

SIMULASI PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN *HELICAL BAFFLE* DAN *DISK AND DOUGHNUT BAFFLE*

Nurlan Afandi

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: nurlanafandi@gmail.com

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Penggunaan *baffle* pada *heat exchanger* tipe *shell and tube* bertujuan untuk meningkatkan laju perpindahan panas yang terjadi antara fluida kerja dengan cara menimbulkan olakan aliran pada sisi *shell*. *Helical baffle* memiliki *heat transfer rate* dan *pressure drop* yang *moderate*. *Disc doughnut baffle* memiliki transfer panas keseluruhan yang lebih baik dibandingkan dengan *segmental baffle*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas dan *pressure drop* *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan menggunakan jenis *baffle disc doughnut baffle* dan *helical baffle*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan numerik dengan program ANSYS 16.0 untuk penggambaran geometri dan untuk mensimulasikan aliran yang terjadi di dalam *shell and tube heat exchanger*. Pada *fluent* digunakan permodelan 3D *double precision steady flow* dengan memilih model turbulensi *realizable*, *k-epsilon*, *scalable wall functions* serta mengaktifkan persamaan energi. Variasi yang digunakan adalah tipe *shell and tube* dengan *helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*. Hasil analisis simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *helical baffle* dapat meningkatkan efektifitas penukar kalor dikarenakan ketika fluida mengalir dalam lintasan yang berbentuk spiral, gaya sentrifugal menyebabkan terjadinya aliran sekunder yang dapat meningkatkan perpindahan kalor, hal ini yang menyebabkan nilai efektivitas dari *helical baffle* menjadi tinggi yaitu sebesar 34,89%, sedangkan *disk and doughnut baffle* sebesar 20,16%. Untuk penggunaan *disk and doughnut baffle* terdapat aliran sekunder yang terjadi di dekat dinding *baffle* pada *disk and doughnut baffle*. Aliran sekunder tersebut akan membentuk pusaran turbulensi yang mengakibatkan terjadinya *pressure drop* pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* tersebut, hal ini yang menyebabkan *pressure drop* pada *disk and doughnut baffle* menjadi tinggi yaitu sebesar 12960,20 Pa sedangkan *helical baffle* sebesar 7356,70 Pa.

Kata kunci: *Heat exchanger*, *Shell and tube*, *Helical baffle*, *Disk and doughnut Baffle*, Efektivitas

Abstract

The use of baffles in a shell and tube heat exchanger aims to increase the rate of heat transfer that occurs between working fluids by causing a vortex on the shell side. Helical baffles have a moderate heat transfer rate and pressure drop. Disk and doughnut baffles have a better overall heat transfer compared to segmental baffles. The purpose of this research is to know effectiveness and pressure drop of heat exchanger type shell and tube with helical baffle and disk and doughnut baffle. This research use numerical method with ANSYS 16.0 program for drawing geometry and simulating the flow that occurred in shell and tube heat exchanger. In fluent used 3D modeling double precision steady flow by choosing realizable turbulence models, k-epsilon, scalable wall functions and activating energy equations. This research carried out by variation of shell and tube type with helical baffle and disk and doughnut baffle. The result of simulation analysis shows that the use of helical baffle can improve the effectivity of heat exchanger because when the fluid flows in spiral path, centrifugal force causes secondary flow which can increase heat transfer, this causes the effectiveness value of helical baffle become high that is equal to 34, 89%, while disk and doughnut baffle is equal to 20,16%. For the use of disk and doughnut baffles there is a secondary flow occurring near the baffle wall on the disk and doughnut baffle. Secondary flow will form a turbulence vortex that resulted pressure drop on the shell and tube heat exchange, this causes the pressure drop on the disk and doughnut baffle become high that is equal to 12960,20 Pa while helical baffle is equal to 7356,70 Pa.

Keywords: Heat Exchanger, Shell and Tube, Helical Baffle, Disk and Doughnut Baffle, Effectiveness

PENDAHULUAN

Perpindahan panas merupakan suatu proses transformasi atau perpindahan energi panas dari benda yang memiliki temperatur tinggi menuju benda yang temperaturnya rendah, dimana perpindahan energi panas ini mempunyai peranan penting dalam berbagai kehidupan manusia sehari-hari. Sebuah alat yang digunakan sebagai transformasi energi tersebut adalah alat penukar panas atau yang disebut dengan *heat exchanger*. Penerapannya sangat luas, terutama bagi industri-industri pengolahan makanan, minuman, maupun industri proses yang lain.

Dalam aplikasinya banyak sekali dijumpai berbagai jenis atau tipe *heat exchanger*. Salah satunya dari berbagai jenis atau tipe *heat exchanger* yang banyak dijumpai dan digunakan dibandingkan dengan jenis atau tipe *heat exchanger* lainnya adalah tipe *shell and tube*. *Shell and tube* banyak digunakan karena memiliki segi keuntungan, salah satu keuntungan dari *heat exchanger* jenis ini adalah konstruksi yang kuat, pemeliharaan dan perawatan yang mudah serta konstruksinya yang dapat dipisah-pisah bukan merupakan satu kesatuan sehingga memudahkan dalam segi perawatan. Komponen utama dari *shell and tube heat exchanger* adalah *tube*, *baffle*, *shell*, *front head*, *rear head*, dan *nozzle*.

