

SIMULASI KONTUR DISTRIBUSI SUHU DAN KECEPATAN FLUIDA PADA *HEAT EXCHANGER TYPE SHELL AND TUBE* ALIRAN DUA STAGE SISTEM *COUNTER FLOW* DENGAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

Achmad Ramadhan Muzaki^{1,*}, Fajar Anggara¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jln. Meruya Selatan No. 1, Kec. Kembangan, Jakarta Barat, DKI Jakarta, 11650

*E-mail : rmoezaky@gmail.com

Diterima: 07-09-2020

Direvisi: 10-11-2021

Disetujui: 01-06-2022

ABSTRAK

Simulasi kontur distribusi suhu dan kecepatan dirancang untuk menghasilkan output mengenai kemampuan dan kehandalan sistem *heat exchanger shell and tube*, sebagai masukan dalam rangka pengkajian pengembangan sistem dan optimasi hasil operasi. Penelitian ini dilakukan secara numerik dengan variasi aliran *input* fluida panas 0,8 kg/detik dan aliran *input* fluida dingin 1 kg/detik dan variasi *inlet* suhu panas : 60°C, 90°C, 120°C, variasi *inlet* suhu dingin : 15°C, 16°C, 18°C dengan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* pada *software* ANSYS. Dalam penelitian ini dapat mengetahui kontur desain terhadap suhu dan kecepatan dari *outlet* fluida panas dan *outlet* dari fluida dingin dengan hasil variasi sebagai berikut : kontur distribusi suhu fluida *hot* terlihat pada bagian dinding terendah memiliki warna biru dan tertinggi memiliki warna merah, sedangkan fluida *cold* terlihat suhu terendah berwarna biru tua dan suhu tertinggi berwarna biru muda. Kontur distribusi kecepatan fluida *hot* dan fluida *cold* terlihat pada bagian dinding terendah memiliki warna biru dan tertinggi memiliki warna kuning hijau.

Kata Kunci: alat penukar kalor; *shell and tube*; *computational fluid dynamics (CFD)*.

ABSTRACT

The simulation of temperature and velocity distribution contours is designed to produce output regarding the capability and reliability of the shell and tube heat exchanger system, as input in the framework of assessing system development and optimization of operating results. This research was conducted numerically with a variation of hot fluid input flow of 0.8 kg / second and a cold fluid input flow of 1 kg / second and variations in hot inlet temperatures: 60 ° C, 90 ° C, 120 ° C, cold temperature inlet variations: 15 ° C, 16 ° C, 18 ° C using the *Computational Fluid Dynamics (CFD)* method on the ANSYS software. In this study, the design contours of the temperature and velocity of the outlet of hot fluid and outlet of cold fluid can be determined with the following variation results: the contour of the temperature distribution of hot fluid is seen on the lowest part of the wall which has a blue color and the highest has a red color, while the cold fluid shows a temperature. the lowest is dark blue and the highest temperature is light blue. The velocity distribution contours of hot and cold fluids can be seen on the lowest part of the wall which has a blue color and the highest has a yellow green color.

Keywords: heat transfer; *shell and tube*; *computational fluid dynamics (CFD)*.

