

SIMULASI CFD ALIRAN *BUBBLE* AIR-UDARA SEARAH PADA PIPA HORIZONTAL

Sukamta¹, Thoharuddin², Roy Mukhlis Irawan³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

JL.Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta

Email: 1msukamta@gmail.com , 3royirawan94@gmail.com

ABSTRACT

Double-flow phase is the simplest case of multi-phase flows. Both phases have different combination of liquid which move together in flow. Based on the direction of the flow, two-phase can be differentiated into unidirectional flow and counter-flow. This study aims to discover the pattern that occurs in a flow in the pipe particularly to study the bubble flow that occurs in unidirectional flow in horizontal pipe.

This study was conducted using CFD software Fluent 15.0 with the water superficial speed was 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s and the air superficial strength was 0,5 m/s, 1m/s, 1,5 m/s, 2 m/s. The pipe used was acrylic flexy glass pipe in which its inner diameter was 19 mm and the outer diameter was 25,4 mm and the length was 1000 mm.

The result of the study showed that speed of superficial water and superficial air which formed bubble flow pattern was J_L 6 m/s and J_G 0,5 m/s numerous small bubbles, J_L 7 m/s and J_G 1 m/s former small bubbles and with the appearance of elongated bubbles, J_L 8 m/s and J_G 1,5 m/s bubbles forming bubbles flow with the length and the number of round bubbles, J_L 9 m/s and J_G 2 formed bubble which had medium and big size as well with the increased flow rate. Bubble flow took place because the bigger water superficial speed and its air then the bubbles formed were longer, and if the speed of superficial water and air were small, then the bubble formed would be smaller and larger.

Keyword : Two-phase flow, bubble flow, CFD, Ansys Fluent.

1. Pendahuluan

Aliran dua fase adalah kasus paling sederhana dari aliran multifase. Kedua fase yang berbeda menjadi kombinasi dari cair-cair, gas-padat, padat-cair atau gas-cair yang bergerak bersama dalam sebuah aliran. 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, termo fisik 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 kelebihanannya 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. R.S, 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 temperal 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 folume fraksi rata-rata 4-21. Variasi lokal diprediksi berada dalam perbandingan yang baik dengan hasil pengukuran eksperimen.

Sanders. R.S, 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 temperal 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 folume fraksi rata-rata 4-21. Variasi lokal diprediksi berada dalam perbandingan yang baik dengan hasil pengukuran eksperimen.

Saidi. M (2009) melakukan penelitian tentang simulasi CFD aliran gelembung dua fase pipa horizontal. Hasil penelitian yang dilakukan yaitu dengan menggunakan pipa horizontal dalam diameter, 38,1 mm dan panjang 2.000 mm 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 cenderung membentuk aliran pipa turbulen sepenuhnya.

Putro. S, dkk (2011) melakukan sebuah penelitian tentang studi eksperimental 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 cenderung 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. W, 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. S, (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 pipadiujung 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/m^2 sampai 11398,62 W/m^2 .

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*.

Rahman, dkk (2012) melakukan penelitian tentang simulasi karakteristik bubble sebagai indikasi awal terjadinya fenomena kavitasi 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.

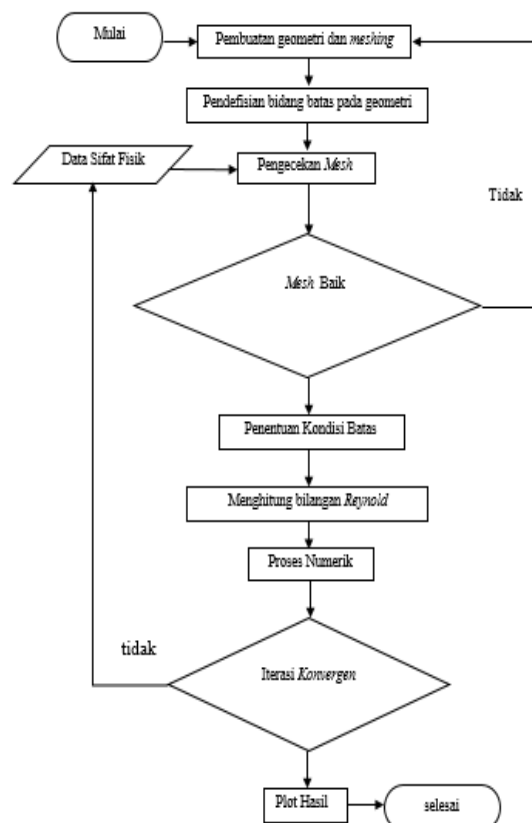
Tzotzi, C, (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh properti pada pola aliran gas-cair dua fasa pada pipa horizontal dan pipa bawah. Adapun hasil penelitian menunjukkan penurunan tegangan permukaan dari 72 mN/m (air) ke 35 mN/m (dengan menggunakan butanol) hasil penurunan gas dari tingkat yang lebih