Umumnya, aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* adalah searah (*parallel flow*) atau berlawanan (*counter flow*). Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle*. Berdasarkan penelitian Handoyo (2004), mengenai “Pengaruh penggunaan *baffle* pada *shell and tube heat exchanger*”, Aliran *cross flow* yang didapat dengan menambahkan *baffle* akan membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar, sehingga perpindahan panas diantara 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 fluida.

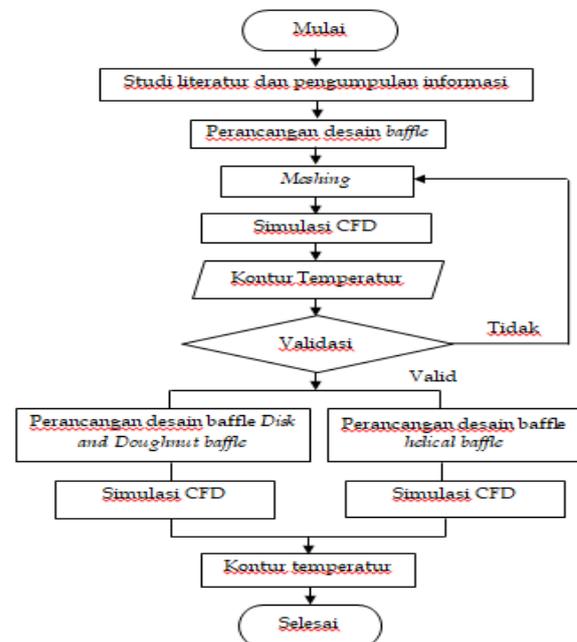
Dalam studi numerik mengenai *Helical baffle* metode CFD telah banyak digunakan sebagai metode investigasi dibuktikan pada hasil penelitian Bhutta pada tahun 2012 yang menyatakan bahwa metode komputasi dinamika fluida (CFD) sangat tepat digunakan untuk menganalisis pengaruh *baffle* pada efisiensi perpindahan panas. Metode ini juga digunakan pada studi numerik yang membandingkan antara *baffle segmental* dan *baffle helical* (Adhitiya, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2017), mengenai “Studi perbandingan efektivitas *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan *helical baffle* dan *double segmental baffle*”, menunjukkan bahwa nilai efektivitas dari *shell and tube heat exchanger* dengan menggunakan jenis *baffle double segmental*

adalah sebesar 29,51%, sedangkan dengan menggunakan *baffle helical* nilai efektivitas dari *shell and tube heat exchanger* adalah sebesar 34,89%. Di tahun yang sama penelitian yang dilakukan oleh Sreedhar (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi eksperimental pada *shell and tube heat exchanger* dengan *segmental* dan *disk and doughnut baffle*”, menunjukkan bahwa *disk and doughnut baffle* memiliki transfer panas keseluruhan yang lebih baik dibandingkan dengan *segmental baffle*. Pada penelitian ini dilakukan studi numerik perbandingan antara *helical baffle* dengan *disk and doughnut baffle* untuk mengetahui distribusi temperatur yang terjadi, sehingga didapatkan performansi yang optimal. Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan *helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*, menganalisis *pressure drop heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan *helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode pendekatan yang dilakukan adalah simulasi numerik berbasis metode komputasi. Pengaplikasian simulasi numerik berbasis komputasi dengan bantuan CFD ini digunakan antara lain karena kemampuannya untuk memperoleh parameter-parameter pengujian tanpa melakukan pengujian secara aktual. Simulasi numerik ini membantu untuk mengetahui pola distribusi temperatur yang terjadi didalam *shell and tube heat exchanger* dengan pengaruhnya terhadap dua tipe *baffle* yang berbeda yaitu *helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*. Nilai-nilai parameter yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk kontur.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur tentang perpindahan panas, alat penukar panas, dan CFD. Dilanjutkan dengan membuat desain *shell and tube heat exchanger* sesuai dengan data spesifikasi yang telah dibuat dan diterapkan dalam trainer *shell and tube*, termasuk data-data yang berkaitan dengan kondisi operasi sesuai dengan kondisi nyata. Kemudian melakukan proses simulasi dengan menggunakan dua jenis *baffle* yang berbeda. Hasil dari simulasi kemudian diuji validitasnya dengan membandingkan data eksperimen yang dilakukan. Validasi yang dilakukan didasarkan pada data eksperimen yang telah dilakukan pada trainer *shell and tube* dengan *helical baffle*. Laju aliran massa masuk sisi *shell* sebesar 4 LPM. Analisa dilakukan terhadap hasil simulasi yang dilakukan dan dibandingkan dengan data hasil simulasi pada dua jenis *baffle* yang berbeda yaitu *helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Dalam penelitian ini variabel bebasnya yaitu jenis *baffle*, diantaranya *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle*.

• Variabel Terikat

Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai efektivitas dan *pressure drop* pada *shell and tube heat exchanger*.

• Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu:

- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida panas masuk dan dingin masuk (T_{in}) sebesar 80°C dan ($T_{c,in}$) sebesar 30°C.
- Debit aliran fluida panas masuk ditentukan sebesar 4 lpm dan debit aliran fluida dingin masuk ditentukan sebesar 6 lpm.
- Dimensi *shell and tube heat exchanger*.
- Luasan permukaan *baffle*.
Spesifikasi luasan *baffle* tipe *helical baffle* adalah sebesar 110.000 mm².

