

SIMULASI CFD PENGARUH HIGH REYNOLD NUMBER TERHADAP PERFORMA BOILER HEAT EXCHANGER

Achmad Salahuddin¹, Farid Alfaridzy

¹Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung

Salahuddin_achmad@yahoo.com

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk meneliti pengaruh dari *reynold number* terhadap performa dari boiler *heat exchanger*. Yang mana simulasi dilakukan menggunakan bantuan komputer yang biasa disebut CFD (*computational fluid dynamic*). Penelitian ini menggunakan software ANSYS *fluent* sebagai media pembantu untuk menganalisis. *Heat exchanger* merupakan alat yang digunakan dalam proses perpindahan panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan temperature yang dipisahkan oleh dinding-dinding pembatas. *Heat exchanger* banyak digunakan pada industri-industri khususnya pada PLTU.

Hasil dari simulasi menunjukkan pada penurunan temperatur uap pada simulasi dengan Re 11.000 dan Re 12.000 relatif sama yaitu sekitar -80 K sedangkan pada Re 20.000 penurunan suhu uap sebesar -65,35 K. Untuk kenaikan suhu air tidak terlalu signifikan. Pada Re 11.000 kenaikan suhu sebesar 0,87 K, Re 12.000 sebesar 0.82 K, dan Re 20.000 sebesar 0.52°. pressure yang terjadi pada simulasi menunjukkan bahwa pressure yang terkecil terjadi ada pada RE 11.000 dengan pressure 2207.6619 Pa untuk uap dan 8319.623 Pa untuk water. Bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi *reynold number* maka akan semakin rendah perpindahan panas dan semakin tinggi reynold number maka semakin besar pressure yang terjadi. Sehingga aliran dengan *high reynold number* kurang efektif karena penurunan dan peningkatan suhu dan pressure pada uap dan *water* tidak optimal yang disebabkan oleh laju aliran yang terlalu cepat.

Kata kunci: CFD, *Heat Exchanger*, *Reynold Number*

Abstract

This study aims to examine the effect of reynold numbers on the performance of heat exchanger boilers. Where the simulation is carried out using the help of a computer commonly called CFD (computational fluid dynamic). This study used ANSYS fluent software as an auxiliary medium for analysis. Heat exchanger is a tool used in the heat transfer process between two fluids that have temperature differences separated by limiting walls. Heat exchangers are widely used in special industries in coal-fired power plants.

The results of the simulation show that the decrease in vapor temperature in simulations with Re 11,000 and Re 12,000 is relatively the same, which is around -80 K while at Re 20,000 the decrease in vapor temperature is -65.35 K. For the increase in water temperature is not too significant. At Re 11,000 the temperature increase was 0.87 K, Re 12,000 was 0.82 K, and Re 20,000 was 0.52°. The pressure that occurs in the simulation shows that the smallest pressure occurs at RE 11,000 with a pressure of 2207.6619 Pa for steam and 8319.623 Pa for water. It can be concluded that the higher the Reynold number, the lower the heat transfer and the higher the Reynold number, the greater the pressure that occurs. So that the flow with a high reynold number is less effective because the decrease and increase in temperature and pressure on steam and water is not optimal which is caused by a flow rate that is too fast.

KEY WORDS: CFD, *Heat Exchanger*, *Reynold Number*

PENDAHULUAN

Proses produksi energi listrik dalam system pembangkit dipengaruhi oleh peralatan utama yang ada pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), misalnya ; boiler atau ketel uap, turbin, kondensor, dan generator. Proses produksi dimulai dengan masuknya air pengisi boiler berupa H₂O dengan proses *treatment* dimana air pengisi boiler ini sebelumnya melalui *Low Pressure Heater (HPH)*, *deaerator*, dan *High Pressure Heater (HPH)*. Selanjutnya air tersebut masuk ke boiler untuk dipanaskan menjadi uap kering untuk menggerakkan turbin dan generator sehingga menghasilkan tenaga listrik.

High Pressure Heater merupakan alat pemanas air pengisi lanjut bertekanan tinggi yang menggunakan uap hasil panas ekstraksi turbin sebagai media pemanasnya sebelum masuk *economizer* dalam boiler. Komponen ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah tube (*bundle tube*) di bagian dalam dimana temperatur fluida didalam *shell* berbeda dengan temperatur didalam *tube* sehingga mengakibatkan terjadinya perpindahan panas antar aliran fluida. Sebagai salah satu komponen di PLTU, HPH memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga temperature air pengisi yang masuk kedalam boiler, maka semakin baik nilai efisiensi dari *High Pressure Heater (HPH)* akan meningkatkan efisiensi dari boiler sehingga dapat menghemat biaya operasional PLTU.

Dalam aplikasi di dunia industri *High Pressure Heater (HPH)* merupakan salah satu contoh alat penukar panas yang dikenal dengan istilah *Heat Exchanger (HE)*. *Heat exchanger* merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan panas/kalor dari suatu fluida bertemperatur tinggi menuju fluida bertemperatur rendah.

Suatu alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam keberhasilan seluruh rangkaian proses, karena dengan adanya kegagalan operasi alat ini baik kegagalan mekanik maupun operasi maka dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Oleh karena itu sebuah alat penukar kalor (*heat exchanger*) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu unit yang sedang beroperasi.

