

ANALISIS BENTUK ALIRAN PADA KONDENSOR TIPE *SHELL* DAN *TUBE* MENGGUNAKAN SIMULASI CFD (*computational fluid dynamics*)

Sobar Ihsan

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

UNIVERSITAS ISLAM KALIMANTAN MUHAMMAD ARSYAD ALBANJARI

Jl. Adhyaksa No. 2 Kayu Tangi Banjarmasin 70123

Email: *sobar.uniska@gmail.com*

Abstrak – Jenis penukar kalor sangatlah beragam dan masing masing dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang spesifik. Namun demikian jenis shell & tube sejauh ini merupakan jenis yang paling banyak dipergunakan berkat konstruksinya relatif sederhana dan memiliki keandalan karena dapat dioperasikan dengan beberapa jenis fluida kerja. Efek pendinginan yang dihasilkan dalam sistem refrigerasi tergantung dari efektivitas kinerja kondensor. Sementara, kinerja kondensor semakin lama akan menurun seiring dengan terjadinya fouling factor.

Hasil analisa yang telah dilakukan didapat saat pendinginan pada temperatur air masuk T_{ci} 26 °C, dan temperatur air keluar T_{co} 55 °C serta saat temperatur fluida amoniak masuk T_{hi} 77 °C, dan temperatur amoniak keluar T_{ho} 35 °C. Dengan efisiensi sistem pemindah panas sebesar 50.16 %.

Didapatkan pressure drop yang terjadi antara perhitungan 5.72 kpa dengan actual dalam simulasi 2.25 kpa, tidak terlalu signifikan atau tidak jauh beda, hal ini menandakan kesesuaian antara simulasi dengan perhitungan, sedangkan overdesign terjadi sekitar 17.79%.

Kata kunci: kondensor, shell and tube, CFD

I. 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

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.

Dari penelitian ini diharapkan mampu melakukan perancangan sebuah alat penukar kalor (APK) sesuai dengan standar yang berlaku dan memiliki efektifitas yang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip kerja mesin pendingin

Prinsip kerja mesin pendingin adalah mengalirkan suatu bahan pendingin (refrigerant) pada suatu mesin pendingin, kemudian refrigeran menyerap panas di dalam evaporator dari udara atau media yang perlu didinginkan dan seterusnya uap refrigeran tersebut dikompresikan oleh kompresor menuju kondensor, dimana di dalam kondensor uap refrigeran terkondensasikan menjadi titik cairan refrigeran, dengan bantuan media pendingin yaitu air. Refrigeran yang berbeda di dalam sistem umumnya akan mengalami perubahan fase dari fase gas ke fase cair dan sebaliknya dari fase cair ke fase gas selama siklus. Di dalam kompresor, refrigeran berupa uap dikompresikan sehingga tekanan dan temperaturnya naik, selanjutnya uap refrigeran itu terkondensasi di dalam kondensor menjadi cairan refrigeran yang bertemperatur rendah dan bertekanan rendah. Refrigeran yang bertekanan rendah dan bertemperatur rendah diekspansikan pada katup ekspansi masuk ke evaporator. Cairan dikurangi tekanannya agar menguap, sehingga cairan refrigeran tersebut berubah menjadi uap basah. Selanjutnya perubahan tersebut terjadi

berulang-ulang selama siklus. Di dalam mesin pendingin ini jumlah refrigeran adalah tetap meskipun mengalami perubahan fase (bentuk), sehingga di dalam sistem tidak perlu adanya penambahan refrigeran kecuali pada instalasi mengalami kebocoran.

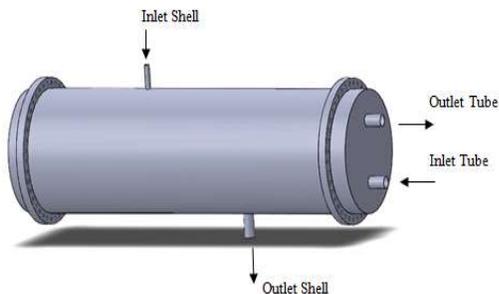
B. Kondensor

Kondensor adalah suatu alat untuk merubah bahan pendingin dari bentuk gas menjadi cair. Bahan pendingin dari *kompresor* dengan suhu dan tekanan tinggi, panasnya keluar melalui permukaan rusuk-rusuk kondensor ke fluida pendingin yaitu air. Sebagai akibat dari kehilangan panas, bahan pendingin gas mula-mula didinginkan menjadi gas jenuh, kemudian mengembun berubah menjadi cair.

Kondensor ada 3 macam menurut cara pendinginannya, yaitu:

1. *Kondensor* dengan media pendingin udara (*air cooled*)
2. *Kondensor* dengan media pendingin air (*water cooled*)
3. Dengan media pendingin campuran udara dan air (*evaporative kondensor*)

Kondensor yang digunakan untuk pengujian adalah kondensor berpendingin air dengan refrigeran NH₃. Kondensor berpendingin air yang digunakan terdiri dari koil pipa pendingin di dalam tabung yang dipasang pada posisi horizontal.



