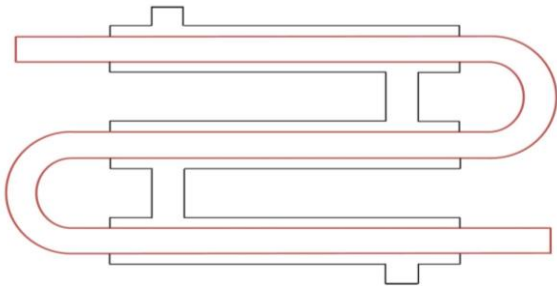
Proses perubahan uap menjadi cair atau kondensasi berlangsung di dalam bak, dimana fluida uap mengalir di dalam pipa dan fluida dingin berada di luar pipa atau berada di dalam bak, aliran fluida dingin yang mengalir ke dalam bak dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang mengalir secara alami dari mata air. Sirkulasi fluida dingin yang digunakan untuk pendinginan langsung dibuang ke sungai, sehingga fluida dingin membutuhkan jumlah yang banyak. Jadi apabila proses penyulingan dilakukan di daerah yang kekurangan air, maka proses penyulingan tidak dapat dilakukan.

Untuk memperoleh performan yang sebaik-baiknya maka alat penukar kalor harus dirancang dengan cara yang seksama dan seoptimal mungkin. Oleh karena itu penguasaan metode perancangan sebuah alat penukar kalor menjadi sangat penting karena akan memberikan kontribusi yang sangat besar kepada upaya peningkatan performance instalasi industri, yang berarti juga kepada upaya penghematan energi terutama di sektor industri.

Alat yang diteliti

Unit Model *Heat Exchanger Concentric Tube* Dengan Posisi Horizontal

Gambar. Model *Heat Exchanger Concentric Tube*



- Pipa tembaga dengan panjang 2000 mm, diameter luar 15,9 mm dan diameter dalam 13,4 mm, yang digunakan sebagai *tube*
- Pipa stainless dengan panjang 400 mm, diameter luar 25,4 mm dan diameter dalam 22,9 mm, yang digunakan sebagai *shell*

Metode Penelitian

- Metode Studi Pustaka

Yakni dengan cara mencari referensi buku-buku penunjang yang berkaitan dengan perancangan alat tersebut, untuk melengkapi dasar teori dan data-data yang diperlukan.

- Metode Survei Lapangan

Dengan cara mencari, mengamati dan memahami prinsip kerja alat-alat yang berhubungan dan diperlukan dalam perancangan alat tersebut serta mencatat spesifikasi alat-alat yang diamati untuk bahan perbandingan.

- Metode Perancangan dan Perakitan

Melakukan pembuatan sketsa gambar, perencanaan komponen, pembuatan komponen yang dibutuhkan, dilanjutkan perakitan serta *finishing*.

Hasil Dan Pembahasan

Dari data-data yang diperoleh baik dari hasil eksperimen yang sudah dilakukan, data-data dimensi dari penukar kalor dan data-data dari sifat-sifat fluida kerja, maka akan dilakukan analisa perhitungan perpindahan panas yang terjadi antara fluida panas (uap) dan fluida dingin (air) berdasarkan kesetimbangan panas.

Perhitungan perpindahan kalor yang diterima oleh aliran fluida gas

Besarnya laju aliran fluida gas yang ada di *kondensor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q_h = m_h \cdot C_{ph} (T_{hi} - T_{ho})$$

Dan dari persamaan kesetimbangan energi, maka kalor yang diterima air dianggap sama dengan kalor yang dilepas udara. Sehingga $Q_c = Q_h$ merupakan nilai perpindahan kalor aktual yang dilepaskan pada alat penukar kalor.

