

Modeling of Bubble Flow in Horizontal Pipe

Sukamta^{1*}, Thoharuddin², Roy Mukhlis Irawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta JL.Brawijaya,

Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta

*Corresponding author: sukamta@umy.ac.id

Abstract. Two-phase flow is the simplest case of multiphase flow. It is formed a combination of liquid-liquid, gas-solid, solid-liquid or gas-liquid that moves together in a flow. In terms of flow direction, the two-phase flow can be divided into two: cocurrent flow and countercurrent direction. This research determined the flow patterns that occur in a flow in the pipe, especially to examine the bubble flow that occurs in the cocurrent flow in the horizontal pipe. This research uses Fluent Ansys 15.0 software with water superficial velocity of 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s and air superficial velocity of 0.8 m/s, 1 m/s, 2 m/s. The pipe used is an acrylic flexyglass pipe with an inner diameter of 19 mm, an outer diameter of 25.4 mm and length of 1 m. The results of this study indicate that the magnitude of superficial velocity of water (J_L) and the superficial velocity of air (J_G) which form bubble flow pattern with a large number of small bubbles are J_L 6 m/s and J_G 1 m/s. If the superficial velocity was increased to J_L of 7 and J_G of 0.8 m/s, a small bubble was formed with the appearance of the medium bubble phenomenon. Further if J_L 8 m/s and J_G 2 m/s formed a long bubble, and if it was further increased to J_L of 9 m/s and J_G of 1 m/s formed a medium and large bubble. Thus, if the high J_L and J_G tend to be low, a bubble flow was formed, and the higher the superficial velocity both cause the increase formation of long bubbles. Similarly, if the superficial velocity both decreases, the bubbles that formed were small and more numerous.

Abstrak. Aliran dua fase adalah kasus paling sederhana dari aliran multifase. Dua fase yang berbeda dapat merupakan kombinasi dari cair-cair, gas-padat, padat-cair atau gas-cair yang bergerak bersama dalam sebuah aliran. Jika dilihat dari arah aliran, aliran dua fase dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran searah dan aliran berlawanan arah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola aliran yang terjadi pada suatu aliran didalam pipa, terutama untuk meneliti aliran *bubble* yang terjadi pada aliran searah pada pipa horizontal. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Fluent Ansys 15.0. Input data kecepatan superfisial air adalah 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s dan kecepatan superfisial udara adalah 0,8 m/s, 1 m/s, 2m/s. Pipa yang digunakan terbuat dari *acrylic flexyglass* dengan diameter dalam 19 mm, diameter luar 25,4 mm dan panjang 1000 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besar kecepatan superfisial air (J_L) dan kecepatan superfisial udara (J_G) yang membentuk pola aliran *bubble* dengan gelembung kecil berjumlah banyak adalah J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s. Jika Kecepatan ditingkatkan menjadi J_L 7 dan J_G 0.8 m/s maka terbentuk gelembung kecil dengan kemunculan fenomena gelembung sedang. Lebih jauh jika J_L 8 m/s dan J_G 2 m/s terbentuk gelembung panjang, serta jika ditingkatkan lagi menjadi J_L 9 m/s dan J_G 1 membentuk gelembung berukuran sedang dan besar. Sehingga, jika J_L tinggi dan J_G cenderung rendah maka terbentuk aliran buble, dan semakin meningkat kecepatan superfisial keduanya menyebabkan terbentuknya gelembung yang semakin panjang. Demikian pula jika kecepatan superfisial keduanya mengecil maka gelembung yang terbentuk berukuran kecil dan lebih banyak.

Keywords: two-phase flow, Bubble, CFD, Ansys Fluent

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Selain dilihat dari wujud fasenya, aliran dua fase juga dibedakan berdasarkan arah aliran dan posisi saluran. Jika dilihat dari arah aliran, aliran dua fase dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran searah dan aliran berlawanan arah. Sedangkan jika dilihat dari posisi saluran, maka aliran dua fase dapat dibedakan menjadi aliran pada saluran horizontal, aliran pada saluran vertikal dan aliran pada saluran miring. Kompleksitas dalam aliran dua fase terutama disebabkan oleh pencampuran secara turbulen dua fase, sifat kompresibel alami fase gas

dan juga dapat dikaitkan dengan faktor-faktor lain seperti laju aliran massa masing-masing fase, termofisik fluida, geometri saluran dan posisi saluran. Pola aliran dua fase air-udara pada pipa horizontal paling banyak ditemukan pola aliran *bubble*, *stratified*, aliran *stratified wavy*, aliran *slug*, dan aliran *annular* (Barlian, 2013).