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

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap suatu aliran fluida dengan pendinginan searah pada pipa horizontal menggunakan *software* CFD Fluent 15.0 untuk memprediksi pola aliran *bubble* yang terjadi.

2. Metode penelitian



Gambar. 2.1. 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 membangun dan menganalisis sebuah model CFD. Teknisnya adalah membuat model, membuat mesh yang cocok atau sesuai kemudian menerapkan kondisi batas dan sifat fluidanya.

b. *Solving*

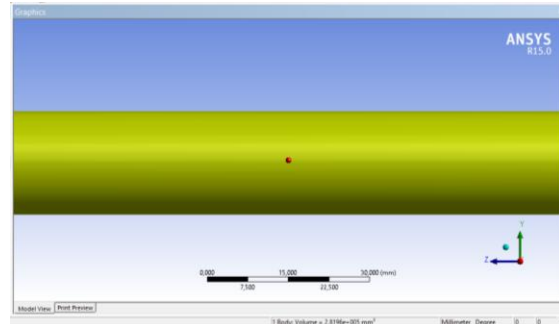
Solvers (program inti mencari solusi) CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan pada saat *preprocessing*.

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.

1. Membuat *Geometry*

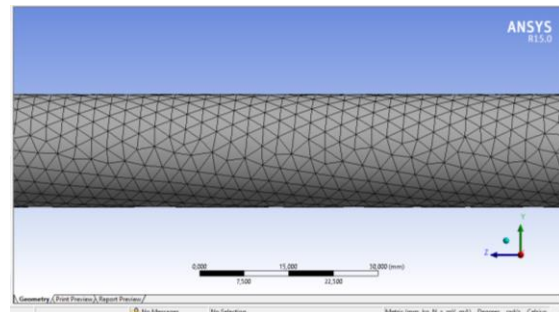
Dalam proses pembuatan geometri pada simulasi Ansys FLUENT, selain menggunakan aplikasi tersebut dapat juga dilakukan dengan menggunakan Solidwork, Gambit, Auto CAD dan lainnya, lalu di impor ke aplikasi Ansys FLUENT. geometri dalam penelitian ini menggunakan pipa annulus berbahan *acrylic* dengan spesifikasi 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 2.2. Permukaan Pipa dalam (tampak samping)

2. 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. Semakin kecil/halus *mesh* yang dibuat maka hasil yang didapat akan semakin teliti, namun dibutuhkan daya komputasi yang semakin besar pula.



Gambar 2.3. Hasil *Meshing* (tampak samping)

3. Hasil dan pembahasan

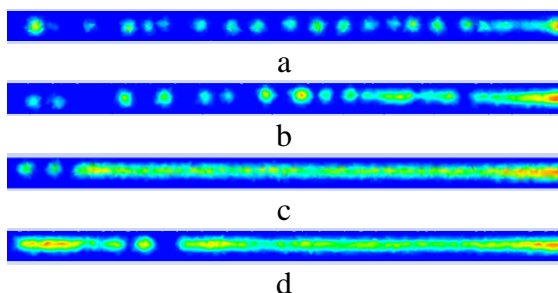
3.1 Variasi J_G terhadap J_L 6 m/s pada waktu 0,1 detik

Pada variasi pertama ini menampilkan satu besar kecepatan superfisial air (J_L) terhadap empat variasi kecepatan superfisial udara (J_G) dimana pola aliran yang terbentuk pada Variasi J_L 6 m/s dan J_G 0,5 m/s pada pengambilan waktu ke 0,1 detik pola aliran yang terbentuk pada

variasi ini ialah dimana kemunculan gelembung kecil terlihat di sepanjang permukaan aliran, gelembung kecil terbentuk karena dipengaruhi besar kecepatan superfisial udaranya rendah pada 0,5 m/s sehingga udara yang masuk sedikit dan membentuk gelembung berukuran kecil dengan jumlah yang cukup banyak.