Dimana :

$$m_h = 20.8 \text{ kg/s}$$

$$C_{ph} = 1047 \text{ J/kg K}$$

$$T_{hi} = 150 \text{ }^\circ\text{C} = 423 \text{ K}$$

$$T_{ho} = 115 \text{ }^\circ\text{C} = 388 \text{ K}$$

Maka diperoleh,

$$Q_h = 20.8 \text{ kg/s} \times 1047 \text{ J/kgK} \times (423 - 388) \text{ K}$$

$$Q_h = 762216 \text{ W} = 762.216 \text{ kW}$$

Perhitungan perpindahan kalor yang dilepas udara

Sistem pendinginan yang dilakukan dimana menggunakan fluida pendinginnya yaitu udara dan gas. Laju aliran massa fluida pendingin pada *kondensor* yaitu 20.8 kg/s. Selanjutnya untuk menentukan besarnya laju perpindahan kalor yang dilepas udara pada alat penukar kalor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_c = m_c \cdot C_p \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

Maka :

$$m_c = \frac{Q_c}{C_p \cdot (T_{co} - T_{ci})}$$

Dimana,

$$Q_h = Q_c = 762216 \text{ W} = 762.216 \text{ kW}$$

$$T_{ci} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{co} = 55 \text{ }^\circ\text{C} = 328 \text{ K}$$

$$C_p = 1014 \text{ J/kg K}$$

maka diperoleh,

$$m_c = \frac{762216}{1014 \text{ kJ/kg.K} \cdot (328 \text{ K} - 303 \text{ K})}$$

$$m_c = \frac{762216}{25350} = 30.07 \text{ kg/s}$$

Q_c merupakan laju aliran perpindahan kalor yang dilepas udara dan merupakan energi yang dikeluarkan oleh alat penukar kalor (Q_{out}).

Perhitungan Beda Temperatur Rata-rata Logaritmik, $LMTD$

Besarnya harga beda temperatur ΔT_1 yang dievaluasi dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

Dimana,

$$T_{hi} = 150 \text{ }^\circ\text{C} = 423 \text{ K}$$

$$T_{co} = 55 \text{ }^\circ\text{C} = 328 \text{ K}$$

Maka diperoleh,

$$\Delta T_1 = 423 \text{ K} - 328 \text{ K}$$

$$\Delta T_1 = 95 \text{ K}$$

Besarnya harga beda temperatur ΔT_2 yang dievaluasi dengan persamaan dibawah ini:

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

Dimana,

$$T_{ho} = 115 \text{ }^\circ\text{C} = 388 \text{ K}$$

$$T_{ci} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Maka diperoleh,

$$\Delta T_2 = 388 \text{ K} - 303 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 = 85 \text{ K}$$

Besarnya nilai beda temperatur rata-rata logaritmik, ΔT_m dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left[\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right]}$$

Dimana,

$$\Delta T_1 = 95 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 = 85 \text{ K}$$

Maka diperoleh,

$$\Delta T_m = \frac{95-85}{\ln \left[\frac{95}{85} \right]}$$

$$\Delta T_m = 89.93 \text{ K}$$

Besarnya beda temperatur rata-rata logaritmik sebuah APK *concentric tube* besarnya dapat didekati menggunakan persamaan beda temperature logaritmik bagi APK *counter flow* atau aliran yang berlawanan, namun harus dikoreksi dengan sebuah factor koreksi yang harganya tergantung kepada karakteristik temperature kedua aliran fluida kerjanya.

Faktor untuk koreksi konfigurasi *concentric tube*

Faktor koreksinya dapat ditentukan dengan menggunakan data yang sesuai dengan harga-harga parameter P dan R sebagai berikut:

$$P = \frac{328 - 303}{388 - 303} = 0.29$$

$$R = \frac{423 - 388}{328 - 303} = 1.4$$

Dari data grafik faktor koreksi untuk shell & tube, diperoleh:

$$F_c = \frac{\sqrt{(1.4^2 + 1)} \cdot \{0.29 + 1\}}{(1.4 + 1) \ln \frac{0.29}{1.4}}$$

