

# SIMULASI KARAKTERISTIK POLA ALIRAN DUA FASE (AIR – UDARA) PADA RANGKAIAN PIPA VERTIKAL, *ELBOW* 45° DILANJUTKAN PIPA MIRING MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT 16.0

IKA ULIYATIN NIKMAH<sup>1)</sup>, AGUS DWI KORAWAN<sup>2)</sup>

1,2) Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu  
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Cepu 58315 Telp. (0296) 422322, Facs. (0296) 425429  
Email : [ikanikmah99@gmail.com](mailto:ikanikmah99@gmail.com)

## Abstract

A two-phase flow is part of a multi-phase flow. A two-phase flow is defined as a fluid flow consisting of substances of different phases that flow simultaneously in one channel. The two-phases flow has a very complex phenomenon, this is due to interactions between phases, their geometry and orientation (vertical or horizontal). To find out the phenomenon, a numerical study of two-phase flow (water-air) was carried out on a series of vertical pipes, 45° elbow and sloped pipes, which varied in this study was the superficial gas velocity (USG) of 0.031 m/s, 0.068 m/s, 0.109 m/s and 0.157 m/s. Research using Ansys Fluent 16.0 software. The pipe used is a transparent pipe with a diameter of 32 mm and a length of 3000 mm, the elbow used is the elbow 45°. Research using Ansys Fluent 16.0 software. The pipe used is a transparent pipe with a diameter of 32 mm and a length of 3000 mm, the elbow used is the elbow 45°. The results of this study indicate that at superficial air velocity (USG) of 0.031 m/s and 0.068 m/s the flow pattern is a combination of annular flow, slug and slight bubble. Whereas at superficial air velocity (USG) 0.109 m/s and 0.157 m/s flow patterns are annular flow and slug.

Keywords : *Ansys Fluent, Pola Aliran, Kecepatan Superfisial Udara.*

## 1. Pendahuluan

Aliran dua fase merupakan bagian dari aliran multi fase. Aliran dua fase didefinisikan sebagai aliran fluida yang terdiri dari zat yang berbeda fase yang mengalir secara bersamaan dalam satu saluran. Pada kehidupan sehari-hari tidak saja ditemui kasus untuk aliran *single phase* dalam sistem perpipaan, namun kenyataannya sering terjadi aliran *multiphase* (dua fase atau tiga fase), misalnya peristiwa keluarnya air dari botol, gelombang laut, pengembunan, kavitasi pompa dan turbin.

Aliran dua fase mempunyai fenomena yang sangat kompleks, hal ini dikarenakan adanya interaksi antar fase, geometri dan orientasinya (vertikal maupun horizontal), *flow direction* (ke atas atau ke bawah) yang dapat mempengaruhi *flow pattern*. Berbeda dengan aliran *single phase* yang hanya dipengaruhi oleh bilangan *Reynolds* yang merupakan formula dari massa jenis, viskositas dan diameter pipa. Perubahan aliran tersebut dapat menyebabkan nilai *pressure drop* berubah-ubah yang merugikan pada sistem transportasi fluida. Selain itu komponen dalam sistem perpipaan seperti *elbow* juga sering digunakan untuk kebutuhan desain perpipaan. *Elbow* sendiri memiliki 2 jenis belokan, yaitu *elbow* patah (*mitter*) dan *elbow* jari-jari.

*Elbow* sangat luas penggunaannya sehingga menjadi media sistem transportasi perpipaan dengan fleksibilitas besar yang memungkinkan dilakukannya pengarahannya (*routing*) dan pendistribusian, sehingga merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi struktur pola aliran pada aliran multi fase. Tetapi dalam aplikasinya fenomena yang tidak diinginkan

yang terjadi di *elbow* adalah : *centrifugal acceleration, secondary flow, separation region, vortex dan cavitation.*

Pada aliran mono fase terjadi peningkatan kerugian tekanan secara signifikan sepanjang *elbow*. Sedangkan pada aliran dua fase, fenomena ini pengaruhnya tidak hanya pada kerugian tekanan tetapi juga bentuk pola aliran pada *downstream* dan distribusi *void fraction*. Kerugian energi pada aliran tersebut ketika melewati *elbow* akan menimbulkan perubahan dimensi dan gangguan pada fluida yang melewatinya.