Pada gambar 3.1 bagian b yaitu pada Variasi J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s pada pengambilan waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk ialah gelembung mulai mengalami peningkatan besar ukuran gelembung dapat dilihat pada gambar 3.1 bagian b bahwa ukuran butiran gelembung meningkat.

Pada gambar bagian c pola aliran yang terbentuk pada Variasi J_L 6 m/s dan J_G 1,5 m/s pada 0,1 detik yaitu karena peningkatan besar kecepatan superfisial udara gelembung yang muncul membentuk pola gelembung panjang dimana mencapai pertengahan aliran kemudian memisah menjadi gelembung kecil pada aliran tersebut kemudian pada gambar bagian d yaitu pada Variasi J_L 6 m/s dan J_G 2 m/s pada 0,1 detik pola aliran yang terjadi yaitu karena peningkatan besar J_G sebesar 2 m/s pada awal kemunculan gelembung membentuk gelembung panjang dan kemudian membentuk menjadi gelembung yang lebih pendek dengan ukuran yang lebih besar dari variasi sebelumnya.



Gambar 3.1 Pola aliran *bubble* pada J_L 6 m/s terhadap variasi J_G pada 0,1 detik

Keterangan:

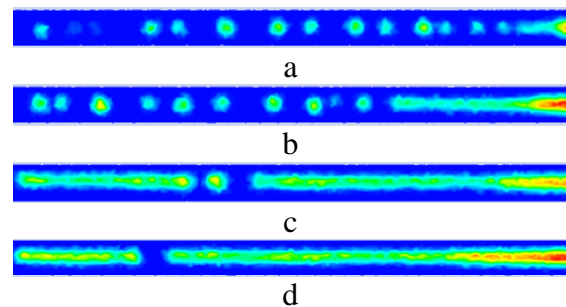
- Variasi J_L 6 m/s dan J_G 0,5 m/s pada 0,1 detik.
- Variasi J_L 6 m/s dan J_G 1 m/s

pada 0,1 detik.

- Variasi J_L 6 m/s dan J_G 1,5 m/s pada 0,1 detik
- Variasi J_L 6 m/s dan J_G 2 m/s pada 0,1 detik.

3.2 Variasi J_G terhadap J_L 7 pada waktu 0,1 detik

Berikut ini akan menampilkan pola aliran pada variasi J_G dan J_L dengan pengambilan waktu yang sama pada setiap variasinya, berikut pola aliran yang terbentuk pada gambar 3.2



Gambar 4.2 Pola aliran *bubble* pada J_L 7 m/s terhadap variasi J_G pada waktu 0,1 detik.

Keterangan:

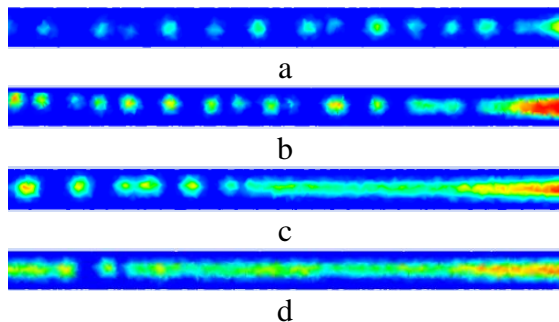
- Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada 0,1 detik
- Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 1 m/s pada 0,1 detik
- Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada 0,1 detik
- Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 2 m/s pada 0,1 detik

Pada variasi kedua ini menampilkan empat variasi kecepatan superfisial udara dengan besar kecepatan airnya (J_L) pada 7 m/s gambar bagian a pada gambar 4.2 yaitu pada Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada 0,1 detik menunjukkan bahwa gelembung yang terbentuk berukuran kecil karena besar J_L bertambah maka kecepatan aliran akan bertambah juga, lalu pada gambar b pada gambar 4.2 pola aliran yang terbentuk pada sisi masuk aliran ini gelembung mulai mengalami peningkatan dimana gelembung pada permukaan inlet masuk sedikit memanjang dan juga

bertambahnya jumlah gelembung yang terbentuk pada variasi ini.

