ANALISIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)* TERHADAP PROFIL TEMPERATUR UNTUK KONDENSASI *STEAM* ARAH *CIRCUMFERENTIAL* PADA PIPA KONSENTRIK HORISONTAL DENGAN ALIRAN PENDINGINAN SEARAH DI DALAM RUANG ANULAR

Immawan Wahyudi Ahyar

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Email : immawan.wa@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi komputasi dinamika fluida untuk profil temperatur kondensasi uap air pada posisi *circumferential* di dalam pipa konsentrik horisontal dengan pendinginan searah pada ruang anular serta membandingkan hasil simulasi dengan hasil penelitian berbasis eksperimental dengan kasus yang sama yang dilakukan oleh Sukamta dkk (2015).

Penelitian ini menggunakan aplikasi *Computational Fluid Dynamic (CFD) Ansys Fluent 15*. Geometri dalam penelitian ini adalah sebuah pipa konsentrik dengan bagian dalam dari bahan tembaga (d_1 = 17,2 mm, d_2 = 19 mm), dan bagian luar dari bahan besi galvanis (d_1 = 108,3 mm, d_2 = 114,3 mm), dan panjang pipa konsentrik 1,6 m. Penelitian dilakukan pada tekanan statis P_{st} = 108,825 kPa, $\dot{m}_{co,i}$ = 4,23 x 10^{-1} kg/s dan variasi laju aliran massa *steam* $\dot{m}_{st}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s, $\dot{m}_{st}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s, dan $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s.

Hasil penelitian berbasis *modeling* ini menunjukkan bahwa besar variasi laju aliran massa yang diberikan mempengaruhi pola penurunan temperatur uap air di dalam pipa. Penurunan temperatur tertinggi terjadi pada variasi $\dot{m}_{st}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s dan terendah pada variasi $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s. Penurunan temperatur uap air ini berdampak pada terjadinya fenomena kondensasi yang mempengaruhi pola aliran di dalam pipa. Akibatnya terjadi ketidakstabilan aliran fluida di dalam sistem sehingga pola aliran cenderung bergelombang

Kata kunci: aliran fluida, aliran uap, kondensasi, aliran gelombang, profil temperatur, komputasi dinamika fluida.

1. Pendahuluan

Aliran fluida merupakan fenomena yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi dari ilmu mekanika fluida ini memiliki peran penting dalam bidang industri, pertanian, kedokteran, dan lain sebagainya. Dalam bidang industri misalnya, ilmu mekanika fluida berperan penting dalam perancangan sebuah sistem perpipaan.

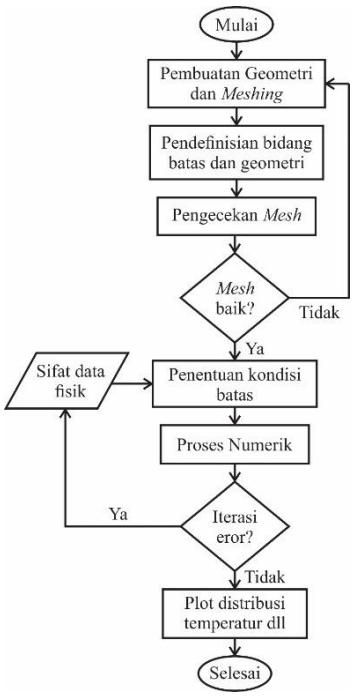
Setiap aliran fluida berpotensi terjadinya sebuah fenomena *water hammer* yang disebabkan oleh berbagai macam hal. Dalam proses perancangan sistem perpipaan diperlukan perhitungan yang tepat guna menghindari kemungkinan buruk seperti halnya fenomena *water hammer* ini.

Dewasa ini, terdapat metode berbasis sistem komputer yang mampu melakukan suatu analisa terhadap fenomena aliran fluida. Sehingga kemungkinan buruk yang terjadi dalam suatu sistem perpipaan seperti halnya fenomena *water hammer* dapat dihindari karena sebelum sistem perpipaan dirancang dapat disimulasikan terlebih dahulu sehingga pola yang nantinya akan terjadi dalam sistem tersebut dapat diketahui.

Computational Fluid Dynamic (CFD) sangat cocok digunakan untuk melakukan analisa terhadap sebuah sistem yang rumit dan sulit dipecahkan dengan perhitungan manual. Dengan kelebihannya tersebut CFD sering digunakan untuk melakukan analisa terhadap suatu pola sebuah sistem. Adapun *software* CFD yang sering digunakan adalah FLUENT®, Comsol, dll.

Dalam penelitian ini dilakukan analisa terhadap suatu proses aliran fluida dengan pendinginan searah pada pipa konsentrik horisontal menggunakan aplikasi CFD Ansys FLUENT® 15 guna mengetahui pola aliran serta profil temperatur dalam sistem tersebut.

2. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir proses simulasi menggunakan Ansys FLUENT® 15.

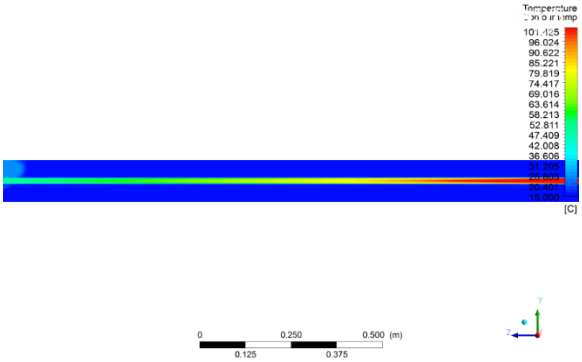
Proses penelitian berbasis *modeling* menggunakan aplikasi CFD Ansys Fluent 15 ini pada dasarnya dibagi menjadi 3 tahapan : *Pre-Processing*, *Processing*, dan *Post-Processing*. *Pre-Processing* meliputi pembuatan geometri dan *meshing*, pengidentifikasian batas pada geometri, pengecekan *mesh*. *Processing* meliputi penentuan kondisi batas, proses numerik, dan iterasi. Dan *Post-Processing* meliputi plot distribusi tekanan dan temperatur, dll.

Pada penelitian ini geometri yang digunakan adalah sebuah pipa anulus dengan panjang 1,6 m. Pipa dalam berbahan tembaga (d_1 = 17,2 mm, d_2 = 19 mm), sedangkan pipa luar berbahan besi galvanis (d_1 = 108,3 mm, d_2 = 114,3 mm).

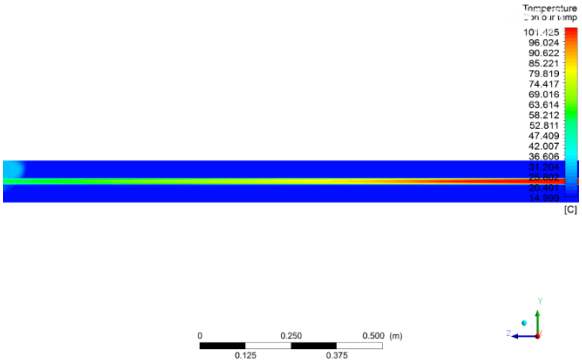
Simulasi dilakukan dengan tekanan statis *steam* P_{st} = 108,825 kPa, $\dot{m}_{co,i}$ = 4,23 x 10^{-1} kg/s, dan variasi laju aliran massa *steam* $\dot{m}_{st,i}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s, $\dot{m}_{st,i}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s, dan $\dot{m}_{st,i}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s.

Steam mengalir pada pipa bagian dalam dan didinginkan oleh air pendingin yang berada pada pipa bagian luar.

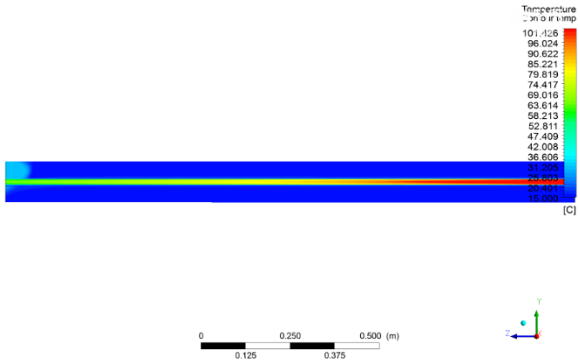
3. Hasil dan Pembahasan



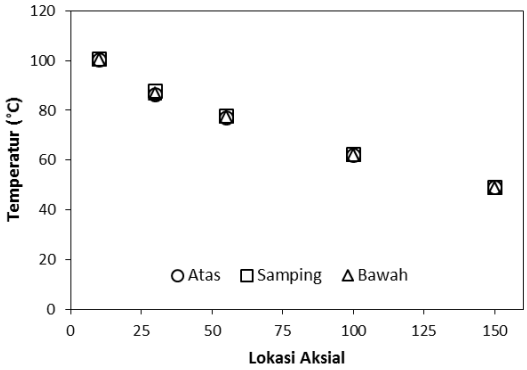
Gambar 2. Profil temperatur dengan variasi $\dot{m}_{st,i}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s.



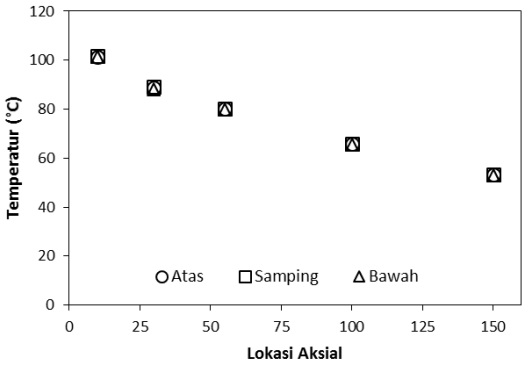
Gambar 3. Profil temperatur dengan variasi $\dot{m}_{st,i}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s.



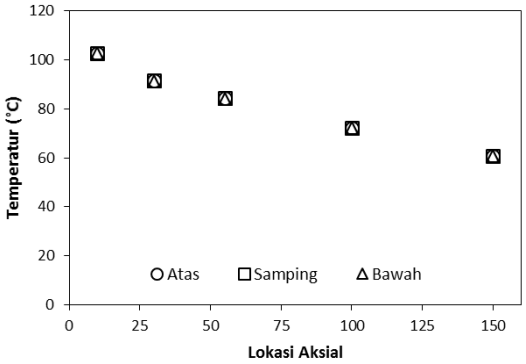
Gambar 4. Profil temperatur dengan variasi $\dot{m}_{st,i}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s.



Gambar 5. Grafik profil temperatur dengan $\dot{m}_{st}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s.



Gambar 6. Grafik profil temperatur dengan $\dot{m}_{st}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s.



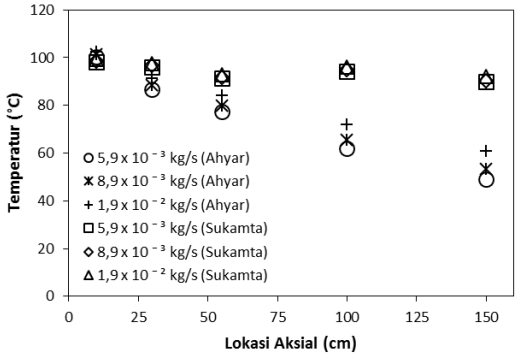
Gambar 7. Grafik profil temperatur dengan $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s.

Gambar 5, 6, dan 7 menunjukkan bahwa variasi laju aliran massa uap air yang diberikan dalam penelitian ini memiliki kecenderungan pola penurunan temperatur

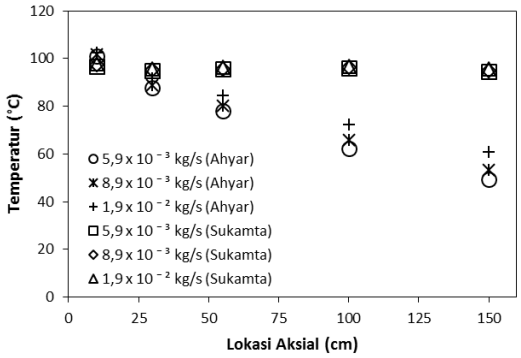
yang sama. Selisih dari variasi yang diberikan tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan terhadap hasil yang diperoleh. Tetapi dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa besar laju aliran massa uap air berbanding terbalik dengan besar penurunan temperatur yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dari hasil yang ditunjukkan oleh variasi $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s yang memiliki temperatur lebih tinggi dibanding dengan variasi lainnya.

Fenomena kondensasi di dalam pipa terjadi pada titik awal dekat sisi inlet. Untuk variasi $\dot{m}_{st}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s terjadi diantara titik 10 dan 30 cm dari sisi inlet, sedangkan untuk variasi $\dot{m}_{st}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s dan $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s terjadi diantara titik 30 dan 55 cm dari inlet.

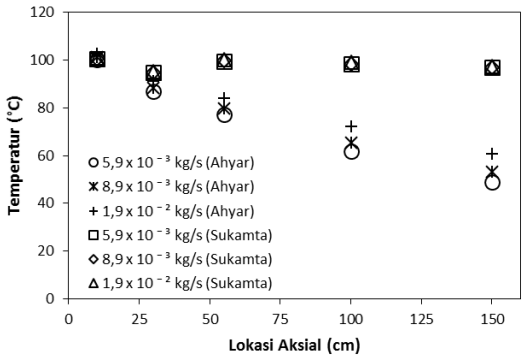
Hasil penelitian berbasis *modeling* ini memiliki kecenderungan yang berbeda dibanding dengan penelitian berbasis eksperimental untuk kasus yang sama yang dilakukan oleh Sukamta dkk (2015). Hasil penelitian berbasis eksperimental menunjukkan bahwa penurunan temperatur yang terjadi di dalam sistem cenderung sangat kecil. Sehingga temperatur pada sisi pipa mendekati outlet cenderung masih relatif tinggi yang menunjukkan fasa uap air masih mendominasi aliran. Perbandingan hasil penelitian berbasis eksperimental dan *modeling* secara statistik ditunjukkan pada Gambar 8, 9, dan 10.



Gambar 8. Grafik profil temperatur pada posisi atas di dalam pipa konsentrik.