Computational Fluid Dynamics (CFD) sangat cocok digunakan untuk melakukan analisa terhadap sebuah sistem yang rumit dan sulit dipecahkan dengan perhitungan manual. Dengan kelebihannya CFD sering digunakan untuk melakukan analisa

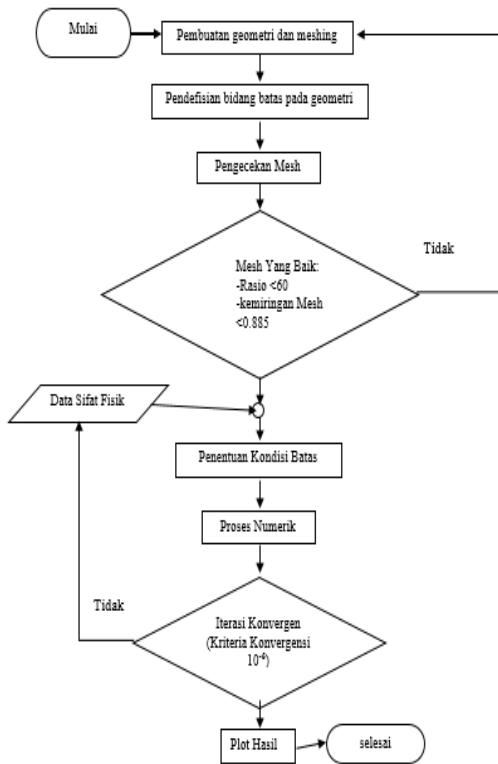
terhadap suatu pola sebuah sistem. Adapun *software CFD* yang sering digunakan adalah *Fluid Flow Fluent*, *CFX*, *Polyflow* dan lainnya. Sanders dkk. (2012) melakukan penelitian tentang permodelan CFD aliran gelembung air-udara pada pipa horizontal : pengaruh dari gelembung menyatu dan terpisah. Dengan hasil penelitian yaitu dengan menggunakan program CFD kode CFX 5.7 untuk menggambarkan evolusi temporal dan spasial populasi gas gelembung. Kecepatan aliran di bandingkan terhadap data eksperimen dalam pipa horizontal, dengan kecepatan superfisial gas 0,25-1,34 m/s dan kecepatan superfisial air 3,74-5,1 m/s, dan volume fraksi rata-rata 4-21. Variasi lokal diprediksi berada dalam perbandingan yang baik dengan hasil pengukuran eksperimen. Sementara itu, Saidi (2009) mensimulasikan pipa horizontal dalam berdiamete 38,1 mm dan panjang 2.000 mm yang dimodelkan menggunakan FLUENT dalam program CFD, dengan kecepatan superfisial liquid bervariasi konstan 1,56 m/s dan kecepatan superfisial gas bervariasi dalam kisaran 0,15-0,8 m/s. Fraksi volume gas rata-rata bervariasi dalam kisaran 4% sampai 16%. Data eksperimen yang diperoleh menggunakan k-epsilon ukuran gelembung yang terjadi konstan sebesar 1 mm, dengan meningkatnya kecepatan superfisial udara adalah bahwa ia cendrung membentuk aliran pipa turbulen sepenuhnya. Rahman dkk. (2012) melakukan simulasi karakteristik bubble sebagai indikasi awal terjadinya fenomena kavitas dengan menggunakan sinyal vibrasi pada pompa sentrifugal dengan menggunakan CFD. Dari hasil simulasi diketahui tekanan pada daerah impeller meningkat dari eye impeller ke daerah sisi keluar aliran fluida pada impeller dan semakin kecil bukaan katup pada pipa masuk maka tekanan pada daerah impeller semakin menurun karena kecepatan aliran fluida yang meningkat, tekanan menurun.