Gambar.
Aliran

perpindahan panas pada shell and tube (sumber data pribadi)

Ciri-ciri kondensor pendingin air adalah sebagai berikut:

1. Memerlukan pipa air pendingin, pompa air, dan penampung air
2. Dapat mencapai kondisi dingin karena tidak terpengaruh terhadap suhu luar.

Bentuknya sederhana (horizontal) dan mudah pemasangannya.

C. CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Dalam CFD penggunaan komputer sangat vital karena harus melakukan jutaan perhitungan untuk mensimulasikan interaksi fluida dan gas yang digunakan pada bidang

engineering. Ketika kita menggunakan CFD dengan dukungan perangkat keras yang canggih sekalipun maka yang didapatkan hanya berupa pendekatan. Inilah salah satu aspek yang terus dibenahi dalam pengembangan metode CFD. Secara ringkas CFD adalah memprediksi secara kuantitatif apa yang akan terjadi ketika terjadi aliran fluida dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal-hal berikut:

1. Aliran perpindahan kalor
2. *Mass transfer*
3. Perubahan fase benda, seperti : peleburan, pembekuan, pendidihan
4. Reaksi kimia, seperti : pembakaran,
5. Pergerakan komponen mekanik, seperti : pergerakan piston, kipas mesin, dll.
6. Tegangan dan perpindahan yang terjadi di dalam struktur benda solid atau yang terjadi di sekitarnya

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam optimasi desain *kondensor tipe shell and tube* ini adalah dengan memperhatikan dan menggunakan dari faktor desain awal *kondensor tipe shell and tube* pada mesin kompresor pendingin, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan kondisi optimum dengan menggunakan program simulasi dengan software CFD.

A. Teknik Pengumpulan Data

Data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data desain awal dari *kondensor tipe shell and tube* pada mesin pendingin seperti: ukuran *tube*, jumlah *tube*, bentuk susunan *tube* dan beberapa faktor yang lainnya.

Metode penelitian yang dipilih adalah metode eksperimen pada desain alat penukar kalor dengan menggunakan persamaan-persamaan teoritis.

B. Teknik Pengolahan Data

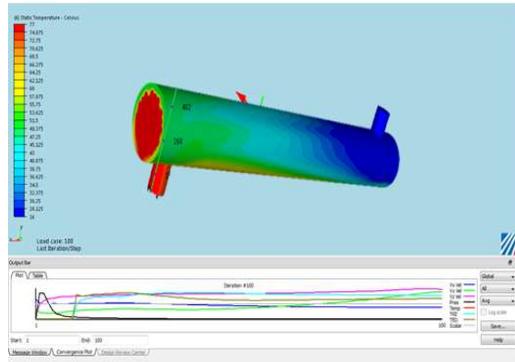
Untuk mengetahui tentang hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu diadakan pembuktian terhadap data-data yang diperoleh, data tersebut harus dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

Data kuantitatif yang diperoleh dari perhitungan dengan metode eksperimen *full factorial* dituangkan dalam bentuk tabel dan grafik. Sehingga dapat dianalisis lebih lanjut tentang optimasi desain *kondensor* tersebut.

C. Simulasi karakteristik aliran pada program CFD

Bentuk aliran hasil analisa menggunakan program CFD didapat bentuk aliran yang terlihat seperti gambar dibawah ini. Bentuk gambar yang ditampilkan diantaranya jenis distribusi temperatur, kecepatan aliran dan tekanan.

Distribusi temperatur



Gambar. distribusi temperatur

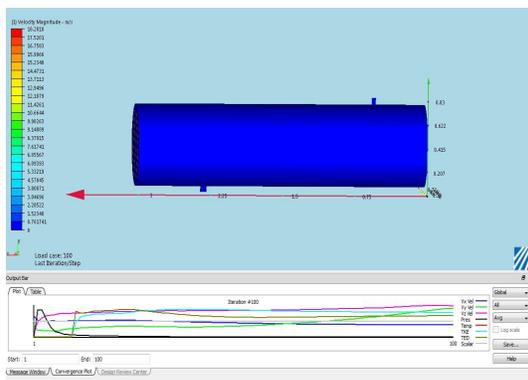
Dari hasil analisa yang telah dilakukan secara manual dengan mengambil data secara langsung pada PT. Wirontono Baru dapat diketahui :

1. Distribusi temperatur pada sisi *tube*.
Spesifikasi suhu yang didapat saat pendinginan berkisar antara pada temperatur air masuk T_{ci} 26 oC, dan temperatur air keluar T_{co} 55 oC.
2. Distribusi temperatur pada sisi *shell*.

Sedang suhu panas yang didapat saat pendinginan berkisar antara temperatur fluida amoniak masuk T_{hi} 77 oC, dan temperatur amoniak keluar T_{ho} 35 oC. Dengan efisiensi sistem pemindah panas sebesar 50.16 %

Berkaitan dengan aliran yang terjadi pada saat memindahkan panas atau mendinginkan fluida aliran yang terjadi pada desain yang baik tidak mengalami perbedaan yang signifikan dan juga tidak terlalu lambat, yang dapat menyebabkan pengotoran (*fouling*) dalam jangka waktu tertentu. Setelah terjadi *fouling* maka proses pendinginan menjadi tidak efektif.