Teknik Pengumpulan Data

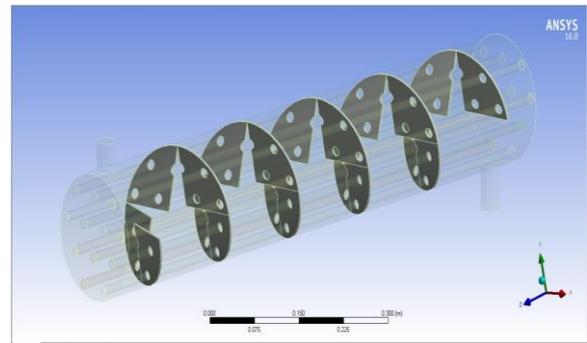
• Instrumen Penelitian

- Instrumen penelitian ini menggunakan *software* CFD Ansys 16.0.

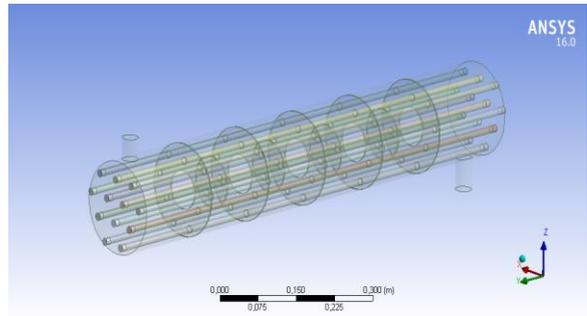
• Tahap Pengumpulan Data

- Tahap *Preprocessing*

Langkah pertama dalam memulai proses simulasi adalah membuat sebuah model geometri *shell and tube heat exchanger* melalui *software* Ansys 16.0. Model tersebut adalah berupa *shell and tube heat exchanger* dengan dua jenis *baffle* yang berbeda yaitu *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle*. Hasil model geometri dari *shell and tube heat exchanger* adalah sebagai berikut:

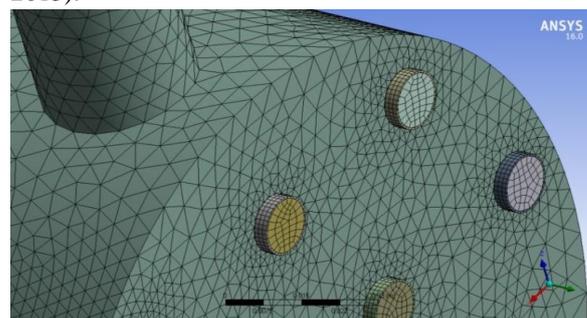


Gambar 2. *Helical Baffle*



Gambar 3. *Disk and doughnut Baffle*

Selanjutnya hasil dari model dilakukan proses *meshing* sehingga dapat dilakukan proses *solving*. Berdasarkan penelitian numerik yang dilakukan oleh Elsayed *et al.* (2013) tentang studi numerik untuk menganalisa karakteristik perpindahan panas dan *pressure drop* digunakan *mesh hex/wedge cooper elements* untuk membangun *mesh* volumenya, *boundary conditions* yang ditetapkan pada *inlet* adalah *velocity inlet*, dan pada *outlet* didefinisikan sebagai *pressure outlet*, sehingga dengan melihat kasus yang dianalisis maka dalam penelitian ini dipilih *mesh hex/wedge* disekitar *tube* dan *mesh tet/hybrid* untuk daerah *inlet* dan *outlet*. Dhande *et al.* (2013) juga menggunakan *mesh hex/wedge elements cooper* untuk menganalisis tekanan yang terjadi pada bearing jurnal hidrodinamik 3 lobe. *Hex/wedge* berarti bahwa *mesh* yang dihasilkan adalah *mesh hexahedral* dan beberapa diantaranya adalah *mesh wedge*, kemudian *cooper* berarti volume yang dibangun dibagi berdasarkan permukaan yang dipilih (He *et al.*, 2015).



Gambar 4. *Mesh Tetahedral dan Mesh Hexahedral*

Setelah melakukan tahapan *meshing*, selanjutnya adalah menentukan kondisi batas. Kondisi batas *mass flow inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran dan besaran skalar lainnya pada sisi masuk aliran dan hanya digunakan untuk aliran inkompresibel (Tuakia, 2008). Berikut adalah kondisi batas yang ditetapkan:

Tabel 1. Kondisi Batas STHE

No	Spesifikasi	Kondisi Batas
1	<i>Inlet</i>	<i>Mass Flow Inlet</i>
2	<i>Shell</i>	<i>Wall Adiabatik</i>
3	<i>Tube</i>	<i>Wall Convection</i>
4	<i>Baffle</i>	<i>Wall Adiabatik</i>
5	<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>

- Processing/Solving

Pada tahapan ini, semua yang sudah dilakukan ditahap sebelumnya akan dilakukan perhitungan (iterasi). Pada tahap iterasi, diharapkan tercapai hasil yang konvergen dikarenakan jika tidak mencapai konvergensi maka harus mengulangi tahapan ke pembuatan *mesh* dengan memperbaiki *mesh*. Namun jika hasil yang didapat adalah konvergen, maka dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap *post-processing*.

- Post-Processing

Pada tahap *post-processing* hasil dari perhitungan (iterasi) yang telah dilakukan di tahap *processing* ditampilkan berupa data kualitatif maupun data kuantitatif. Data kualitatif yang ditampilkan antara lain *Temperature Contour*, *Streamline Contour*, *Velocity Contour*, *Pressure Contour*, *Volume rendering*.