$$= 0.89$$

Bagi APK *concentric tube* para perancang pada umumnya menggunakan factor koreksi 0.9, karena apabila harga faktor koreksi tersebut lebih besar atau lebih kecil sedikit dari harga tersebut maka dampaknya terhadap perhitungan desain tidak terlalu besar, hal ini dipengaruhi oleh nilai faktor koreksi-nya. Alat penukar jenis *concentric tube* pada umumnya memiliki nilai faktor koreksi sebesar 0.9. Besarnya beda temperatur rata-rata sebenarnya, $LMTD$ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$LMTD = F_c \cdot \Delta T_m$$

dimana :

$$F_c = 0.9$$

$$\Delta T_m = 89.93 \text{ K}$$

Maka diperoleh:

$$LMTD = 0.9 \cdot (89.93 \text{ K}) = 80.937 \text{ K}$$

Perhitungan luas permukaan perpindahan panas total, A_{total}

Besarnya Q_o dapat dianggap sama dengan $Q_c = Q_h = Q_o = 762216 \text{ W}$

$$A_o = \pi d_o L N_t$$

$$= 3.14 \times 0.0159 \times 2 \times 1$$

$$= 0,099 \text{ m}^2$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data, dapat diambil kesimpulan mengenai alat penukar kalor model *kondensor tipe concentric tube* sebagai berikut :

1. Perpindahan kalor yang diterima oleh aliran fluida gas sebesar 762.216 kW sedangkan perpindahan kalor yang dilepas udara sebesar 30,07 Kg/s.
2. Luas permukaan perpindahan panas total, A_{total} sebesar 0,099 m² dan beda temperatur rata-rata logaritmik, $LMTD$ yang di dapat sebesar 89.93 K.
3. Besarnya daya masuk ke dalam pompa di dapat sebesar $P_{in} = 253,8 \text{ Watt}$ sedangkan $P_{out} = 6962,5 \text{ Watt}$

Referensi

- [1] Jurnal Kajian Teknik Mesin. Audri Deacy Cappenberg, *Analisa Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Pipa Ganda*. Vol 1, No 2, November 2015.
- [2] Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri. Sobar Ihsan. *Perencanaan dan Analisa Perhitungan Jumlah Tube dan Diameter Shell pada Kondensor Berpendingin Air pada Sistem Refrigerasi NH3*. Vol. 2, No.1, Juli 2017
- [3] Jurnal Ilmu dan Aplikasi Teknik, Marno, Awal Nurahmadi, *Kajian Alat Penukar Kalor Shell And Tube Menggunakan Program Heat Transfer Research Inc (HTRI)*. Volume 2 No.1, Januari 2017
- [4] Jurnal Kajian Teknik Mesin. Audri Deacy Cappenberg. *Analisa Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Pipa Ganda*. Vol. 1 No. 2.
- [5] Artikel Teknik Mesin. Sugiyanto. *Analisis Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dan Aplikasi Perhitungan Dengan Microsoft Visual Basic 6.0*. Universitas Gunadarma. Depok.
- [6] Artikel Teknik Fisika. M. Fahmi Rizal, Gunawan N, Ir. Sarwono. *Rancang Bangun Perangkat Lunak untuk Desain Alat Penukar Panas Tipe Shell dan Tube*. ITS. Surabaya.
- [7] Sitompul, Tunggal M. 1993. *Alat Penukar Kalor*. Raja Grafindo Persada.
- [8] Frank M. White. 1996. *Mekanika Fluida Edisi kedua jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- [9] *Proceeding SNTTM XIV*. Putu Wijaya Sunu, Daud Simon Anakotapary dan Wayan G. Santika. *Efektifitas Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger Dengan Groove*. Oktober 2015
- [10] Dini Yuni Arifianto. 2009. *Rancang Bangun Dan Pengujian Model Kondensor Tipe Concentric Tube Counter Current Ganda Dengan Penambahan sirip*. UMS Surakarta.