Gambar 9. Grafik profil temperatur pada posisi samping di dalam pipa konsentrik.



Gambar 10. Grafik profil temperatur pada posisi bawah di dalam pipa konsentrik.

Hasil penelitian berbasis *modeling* adalah hasil ideal yang memungkinkan untuk terjadi. Hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk menganalisis kondisi suatu sistem perpindahan kalor. Hasil penelitian berbasis eksperimental menunjukkan keadaan uap air di dalam pipa yang masih cenderung bertemperatur tinggi. Hal ini dikarenakan proses perpindahan kalor yang terjadi kurang maksimal. Sehingga perlu adanya evaluasi pada kondisi yang mempengaruhi sistem seperti faktor lingkungan, kondisi batas sistem, dan sebagainya.

4. Kesimpulan

1. Pola penurunan temperatur pada ketiga variasi memiliki kecenderungan yang sama. Besar laju aliran massa uap air

berbanding terbalik dengan besar penurunan temperatur yang terjadi.

2. Fenomena kondensasi di dalam pipa terjadi pada titik awal dekat sisi inlet. Untuk variasi $\dot{m}_{st}$ = 5,9 x 10^{-3} kg/s terjadi diantara titik 10 dan 30 cm dari sisi inlet, sedangkan untuk variasi $\dot{m}_{st}$ = 8,9 x 10^{-3} kg/s dan $\dot{m}_{st}$ = 1,9 x 10^{-2} kg/s terjadi diantara titik 30 dan 55 cm dari inlet.
3. Fenomena kondensasi mempengaruhi pola aliran di dalam pipa. Akibatnya terjadi ketidakstabilan aliran fluida di dalam sistem sehingga pola aliran cenderung bergelombang.
4. Terdapat perbedaan pola distribusi temperatur antara penelitian berbasis eksperimental yang dilakukan oleh Sukamta dkk (2015), dengan penelitian berbasis *modeling*. Pola penurunan temperatur pada penelitian berbasis eksperimental cenderung lebih kecil dibanding dengan hasil simulasi. Hal ini terjadi karena dalam penelitian berbasis eksperimental terdapat faktor lingkungan seperti kondisi udara luar yang mempengaruhi yang dalam penelitian berbasis *modeling* hal tersebut bukan merupakan parameter kondisi batas yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Afolabi. Eyitayo. A, dan Lee. J. G. M. 2013. *CFD Simulation of a Single Phase Flow in a Pipe Separator Using Reynolds Stress Method*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol 8, No 7, July 2013.

Akhtari. M, Haghshenasfard. M, dan, Talaie. MR. 2013. *Numerical and Experimental Investigation of Heat Transfer of* α-Al_2O_3 / *Water Nanofluid in Double Pipe and Shell and Tube Heat Exchanger*. Taylor & Francis Group, LLC.

Ansys Fluent User's Guide. 2013. Ansys, Inc. USA.

Behera, Siddharta Shankar. 2013. *CFD Analysis of Heat Transfer in a Helical Coil Heat Exchanger Using Fluent.* Departement of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Rourkela.

Bhanuchandrarao, B. 2013. *CFD Analysis And* Performance *of Parallel And Counter Flow In Concentric Tube Heat Exchangers.* International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 11, November 2013.

Cengel, Yunus A., dan Cimbala, John M. 2006. *Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications*. McGraw Hill. New York.

Pouesaeidi. Esmaeil, dan Arablu. Masoud. 2011. *Using CFD to Study Combustion and Steam Flow Distribution Effects on Reheater Tubes Operation*. Journal of Fluids Engineering Vol 133.

Rahul H, Kanade. 2015. *Heat Transfer Enhancement in a Double Pipe Heat Exchanger Using CFD*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Vol 02.

Mazumder, Quamrul. H. 2012. *CFD Analysis of Single and Multiphase Flow Characteristic in Elbow*. Journal of Scientific Research, Engineering, 2012, 4, 210-214.

Munson, Okiishi, Huebsch, dan Rothmayer. 2013. *Fundamental of Fluid Mechanics.* John wiley & Son, Inc.

Ridwan. Seri Diktat Kuliah Mekanika Fluida Dasar. Gunadarma. Depok.

Song, Shengwei. 2014. *Analysis of Y Type Branch Pipe Exhaust Ventilation Flow Characteristics*. Applied Mechanics ang Materials Vols. 556-562, pp 1054-1058. Trans Tech Publications, Switzerland.

Sukamta, Sudarja, dan Catur Wahyu. 2011. *Temperature Profiles Based on Multilocation of Condensation of Steam Flow Cooled With Parallel Flowing Water in the Outside of a Horizontal Pipe.*

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

Versteeg, H. K., dan Malalasekera, W. 1995. *An introduction to computational fluid* dynamics*: Tha finite volume method*. Longman Group Ltd. England.