Teknik Analisis Data

- Perhitungan laju perpindahan panas pada *shell and tube heat exchanger*

- Laju kapasitas kalor (C)

$$C_c = \dot{m}_h \times C_{p_h}$$

$$C_h = \dot{m}_c \times C_{p_c}$$

Dimana:

$$C_c / C_h = \text{laju kapasitas kalor fluida (W/}^\circ\text{C)}$$

$$\dot{m}_h / \dot{m}_c = \text{laju aliran massa fluida (kg/s)}$$

$$C_{p_h} / C_{p_c} = \text{spesifik panas fluida (J/Kg}^\circ\text{C)}$$

Keterangan:

Dimana C_{min} adalah harga terkecil dari C_c atau C_h

$$C_{min} \Rightarrow \text{apabila } C_h < C_c \text{ maka } C_h = C_{min}$$

$$C_{min} \Rightarrow \text{apabila } C_c < C_h \text{ maka } C_c = C_{min}$$

- Laju perpindahan panas maksimal

$$q_{max} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in})$$

$$q_{in} = q_{out}$$

$$q_h = q_c$$

$$= \dot{m}_h \times C_h \times (T_{h,in} - T_{h,out})$$

$$= \dot{m}_c \times C_c \times (T_{c,out} - T_{c,in})$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas (watt)

\dot{m}_h = Laju aliran massa (kg/s atau lbm/h)

h = Enthalpi fluida panas aliran masuk (J/kg.°C)

Subcript:

h ; c = Sebagai fluida panas dan fluida dingin

i ; o = Menjelaskan aliran masuk dan aliran keluar

- Nilai Efektivitas

$$\varepsilon = \frac{q_{aktual}}{q_{max}} \times 100 \%$$

q_{aktual} = Laju perpindahan kalor aktual (Watt)

q_{max} = Laju perpindahan kalor maksimal (Watt)

Hasil dari beberapa parameter performa tersebut kemudian dibandingkan dan dipilih mana yang dianggap optimal sesuai dengan kondisi penerapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grid Independence

Ukuran *mesh* pada suatu objek akan mempengaruhi ketelitian hasil yang akan diperoleh. Semakin kecil dan halus ukuran *mesh* maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti namun membutuhkan kemampuan komputasi dan waktu perhitungan yang lebih lama, sehingga perlu dilakukan pengaturan *mesh* agar mendapatkan ukuran *mesh* yang kecil dan disesuaikan dengan kemampuan perangkat komputer yang digunakan. Berikut hasil *mesh* yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 2. Variasi Mesh Shell and Tube Heat exchanger

Interval Size	Element Type	Jumlah Nodes	Jumlah Elements	Mesh Quality
0,2	Tetrahedron, Hexahedral	2205295	5155924	0,82
0,5	Tetrahedron, Hexahedral	2009560	5097800	0,81
0,8	Tetrahedron, Hexahedral	1467348	5067000	0,88

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa *mesh quality* pada masing-masing variasi *mesh* mendapatkan hasil yang merata berada pada angka 0,80 sehingga menunjukkan kualitas *meshing* yang baik. Dengan melakukan *repair mesh* didapatkan jumlah *nodes* dan jumlah *elements* terkecil tetapi dengan *mesh quality* terbesar, hal ini menunjukkan bahwa pada kasus tertentu jumlah *nodes* dan *elements* yang semakin banyak tidak terikat dengan *mesh quality* yang dihasilkan.

Tabel 3. Grid Independence Shell and Tube Heat exchanger

No	Mesh Quality	Temperature Out Shell (°C)	Temperature Out Tube (°C)	Error (%)
1	0,82	61,05	41,15	3,35
2	0,79	61,15	41,13	3,24

3	0,88	62,17	40,10	1,10
---	------	-------	-------	------

Hasil dari *grid independence* menunjukkan nilai temperatur keluar fluida yang bervariasi pada masing-masing *interval size* yang dibangun. Simulasi dipilih pada *mesh volume* dengan nilai temperatur air keluar yang memiliki nilai terdekat dengan nilai keluaran eksperimen sebelumnya. Dengan memvariasikan kerapatan *mesh*, akan mempengaruhi jumlah *nodes* pada *mesh*. Semakin rapat *mesh*, semakin banyak jumlah *nodes* dan *elements* pada *mesh*.

Tabel 4. Perbandingan Nilai *error* dengan Eksperimen

No	Penelitian	T _{out Shell} (°C)	T _{out Tube} (°C)	Error (%)
1	Eksperimen	39,33	62,33	0
2	Interval Size 0,2	41,15	61,05	3,35
3	Interval Size 0,5	41,13	61,15	3,24
4	Interval Size 0,8	40,10	62,17	1,10