Distribusi kecepatan

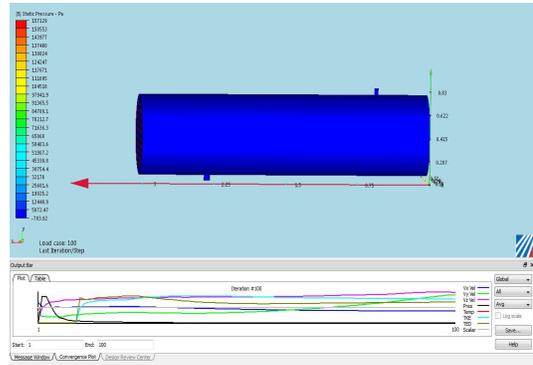


Gambar. distribusi kecepatan

- I. Distribusi kecepatan pada sisi *tube*.
Kecepatan alir yang terjadi pada bagian *tube* yaitu 14.43 m/s.
- II. Distribusi kecepatan pada sisi *shell*.

Sedang pada sisi *shell* adalah 2.13 m/s.

Distribusi tekanan



Gambar. distribusi tekanan

1. Distribusi tekanan pada sisi *tube*.
Tekanan atau pressure drop yang terjadi pada bagian *tube* yaitu 3.02 kPa,
2. Distribusi tekanan pada sisi *shell*.
Sedang tekanan pada sisi *shell* yaitu 5.72 kPa,

IV. PEMBAHASAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan secara manual dengan mengambil data secara langsung pada PT. Wirontono Baru dapat diketahui spesifikasi suhu yang didapat saat pendinginan pada temperatur air masuk T_{ci} 26 °C, dan temperatur air keluar T_{co} 55 °C serta saat temperatur fluida amoniak masuk T_{hi} 77 °C, dan temperatur amoniak keluar T_{ho} 35 °C. Dengan efisiensi sistem pemindah panas sebesar 50.16 %

Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan metode eksperimen *full factorial* maka didapatkan pressure drop yang terjadi antara perhitungan 5.72 kpa dengan aktual dalam simulasi 2.25 kpa, tidak terlalu signifikan atau tidak jauh beda, hal ini menandakan kesesuaian antara simulasi dengan perhitungan, sedangkan overdesign terjadi sekitar 17.79%. pressure drop diperlukan sebagai indikasi penurunan tekanan selama terjadi pendinginan atau pemindahan panas. Berkaitan dengan aliran yang terjadi pada saat memindahkan panas atau mendinginkan fluida aliran yang terjadi pada desain yang baik tidak mengalami perbedaan yang signifikan dan juga tidak terlalu lambat, yang dapat menyebabkan pengotoran (*fouling*) dalam jangka waktu tertentu. Setelah terjadi *fouling* maka proses pendinginan menjadi tidak efektif.

Jika pada desain utama yang yang sekarang sedang diaplikasikan pada PT. Wirontono Baru banyak *tube* adalah 124 buah, dengan diameter *shell* 720 mm, dan panjang *tube* 3 m.

Jadi melalui analisa sistem ini, dapat disarankan untuk digunakan pada PT. Wirontono Baru untuk dimanfaatkan menjadi alat perpindahan panas atau kemungkinan untuk merubah *heat exchanger* yang dimilikinya menjadi desain baru yang lebih ekonomis. Selain itu juga disarankan pada pihak lain untuk dapat melakukan penelitian secara lebih mendalam dalam upaya mendapatkan hasil pemindah panas yang optimal.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapat saat pendinginan pada temperatur air masuk T_{ci} 26 °C, dan temperatur air keluar T_{co} 55 °C serta saat temperatur fluida amoniak masuk T_{hi} 77 °C, dan temperatur amoniak keluar T_{ho} 35 °C. Dengan efisiensi sistem pemindah panas sebesar 50.16 %.

Didapatkan pressure drop yang terjadi antara perhitungan 5.72 kpa dengan aktual dalam simulasi 2.25 kpa, tidak terlalu signifikan atau tidak jauh beda, hal ini menandakan kesesuaian antara simulasi dengan perhitungan, sedangkan overdesign terjadi sekitar 17.79%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jurnal Al ulum Sains dan Teknologi. Jainal Arifin, Optimasi Shell and Tube Kondensor dan Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada AC untuk Pemanas air. Vol 1, No 1, November 2015
- [2] 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
- [3] Jurnal Kajian Teknik Mesin. Audri Deacy Cappenberg. Analisa Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Pipa Ganda. Vol. 1 No. 2.
- [4] Artikel Teknik Mesin. Sugiyanto. Analisis Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dan Aplikasi Perhitungan Dengan Microsoft Visual Basic 6.0. Universitas Gunadarma. Depok.
- [5] 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.
- [6] Kreith, Frank. 1986. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi Ketiga. Erlangga: Jakarta.
- [7] Sitompul, Tunggal M. 1993. *Alat Penukar Kalor*. Raja