Pada variasi ketiga yaitu Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada 0,1 detik pola aliran yang terjadi pada sisi masuk aliran gelembung membentuk gelembung panjang karena adanya peningkatan nilai J_G dan pada bagian tengah pada aliran, gelembung memecah menjadi ukuran yang lebih pedek namun terlihat lebih besar dari variasi sebelumnya. Pada Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 2 m/s pada 0,1 detik dapat dilihat pada gambar d bahwa pola aliran yang terbentuk semakin meningkat jumlah udaranya sehingga gelembung bertambah panjang pada kecepatan aliran air sebesar 7 m/s ini kemudian gelembung memisah menjadi gumpalan yang lebih besar.

3.3 Variasi J_G terhadap J_L 8 pada waktu 0,1 detik



Gambar 3.3 Pola aliran *bubble* pada J_L 8 m/s terhadap J_G pada waktu 0,1 detik.

Keterangan:

- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik

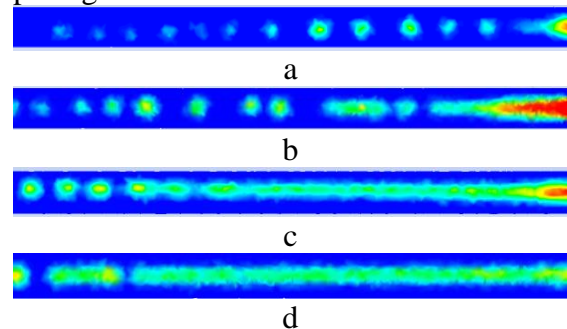
Pada variasi ketiga ini dimana pada gambar 3.3 pada bagian a yaitu pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk yaitu gelembung kecil lebih dominan pada

variasi ini karena besar nilai J_G hanya 0,5 m/s sehingga hanya berpengaruh pada kecepatan aliran yang mengalir karena J_L meningkat, pada variasi kedua yaitu Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk ialah terjadi peningkatan jumlah gelembung yang bertambah banyak pada variasi ini dan pada aliran setelahnya gelembung kecil tersebut beberapa ada yang menyatu kembali sehingga pada bagian ujung gelembung menjadi sedikit lebih besar.

Lalu pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik karena nilai J_G hingga 1,5 m/s pola aliran yang terbentuk meningkat hingga gelembung yang terbentuk juga berukuran lebih besar dengan jumlah gelembung yang bertambah banyak. Serta pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik karena meningkatnya kecepatan superfisial udara maka pola yang terbentuk ialah gelembung panjang dengan berkurangnya jumlah gelembung bulat pada variasi ini yang berubah menjadi gumpalan gelembung panjang pada aliran ini serta karena besar kecepatan superfisial udaranya 8 m/s maka ini berpengaruh pada aliran airnya yang akan semakin cepat pergerakan laju alirannya.

3.4 Variasi J_G terhadap J_L 9 pada 0,1 detik

Berikut pola aliran yang terbentuk pada gambar 3.2



Gambar 3.4 Pola Aliran *bubble* pada J_L 9 m/s terhadap variasi J_G

Keterangan:

- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik

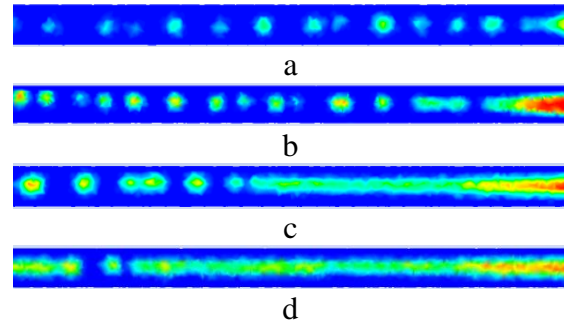
Pada variasi kedua ini menampilkan empat variasi kecepatan superfisial udara dengan besar kecepatan airnya (J_L) pada 7 m/s gambar bagian a pada gambar 3.4 yaitu pada Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada 0,1 detik menunjukkan bahwa gelembung yang terbentuk berukuran kecil karena besar J_L bertambah maka kecepatan aliran akan bertambah juga, lalu pada gambar b pada gambar 3.4 pola aliran yang terbentuk pada sisi masuk aliran ini gelembung mulai mengalami peningkatan dimana gelembung pada permukaan inlet masuk sedikit memanjang dan juga bertambahnya jumlah gelembung yang terbentuk pada variasi ini.

Pada variasi ketiga yaitu Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada 0,1 detik pola aliran yang terjadi pada sisi masuk aliran gelembung membentuk gelembung panjang karena adanya peningkatan nilai J_G dan pada bagian tengah pada aliran, gelembung memecah menjadi ukuran yang lebih pedek namun terlihat lebih besar dari variasi sebelumnya.

Pada Variasi J_L 7 m/s terhadap J_G 2 m/s pada 0,1 detik dapat dilihat pada gambar d bahwa pola aliran yang terbentuk semakin meningkat jumlah udaranya sehingga gelembung bertambah panjang pada kecepatan aliran air sebesar 7 m/s ini kemudian gelembung memisah menjadi gumpalan yang lebih besar.

3.5 Variasi J_G terhadap J_L 8 pada waktu 0,1 detik

Berikut pola aliran *bubble* pada J_L 8 m/s terhadap J_G pada waktu 0,1 detik.



Gambar 3.5 Pola aliran *bubble* pada J_L 8 m/s terhadap J_G pada waktu 0,1 detik

Keterangan:

- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik.
- Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 deti

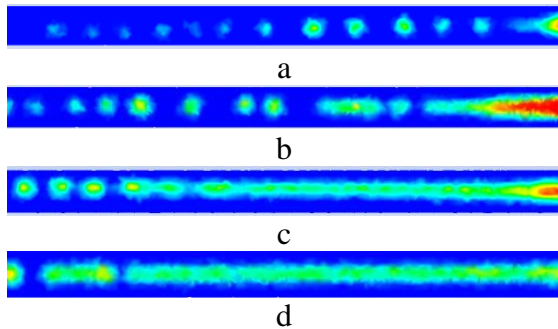
Pada variasi ketiga ini dimana pada gambar 3.5 pada bagian a yaitu pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk yaitu gelembung kecil lebih dominan pada variasi ini karena besar nilai J_G hanya 0,5 m/s sehingga hanya berpengaruh pada kecepatan aliran yang mengalir karena J_L meningkat, pada variasi kedua yaitu Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk ialah terjadi peningkatan jumlah gelembung yang bertambah banyak pada variasi ini dan pada aliran setelahnya gelembung kecil tersebut beberapa ada yang menyatu kembali sehingga pada bagian ujung gelembung menjadi sedikit lebih besar.

Lalu pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik karena nilai J_G hingga 1,5 m/s pola aliran yang terbentuk meningkat hingga gelembung yang terbentuk juga berukuran lebih besar dengan jumlah gelembung yang bertambah banyak. Serta pada Variasi J_L 8 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik karena meningkatnya kecepatan superfisial udara maka pola yang terbentuk ialah

gelembung panjang dengan berkurangnya jumlah gelembung bulat pada variasi ini yang berubah menjadi gumpalan gelembung panjang pada aliran ini serta karena besar kecepatan superfisial udaranya 8 m/s maka ini berpengaruh pada aliran airnya yang akan semakin cepat pergerakan laju alirannya.

3.6 Variasi J_G terhadap J_L 9 pada 0,1 detik

Berikut ini akan menampilkan pola aliran pada J_L 9 m/s terhadap variasi J_G pada 0,1 detik berikut pola aliran yang terbentuk pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Pola aliran *bubble* pada J_L 9 m/s terhadap variasi J_G pada 0,1 detik.