Hasil temperatur air keluaran sisi *shell* dan *tube* yang dihasilkan pada data eksperimen adalah sebesar 39,33°C untuk sisi *shell* dan 62,33°C untuk sisi *tube*. Kemudian dari hasil simulasi numerik yang telah dilakukan dengan model *viscous K-ε Realizable Scalable Wall Function* dan berdasarkan pemilihan *mesh* pada *interval size* atas pertimbangan *mesh quality* yang dihasilkan pada tabel sebelumnya memberikan hasil nilai temperatur air keluar sisi *shell* dan *tube* sebesar 62,17°C untuk sisi *shell* dan 40,10°C untuk sisi *tube*. Jika dibandingkan antara hasil eksperimen dengan simulasi numerik yang dilakukan, *error* terkecil yang dihasilkan dapat diamati pada tabel 4 adalah sebesar 1,10%. Dengan nilai *error* yang dihasilkan tidak terlalu besar maka proses validasi yang dilakukan dapat dikatakan valid. Disisi lain penelitian *computational fluid dynamics* sebelumnya yang dilakukan oleh arsana (2016) mendapatkan deviasi dibawah 5%. Artinya dengan ini maka dapat dilakukan proses simulasi numerik pada variasi yang lainnya, yaitu pada variasi jenis *baffle* yang berbeda.

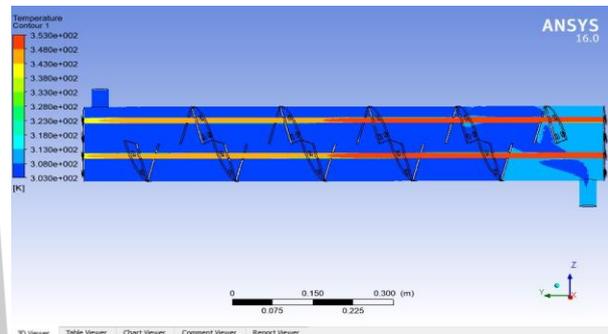
Hasil Kontur pada Variasi Jenis Baffle

- Kontur temperatur pada *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.

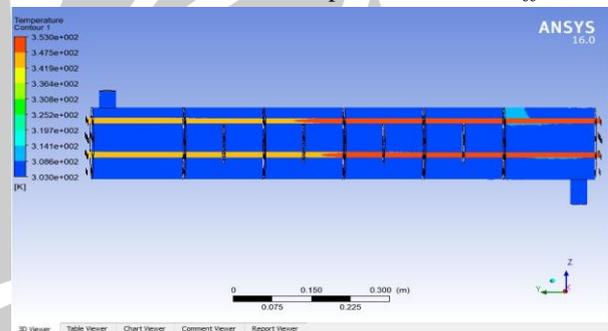
Temperatur air yang keluar pada sisi *shell* dan *tube* hasil dari simulasi *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* adalah 313,25°K atau 40,10°C dan 335,32°K atau 62,17°C.

Hasil simulasi *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle* ditampilkan pada gambar 5 dan gambar 6 yang menunjukkan bahwa distribusi temperatur pada masing-masing jenis *baffle* memiliki perbedaan baik pada sisi *shell* maupun pada sisi *tube*. Dapat kita lihat pada gambar 5 terdapat terdapat tiga gradasi warna pada sisi *tube*, yaitu merah, oranye, dan kuning dan dua gradasi

warna pada sisi *shell*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat penurunan temperatur pada sisi *tube* dan kenaikan temperatur pada sisi *shell* secara *gradually*. Berbeda dengan gambar 6 dimana hanya terdapat dua gradasi warna pada sisi *tube*, yaitu merah, dan oranye dan satu gradasi warna pada sisi *shell*. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi temperatur yang terjadi pada *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle disk and doughnut baffle* tidak lebih tinggi dari *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle*. Hasil simulasi ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 5. Kontur Temperatur *Helical Baffle*

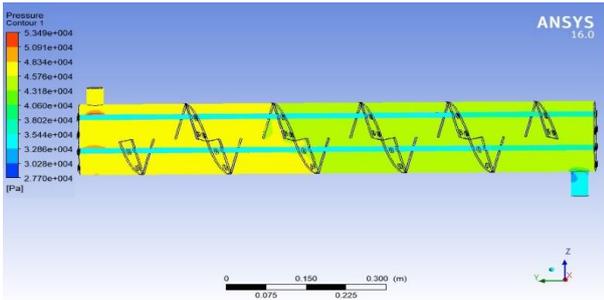


Gambar 6. Kontur Temperatur *Disk and doughnut Baffle*

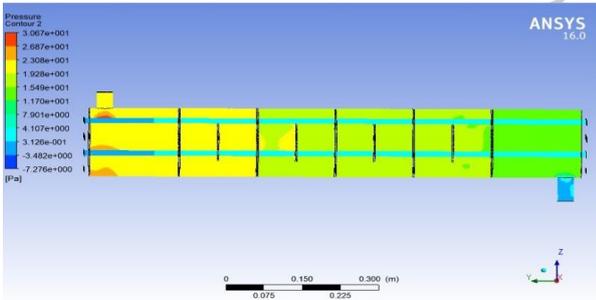
- Kontur tekanan pada *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.