1. PENDAHULUAN

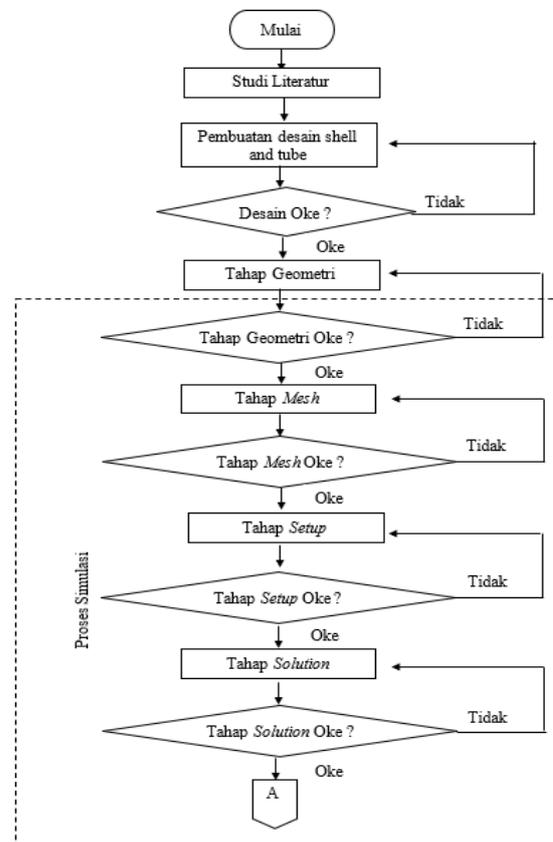
Heat Exchanger merupakan alat yang digunakan dalam proses pemindahan panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan suhu dan dipisahkan oleh dinding-dinding. Energi yang dipertukarkan akan menyebabkan perubahan suhu fluida (kalor sensible) atau dipergunakan untuk merubah fasa (kalor laten). Laju perpindahan energi dalam penukaran kalor dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kecepatan aliran fluida, sifat-sifat fisik (viskositas, konduktivitas termal, kapasitas kalor spesifik, dan lain-lain), beda suhu antara kedua fluida, dan sifat permukaan bidang perpindahan kalor yang memisahkan kedua fluida. Penerapan *heat exchanger* diantaranya pada industri pembangkit listrik, otomotif, peralatan air conditioning, pemanfaatan panas yang terbuang dalam proses kimia (David P, 2007). *Shell and tube heat exchanger* adalah salah satu tipe *heat exchanger* yang sering digunakan.

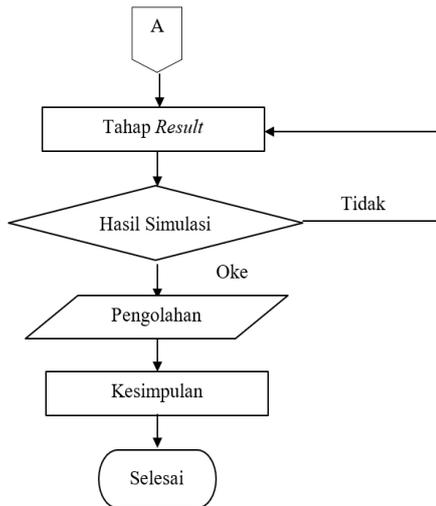
Shell and tube heat exchanger melibatkan *tube* sebagai komponen utamanya. Salah satu fluida mengalir di dalam *tube*, sedangkan fluida lainnya mengalir di luar *tube*. Pipa *tube* didesain berada sejajar dengan sumbu *shell* (Kuppan P, 2000). Arah aliran kedua dari kedua fluida bisa terjadi secara parallel, *counter*, *cross* maupun campuran. Aliran parallel terjadi ketika kedua fluida masuk dari arah yang berlawanan, mengalir kearah yang sama dan keluar melalui arah yang sama pula. Aliran *counter flow* terjadi ketika kedua fluida masuk dari arah yang berlawanan, mengalir dengan arah yang berlawanan dan mengalir dengan *outlet* yang berlawanan. Sedangkan untuk aliran *cross* terjadi ketika salah satu fluida mengalir secara tegak lurus terhadap fluida yang lainnya. Dan untuk aliran campuran adalah aliran gabungan dari beberapa tipe aliran tersebut (Q.Kern, 1965). 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*. Tugas akhir akan membahas kontur distribusi suhu dan kecepatan pada fluida *Heat Exchanger*, pembahasan ini didasarkan pada profil aliran fluida dan distribusi suhu akibat pengaruh dengan kecepatan dan nilai suhu *outlet* yang *maximal* dari profil aliran

berdasarkan hasil simulasi. Jenis variasi suhu yang digunakan fluida *hot inlet* 60°C, 90°C, dan 120°C dan fluida *cold inlet* 15°C, 16°C, dan 18°C, variasi aliran massa yang digunakan fluida *hot* 0,8 kg/detik, fluida *cold* 1 kg/detik. Fluida yang digunakan untuk *inlet hot* adalah kerosene sedangkan untuk *inlet cold* adalah air. Analisa pada tugas akhir ini akan disimulasikan menggunakan program komputer untuk mengetahui kontur distribusi suhu dan kecepatan yang efektifitas kemampuan memindahkan panas dari alat penukar kalor.

Analisa akan dilakukan khusus untuk fluida pada daerah sisi shell dengan menggunakan program CFD yaitu *fluent*. *Fluent* adalah jenis program CFD yang menggunakan volume hingga. *Fluent* menyediakan fleksibilitas *meshing* yang lengkap dan dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan *meshing* (grid) yang tidak terukur. Diharapkan penelitian pada tugas akhir ini dapat digunakan untuk memahami kontur dan karakteristik alat penukar kalor yang banyak kegunaannya pada industri pembangkit terutama pada pembangkit listrik tenaga uap.