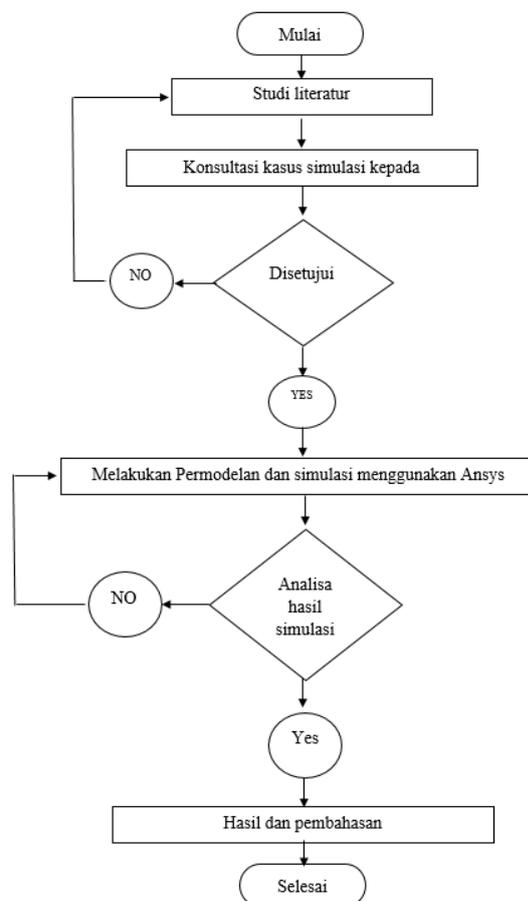
Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis seberapa baik kinerja Heat Exchanger pada boiler yaitu CFD (*Computational Fluid Dynamics*). CFD adalah proses pemodelan matematis fenomena fisika yang melibatkan aliran fluida dan menyelesaikannya secara numerik menggunakan kecakapan komputasi. Simulator CFD, dibandingkan dengan pembuatan prototipe dengan pengujian, memiliki keuntungan sebagai berikut.

1. Lebih murah untuk mengoperasikannya.
2. Lebih cepat selesai prosesnya.
3. Mampu menghadapi pengujian yang sulit.
4. Memberikan pemahaman menyeluruh tentang fisika yang terlibat
5. Memfasilitasi evaluasi berbagai desain dan kondisi dengan mudah.

Oleh karena itu judul pada tugas akhir ini mengenai “Simulasi CFD Pengaruh High Reynold Number Terhadap Performa Boiler Heat Exchanger”.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir

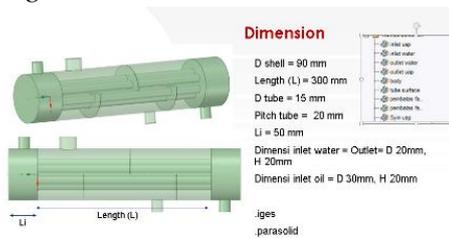


Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menunjang dalam proses pembuatan tugas akhir dengan mencari materi dan informasi mengenai penelitian yang akan dilakukan dan memudahkan dalam menentukan proses yang akan dilakukan selama penelitian. Studi literatur didapat dari jurnal-jurnal serta buku-buku.

Pembuatan Geometri

Setelah proses studi literatur dilakukan dan di dapat informasi serta materi-materi. Dilanjutkan pada tahapan pembuatan geometri dari *heat exchanger* menggunakan aplikasi ANSYS 2022 R2 (*Space Claim*). Dimensi *heat exchanger* didapat setelah melakukan bimbingan serta diskusi dengan dosen pembimbing mengenai kasus yang akan dikerjakan, berikut ukuran dari *heat exchanger*.



Gambar 1 Dimensi dari *Heat Exchanger*

Meshing

Proses *meshing* adalah tahapan pada proses *computational fluid dynamics*. Proses ini akan membuat geometri dari *heat exchanger* menjadi bagian-bagian kecil atau elemen hingga, sehingga dapat di kerjakan pada perhitungan matematis. Proses *meshing* akan dilakukan menggunakan settingan *default* dari *ansys* dengan menggunakan metode atau pola *polyhexcore*, kualitas dari *meshing* di ukur menggunakan nilai dari *skewness*. *Skewness* adalah salah satu ukuran kualitas utama untuk *mesh*. Berikut tabel *Skewness*

Tabel 1 *Skewness Ranges and Cell Quality*

SKWNESS	CELL QUALITY
1	<i>Degenerate</i>
0.9-<1	<i>Bad</i>
0.75-0.9	<i>Poor</i>
0.5-0.75	<i>Fair</i>
0.25-0.5	<i>Good</i>
>0-0.25	<i>Excellent</i>
0	<i>Equilateral</i>

```

Diagnostics Scope : 1 Objects, 15 Face Zones, 2 Cell Zones
Objects           : (geom)|
-----
Surface Diagnostics :
Total Number of Faces      = 32281
Maximum Skewness          = 0.3252
Maximum Aspect Ratio      = 17.16
Number of Free Faces      = 0
Number of Multi Faces     = 0
Number of Self Intersections = 0
Number of Self Proximity  = 0
Number of Point Contacts  = 0
Number of Invalid Normals = 0
-----
Volume Diagnostics :
Total Number of Cells     = 138108
Minimum Orthogonal Quality = 0.2019
Maximum Aspect Ratio      = 11.34
    
```

Gambar 2 *Report Diagnostic* dari Hasil *Meshing*

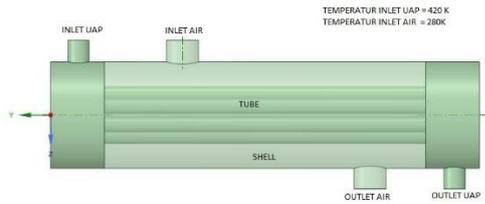
Dari Tabel 1 di atas dapat di simpulkan bahwa proses *meshing* yang di lakukan dengan settingan *default* dan pola *polyhexcore*, sudah baik karena nilai *skewness* yang didapat 0.3252. hal ini menandakan bahwa hasil *meshing* sudah bagus dan dapat melanjutkan pada tahapan *setup*

Boundary Condition

Boundary condition adalah kondisi yang dibuat dari batasan sebuah control volume tersebut. Dalam analisa menggunakan metode CFD menggunakan software ANSYS FLUENT seluruh titik dalam control volume tersebut dicari nilainya secara detail, dengan memanfaatkan nilai nilai yang telah diketahui pada *boundary conditions*.

Boundary conditions pada simulasi ini terdiri dari dua macam, yaitu *inlet* dan *outlet*. *Inlet* didefinisikan sebagai tempat dimana fluida memasuki *domain (control volume)* yang ditentukan. kondisi pada inlet didefinisikan mulai dari kecepatan, komposisi, temperatur, tekanan, laju aliran. Sedangkan pada outlet biasanya didefinisikan sebagai kondisi dimana fluida tersebut keluar dari *domain* atau dalam suatu aplikasi CFD merupakan nilai yang didapat dari semua variabel yang didefinisikan dan diextrapolasi pada titik atau sel sebelumnya.

Setelah semua kondisi terdefiniskan maka seluruh variabel yang diketahui dimasukan ke dalam persamaan dan diselesaikan menggunakan operasi numerik. ketika iterasi dimulai maka seluruh persamaan konservasi yang didefinisikan diselesaikan secara bersamaan secara parallel. Disinilah peran compute atau *software* yang sebenarnya.



Gambar 3 Boundary Condition

Penelitian ini memiliki variable yaitu pengaruh *reynold number* terhadap performa *heat exchanger*. Dengan bilangan *reynold* nya 1000, 2000 dan 4000. Untuk memasukkan bilangan *reynold* ini pada proses simulasi maka harus di rubah terlebih dahulu menjadi *velocity*. Karena nilai *velocity* lah yang akan di masukkan pada proses simulasi.

Perhitungan menggunakan rumus pada persamaan :

$$Re = \frac{V d}{\mu}$$

- V : ? (m/s)
- d : 0.02 (m)
- μ uap : $2,03 \times 10^{-7}$ (m²/s)
- μ water : $1,43 \times 10^{-6}$ (m²/s)
- Re : 11.000, 12000, dan 20.000
- T uap : 420 k
- T water : 280 k

$$Re = 11.000$$

$$V = \frac{Re \cdot \mu}{d}$$

$$Vuap1 = \frac{11.000 \cdot 2,03 \times 10^{-7}}{0.02}$$

$$Vwater1 = \frac{11.000 \cdot 1,43 \times 10^{-6}}{0.02}$$

$$Vuap1 = 0.1746 \text{ (m/s)}$$

$$Vwater1 = 0.7909 \text{ (m/s)}$$

$$Re = 12.000$$

$$V = \frac{Re \cdot \mu}{d}$$

$$Vuap2 = \frac{12.000 \cdot 2,03 \times 10^{-7}}{0.02}$$

$$Vwater2 = \frac{12.000 \cdot 1,43 \times 10^{-6}}{0.02}$$

$$Vuap2 = 0.1218 \text{ (m/s)}$$

$$Vwater2 = 0.8628 \text{ (m/s)}$$

$$Re = 20.000$$

$$V = \frac{Re \cdot \mu}{d}$$

$$Vuap3 = \frac{20.000 \cdot 2,03 \times 10^{-7}}{0.02}$$

$$Vwater3 = \frac{20.000 \cdot 1,43 \times 10^{-6}}{0.02}$$

$$Vuap3 = 0.203 \text{ (m/s)}$$

$$Vwater3 = 1.438 \text{ (m/s)}$$

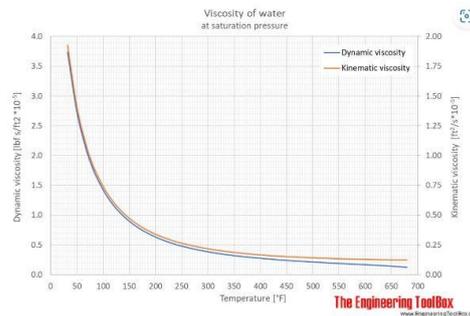
Tabel 2 Reynold Number x Velocity

Reynold Number	kecepatan rata-rata fluida/ velocity	
11.000	Uap	0.1746(m/s)
	Water	0.7909(m/s)
12.000	Uap	0.1218(m/s)
	Water	0.8628(m/s)
20.000	Uap	0.203(m/s)
	Water	1.438(m/s)

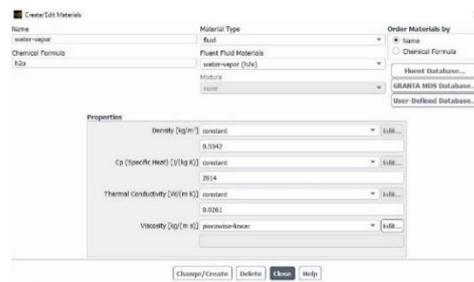
Setup

Tahapan ini ada adalah tahapan untuk mempersiapkan software ANSYS sebelum melakukan simulasi, pada tahapan ini proses untuk menginput semua *boundary condition* yang sudah di hitung sebelum nya. Dan juga mengasumsikan apa yang di simulasikan mendekati dengan kondisi sebenarnya.

Simulasi ini menggunakan 2 jenis material yaitu *water vapor* (uap) dan *water liquid* (air). Pada inputan material *ansys* ada beberapa data seperti densitas, viskositas dan lain lain. Data ini menggunakan data bawaan dari *software ansys*, tetapi jika ada data dari beberapa referensi data tersebut dapat diubah sesuai data yang ada.

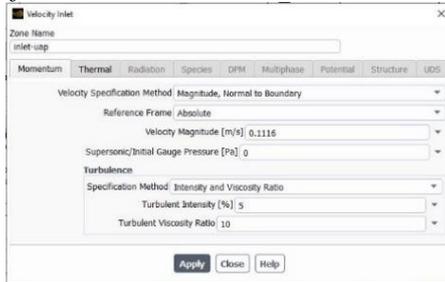


Gambar 4 Grafik Viskositas dari Air



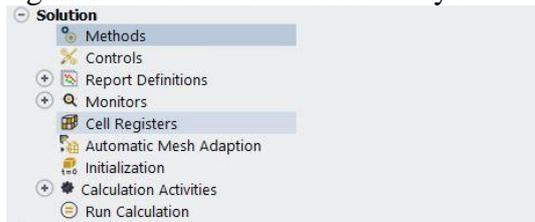
Gambar 5 Data Material

Parameter yang telah di tentukan dan di hitung untuk *boundary condition* seperti temperatur dan *velocity* akan di masukkan pada menu *boundary condition* yang ada pada *ansys fluent*.



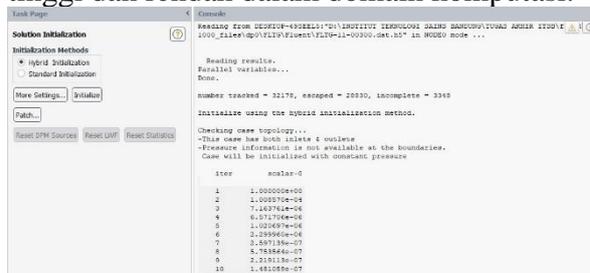
Gambar 6 Parameter Input Velocity dan Temperatur

Selanjutnya pada menu *solution*, penelitian ini menggunakan aturan *default* dari *ansys fluent*, settingan *default* *ansys* sudah dapat mewakili dan menghasilkan hasil yang mendekati dari hasil sebenarnya.



Gambar 7 Menu Solution pada ANSYS Fluent

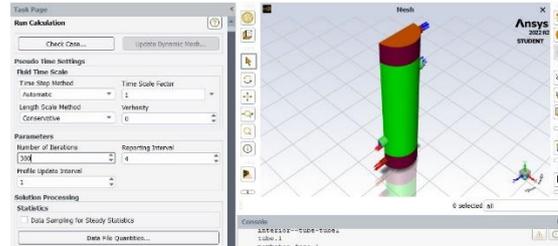
Menu *Initialization* pada ANSYS *Fluent* adalah perhitungan awal sebelum memulai simulasi yang bertujuan untuk membantu mempermudah simulasi dan mendapatkan hasil simulasi yang lebih akurat. *Initialization* menggunakan metode interpolasi batas yang dapat menghasilkan medan kecepatan sesuai dengan geometri domain kompleks, dan bidang tekanan yang dengan mudah menghubungkan nilai tekanan tinggi dan rendah dalam domain komputasi.



Gambar 8 Proses Initialization Selesai

Setelah inialisasi berhasil, masukkan jumlah iterasi pada menu *Calculation*

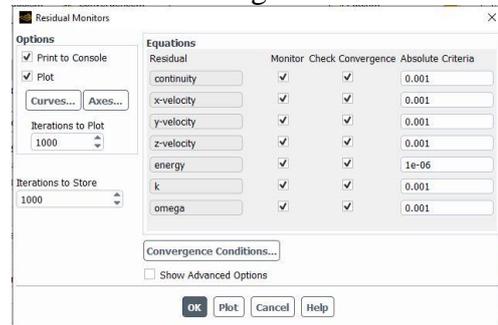
Activities. Atur jumlah iterasi yang ingin dilakukan pada bagian *Run Calculation*. Pada simulasi *Heat Exchange*, jumlah iterasi ditetapkan sebanyak 300 kali. Iterasi akan menampilkan grafik residu yang berfungsi untuk melakukan monitor nilai konvergen. Lama proses iterasi bergantung dengan jumlah iterasi dan perangkat yang digunakan pada saat simulasi.



Gambar 9 Tampilan Menu Run Calculation

Nilai Konvergen

Nilai konvergen adalah parameter perhitungan keadaan suatu simulasi yang hasil perhitungannya memiliki wujud fisik sama pada kondisi alamnya atau mendekati kondisi sebenarnya.. Semakin kecil nilai konvergen maka semakin mendekati bentuk alamnya. Nilai konvergen pada momentum turbulen sebesar 10^{-3} dan energi sebesar 10^{-6} .



Gambar 10 Nilai Settingan Konvergen pada Simulasi Ini

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Validasi

Setiap simulasi menggunakan software harus melakukan validasi baik dengan jurnal pembanding atau menggunakan software itu sendiri, ANSYS fluent menyediakan cara untuk memvalidasi hasil simulasi salah satu nya dengan melihat aliran yang masuk dan keluar apakah jumlahnya sama dan melihat rata rata akhirnya harus mendekati 0. Berikut merupakan data validasi untuk setiap simulasi yang telah di jalankan.

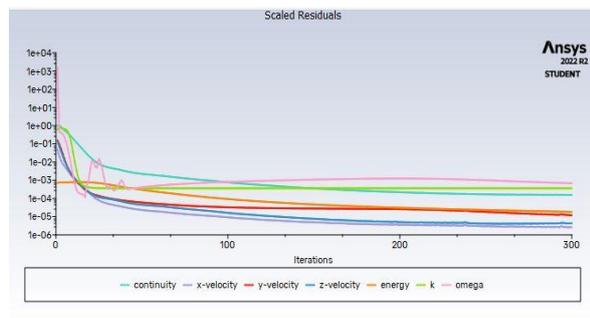
RE 11.000	
Mass Flow Rate	[kg/s]
inlet-uap	9.3240433e-06
inlet-water	0.26816458
outlet-uap	-9.335482e-06
outlet-water	-0.26816192
Net	2.6343905e-06

RE 12.000	
Mass Flow Rate	[kg/s]
inlet-uap	1.0176241e-05
inlet-water	0.29254317
outlet-uap	-1.0190693e-05
outlet-water	-0.29254043
Net	2.7349283e-06

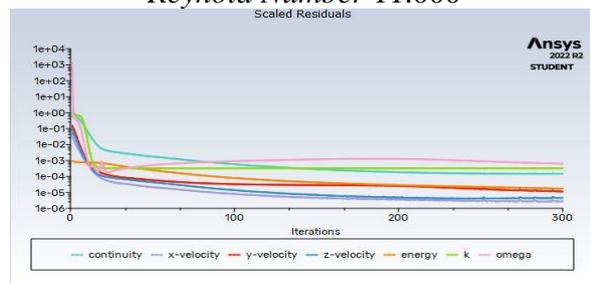
RE 20.000	
Mass Flow Rate	[kg/s]
inlet-uap	1.6960401e-05
inlet-water	0.48757195
outlet-uap	-1.6985625e-05
outlet-water	-0.48756886
Net	3.068164e-06

Grafik Residual

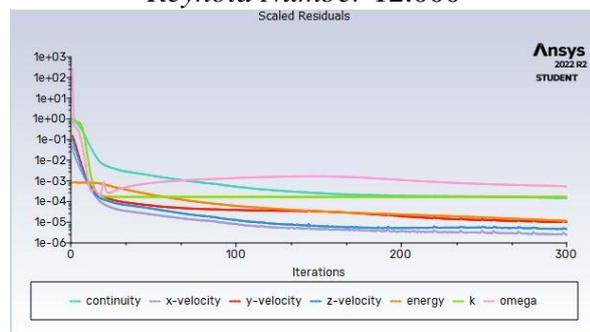
Nilai konvergen sangat mempengaruhi sebuah keberhasilan simulasi, untuk memonitoring nilai konvergen dapat di pantau melalalui grafik residual dari hasil simulasi. Pada saat proses iterasi selesai, jumlah sisa untuk setiap variabel yang di konservasi dihitung dan disimpan, dengan demikian mencatat proses konvergensi. Pada simulasi dengan presisi yang tak terbatas, residu ini akan menjadi nol saat solusinya menyatu. aktualnya, residu meluruh menjadi beberapa nilai kecil ("pembulatan") dan kemudian berhenti berubah ("level out"). Untuk perhitungan presisi tunggal (*default* untuk *workstation* dan sebagian besar komputer), residu dapat turun sebanyak enam kali lipat sebelum mencapai pembulatan. Residu presisi ganda dapat turun hingga dua belas kali lipat sampai menemukan nilai



Gambar 11 Grafik Residual dengan Variable Reynold Number 11.000



Gambar 12 Grafik Residual dengan Variable Reynold Number 12.000



Gambar 13 Grafik Residual dengan Variable Reynold Number 20.000

Dari gambar 11, 12 dan 13 grafik residual pada simulasi heat exchanger mengalami penurunan menuju konvergen, dan menunjukkan nilai monetum mendekati $1e-03$, ini berarti simulasi yang dilakukan memperoleh hasil yang sudah baik, walaupun pada grafik energi dan omega masih blum mendekati nilai $1e-06$, hal ini terjadi karena beberapa faktor seperti proses meshing yang kurang halus dan properti dari fluida yang kurang presisi.

Analisa Hasil Simulasi

Hasil Simulasi pada software ANSYS *Fluent* akan muncul pada menu *result*, pada menu ini banyak metode untuk melihat hasil simulasi seperti grafik, plot DLL, penelitian ini akan fokus pada grafik sebagai acuan melihat analisis, menu grafik akan menampilkan beberapa tampilan seperti, *mesh*, *countors*, dan *pathline*. Penelitian ini

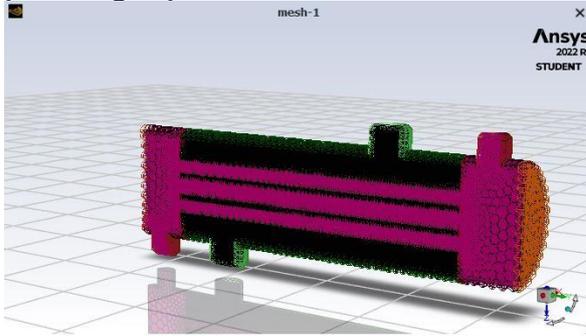
melakukan simulasi sebanyak 3 kali dengan 3 variable reynold number yang berbeda yaitu 11.000, 12.000 dan 20.000 serta menggunakan parameter yang sama di setiap simulasinya.

Tabel 3 Data yang Digunakan pada Simulasi

Reynold Number	Velocity		Temperatur inlet	
	Uap	Water	Uap	Water
11000	0.1160 m/s	0.7909 m/s	420 k	280 k
12000	0.1218 m/s	0.8620 m/s	420 k	280 k
20000	0.2030 m/s	1.438 m/s	420 k	280 k

Mesh

Setelah melakukan simulasi, ANSYS fluent akan menampilkan tampilan mesh setelah dilakukannya simulasi, tampilan ini berfungsi untuk melihat kembali bagian bagian yang telah di bagi menjadi bagian bagian kecil, sehingga memudahkan proses perhitungan pada simulasi ANSYS *Fluent*.



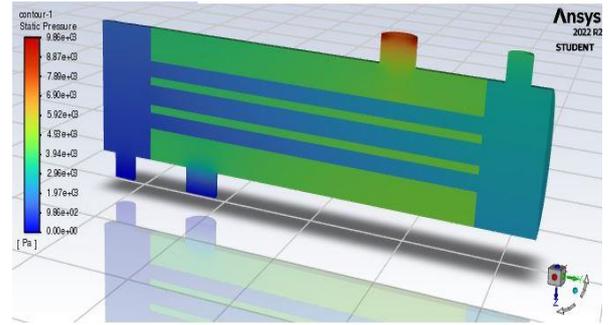
Gambar 14 Hasil *Mesh* Setelah Simulasi

Pada hasil mesh setelah dilakukan 3 kali percobaan simulasi tidak terjadi perubahan di setiap variabelnya ini di karenakan menggunakan parameter yang sama dan pada hasil *mesh* tidak terdapat grafik pergerakan hanya menampilkan pembagian geometri menjadi node-node kecil.

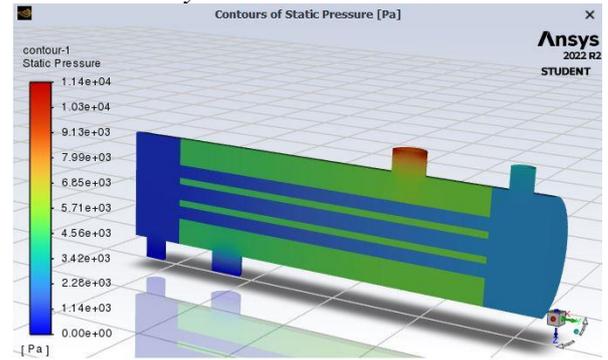
Contours

Hasil *contours* akan menampilkan bagian bagian yang akan berubah warna pada geometri, yang menandakan ada perubahan yang terjadi. pada penelitian ini akan menampilkan 2 *contour* dari 3 *variable* yaitu *contour pressure* dan temperature.

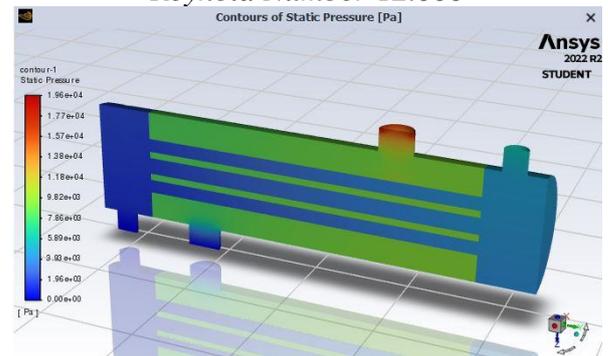
Pressure



Gambar 15 *Contour* dari *Pressure* dengan *Reynold Number* 11.000



Gambar 16 *Contour* dari *Pressure* dengan *Reynold Number* 12.000

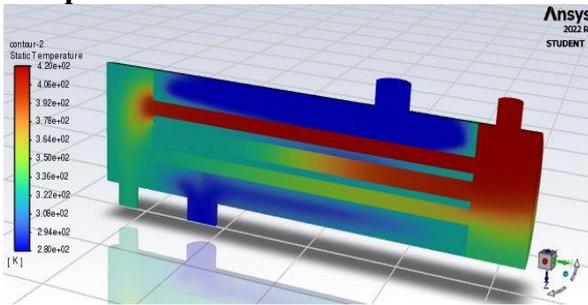


Gambar 17 *Contour* dari *Pressure* dengan *Reynold Number* 20.000

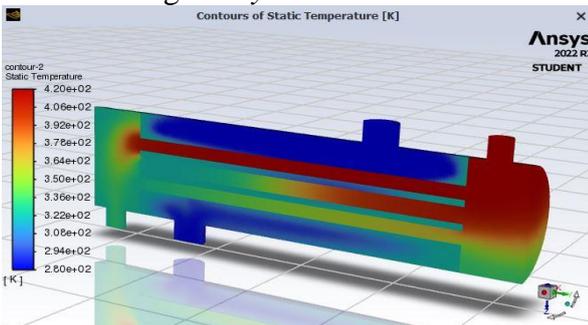
dari *contour pressure*, terlihat ada *pressure* yang lumayan besar pada area inlet water, ini di tandai dengan adanya perbedaan warna, warna terlihat mengarah ke warna merah menandakan adanya tekanan yang yang terjadi lumayan besar. Nilai maximal *pressure* yang terjadi berkisar $9.87e+3$ Pa sampai $1.96e+4$ pada bagian inlet water hal ini terjadi di karenakan fluida yang akan masuk pada inlet masih terdapat sisa *pressure* yang di dapat pada proses sebelum nya serta pengaruh dari ukuran diameter inlet. dan *pressure* terendah terjadi di area outlet uap. dan pada bagian sisi yang yang berada pada shell berwarna hijau sedikit kuning menandakan adanya *pressure* tetapi dalam jumlah yang tidak besar. Hasil ini

Ini berlaku pada semua variable yang di simulasikan.

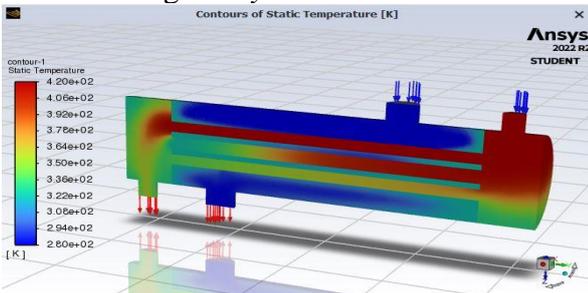
Temperatur



Gambar 18 Contour dari Temperature dengan Reynolds Number 11.000



Gambar 19 Contour dari Temperature dengan Reynolds Number 12.000

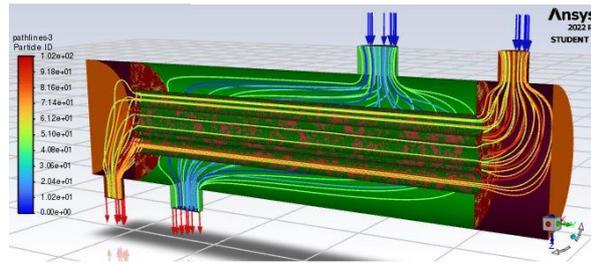


Gambar 20 Contour dari Temperature dengan Reynolds Number 20.000

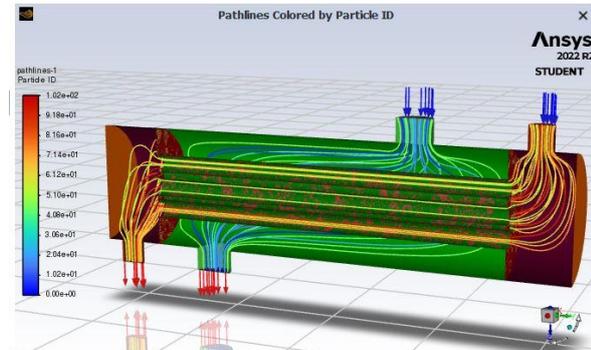
dari contour temperatur, pada bagian tube terjadi perubahan yang signifikan dimana uap panas yang masuk secara tidak langsung perlahan berubah atau temperatur uap menurun ketika mendekati area outlet, ini menandakan telah terjadi perpindahan panas, pada bagian shell terlihat sedikit perubahan warna yang tidak terlalu mencolok. Ini menandakan panas dari uap tidak terserap dengan baik oleh water yang ada pada tube.

Pathline

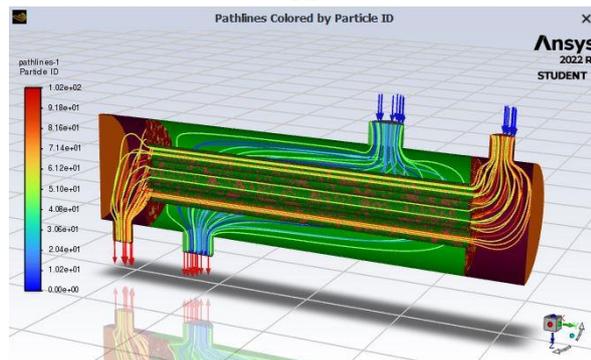
Pathline adalah jalur aktual yang dilalui oleh partikel fluida pada periode waktu tertentu. Pada Pathline dapat menampilkan arah aliran serta *pressure* dan temperatur yang terjadi pada fluida pada saat proses simulasi.



Gambar 21 Pathline dengan Reynolds Number 11.000



Gambar 22 Pathline dengan Reynolds Number 12.000



Gambar 23 Pathline dengan Reynolds Number 20.000

Hasil dari pathline pada 3 variable dapat di lihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan, dari hasil pathline dapat dilihat bahwa aliran fluida yang terjadi pada heat exchanger yang mana dari inlet menuju outlet tidak bercampur sehingga tidak terkontaminasi antar fluida.

Report Definition

Pada *report definition* data yang dapat di hasilkan dari menu ini adalah bagaimana temperatur (K) dan *pressure* (Pa) yang terjadi pada simulasi dalam bentuk nominal angka.

Tabel 4 Data Temperatur dari Simulasi

Reynold Number	Temperatur Inlet		Temperatur Outlet		Perpindahan Panas	
	Uap Inlet	Water Inlet	Uap Outlet	Water Outlet	Uap	Water
11000	420	280	337,66415	280,87445	-82,33585	0,8744
12000	420	280	332,77261	280,82590	-87,22739	0,8259
20000	420	280	354,64157	280,52505	-65,35843	0,5250

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan temperatur water dan terjadi penurunan temperatur pada uap, hal ini menanda bahwa telah terjadi perpindahan panas antara uap dan water, meningkatkan maupun penurunan temperatur yang terjadi tidak berjalan optimal. hal ini terjadi karena kontak antara uap dan water yang terjadi pada bagian shell dan tube tidak berlangsung lama yang di sebabkan dari aliran turbulen yang terjadi begitu cepat.

Tabel 5 Data *Pressure* dari Simulasi

Reynold Number	Pressure Inlet		Pressure Outlet	
	Uap	Water	Uap	Water
11000	2207.6619 Pa	8319.623 Pa	0	0
12000	3202.5115 Pa	9344.7861 Pa	0	0
20000	5992.8945 Pa	16111.716 Pa	0	0

Tabel 5 menunjukkan pada area inlet terjadi peningkatan *pressure*. hal ini di sebabkan laju aliran yang besar (turbulen) membuat fluida termampatkan untuk menunggu keluar pada outlet sehingga tekanan menjadi meningkat. Sedangkan pada area outlet tidak terjadi atau tidak tekanan ini di sebabkan karena tidak adanya hambatan lagi yang dapat menimbulkan tekanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi *heat exchanger* yang telah di lakukan menggunakan software ANSYS *fluent* dengan variasi bilangan *reynold* maka dapat disimpulkan:

1. Pengaruh *reynold number* terhadap temperatur adalah semakin besar nilai *reynold number* maka semakin kecil kenaikan dan penurunan suhu yang terjadi. Hal Di tunjukkan pada RE 11.000 penurunan suhu uap -82,33 K dan kenaikan suhu *water* 0,87 K, RE 12.000 penurunan suhu uap -87,22 K dan kenaikan suhu *water* 0,82 K dan RE 20.000 penurunan suhu uap -65,35 K dan kenaikan suhu *water* 0,52 K
2. *Pressure drop* yang terjadi bertolak belakang dengan *reynold number* yaitu semakin besar *reynold number* maka semakin kecil penurunan *pressure* yang terjadi. Hal Di tunjukkan pada RE 11.000 *pressure* uap 2207.66 Pa dan *pressure water* 8319.62 Pa, RE 12.000 *pressure* uap 3202.51 Pa dan *pressure water*

9344.78 Pa, dan RE 20.000 *pressure* uap 5992.89 Pa dan *pressure water* 16111.71 Pa.

Perpindahan panas yang terjadi pada *heat exchanger* kurang efektif jika *reynold number* nya semakin besar. Ini di tunjukkan dengan penurunan suhu uap terbesar -82,33 K dan kenaikan suhu air terbesar 0.87 K. perpindahan panas ini terjadi pada *reynold number* dengan variasi terkecil yaitu 11.000.

Saran

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis, adapun saran untuk pengembangan dari fokus penelitian adalah:

1. Untuk selanjutnya pada properti fluida harus menumukan sumber sumber yang lebih baik dan bagus, untuk pendapat properti fluida yang lebih presisi
2. Untuk proses meshing harus lebih di haluskan agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal

Untuk simulasi selanjutnya sebaiknya mengikutsertakan variable-variable dari *tube* seperti dimensi *tube* atau susunan dari *tube*, karena *tube* sangat berpengaruh dalam menilai performa dari *heat exchanger*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anslys Inc. 2013. *Anslys Fluent Theory Guide*. United States of America: Anslys Inc.
- Fox, Robert W., McDonald, Alan T and Pritchard Philip J. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics* 6th edition. United States of America: John Willey & Sons Inc.
- Rosyid, Abdur. 2020. *Mechanical Engineering "Sedikit Hal Terkait Mesin dan Mekanika"*. <https://mechanicals.wordpress.com>. 17 Januari 2023.
- Khotimah, Chusnul. 2016. *Analisis Variasi Susunan Pipa pada Desain Economizer dengan menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)* [Tugas Akhir]. Surabaya: Department of Engineering Physics, Faculty of Industrial Technology, Sepuluh Nopember Institute of Technology.
- Othman, Khairun Hasmadi. 2009. *CFD Simulation of Heat Transfer in Shell and Tube Heat Exchanger* [Tesis]. Pahang: Faculty of Chemical and Natural

Resources Engineering, Universiti
Malaysia Pahang.

- Pamuk, Mehmet Turgay. 2020. CFD Simulation of a Shell and Tube Heat Exchanger. *6th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering*. Virtual Conference, August 2020.
- Rehman, Usman Ur. 2011. Heat Transfer Optimization of Shell-and-Tube Heat Exchanger through CFD Studies [Tesis]. Goteborg: Department of Chemical and Biological Engineering, Division of Chemical Engineering, Chalmers University of Technology.
- Tu, Jiyuan., Yeoh, Guan-Heng and Liu, Chaoqun. 2008. Computational Fluid Dynamics “A Practical Approach”. Oxford: Butterworth – Heinemann.
- Versteeg, H.K., and Malalaskera, W. 2006. An Introduction to Computational Fluid Dynamic “The Finite Volume Method” Second Edition. London: Pearson Education.
- White F. M. 2011. *Fluid Mechanics*, 4th edition. New York: McGraw-Hill.