Hasil simulasi *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle* ditampilkan pada gambar 7 dan gambar 8 yang menunjukkan bahwa distribusi tekanan pada masing-masing jenis *baffle* memiliki perbedaan. Dapat kita lihat terdapat sejumlah gradasi warna pada *shell*, khususnya pada bagian outlet. Pada *baffle disk and doughnut baffle* gradasi warna yang ditunjukkan memiliki perubahan yang lebih terlihat daripada *baffle helical*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai tekanan pada outlet, semakin rendah selisih tekanan atau *pressure drop* yang terjadi. Hal - hal yang menyebabkan adanya *pressure drop* yaitu adanya *head loss minor* yang terjadi pada bagian inlet dan outlet alat penukar kalor. Gambar dibawah ini menampilkan kontur tekanan fluida dari *shell and tube heat exchanger* dengan jenis

baffle helical baffle. Hasil simulasi ditampilkan pada gambar berikut:

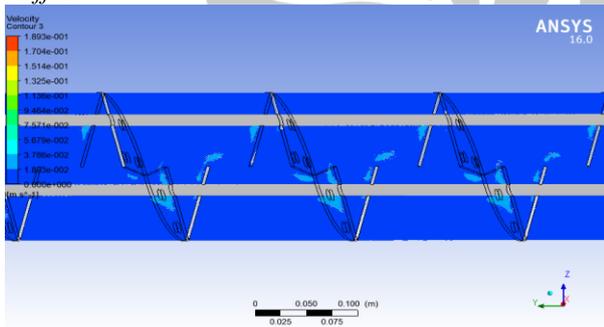


Gambar 7. Kontur Tekanan *Disk and doughnut Baffle*

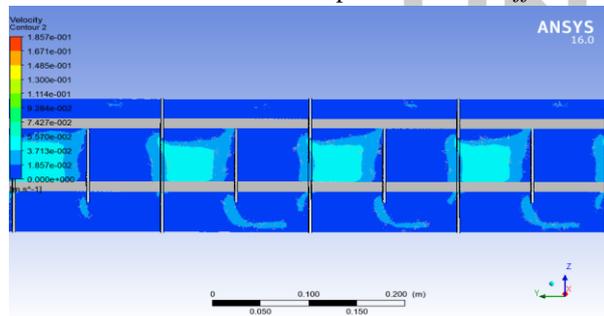


Gambar 8. Kontur Tekanan *Disk and doughnut Baffle*

- Kontur kecepatan pada *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.



Gambar 9. Kontur Kecepatan *Helical Baffle*

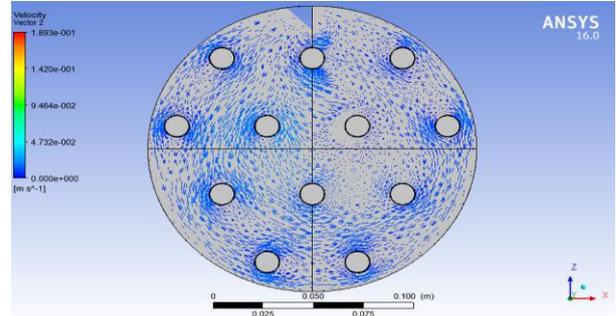


Gambar 10. Kontur Kecepatan *Disk and doughnut Baffle*

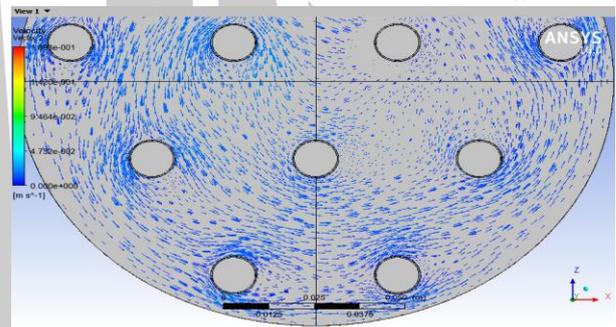
Dari visual kontur kecepatan pada gambar 9 memiliki kecepatan aliran dengan intensitas yang lebih rendah sehingga intensitas turbulensi agak menurun. Hal ini disebabkan karena kemiringan pada *baffle* dapat memperkecil hambatan ketika fluida mengalir melewatinya. Dari visual kontur kecepatan pada

gambar 10 dapat dilihat bahwa kecepatan aliran yang tinggi terjadi pada saat aliran melintasi *baffle windows* kemudian kembali rendah pada saat melintasi *crossflow* pada *baffle*.

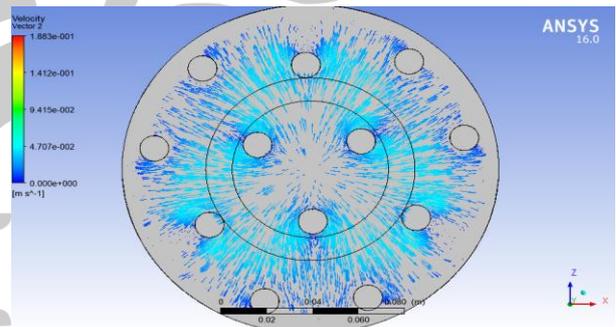
- Vektor kecepatan pada *shell and tube heat exchanger* dengan jenis *baffle helical baffle* dan *disk and doughnut baffle*.