Keterangan:

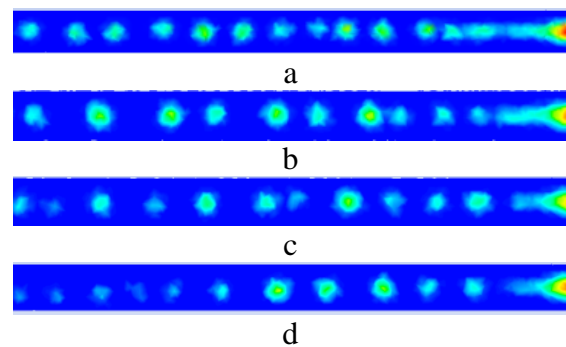
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik

Pada variasi ini dimana besar J_L adalah 9 m/s terhadap J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik dapat dilihat pada gambar 3.6 pada bagian a bahwa pola aliran yang terbentuk ialah gelembung tipis dan kecil pengaru dari sedikit kemunculan gelembung disebabkan karena semakin besarnya J_L dengan J_G rendah maka gelembung tidak banyak terbentuk. Pada gambar 3.6 bagian b yaitu pada Variasi J_L 9

m/s terhadap J_G 1 m/s pada waktu 0,1 detik dapat dilihat bahwa pola aliran yang terbentuk ada peningkatan jumlah gelembung kecil pada aliran ini. Dan pada variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 1,5 m/s pada waktu 0,1 detik bahwa pola aliran yang terbentuk ada peningkatan jumlah gelembung dan ukuran gelembung juga bertambah karena J_G sebesar 1,5 m/s, dan pengaruh dari J_L 9 adalah pada kecepatan alirannya yang akan semakin bertambah seiring adanya peningkatan besar kecepatan superfisial airnya. Serta pada Variasi J_L 9 m/s terhadap J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik pola aliran yang terbentuk ialah terjadi peningkatan besar ukuran gelembung dan panjangnya karena ukuran gelembung yang berukuran besar maka jumlah gelembung yang terbentuk tidak terlalu banyak namun membentuk gelembung yang berukuran lebih besar dari variasi yang lainnya.

3.7 Pengaruh J_L terhadap J_G pada waktu 0,1 detik

Dengan menggunakan empat variasi kecepatan superfisial air (J_L) dengan besar kecepatan superfisial udara (J_G) yaitu 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik. Berikut pola aliran *bubble* yang terjadi pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Perbandingan variasi J_L terhadap J_G pada waktu 0,1 detik.

Keterangan:

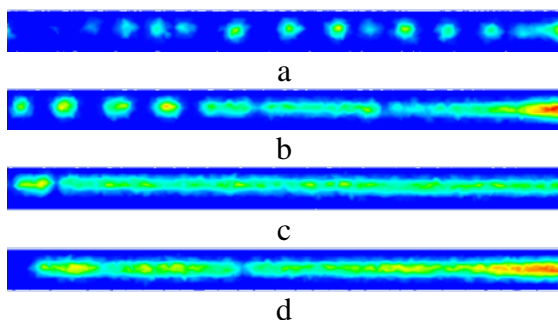
- Variasi J_L 6 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 7 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 8 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik

- d. Variasi J_L 9 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik

Pada variasi J_L 6 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik gelembung yang muncul pada aliran terbentuk cukup banyak dengan gelembung berukuran kecil mengalir ditengah permukaan pipa, pada gambar 3.7 bagian b yaitu pada Variasi J_L 7 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik terlihat gelembung yang terbentuk berukuran sedikit lebih besar dibandingkan pada gambar bagian a, lalu pada gambar 3.7 bagian c yaitu pada Variasi J_L 8 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik terlihat ada peningkatan jumlah gelembung namun untuk ukuran gelembung tidak jauh berbeda dengan variasi yang lain, sedangkan pada gambar bagian d yaitu pada Variasi J_L 9 m/s dan J_G 0,5 m/s pada waktu 0,1 detik ada salah satu gelembung yang ukurannya lebih besar dengan yang lain namun secara keseluruhan hampir sama untuk ukuran dan bentuk gelembung. Memilih perbandingan J_L 9 m/s terhadap satu J_G pada 0,5 m/s dengan pengambilan waktu yang sama karena pada variasi ini dapat menganalisa perbedaan kecepatan besar kecepatan airnya serta pola aliran yang terbentuk pada J_G 0,5 m/s masih membentuk gelembung kecil dan bulat serta jumlah gelembung yang banyak.