Putro dkk. (2011) melakukan eksperimen koefisien perpindahan kalor aliran gelembung melalui pipa anulus dengan pemanasan dinding pipa dalam. Adapun hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu perubahan debit air membuat perpindahan koefisien kalor menjadi cendrung turun karena gelembung udara mengalir mengalir ke tengah sehingga perpindahan kalor kurang efisien. Nilai koefisien perpindahan kalor tertinggi terdapat pada fluks kalor listrik 29582,448 W/m², debit air 3 lpm, dan debit udara 9 lpm sebesar 4340,602 W/m²⁰ C. Serta nilai perpindahan kalor terendah terdapat pada fluks kalor listrik 32554,847 W/m², debit air 5 lpm dan debit udara 3 lpm sebesar 3179,847 W/m²⁰ C. Arnandi dkk. (2010) melakukan sebuah penelitian tentang studi eksperimental koefisien perpindahan kalor aliran

gelembung udara-air searah dalam pipa koil helik vertikal. Adapun hasil penelitiannya yaitu dengan menggunakan pipa koil yang terbuat dari pipa tembaga berdiameter dalam 7,02 mm, dengan panjang 1700 mm, diameter coil 150 mm, jarak koil 30 dan 50 mm. Kecepatan superfisial air divariasi 0,302 m/s dan 0,388 m/s, dan kecepatan superfisial udara 0-0,0694 m/s. Laju aliran masa air panas dipertahankan konstan pada 0,05 kg/s dan temperatur masuk 40 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien perpindahan kalor naik dengan bertambahnya kecepatan superfisial air dan udara dan turun dengan bertambahnya jarak koil.

Putro (2007) melakukan penelitian penelitian tentang pengembangan korelasi perpindahan kalor aliran gelembung air-udara berlawanan arah dalam pipa yang dipanaskan. Hasil penelitian yang dilakukan dengan mengalirkan air dari atas dan udara dari bawah dalam bentuk aliran gelembung. Seksi uji terdiri atas pipa tembaga dengan D₁ 24 mm panjang 800 mm dililit dengan elemen pemanas listrik sepanjang pipa. Ujung atas dan bawah pipa tembaga disambung dengan pipa transparan untuk mengetahui pola aliran yang terjadi. Dinding dipasang termokopel pada lima titik sepanjang pipa tembaga, sedangkan termokopel pada sumbu pipa diujung titik sepanjang pipa tembaga, dengan menggunakan korelasi empiris berlaku pada kondisi gas (x) 0,000058 sampai 0,000116, dan fraksi hampa 0,0462 sampai 0,1021, serta fluk kalor listrik 1627,189 W/m² sampai 11398,62 W/m². Berdasarkan uraian tersebut di atas diketahui bahwa kajian karakteristik pola aliran dua fase sepanjang pipa sangat penting dilakukan guna upaya pencegahan terhadap kerusakan pipa. Penelitian ini menyajikan metode baru untuk memprediksi pola aliran yang terjadi pada pipa horisontal khususnya untuk jenis pola aliran *bubble*.

Metode Penelitian



Gambar. 1. Diagram alir simulasi CFD menggunakan Fluent 15.0

Terdapat tiga tahapan yang harus dilakukan ketika kita melakukan simulasi CFD, yaitu:

a. *Preprocessing*

Preprocessing merupakan langkah pertama dalam membuat dan menganalisis sebuah model CFD.

Teknisnya adalah membuat model, membuat mesh yang cocok atau sesuai kemudian menerapkan kondisi batas dan sifat fluidanya.

b. *Solving*

Solvers (program inti mencari solusi) CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan pada saat *preprocessing*.

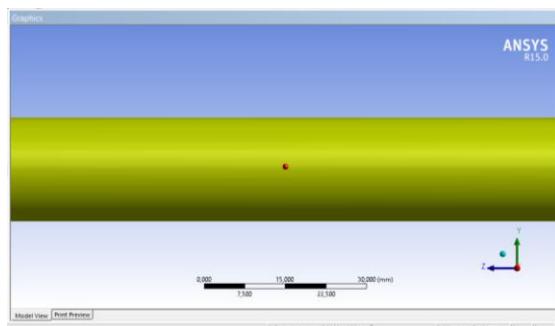
c. *Postprocessing*

Postprocessing merupakan langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD yang bisa berupa gambar, kurva dan animasi.

a. Membuat *Geometry*

Dalam proses pembuatan geometri pada simulasi Ansys FLUENT, selain menggunakan aplikasi tersebut dapat juga dilakukan dengan