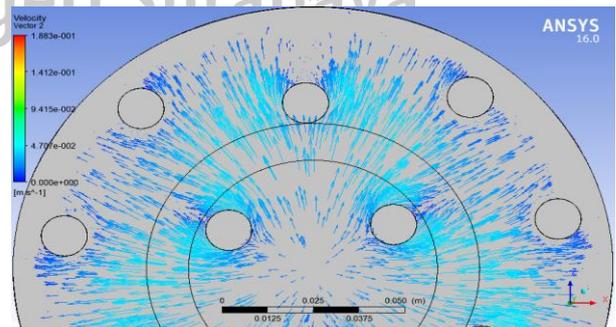
Gambar 11. *Secondary Flow Helical Baffle*



Gambar 12. Pembesaran Gambar *Secondary Flow Helical Baffle*



Gambar 13. *Secondary Flow Disk and Doughnut Baffle*



Gambar 14. Pembesaran Gambar *Secondary Flow Disk and Doughnut Baffle*

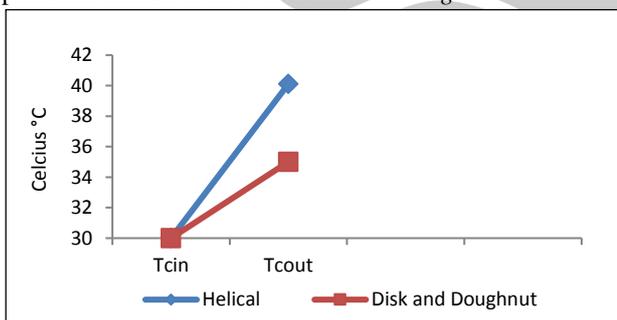
Dari visual pada gambar 11 dan gambar 12 dapat dilihat bahwa penggunaan *helical baffle* dapat meningkatkan efektifitas penukar kalor. Ini dikarenakan ketika fluida mengalir dalam lintasan yang berbentuk kurva, gaya sentrifugal menyebabkan terjadinya aliran sekunder yang dapat meningkatkan perpindahan kalor. Peningkatan intensitas aliran sekunder menyebabkan persinggungan fluida dengan dinding *tube* menjadi lebih lama sehingga kalor yang diserap menjadi lebih banyak dan koefisien perpindahan kalor meningkat.

Dari visual pada gambar 13 dan gambar 14 dapat dilihat bahwa terdapat aliran sekunder yang terjadi di dekat dinding *baffle* pada *disk and doughnut baffle*. Aliran sekunder tersebut akan membentuk pusaran turbulensi yang mengakibatkan terjadinya *pressure drop* pada alat penukar kalor tipe *shell and tube* tersebut.

Aliran sekunder (*secondary flow*) adalah aliran yang berpusar. Aliran ini terjadi pada aliran fluida yang melewati saluran yang melengkung atau berbelok, lebih singkat disebut dengan saluran lengkung, dan profil aliran adalah kembar dan saling berlawanan arah. Terjadinya aliran sekunder ini diakibatkan oleh ketidakseimbangan antara tekanan dan gaya sentrifugal didinding luar saluran. Aliran sekunder menimbulkan turbulensi meski dalam aliran laminar.

Performansi Shell and Tube Heat exchanger

Hasil simulasi menunjukkan fenomena distribusi temperatur dan distribusi tekanan yang terjadi pada *shell and tube heat exchanger* dengan variasi jenis *baffle*. Data dari hasil simulasi yang telah didapat akan dihitung performa dari *shell and tube heat exchanger*.

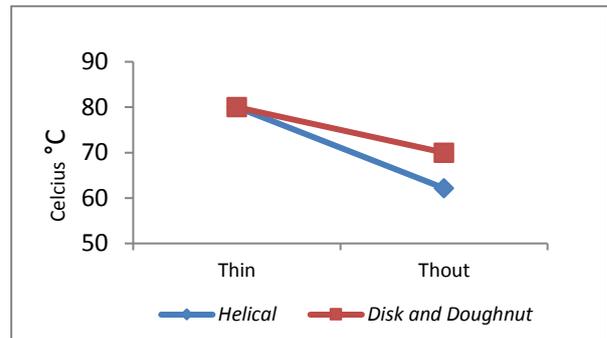


Gambar 15. Pengaruh variasi tipe *baffle* terhadap suhu keluar fluida sisi *shell*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa suhu awal mula fluida sebelum memasuki sisi *shell* dari (T_{c_{in}}) adalah sebesar 30°C. Terlihat perbedaan nilai suhu fluida yang keluar (T_{c_{out}}) antara *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle*.

Variasi *baffle* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan *disk and doughnut baffle*, suhu dari fluida masuk (T_{c_{in}}) mengalami peningkatan sebesar 5°C, sedangkan variasi *baffle* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan *helical baffle*, suhu dari fluida masuk (T_{c_{in}}) mengalami peningkatan sebesar

10,10°C. Selisih dari suhu fluida keluar sisi *shell* (T_{c_{out}}) antara *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle* sebesar 5,10°C.



Gambar 16. Pengaruh variasi tipe *baffle* terhadap suhu keluar fluida sisi *tube*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa suhu awal mula fluida sebelum memasuki sisi *tube* dari *shell and tube heat exchanger* (T_{h_{in}}) adalah sebesar 80°C. Terlihat perbedaan nilai suhu fluida yang keluar (T_{h_{out}}) antara *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle*.

Variasi *baffle* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan *disk and doughnut baffle*, suhu dari fluida masuk (T_{h_{in}}) mengalami penurunan sebesar 10°C, sedangkan variasi *baffle* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan *helical baffle*, suhu dari fluida masuk (T_{h_{in}}) mengalami penurunan sebesar 17,83°C. Selisih penurunan suhu fluida keluar sisi *shell* (T_{c_{out}}) antara *disk and doughnut baffle* dan *helical baffle* sebesar 7,83°C, lebih besar penurunan dari *helical baffle*.