3.8 Perbandingan J_G terhadap J_L pada waktu 0,2 detik

Dengan menggunakan 4 variasi inlet superfisial udara (J_G) dengan kecepatan superfisial air J_L 7 m/s. Berikut pola aliran pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Perbandingan J_G terhadap J_L pada waktu 0,2 detik

Keterangan:

- Variasi J_G 0,5 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik
- Variasi J_G 1 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik
- Variasi J_G 1,5 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik
- Variasi J_G 2 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik

Pada gambar 3.8 bagian a yaitu pada Variasi J_G 0,5 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik terlihat pola aliran gelembung yang terjadi dimana bentuk gelembung muncul masih sangat sedikit karena pada variasi ini kecepatan superfisial udaranya masih sangat rendah sehingga kemunculan gelembung cukup sedikit walaupun pada waktu telah mencapai 0,2 detik. Pada gambar 3.8 bagian b yaitu pada Variasi J_G 1 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik terlihat ada beberapa gelembung dengan ukuran mulai bertambah besar dan ada yang berbentuk oval menyambung pada permukaan aliran dekat dengan sisi masuk aliran serta bertambahnya jumlah gelembung karena adanya peningkatan kecepatan superfisial udaranya.

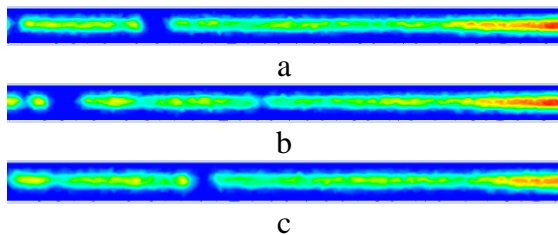
Lalu pada gambar 3.8 bagian c yaitu pada Variasi J_G 1,5 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik terlihat pada sisi inlet aliran memanjang dan pada bagian ujung gelembung membentuk butiran-butiran udara yang berukuran sedang pada gambar gambar d yaitu pada Variasi J_G 2 m/s dan J_L 7 m/s pada waktu 0,2 detik terlihat peningkatan kecepatan laju alirannya karena kecepatan superfisial udaranya mencapai 2 m/s maka gelembung yang terbentuk lebih besar dari yang lainnya dan terlihat bahwa gelembung juga membentuk gelembung datar dimana ukurannya tidak terlalu bulat dan juga tidak terlalu panjang serta aliran pada variasi ini mengalir lebih cepat dari variasi sebelumnya.

3.9 Pengaruh waktu terhadap J_L dan J_G

Pada variasi ini akan menganalisa perbandingan waktu terhadap J_G dan J_L .

Dimana pada variasi ini apakah akan terdapat perbedaan pola yang terjadi pada salah satu dari beberapa variasi yang disimulasikan. Pada tahap ini ada tiga pengambilan waktu yang berbeda dimana pengambilan waktu dimulai pada 0,1 detik lalu 0,2 detik dan 0,3 detik kemudian dari pengambilan waktu tersebut akan menganalisa hasil dari *bubble* yang terbentuk.

Dengan menggunakan tiga waktu yang berbeda pada satu variasi J_G dan J_L . Berikut pola aliran bubble yang terjadi pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Perbandingan waktu terhadap J_L dan J_G

Keterangan:

- Variasi J_L 7 m/s dan J_G 2 m/s pada waktu 0,1 detik
- Variasi J_L 7 m/s dan J_G 2 m/s pada waktu 0,2 detik
- Variasi J_L 7 m/s dan J_G 2 m/s pada waktu 0,3 detik