*Ansys* adalah program paket yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk di dalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural (baik linier maupun non linier), masalah perpindahan panas, masalah fluida dan juga masalah yang berhubungan dengan akustik dan elektromagnetik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan pengaruh variasi kecepatan superfisial udara terhadap pola aliran pada rangkaian pipa vertikal, *elbow* 45° dilanjutkan pipa miring.

## 2. Kajian Pustaka

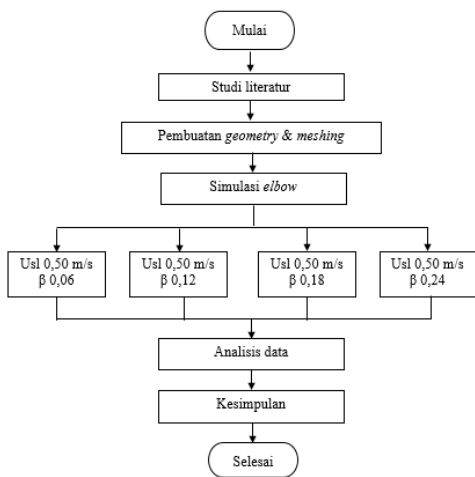
Korawan (2010), melakukan penelitian karakteristik aliran dua fase air-udara melintasi *elbow* 60° dari pipa vertikal menuju pipa dengan sudut kemiringan 30°. Dengan kecepatan superfisial air ( $U_{SL}$ ) 0,03 m/s – 1,1 m/s dan kualitas volumetrik gas ( $\beta$ ) 0,03~0,25. Ketika superfisial air  $U_{sl} = 0,3$  m/s – 0,7 m/s *bubble* cenderung memenuhi luasan *elbow* baik pada *outer surface* maupun *inner surface*, ketika kecepatan superfisial cairan dinaikkan pada  $U_{sl} = 0,9$  m/s – 1,1 m/s *bubble* tidak lagi memenuhi luasan *elbow* tetapi konsentrasi *bubble* menjadi berkurang dan

cenderung hanya berada pada bagian *inner surface* pada *elbow*.

Wiryanta (2009), telah melakukan studi eksperimental dan numerik karakteristik aliran dua fase air-udara melewati *elbow* 75° dari pipa vertikal menuju pipa dengan sudut kemiringan 15°. Pada  $U_{SL}$  rendah, maka pola aliran *bubble* dari arah vertikal akan cenderung berubah menjadi *plug/slug bubble flow* pada jarak tertentu dari *outlet elbow*. Sedangkan pada  $U_{SL}$  tinggi pola aliran berupa *gas core region* yang lebih panjang dan koalisi *bubble* akan lebih tertunda. *Pressure drop* pada pipa uji vertikal akan mengalami penurunan dengan bertambahnya *superficial gas Reynolds number* ( $Re_{SG}$ ) untuk setiap *superficial liquid Reynolds number* ( $Re_{SL}$ ) konstan. Pada *elbow* 75° dan juga pipa miring, *pressure drop* juga akan mengalami penurunan tetapi tidak sebesar pada pipa vertical.

**3. Metodologi**

Diagram alir penelitian diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

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

**1). Pre-processing**

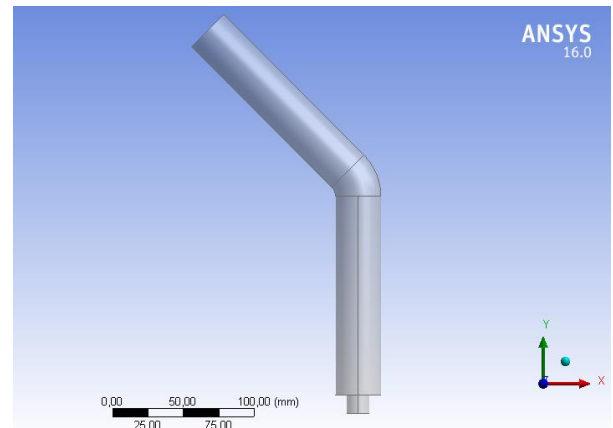
*Pre-processing* adalah tahap awal dalam simulasi CFD yang perlu dilakukan seperti membuat geometri dan pengecekan mesh.

- Membuat *Geometry*

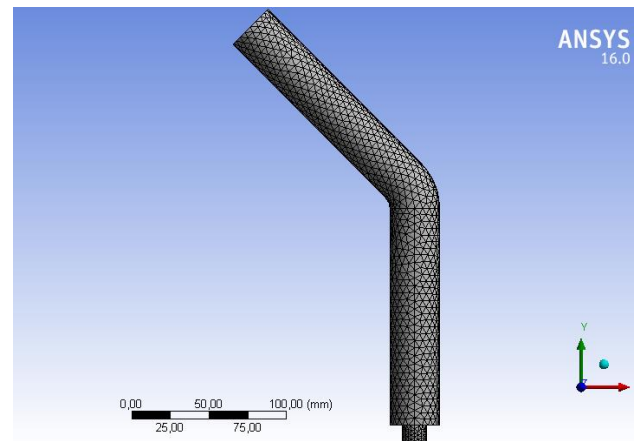
Geometri dalam penelitian ini menggunakan *elbow* annulus 45° berbahan *acrylic* dengan spesifikasi diameter dalam sebesar 32 mm, panjang pipa vertikal 1500 mm, dan panjang pipa miring 1500 mm, (gambar 2), simulasi hanya menggunakan diameter dalam saja untuk sisi bagian aliran yang akan di simulasikan sepanjang *elbow* karena pembuatan pola aliran, bagian yang akan di simulasikan harus berbentuk, dalam artian bagian dalam pipa dibuat berisi padat atau tidak berlubang.

- Pembuatan *mesh*

Setelah geometri dibuat, langkah selanjutnya melakukan *meshing* (membagi volume menjadi bagian-bagian kecil) agar dapat dianalisis pada program CFD (gambar 3). Ukuran *mesh* yang terdapat dari suatu obyek akan mempengaruhi ketelitian data 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. *Geometry*



Gambar 3. *Meshing*

**2). Solver**

Pada tahap ini banyak yang harus dilakukan kaitannya dengan penentuan kondisi batas dalam sebuah simulasi CFD. Proses ini merupakan bagian paling penting karena semua parameter di proses dalam tahap ini, seperti *General, models, material, cell zone conditions, boundary conditions, phase, solution methods, solution controls, solution initialization, calculation activities, run calculation* dan terakhir *graphics and animations*.

**3). Post-Processing**

Langkah selanjutnya setelah melakukan proses kalkulasi adalah melihat hasil dari proses kalkulasi. Pada penelitian ini, hasil yang dibutuhkan adalah kontur yang terbentuk dari sistem akibat perbedaan variasi kecepatan udara.

Ada 3 tahap yang dilakukan untuk mengetahui hasil simulasi yang berupa pola aliran serta kecepatannya yaitu :  
 -Plane

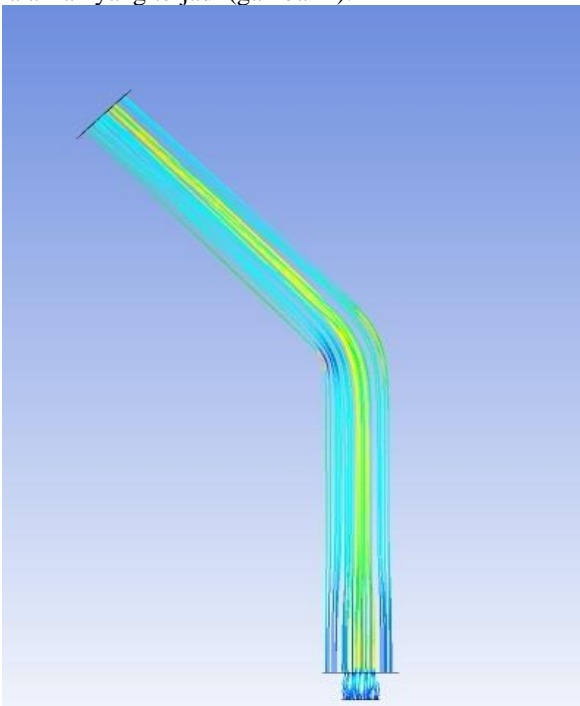
Tampilan plane ditunjukkan dalam bentuk tampilan dua dimensi. Area tampilan dapat ditentukan berdasarkan sumbu koordinat geometri.

-Contour

Dengan *contour* dapat diketahui dengan detail terkait pola hasil dari simulasi berdasarkan variabel yang diinginkan pada setiap *plane* yang telah ditentukan sebelumnya. *Contour* di deskripsikan dengan warna untuk membaca pola berdasarkan variabel yang ditentukan.

-Streamline

Dengan *streamline* ini dapat mengetahui arah dari hasil pola aliran yang terjadi (gambar 4).



Gambar 4. Streamline air dan udara

**4. Hasil dan Pembahasan**

Untuk menghitung nilai kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) dengan diketahui nilai  $\beta$  digunakan rumus di bawah ini :

$$\beta = \frac{U_{sg}}{U_{sg} + U_{sl}}$$

$$0,06 = \frac{U_{sg}}{U_{sg} + 0,50}$$

$$U_{sg} = 0,06 U_{sg} + 0,03$$

$$0,94 U_{sg} = 0,03$$

$$U_{sg} = 0,031 \text{ m/s}$$

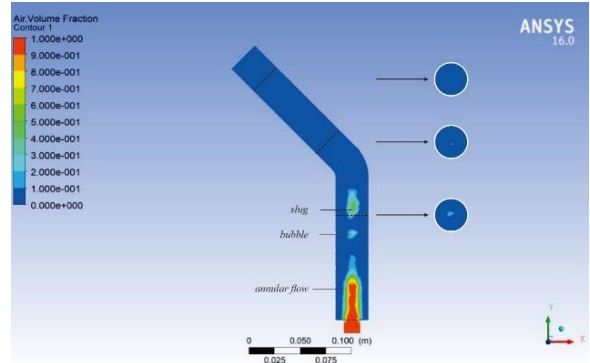
Hasil semua perhitungan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai  $U_{SG}$  variasi  $\beta = 0,06, 0,12, 0,18, \text{ dan } 0,24$

No	$U_{SL}(\text{m/s})$	$\beta$	$U_{SG}(\text{m/s})$
1	0,50	0,06	0,031

2	0,50	0,12	0,068
3	0,50	0,18	0,109
4	0,50	0,24	0,157

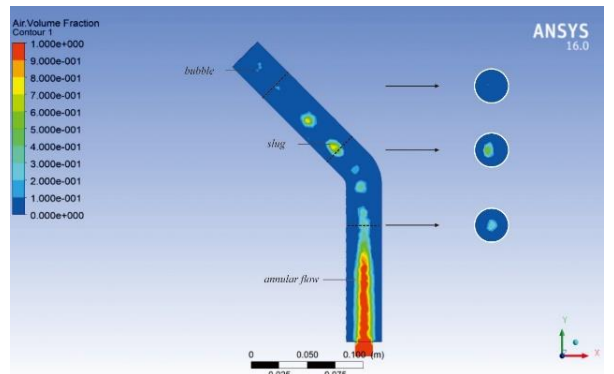
1. Hasil pengamatan bentuk pola aliran pada  $U_{SL} 0,50 \text{ m/s}$  dan  $U_{SG} = 0,031 \text{ m/s}$  ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pola aliran pada  $U_{SL} 0,50 \text{ m/s}$  dan  $U_{SG} = 0,031 \text{ m/s}$

Berdasar gambar 5. Terlihat pola aliran yang muncul pada pipa vertikal ialah pola aliran jenis *annular* kemudian terurai menjadi *slug* dan *bubble*, pada sisi *elbow* menuju pipa miring tidak terlihat pola aliran karena kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) yang rendah sehingga gelembung udara terdistribusi di dalam air.

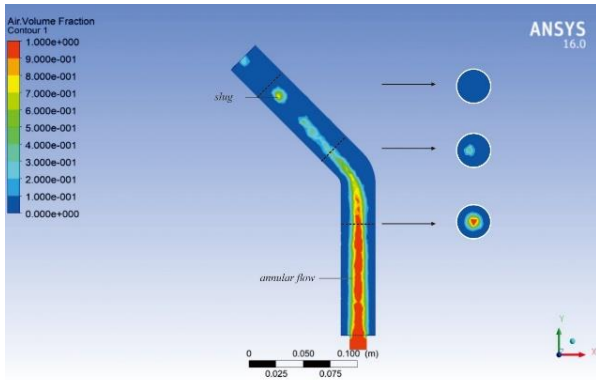
2. Hasil pengamatan bentuk pola aliran pada  $U_{SL} 0,50 \text{ m/s}$  dan  $U_{SG} = 0,068 \text{ m/s}$  ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pola aliran pada  $U_{SL} 0,50 \text{ m/s}$  dan  $U_{SG} = 0,068 \text{ m/s}$

Berdasar gambar 6. Terlihat pola aliran yang muncul sepanjang pipa vertikal ialah *annular*, pada sisi *elbow* pola aliran yang muncul adalah *annular flow* yang terurai menjadi *slug* dan pada pipa miring pola aliran *slug* terurai lagi menjadi *bubble*.

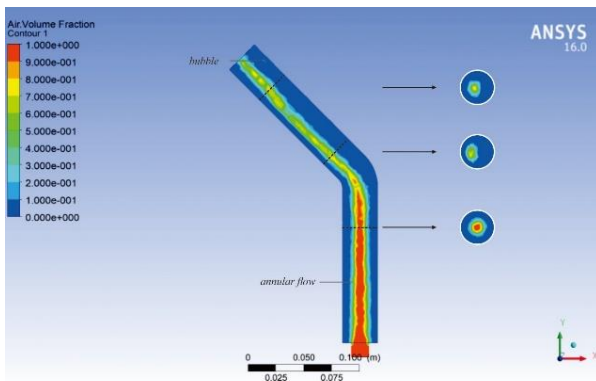
3. Hasil pengamatan bentuk pola aliran pada  $U_{SL} 0,50 \text{ m/s}$  dan  $U_{SG} = 0,109 \text{ m/s}$  ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Pola aliran pada  $U_{SL}$  0,50 m/s dan  $U_{SG} = 0,109$  m/s

Berdasar gambar 7. Terlihat bahwa fenomena aliran dua fase dari pipa vertikal melewati *elbow* 45° menuju pipa miring, *annular flow* keluar dari *inlet* udara menuju *elbow*, setelah melewati *elbow* dan menuju pipa miring gelembung udara mulai menipis dan terurai menjadi *slug*. *Annular flow* pada *elbow* cenderung mendekati sisi pipa bagian bawah.

4. Hasil pengamatan bentuk pola aliran pada  $U_{SL}$  0,50 m/s dan  $U_{SG} = 0,157$  m/s ditunjukkan pada gambar 8.

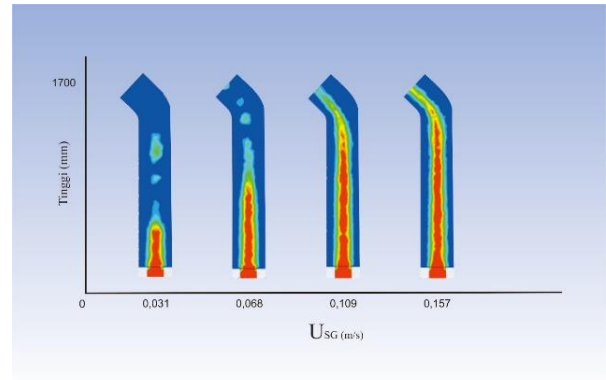


Gambar 8. Pola aliran pada  $U_{SL}$  0,50 m/s dan  $U_{SG} = 0,157$  m/s

Berdasar gambar 8. Terlihat bahwa pola aliran yang muncul adalah *annular flow* mengisi sisi dari pipa vertikal, *elbow* dan pipa miring, dikarenakan kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) nilainya paling tinggi. Gelembung konstan terletak pada tengah pipa uji, hal ini dikarenakan gelembung udara didorong oleh kecepatan superficial air ( $U_{SL}$ ) yang tinggi.

Untuk dapat melihat perbedaan pola aliran yang terjadi, dibuat perbandingan pola aliran dengan kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ).

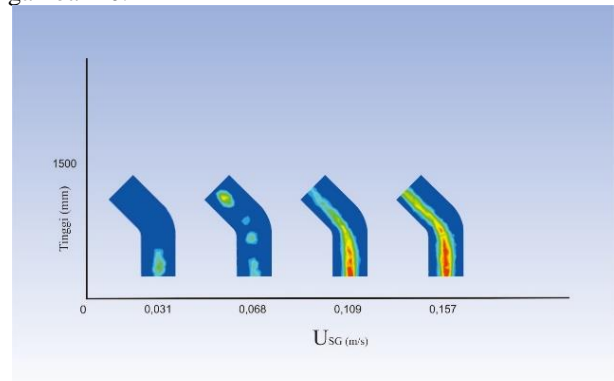
Perbandingan pola aliran pada pipa vertikal dengan variasi kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan pola aliran pada pipa vertikal dengan variasi ( $U_{SG}$ )

Dari gambar 9. semakin bertambahnya kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) dari 0,031 m/s sampai 0,157 m/s pola aliran *annular* pada pipa vertikal semakin panjang.

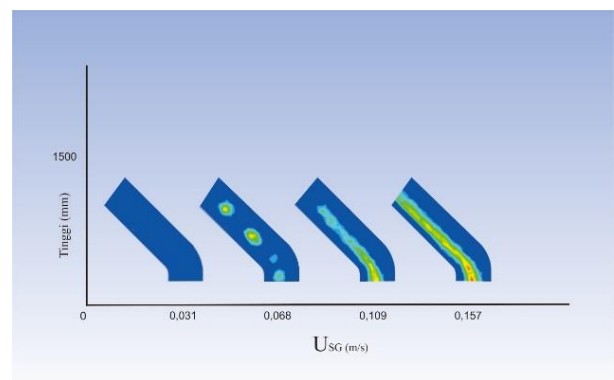
Perbandingan pola aliran pada *elbow* dengan variasi kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan pola aliran pada *elbow* dengan variasi ( $U_{SG}$ )

Dari gambar 10. pola aliran yang terjadi dari kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) 0,031 m/s adalah pola aliran *slug* kemudian dengan kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) 0,068 pola aliran *slug* terpecah menjadi *bubble* dan pada kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) 0,109 m/s dan 0,157 m/s pola aliran berubah menjadi *annular*.

Perbandingan pola aliran pada pipa miring dengan variasi kecepatan superficial udara ( $U_{SG}$ ) ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan pola aliran pada pipa miring dengan variasi ( $U_{SG}$ )

Dari gambar 11 pada kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) 0,031 m/s tidak terlihat pola apapun kemudian semakin bertambahnya kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) 0,068 m/s sampai 0,157 muncul *bubble*, *slug* dan *annular*.

## 5. Kesimpulan

1. Pada hasil simulasi yang dilakukan pada kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) 0,031 m/s dan 0,068 m/s dengan kecepatan superfisial air ( $U_{SL}$ ) yang konstan 0,50 m/s pola aliran yang muncul adalah kombinasi *annular flow*, *slug* dan sedikit *bubble* dikarenakan ( $U_{SG}$ ) yang rendah dengan ( $U_{SL}$ ) 0,50 m/s menyebabkan gelembung banyak terurai berbentuk *bubble*.
2. Pada hasil simulasi yang dilakukan pada kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) 0,109 m/s dan 0,157 m/s pola aliran yang muncul adalah kombinasi *annular flow* dan *slug* dikarenakan ( $U_{SG}$ ) dan ( $U_{SL}$ ) yang tinggi sehingga mengalir dengan sedikit gelembung yang berbentuk *bubble* pada pipa miring.
3. Semakin besar kecepatan superfisial udara ( $U_{SG}$ ) dengan kecepatan superfisial air ( $U_{SL}$ ) yang sudah ditentukan konstan 0,50 m/s. Dapat disimpulkan pola aliran udara yang terbentuk lebih dominan aliran *annular*.

## Daftar Pustaka

- Korawan, A.D., 2010. *Studi Eksperimental dan Numerik Aliran Dua Fase (Air-Udara) Melewati Elbow 30° Dari Arah vertikal Ke Posisi Miring 30°*. Tesis program studi Teknik Mesin S2 ITS Surabaya
- Langlais, T., 1999. *Ansys Short Course*
- Swason J.A. (1970) *Ansys*. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Wiriyanta I.K., (2009) *Studi Eksperimental Dan Numerik Karakteristik Aliran Dua Fase Air-Udara Melewati Elbow 75° Dari Pipa Vertikal Menuju Pipa Dengan Sudut Kemiringan 15°*. Tesis program studi Teknik Mesin S2 ITS Surabaya