Tabel 5. Nilai Efektifitas (ε) pada *Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube* dengan Metode *Effectiveness-NTU*

Jenis Baffle	C _{min} (W/°C)	q _{maks} (Watt)	q _{aktual} (Watt)	ε (%)
Disk and doughnut	213,94	10697,25	2139,45	20.16
helical	204,68	10166,72	3547,19	34.89

Berdasarkan tabel 5 diatas dapat dilihat nilai efektifitas dari *shell and tube heat exchanger* dengan menggunakan *helical baffle* adalah sebesar 34,89%, nilai efektifitas tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan nilai efektifitas dari jenis *disk and doughnut baffle* yakni sebesar 20,16%.

Tabel 6. Nilai *Pressure Drop*

Jenis Baffle	PC in (psi)	PC out (psi)	ΔP	
			(psi)	(Pa)
Disk and doughnut	7,033	4,966	1,879	12960,20
Helical	7,033	5,966	1,067	7356,70

Dari Tabel 6 diatas dapat dilihat nilai *pressure drop* dari *disk and doughnut baffle* adalah sebesar 12960,20

Pa, sedangkan nilai *pressure drop* dari *helical baffle* lebih kecil yakni sebesar 7.356,70 Pa.

Pada *shell and tube* yang mengaplikasikan *disk and doughnut baffle* mempunyai aliran dengan arah yang berpisah ke-atas dan ke-bawah yang kemudian bertabrakan satu sama lain, sedangkan *helical baffle* aliran yang terjadi adalah memutar (spiral) mengikuti kontur *baffle* yang memutar.

Aliran balik (back flow) merupakan aliran yang terjadi di dekat *baffle* setelah aliran fluida menabrak dinding *baffle*. Pada *disk and doughnut baffle* sering terjadi fenomena aliran balik ini, sedangkan pada *helical baffle* jarang sekali terjadi aliran balik. Hal tersebut yang mengakibatkan nilai *pressure drop* dari *disk and doughnut baffle* menjadi lebih besar.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian simulasi *shell and tube heat exchanger* dengan menggunakan variasi tipe *disk and doughnut baffle* maupun *helical baffle* yang telah dibahas sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh variasi tipe *baffle disk and doughnut* terhadap efektivitas *shell and tube heat exchanger*, dimana saat menggunakan variasi tipe *baffle disk and doughnut* nilai efektivitas dari *shell and tube heat exchanger* adalah sebesar 20,16%, sedangkan saat menggunakan variasi tipe *baffle helical baffle* nilai efektivitas dari *shell and tube heat exchanger* adalah sebesar 34,89%.
- Nilai *pressure drop* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan variasi tipe *baffle disk and doughnut* adalah sebesar 12960,20 Pa, sedangkan nilai *pressure drop* dari *shell and tube heat exchanger* yang menggunakan variasi tipe *baffle helical* adalah sebesar 7.356,70 Pa.

Saran

Dari simulasi yang telah dilakukan, adapun beberapa saran yang akan disampaikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Supaya proses simulasi dapat berjalan dengan baik maka disarankan jurusan teknik mesin universitas negeri surabaya menyediakan laboratorium yang mendukung kegiatan belajar *computational fluid dynamics*.

DAFTAR PUSTAKA

Adhitiya, Anggareza. 2013. *Simulas performansi heat exchanger tipe shell and tube dengan double segmental baffle terhadap helical baffle*. Tugas Akhir Teknik Mesin ITS.

Arsana, I, Made. Budhikarjono, Kusno. Susianto. Altway, Ali. 2016. Modelling of the single staggered wire and tube heat exchanger. *International Journal of Applied Engineering Research*. pp. 5591-5599. ISSN 0973-4562.

Bhutta, Mahmoud Aslam, Hair Hayat, Kanwar Naveed Ahmad, et. All. 2008. *Computational Fluid Dynamics variation invarious heat exchanger design review*. Elsevier

Dhande, Dinesh. Pande, Dr D W. Chatarkar, Vikas. 2013. Analysis of Pressure for 3lobe Hydrodynamic Journal Bearing. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. ISSN: 2231-5381.

Elsayed, Ahmed. Al-dadah, Raya K. Mahmoud, Saad. Rezk, Ahmed. 2015. "Numerical Investigation of turbulent flow heat transfer and pressure drop of AL2O3/water nanofluid in helically coiled tubes". *International Journal of Low-Carbon Technologies* 10 (3). pp. 275-282. ISSN 1748-1317.

Handoyo, Ekadewi Anggraini. 2000. "Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger*". *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 2, No. 2, Oktober 2000: 86 – 90.

He, Kueming. Zhao, Hecai. Chen, Xuedong. Luo, Zailei. Miao, Yannan. 20-7415. Hydrodynamic Performance Analysis of the Ducted Propeller Based on the Combination of Multi-Block Hybrid Mesh and Reynolds Stress Model. *Journal of flow control, Measurement, and Visualization*.3.67-74

Kurniawan, Bagus Laili. Arsana, I, Made. (2017). "Studi Perbandingan Efektifitas *Heat Exchanger* tipe *Shell and Tube* dengan *Helical Baffle* dan *Double Segmental Baffle*". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. Vol. 5 (3): hal 27-33

Sreedhar, V. (2017). "Experimental Investigation on Shell and Tube Heat Exchanger Using Segmental and Disc-doughnut Type Baffles". *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*. Vol 10: no.2.

Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent*. Informatika: Bandung.