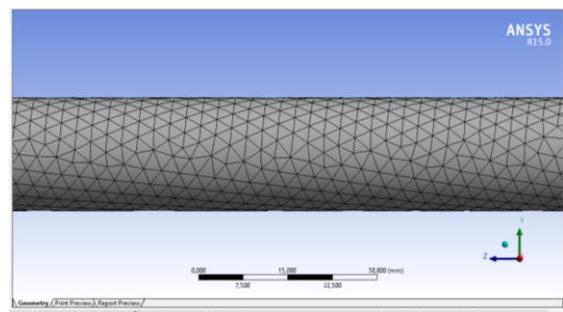
menggunakan Solidwork, Gambit, Auto CAD dan lainnya, lalu di impor ke aplikasi Ansys FLUENT. geometri dalam penelitian ini menggunakan pipa annulus berbahan *acrylic* dengan spesifikasi diameter luar sebesar 25,4 mm diameter dalam sebesar 19 mm dan panjang pipa 1000 mm, dalam simulasi yang dilakukan pipa tidak di anggap melainkan hanya menggunakan diameter dalam saja untuk sisi bagian aliran yang akan disimulasikan sepanjang pipa karena pembuatan pola aliran bagian yang akan disimulasikan harus berbentuk pada dala artian bagian dalam pipa dibuat berisi padat atau tidak kosong (Gambar. 2).



Gambar 2. Permukaan Pipa dalam (tampak samping)

b. Pembuatan *mesh*

Setelah geometri dibuat, langkah selanjutnya melakukan *meshing* (membagi volume menjadi bagian-bagian kecil) agar dapat dianalisis pada program CFD. Ukuran *mesh* yang terdapat dari suatu obyek akan mempengaruhi ketelitian data daya komputasi analisis CFD (Gambar 3). Semakin kecil/halus *mesh* yang dibuat maka hasil yang didapat akan semakin teliti, namun dibutuhkan daya komputasi yang semakin besar pula.

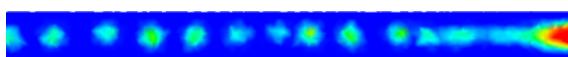


Gambar 3. Hasil *Meshing* (tampak samping)

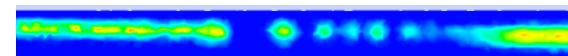
Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi disajikan pada Gambar 4 sampai dengan 7. Pada variasi pertama yaitu pada J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik terlihat pada Gambar 4. bahwa aliran bubble yang terjadi cukup banyak dengan diameter gelembung berukuran

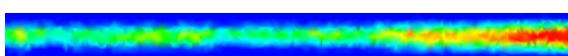
kecil dengan jumlah gelembung yang banyak. Pada variasi kedua J_L 7 m/s dan J_G 0,8 m/s pada waktu 0,25 detik dilihat pada Gambar 5 terlihat bahwa gelembung yang membentuk sedikit memanjang pada pertengahan aliran dan bercampur dengan gelembung berukuran kecil. Pada variasi ketiga J_L 8 m/s dan J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa pola aliran yang terbentuk yaitu fenomena annular karena peningkatan kecepatan superfisial udara sehingga terbentuk gelembung panjang yang disebut aliran annular. Sedangkan variasi keempat J_L 9 m/s dan J_G 1 m/s pada waktu 0.2 detik terlihat pada gambar 7 bahwa gelembung besar banyak terlihat pada variasi ini.



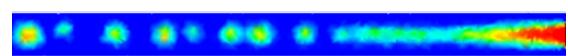
Gambar 4. variasi J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s pada waktu 0.1 detik



Gambar 5. Variasi J_L 7 m/s dan J_G 0.8 m/s pada waktu 0.25 detik



Gambar 6. variasi J_L 8 m/s dan J_G 2 m/s pada waktu 0.1 detik



Gambar 7. Variasi J_L 9 m/s dan J_G 1 m/s pada waktu 0.2 detik.

Pada Penelitian sebelumnya, (Sukamta dkk, 2018) menemukan bahwa semakin tinggi kecepatan superfisial uap dengan laju air pendingin yang dianggap tetap menghasilkan fluktuasi sinyal beda tekanan di sepanjang pipa juga semakin meningkat sebagai indikasi terbentuknya pola aliran gelombang. Lebih lanjut, (Dwi Korawan A, 2015) melakukan penelitian tentang pola aliran dua fase air-udara pada pipa horizontal dengan variasi kecepatan superfisial air. Hasil penelitian yang dilakukan yaitu pola aliran yang teramati adalah *bubble flow*, *slug flow* dan *stratified flow*. Semakin besar nilai U_{sl} mengakibatkan semakin panjang *bubble region* yang terjadi. Dan semakin besar nilai U_{sl} mengakibatkan terjadinya pergeseran perubahan pola aliran dimana pada U_{sl} rendah terjadi perubahan *bubble flow* menjadi *stratified* dan U_{sl} tinggi terjadi perubahan dari *bubble flow* menjadi *slug flow*. Tzotzi, C, (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh properti pada pola aliran gas-cair dua fasa pada pipa horizontal dan pipa bawah. Adapun hasil penelitian menunjukkan penurunan tegangan permukaan dari 72 mN/m (air) ke 35