2. METODE PENELITIAN

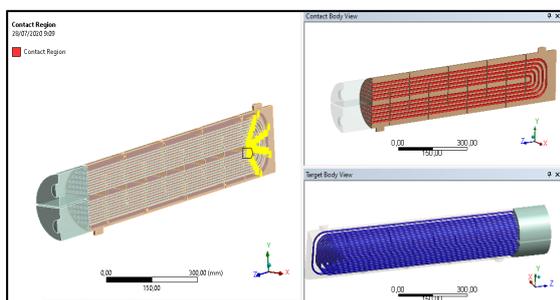




Gambar 1. Diagram Alir

2.1 Tahap Geometri

Tahap geometri adalah proses memasukan pemodelan yang telah dibuat di perangkat lunak Solidworks 2016 dan kemudian di *import* ke dalam perangkat lunak ANSYS Workbench Fluent 2020. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat maka domain perhitungan juga harus dibuat semirip mungkin dengan keadaan sebenarnya. *Meshing* sebagai *domain* perhitungan dibuat dengan acuan geometri. Oleh karena itu, tahap pembuatan geometri juga sangat menentukan keakuratan hasil

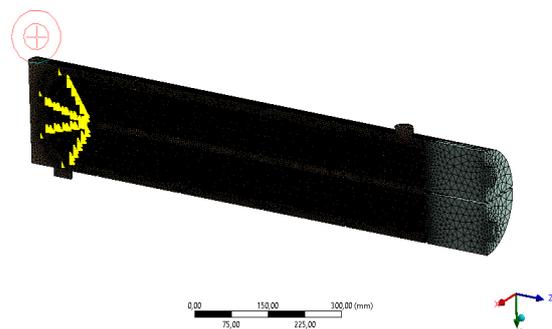


Gambar 2. Tahap Geometri

Perangkat lunak ini menyediakan fitur pembuatan *grid* secara otomatis sehingga menghemat waktu dan biaya. Berikut ini langkah pembuatan mesh di ANSYS CFX mode:

- Import file dari geometri file tersebut berisi hub, shroud, dan profil *Shell and Tube*. Setelah file berhasil diimport kemudian mengatur definisi topologi *grid* dan *control point* dan *edge*. Hasilnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.
- Memperbaiki kualitas *mesh* jika pada layer terjadi error. Kemudian modifikasi layer pada hub dan *shroud*.
- Pengaturan data spesifikasi *mesh*. Jumlah elemen apakah low, medium, atau *high*.
- Melihat elemen mesh sebelum terjadi *pre mesh*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan *pre mesh*. Dengan mengaktifkan *pre mesh* kita dapat melihat bagaimana distribusi *mesh* di bilah *Shell*. Misalnya untuk daerah *trailing edge* dimana terdapat kemungkinan terjadi separasi aliran ataupun fenomena tertentu sebaiknya grid harus lebih banyak.
- Mengatur kembali jumlah elemen dan melihat kualitas *mesh* yang sudah dibuat.

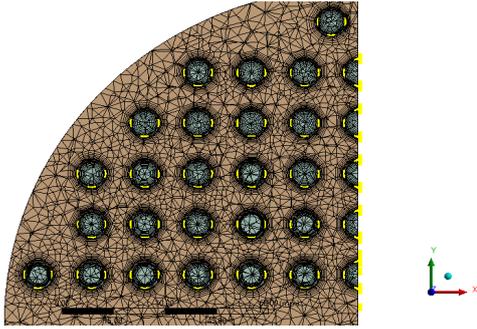
Dalam simulasi ini, meshing dibuat secara otomatis secara default (tidak merubah *settingan*) serta membatasi ukuran maksimum mesh sebesar 60 mm dan minimum 3 mm, Berikut adalah hasil meshing dari model yang akan disimulasikan.



Gambar 3. Tahap Meshing

2.2 Tahap Meshing

Tujuan dari tahapan ini yaitu menghasilkan mesh sebagai domain perhitungan. Perangkat lunak yang digunakan adalah ANSYS CFX.



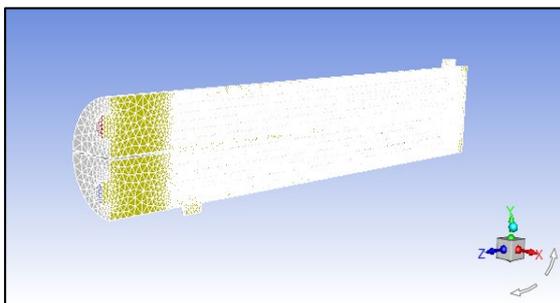
Gambar 4. Tahap *Meshing* sebagian

2.3 Tahap *Setup*

Pada tipe simulasi dalam keadaan *steady* digunakan untuk simulasi dimana parameter aliran yang tidak berubah terhadap waktu. Data model : kecepatan dan suhu referensi, *heat transfer* dan model turbulensi kondisi batas. Pada tahap ini, dilakukan beberapa pengaturan terkait permasalahan yang akan dianalisis. Langkah yang dilakukan meliputi pengaturan tipe analisis berupa analisis *steady state*, *boundary condition*, kecepatan, dan jenis fluida yang digunakan dalam proses simulasi berikut adalah parameter yang akan digunakan untuk melakukan *setup* dengan data pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter *Setup*

No	Domain	Bloundary	Location
1	Hot inlet	Inlet	Hot inlet
2	Hot outlet	Outlet	Hot outlet
3	Cold inlet	Inlet	Cold inlet
4	Cold outlet	Outlet	Cold outlet
5	Symetri	Symetri	Symetri
6	Cold wall	Couple wall	Cold wall
7	Hot wall	Couple wall	Hot wall



Gambar 5. Tahap *Setup*

2.4 Tahap *Solution*

Solution methods Simulasi ini menggunakan skema *SIMPLE*, dengan pengaturan *spatial discretization* pada keadaan *default* untuk melakukan solution dapat menggunakan persamaan hukum kekekalan massa dan hukum kekekalan momentum sebagai berikut :

Persamaan kontinuitas bentuk integral,

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_A \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0$$

Persamaan kontinuitas bentuk diverensial,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0$$

Persamaan momentum pada arah sumbu x,

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho u \vec{V}) \\ = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \\ + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \end{aligned}$$

Persamaan momentum pada arah sumbu y,

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho v \vec{V}) \\ = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} \\ + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \end{aligned}$$

Persamaan momentum pada arah sumbu z,

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho w \vec{V}) \\ = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} \\ + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \end{aligned}$$

Persamaan energi ditulis dalam bentuk *internal energy*,

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \right] + \vec{\nabla} \cdot \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \vec{V} \right] \\ = \rho \dot{q} - \frac{\partial(\rho p)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho p)}{\partial y} \\ - \frac{\partial(\rho p)}{\partial z} + \rho \vec{f} \cdot \vec{V} \end{aligned}$$

Solusi dari persamaan analitis diferensial parsial menghasilkan ekspresi *dependent variable* bentuk tertutup secara kontinu pada seluruh domain. Sebaliknya, solusi persamaan numerik hanya dapat memberikan nilai pada titik diskrit dalam domain, disebut juga dengan titik *grid*.

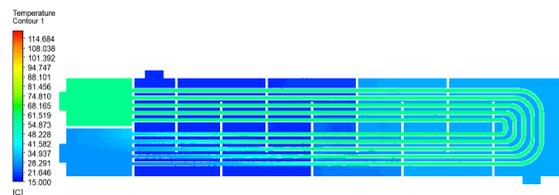
2.5 Tahap Result

Tahap result bertujuan untuk mengetahui hasil simulasi. Pada tahap ini akan ditampilkan kontur distribusi suhu, kontur distribusi kecepatan. Berikut ini dijelaskan langkah-langkah untuk menampilkan kontur:

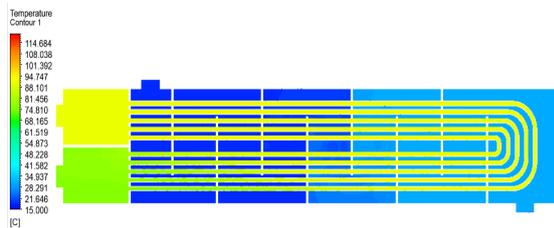
Untuk menampilkan hasil simulasi kontur kecepatan menggunakan fitur *contour*, variabel yang digunakan adalah *velocity*, *locations* yang pilih adalah *plane 1*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

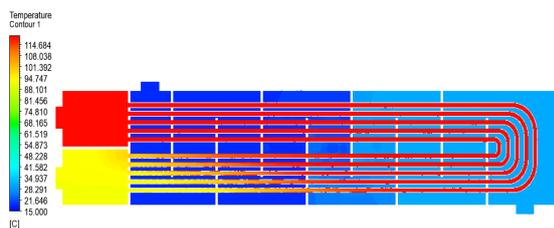
3.1 Kontur Suhu



(a)



(b)

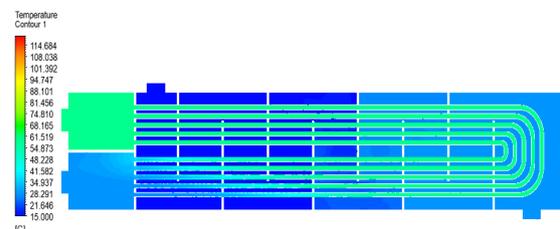


(c)

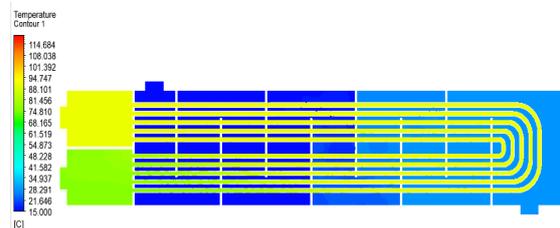
Gambar 6. Kontur Kecepatan dengan laju aliran inlet hot 0,8 kg/s, inlet cold 1 kg/s pada suhu cold 15 °C dan hot (a) 60°C , (b) 90°C , (c) 120°C.

Penjelasan gambar 6 (a) terlihat distribusi suhu dari potongan melintang heat exchanger. Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna hijau muda memiliki nilai sekitar 60 °C

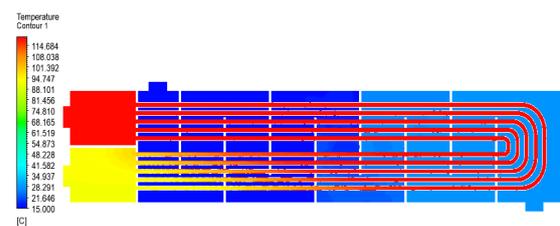
kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna biru muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 20-30°C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua yang memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda yang memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin. Pada gambar 6 (b) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna kuning memiliki nilai sekitar 80 - 90 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna hijau muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 60-70 °C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua, memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda: memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin. Pada gambar 6 (c) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna merah memiliki nilai sekitar 100-114 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna kuning, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 80-90 °C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda: memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin.



(a)



(b)

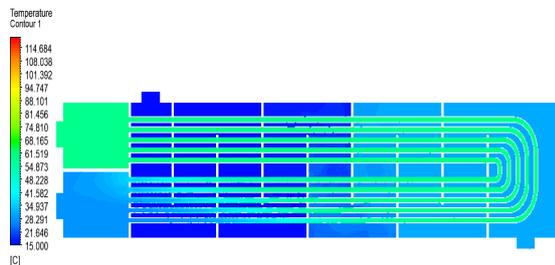


(c)

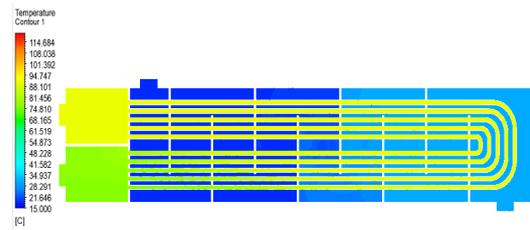
Gambar 7. Kontur Kecepatan dengan laju aliran inlet hot 0,8 kg/s, inlet cold 1 kg/s pada suhu cold 16 °C dan hot (a) 60°C , (b) 90°C , (c) 120°C.

Penjelasan gambar 7 (a) terlihat distribusi suhu dari potongan melintang heat exchanger. Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna hijau muda memiliki nilai sekitar 60 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna biru muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 20-30°C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua yang memiliki nilai sekitar 15°C pada legenda, dan secara gradual berubah menjadi biru muda: memiliki suhu sekitar 30-34 °C pada bagian outlet dingin. Penjelasan gambar 7 (b) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna kuning memiliki nilai sekitar 80-90 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna hijau muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 60-70°C.

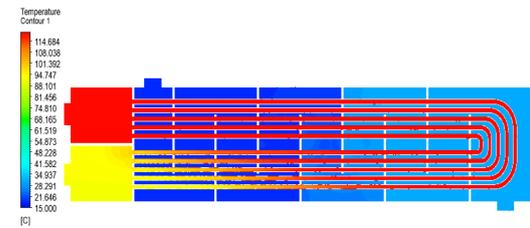
Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin. Penjelasan gambar 7 (c) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna memiliki nilai sekitar 100-114 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna kuning, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 80-90°C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua: memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin.



(a)



(b)



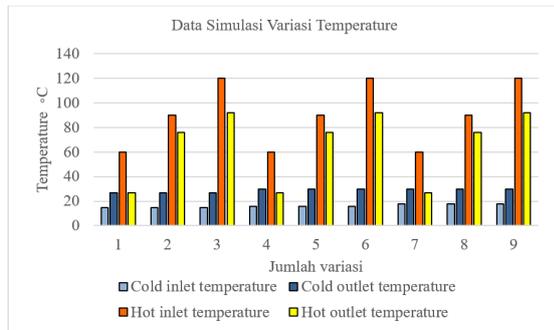
(c)

Gambar 8. Kontur Kecepatan dengan laju aliran inlet hot 0,8 kg/s, inlet cold 1 kg/s pada suhu cold 18 °C dan hot (a) 60°C , (b) 90°C , (c) 120°C.

Penjelasan gambar 8 (a) terlihat distribusi suhu dari potongan melintang heat exchanger. Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna hijau muda memiliki nilai sekitar 60 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna biru muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 20-30°C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua: memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda: memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin. Penjelasan gambar 8 (b) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna kuning memiliki nilai sekitar 80-90 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna hijau muda, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 60-70 °C. Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda memiliki suhu sekitar 30°C pada bagian outlet dingin. Penjelasan gambar 8 (c) Pada bagian sekitar inlet hot, terlihat warna merah memiliki nilai sekitar 100-114 °C kemudian mengalir melalui tube-tube dan secara gradual berubah menjadi warna kuning, yang mana ditunjukkan memiliki nilai sekitar 80-90 °C.

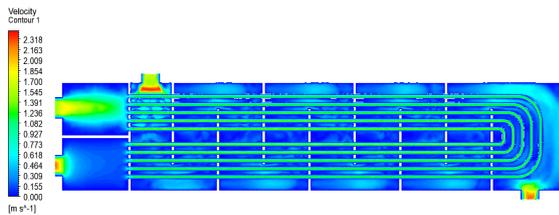
Sedangkan pada aliran dari cold inlet, mulanya berwarna biru tua memiliki nilai sekitar 15°C dan secara gradual berubah menjadi biru muda memiliki suhu sekitar 30°C

pada bagian outlet dingin. Berikut adalah grafik hasil simulasi dari kontur suhu, fluida *hot inlet* 60°C, 90°C, dan 120°C dan fluida *cold inlet* 15°C, 16°C, dan 18°C sedangkan variasi debit yang digunakan fluida *hot* 0,8 kg/detik, fluida *cold* 1 kg/detik.



Gambar 9. Grafik kontur distribusi suhu

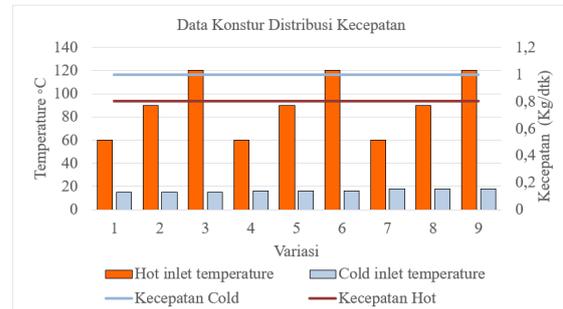
3.2 Kontur Kecepatan



Gambar 9. Kontur Kecepatan dengan laju aliran inlet hot 0,8 kg/s, inlet cold 1 kg/s pada suhu cold (a) 15°C, (b) 16°C, (c) 18°C dan hot (a) 60°C, (b) 90°C, (c) 120°C.

Penjelasan gambar 9 terlihat pada bagian sekitar inlet panas kecepatan relative tinggi (warna kuning-hijau: kecepatan sekitar 1,7-2,3 m/s terlihat pada legenda) dan menjadi rendah setelah masuk ke bagian yang luas karena penambahan luas permukaan (hukum kontinuitas : $\rho \cdot V \cdot A = \text{konstan}$). Setelah itu, aliran melalui tube-tube yang kecil (A kecil) sehingga mengakibatkan kecepatan (V) yang tinggi karena efek kontinuitas seperti dijelaskan sebelumnya. Pada sekitar dinding, terlihat kecepatan mendekati nol (warna biru tua) karena efek gesekan (*no slip condition*) dengan dinding. Berikut adalah grafik hasil simulasi dari kontur kecepatan, fluida *hot inlet* 60°C, 90°C, dan 120°C dan fluida *cold inlet* 15°C, 16°C, dan 18°C sedangkan variasi debit yang

digunakan fluida *hot* 0,8 kg/detik, fluida *cold* 1 kg/detik.



Gambar 10. Grafik kontur distribusi suhu

Dari simulasi yang dilakukan aliran fluida yang melewati *Shell and Tube* dari *inlet* ke *outlet* dari ketiga variasi simulasi yaitu beragam tetapi dengan pola yang sama fluida hot masuk melalui inlet shell dan fluida cold masuk melalui *inlet* tube dengan kecepatan fluida hot 0,8 kg/detik dan fluida cold 1 kg/detik setelah melewati *Shell and Tube* dan pada outlet mempunyai hasil yang stabil antara perbedaan suhu dengan kecepatan yang sama. Hal inilah yang dapat dilihat dari table 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi

Cold inlet	Hot inlet	Cold outlet	Hot outlet
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
15	60	27	27
	90	27	75,98
	120	27,01	91,97
16	60	30	27
	90	30	75,98
	120	30,01	91,98
18	60	30	27
	90	30	75,98
	120	30,01	91,98

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pada alat penukar kalor tipe shell and tube aliran dua *stage* sistem aliran *counter flow* dengan variasi suhu dan kecepatan menggunakan pemodelan numerik *software workbench 2020* maka dapat

disimpulkan bahwa : Kontur distribusi suhu akibat variasi fluida *hot* terlihat pada bagian dinding terendah memiliki warna biru yaitu suhu 15 – 30 °C dan tertinggi memiliki warna merah yaitu suhu 100 – 114 °C, sedangkan akibat variasi fluida *cold* terlihat suhu terendah berwarna biru tua yaitu suhu 15 – 30 °C dan suhu tertinggi berwarna biru muda yaitu suhu 30 – 35 °C. Kontur distribusi kecepatan akibat variasi fluida *hot* terlihat pada bagian dinding terendah memiliki warna biru yaitu kecepatan 0 – 0,3 m/s dan tertinggi memiliki warna kuning hijau yaitu kecepatan antara 1,7 - 2,3 m/s sedangkan akibat variasi fluida *cold* terlihat suhu terendah berwarna biru tua yaitu kecepatan 0 – 0,3 m/s dan kecepatan tertinggi berwarna kuning hijau yaitu kecepatan antara 1,7 - 2,3 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Yunianto. dkk, “*Pengaruh perubahan arah aliran terhadap Efektifitas perpindahan kalor pada Penukar kalor tipe plat*”, Teknik Mesin ,UNDIP, 2011.
- [2] Cengel, Yunus. A. (2003). *Heat Transfer: A Partical Approach Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Holman, J. P, E. Jasifi. (1995). *Pepindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga. Cengel, Yunus. A. (2003). *Heat Transfer: A Partical Approach Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [4] Inconpera, Frank.P, and Dewitt, David.P. 2007.“*Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition*”.America : john willey & sons. ISBN/ISSN.
- [5] Kuppan, T. 2000. “*Heat Exchanger Design Book*”. America: Marcel Dekker.
- [6] Lei, Gang Yong,. Dkk. 2008. “*Effects of baffle inclination angle on flow and heat transfer of a heat exchanger with helical baffles*”.ScienceDirect-Chemical Engineering and Processing, 1-10.
- [7] Ozden, Ender., Tari, Ilker. 2010. “*Shell side CFD analysis of a small shell and tube heat exchanger*”. Energy Conservation and Management 51 (2010) 1004-1014.
- [8] Q. Kern, Donald. 1965.”*Process Heat Transfer*”. New York: Mc-Graw Hill Book Company