Pada Gambar 3.9 bagian a yaitu pada variasi J_L 7 m/s dan J_G 2 m/s pada pengambilan waktu pertama di 0,1 detik terlihat bahwa aliran dengan gelembung panjang pada sisi inlet terbentuk kemudian memutus menjadi gumpalan gelembung dengan bentuk panjang pada pertengahan aliran kemudian gelembung bermisah menjadi beberapa butiran gelembung bulat dan sebagian masih membentuk gumpalan gelembung lonjong kemudian pada gambar 3.9 bagian b yaitu pengambilan waktu kedua pada 0,2 detik terlihat bahwa gelembung panjang pada sisi inlet terlihat pemisahan gelembungnya kemudian memisah lagi menjadi butiran gelembung bulat juga namun gumpalan gelembung lonjong juga masih tetap terbentuk hingga ujung aliran.

Lalu pada waktu 0,3 detik terlihat bahwa aliran yang terbentuk juga masi sama dimana gelembung panjang masih terbentuk dan hanya ada sedikit perubahan dimana gelembung bulat mulai berkurang terhadap waktu.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

- Pengaruh variasi J_L terhadap J_G menghasilkan kecepatan laju aliran pada pipa akan bertambah seiring adanya peningkatan kecepatan superfisial airnya namun udara yang terbentuk tidak akan berubah ataupun bertambah.
- Pengaruh variasi J_G terhadap J_L menghasilkan bahwa dengan adanya peningkatan kecepatan superfisial udara terhadap salah satu kecepatan superfisial air (J_L) maka gelembung yang terbentuk akan semakin besar dan berbentuk memanjang semakin besar nilai J_G semakin bertambah pula ukuran gelembung didalam aliran.
- Pengaruh pengambilan waktu yang berbeda pada satu variasi J_L dan J_G tidak terlalu berpengaruh terhadap aliran hanya bentuk gelembung sedikit berbeda pada setiap pengambilan waktu selebihnya sama karena J_L dan J_G tidak berubah
- Bentuk pola aliran bubble yang terjadi menggunakan simulasi CFD jika kecepatan superfisial air rendah dengan batas yang telah ditentukan dan kecepatan superfisial udara juga rendah maka terbentuk gelembung yang berukuran kecil namun jumlah gelembung sangat banyak serta jika kecepatan superfisial udara besar maka akan terbentuk aliran gelembung yang cukup besar dan gelembung akan cenderung memanjang.

5. Saran

Saran kepada pembaca

1. Dibutuhkan pemahaman lebih lanjut untuk lebih memahami tentang program CFD dan diharapkan ada mata kuliah tersendiri tentang program CFD ini.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mampu mencari solusi dari permasalahan kegagalan hasil iterasi yang sering terjadi pada simulasi menggunakan program CFD dan ketepatan dalam menentukan kondisi batas yang diinginkan.

6. Daftar Pustaka

- Arwandi, W., Kamal. S. 2010. *Studi eksperimental koefisien perpindahan kalor aliran gelembung udara-air searah dalam pipa koil helix*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi.
- Ekambara, K., Sanders.R.S., Nandakumar. 2008. "CFD Simulation of Bubbly Two-Phase Flow In Horizontal Pipes" *Chemical Engineering Journal*. 8 (1): 277-288
- H. K. Versteeg.1995. "An introduction to computational fluid dynamics The finite volume method" London: *Longman Scientific and Technical*.
- 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.
- Rahman, Isranuri. I. 2012. *Simulasi karakteristik bubble sebagai indikasi awal terjadinya fenomena kavitasi dengan menggunakan sinyal vibrasi menggunakan CFD*. No.1 :1-9.
- 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 journal of chemical Engineering*.
- Sukamta, Indarto, Purnomo, Tri A.R., 2010. *Identifikasi pola aliran dua fasa Uap-Kondensat berdasarkan pengukuran beda tekanan pada pipa horizontal*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 13(1), 83-94.
- Sherman C.P, G.H. Yeoh, Cheung 2012. *On the prediction of the phase distribution of bubbly flow in a horizontal pipe*. *International Journal of Chemical Engineering*. Page 40-51.
- Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung: Informatika.
- Tzotzi, C, 2010. *Pengaruh properti pada pola aliran gas-cair dua fase pada pipa horizontal dan pipa bawah*. *Jurnal Mekanikal* . No.1 22-27.