mN/m (dengan menggunakan butanol) hasil penurunan gas dari tingkat yang lebih besar diperlukan untuk terjadinya gangguan pertama untuk tingkat cairan yang sama. Sadatomi, M, dkk (2010) melakukan pengujian tentang pengaruh tegangan dua fasa gas-cair pada pipa horizontal berdiameter kecil. Adapun hasil pengujian sifat cair dan diameter pipa berpengaruh kuat pada transisi pola aliran, terutama dalam masa transisi aliran *slug* dan *bubble*. Sifat cair tidak mempengaruhi begitu banyak pada penurunan tekanan gesekan, tetapi berpengaruh kuat pada gaya gesekan antar muka $j_L = 2$ m/s.

Kesimpulan

Dari uraian pada pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan :

1. Besar kecepatan superfisial air dan kecepatan superfisial udara yang membentuk pola aliran bubble adalah J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s, serta J_L 7 dan J_G 0.8 m/s dengan membentuk gelembung kecil sedangkan pada J_L 8 m/s dan J_G 2 m/s mulai terbentuk gelembung sedang, dan untuk J_L 9 m/s dan J_G 1 m/s membentuk gelembung berukuran sedang dan besar.
2. Jika J_L cenderung tinggi dan J_G menuju angka rendah maka terbentuk aliran bubble, dan semakin meningkat kecepatan superfisial keduanya menyebabkan terbentuknya gelembung yang semakin panjang. Demikian pula jika kecepatan superfisial keduanya berangsur-angsur menjadi kecil maka gelembung yang terbentuk berukuran kecil dan namun jumlah bertambah lebih banyak.

Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sudariman dan Agus Setyo Muntohar yang telah berkenan melakukan *proofreading* pada paper ini sebelum dipublikasikan. Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2017 No. 150/SK-LP3M/VII/2017.

Referensi

- [1] H. K. Versteeg.1995. "An introduction to computational fluid dynamics The finite volume method" London: Longman Scientific and Technical.

- [2] Tuakia, Firman. 2008. Dasar-dasar CFD Menggunakan *FLUENT*. Bandung: Informatika.
- [3] Dwi Korawan. A. (2015). Pola Aliran Dua Fase (Air+Udara) Pada Pipa Horisontal Dengan Variasi Kecepatan Superfisial Air , Jurnal MEKANIKA Volume 14 Nomor 1, September 2015.
- [4] Sukamta, Dwiearto, H. A. A., & Sudarja, S. (2018). Semesta teknika : jurnal ilmiah Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Semesta Teknika ,Vol. 21 no.1. Mei 2018.
- [5] Ekambara, K., Sanders.R.S., Nandakumar. 2008. “*CFD simulation of bubbly two-phase flow in horizontal pipes*” *chemical engineering jurnal*. 8 (1): 277-288
- [6] Putro, S., Sarjito, dan Jadmiko. 2011. Studi eksperimental koefisien perpindahan kalor aliran gelembung melalui pipa anulus dengan pemanasan dinding pipa dalam. *Jurnal penelitian sains dan teknologi*, No.1: 80-89.
- [7] Arwandi, W., Kamal. S. 2010. Studi eksperimental koefisien perpindahan kalor aliran gelembung udara-air searah dalam pipa koil helix. *Jurnal*. 71-75.
- [8] Rahman, Isranuri. I. 2012. Simulasi karakretistik *bubble* sebagai indikasi awal terjadinya fenomena kavitas dengan menggunakan sinyal vibrasi menggunakan CFD. No.1 :1-9.
- [9] Sanders, R.S., Ekambara, K., Nandakumar, K., Masliyah,J.H. 2012. *CFD modeling of gas-liquid bubbly flow in horizontal pipes : influence of bubble coalescence and breakup*. *International jurnal of chemical Engineering*. No 620463.
- [10] Tzotzi, Christina, Vasilis Bontozoglou and Nikolas Andritsos. 2010. “Effect of Fluid Properties On Flow Patterns In Two-Phase Gas-Liquid Flow In Horizontal and Downward Pipes”. Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly.