

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

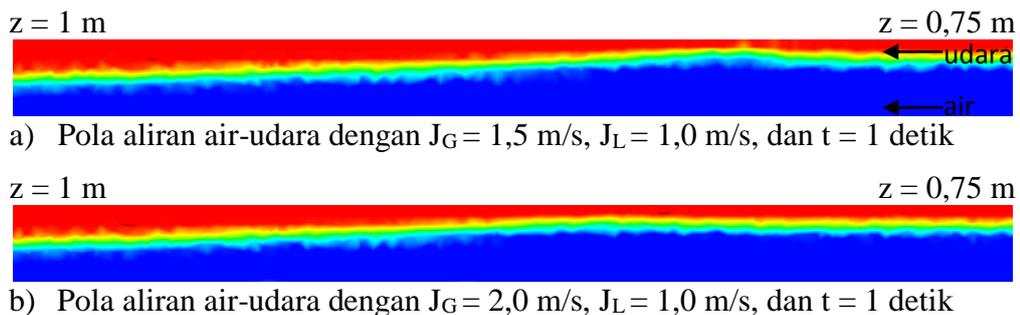
### 4.1 Hasil Simulasi

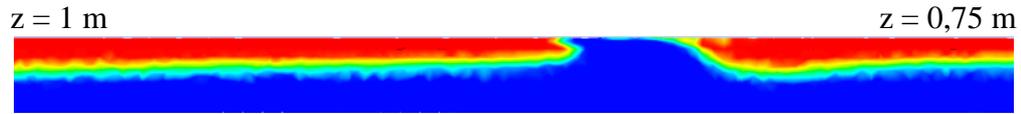
Pola aliran yang direncanakan terbentuk pada hasil simulasi CFD pada penelitian ini adalah pola aliran *slug*. Pola aliran *slug* memiliki ciri yaitu terbentuknya gelembung silindris yang panjang yang bergerak dengan kecepatan serupa dengan kecepatan lokal gas nya dan batas antara gelembung udara dengan *liquid slug* tidak halus. Simulasi ini menggunakan *software* Ansys Fluent 15 dengan variasi inlet kecepatan superfisial udara dan kecepatan superfisial air.

Hasil simulasi ini dibedakan berdasarkan variasi kecepatan superfisial air ( $J_L$ ), yaitu dengan nilai 1 m/s, 1,5 m/s, 2,0 m/s, dan 2,5 m/s, dengan 4 variasi kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) pada setiap variasi kecepatan superfisial air ( $J_L$ ), yaitu dengan nilai 1,5 m/s, 2,0 m/s, 2,5 m/s, 3,0 m/s. Proses pengambilan data diambil pada waktu yang berbeda, yaitu 0,6 detik, 0,7 detik, 0,8 detik, 0,9 detik, 1,0 detik. Hasil simulasi menampilkan pengaruh kecepatan superfisial udara dan pengaruh waktu antara  $J_L$  dan  $J_G$ . Arah aliran fluida air dan udara adalah searah, yaitu menuju sumbu z. Berikut ini adalah hasil dari simulasi pola aliran *slug* :

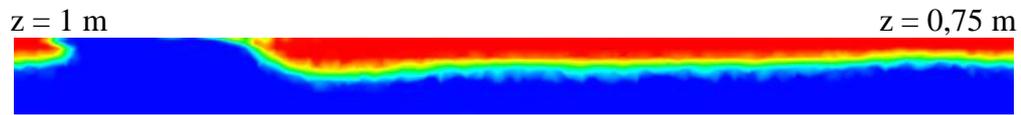
#### 4.1.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 1,0 m/s

Variasi pertama adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s, 2,0 m/s, 2,5 m/s, dan 3,0 m/s terhadap  $J_L = 1,0$  m/s, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.1.

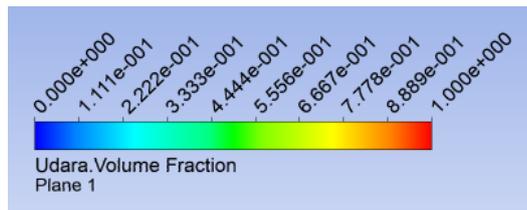




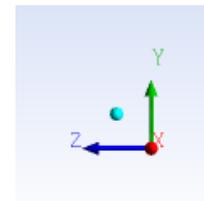
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik



d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 3,0$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik



e) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



f) Koordinat

Gambar 4.1. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_L = 1,0$  m/s, dan  $J_G$  Berbeda Pada Saat 1 detik

### Pembahasan :

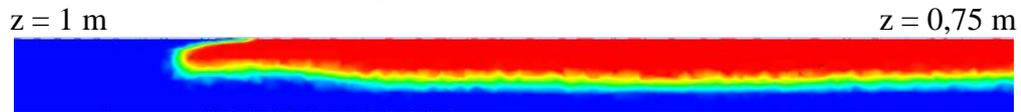
Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_L = 1,0$  m/s dan nilai  $J_G$  semakin bertambah yang diambil pada detik yang sama yaitu pada detik ke 1,0 detik akan menghasilkan pola aliran yang berbeda, terlihat pada variasi  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_G = 2,0$  m/s belum terjadi pola aliran *slug*. Pada variasi  $J_G = 2,5$  m/s sudah terlihat pola aliran *slug*, dan pada variasi  $J_G = 3,0$  m/s juga sudah terlihat pola aliran *slug*, tetapi *slug* yang terjadi lebih panjang dibandingkan dengan variasi  $J_G = 2,5$  m/s, karena semakin bertambahnya nilai kecepatan superfisial udara akan membentuk pola aliran *slug* yang semakin panjang.

#### 4.1.2 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Dengan Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 1,0 m/s

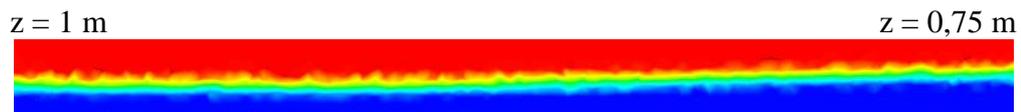
Variasi pertama adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,0$  m/s, dengan waktu pengambilan data yang berbeda, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.2.



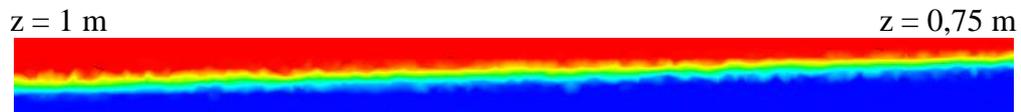
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s dan  $t = 0,6$  detik



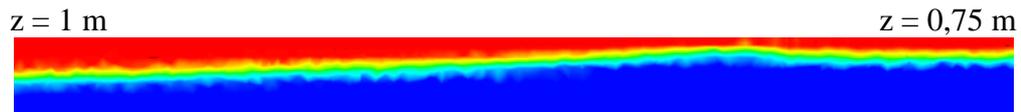
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s dan  $t = 0,7$  detik



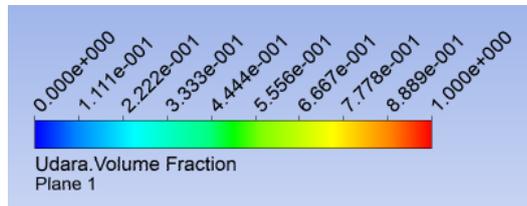
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s dan  $t = 0,8$  detik



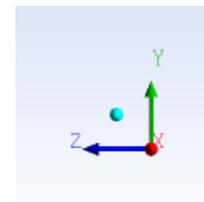
d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s dan  $t = 0,9$  detik



e) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,0$  m/s dan  $t = 1,0$  detik



f) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



g) Koordinat

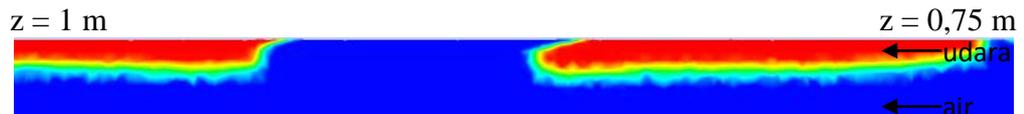
Gambar 4.2. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,0$  m/s Pada Waktu Berbeda

### Pembahasan :

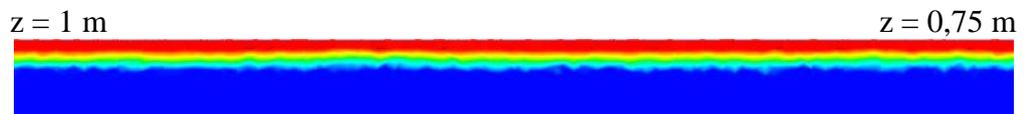
Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,0$  m/s, menghasilkan pola aliran hampir sama, pada detik ke 0,6 detik aliran fluida belum sampai ujung pipa dan belum terbentuk pola aliran *slug*. Pada detik ke 0,7 detik aliran fluida sudah sampai ujung pipa tetapi belum terbentuk pola aliran *slug*. Hingga detik ke 1,0 detik belum terjadi pola aliran *slug*, ini disebabkan karena nilai  $J_G$  dan  $J_L$  nya yang rendah sehingga air dan udara akan mengalir bersama dengan keadaan tenang dan pola aliran *slug* akan terbentuk dengan waktu yang lebih lama.

### 4.1.3 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 1,5 m/s

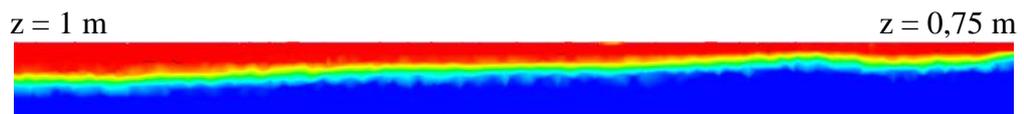
Variasi kedua adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s, 2,0 m/s, 2,5 m/s, dan 3,0 m/s terhadap  $J_L = 1,5$  m/s, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.3.



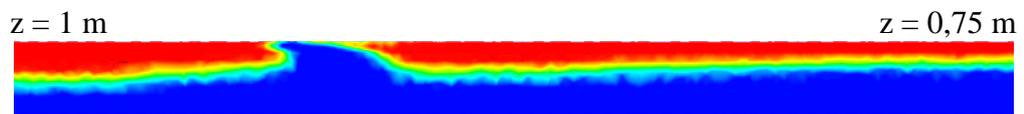
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



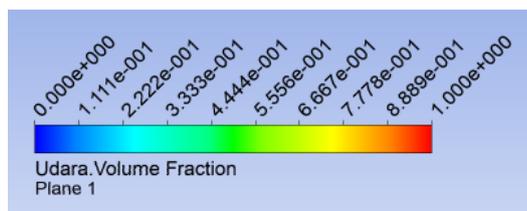
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,0$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



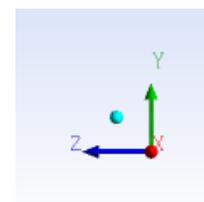
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 3,0$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



e) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



f) Koordinat

Gambar 4.3. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_L = 1,5$  m/s, dan  $J_G$  Berbeda Pada Saat 1 detik

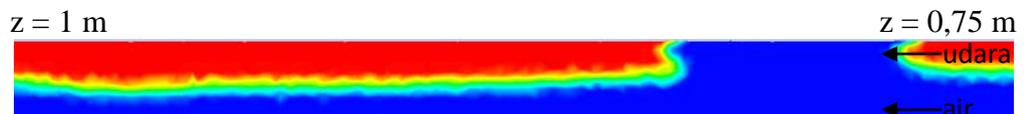
#### Pembahasan :

Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_L = 1,5$  m/s dan nilai  $J_G$  semakin bertambah yang diambil pada detik yang sama yaitu pada detik ke 1,0 detik akan menghasilkan pola aliran yang berbeda, terlihat pada variasi  $J_G = 1,5$  m/s terjadi *slug* pada detik ke 1,0 detik, sedangkan pada variasi  $J_G = 2,0$  m/s pada saat 1,0 detik hanya terlihat lurus, karena *slug* sudah terjadi pada detik ke 0,6

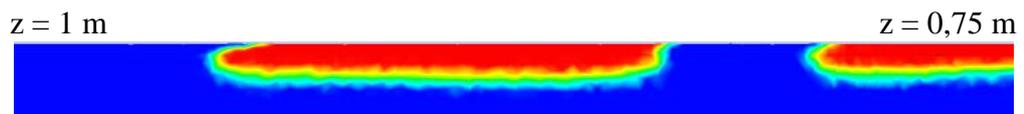
dan 0.7 detik, ketika detik ke 1,0 detik pola aliran kembali lurus, dan pada variasi  $J_G = 3,0$  m/s terlihat sudah terbentuk pola aliran *slug* berikutnya.

#### 4.1.4 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Dengan Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 1,5 m/s

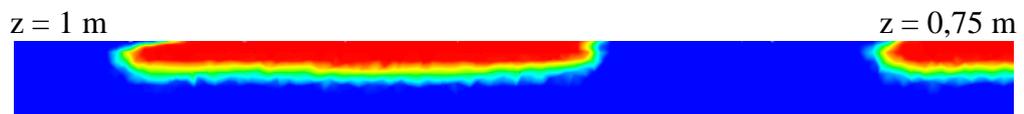
Variasi kedua adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,5$  m/s, dengan waktu pengambilan data yang berbeda, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.4.



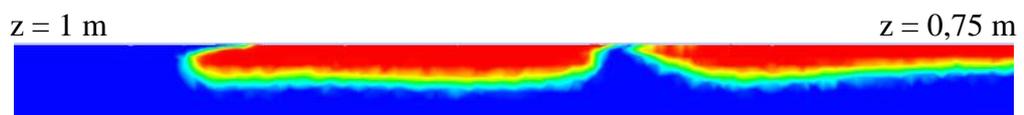
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s dan  $t = 0,6$  detik



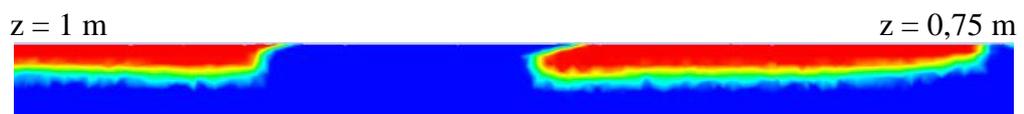
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s dan  $t = 0,7$  detik



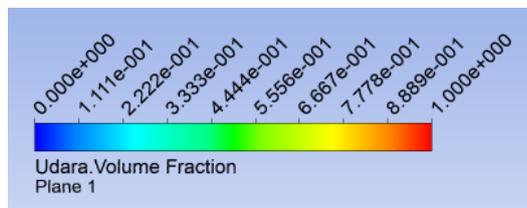
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s dan  $t = 0,8$  detik



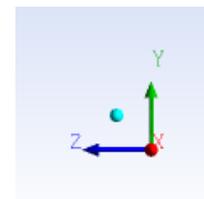
d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s dan  $t = 0,9$  detik



e) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 1,5$  m/s dan  $t = 1,0$  detik



f) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



g) Koordinat

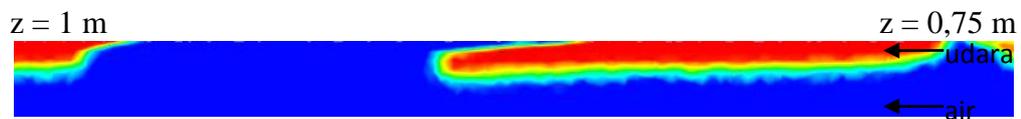
Gambar 4.4. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,5$  m/s Pada Waktu Berbeda

**Pembahasan :**

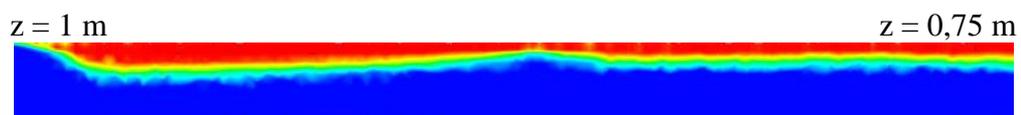
Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 1,5$  m/s, menghasilkan pola aliran yang terlihat perbedaan pada setiap waktu nya. Pada detik ke 0,7 detik, terlihat *liquid slug* semakin panjang dan terbentuk *liquid slug* berikutnya, dapat dilihat pada gambar 4.4(b). Pada detik ke 0,9 detik, terlihat sinyal terbentuknya pola aliran *slug*, yang berbentuk runcing, dapat dilihat pada gambar 4.4(d). Semakin banyak *slug* yang terjadi maka tekanan pada dinding pipa akan semakin besar, yang dapat menyebabkan pipa pecah.

**4.1.5 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 2,0 m/s**

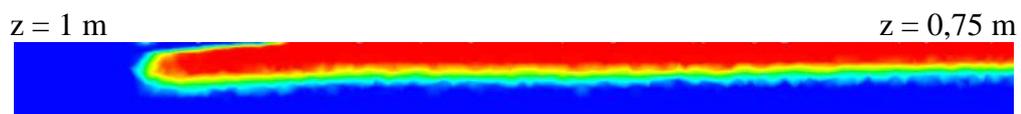
Variasi ketiga adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s, 2,0 m/s, 2,5 m/s, dan 3,0 m/s terhadap  $J_L = 2,0$  m/s, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.5.



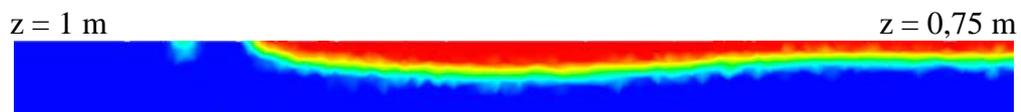
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik



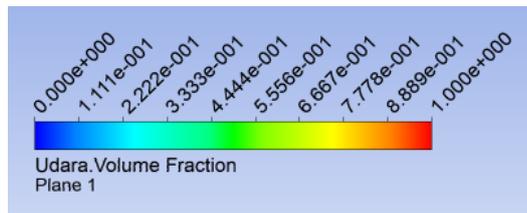
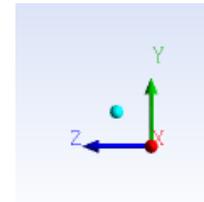
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,0$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik



c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik



d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 3,0$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s, dan  $t = 1$  detik

e) Skala Warna *Volume Fraction* Udara

f) Koordinat

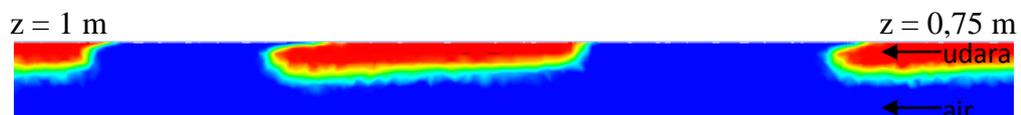
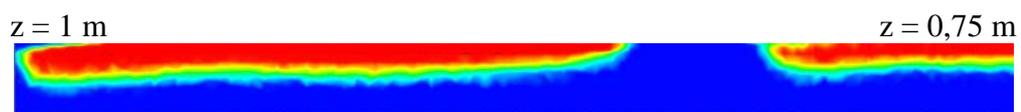
Gambar 4.5. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_L = 2,0$  m/s, dan  $J_G$  Berbeda Pada Saat 1 detik

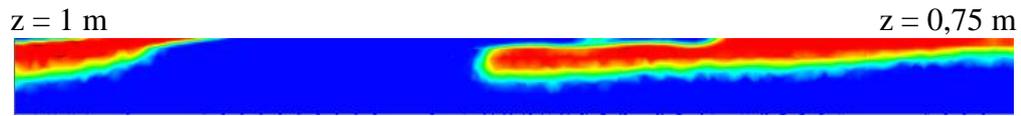
### Pembahasan :

Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) = 2 m/s dan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) yang berbeda-beda dengan waktu pengambilan data yang sama akan menghasilkan pola aliran yang berbeda, terlihat pada  $J_G = 1,5$  m/s pola aliran *slug* sudah terbentuk dan belum sampai ujung pipa, sedangkan pada  $J_G = 2,0$  m/s dan  $J_G = 2,5$  m/s pola aliran *slug* yang terbentuk sudah melewati ujung pipa, dan pada  $J_G = 3,0$  m/s terlihat *slug* yang lebih besar dan terdapat gelembung udara yang terjebak di dalam cairan *slug*, ini dikarenakan nilai  $J_G$  yang semakin besar sehingga pola aliran *slug* yang terbentuk akan mengalir lebih cepat.

#### 4.1.6 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Dengan Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 2,0 m/s

Variasi ketiga adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2,0$  m/s, dengan waktu pengambilan data yang berbeda, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.6.

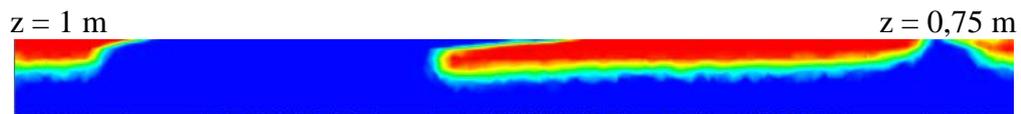
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s dan  $t = 0,6$  detikb) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s dan  $t = 0,7$  detik



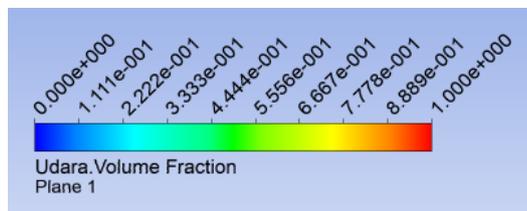
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s dan  $t = 0,8$  detik



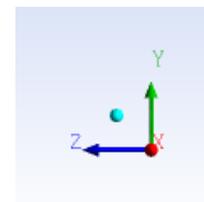
d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s dan  $t = 0,9$  detik



e) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,0$  m/s dan  $t = 1,0$  detik



f) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



g) Koordinat

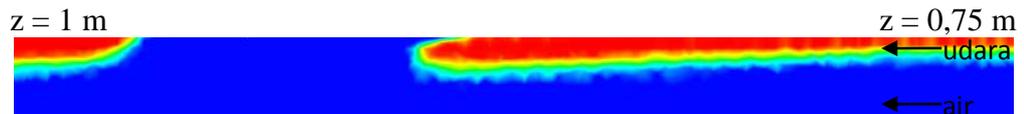
Gambar 4.6. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2,0$  m/s Pada Waktu Berbeda

### Pembahasan :

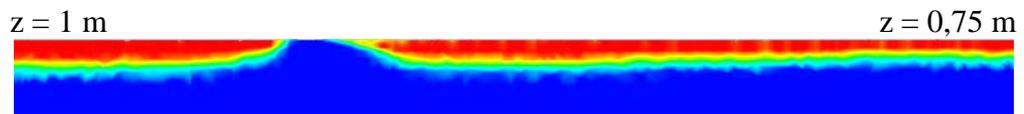
Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2$  m/s, menghasilkan pola aliran *slug* yang sangat terlihat perbedaan pada setiap waktu nya, semakin lama waktu simulasi pola yang dihasilkan akan semakin besar. Pada detik ke 0,8 detik, terlihat cairan masuk kedalam gelembung udara yang mengalir pada permukaan pipa bagian atas, ditunjukkan pada gambar 4.6(c), yang dikarenakan gelembung udara semakin besar memaksa masuk kedalam cairan, apabila kecepatan udara semakin besar, dapat berpotensi terbentuknya pola aliran *annular* dimana fase *liquid* mengalir pada dinding pipa bagian atas dan bawah.

#### 4.1.7 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 2,5 m/s

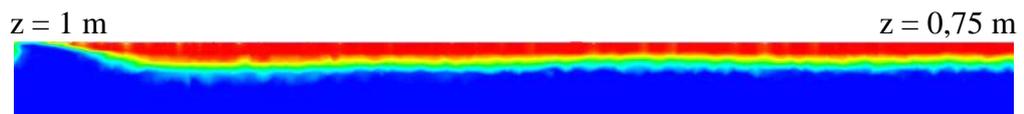
Variasi ketiga adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s, 2,0 m/s, 2,5 m/s, dan 3,0 m/s terhadap  $J_L = 2,5$  m/s, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.7.



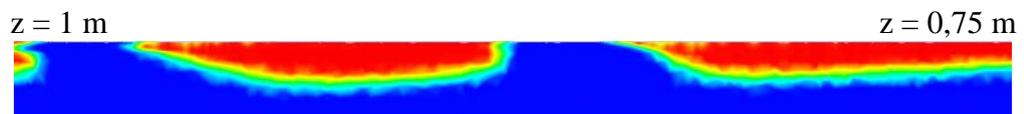
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



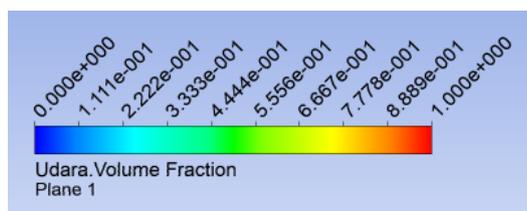
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,0$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



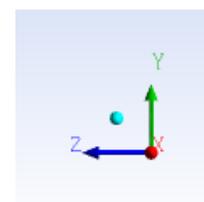
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 2,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 3,0$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s, dan  $t = 1$  detik



e) Skala Warna *Volume Fraction* Udara



f) Koordinat

Gambar 4.7. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_L = 2,5$  m/s, dan  $J_G$  Berbeda Pada Saat 1 detik

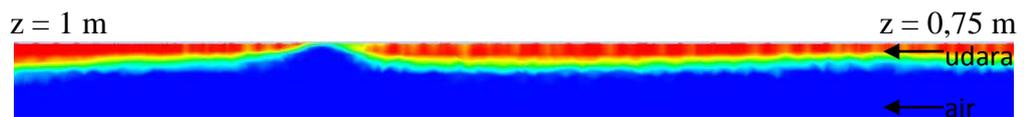
#### Pembahasan :

Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) = 2,5 m/s dan kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) yang berbeda-beda dengan waktu pengambilan data yang sama akan menghasilkan pola aliran yang berbeda, terlihat pada  $J_G = 1,5$  m/s pola aliran *slug* sudah terbentuk dan belum sampai ujung pipa, pada  $J_G = 2,0$  m/s pola aliran *slug* yang terbentuk sudah sampai

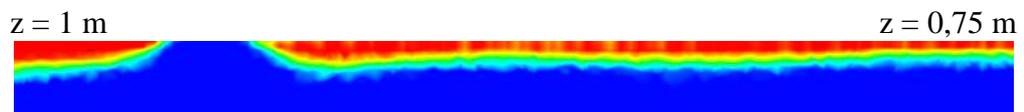
ujung pipa dan terlihat pola aliran *slug* berikutnya, pada  $J_G = 2,5$  m/s pola aliran *slug* yang terbentuk sudah melewati ujung pipa dan pola aliran *slug* berikutnya juga sudah sampai ujung pipa, dan pada  $J_G = 3,0$  m/s terlihat ada dua pola aliran *slug* yang terbentuk, terlihat gelembung udara yang berukuran lebih besar, dikarenakan nilai  $J_G$  yang besar.

#### 4.1.8 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Dengan Kecepatan Superfisial Air ( $J_L$ ) = 2,5 m/s

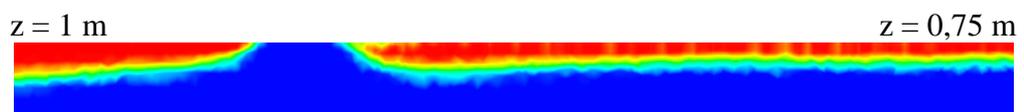
Variasi ketiga adalah menggunakan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2,5$  m/s, dengan waktu pengambilan data yang berbeda, menghasilkan simulasi pola aliran yang terlihat pada gambar 4.8.



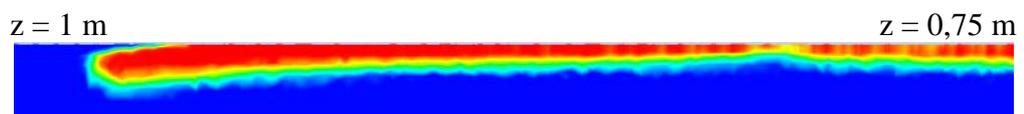
a) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s dan  $t = 0,6$  detik



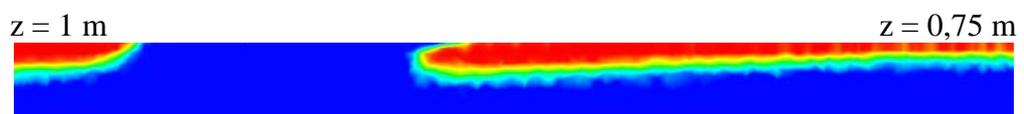
b) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s dan  $t = 0,7$  detik



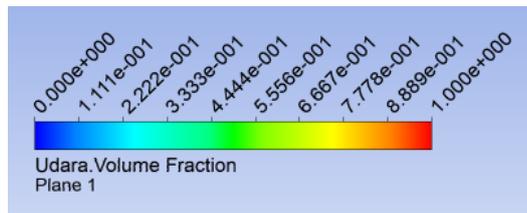
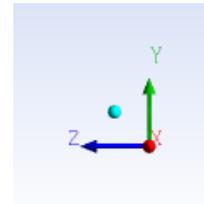
c) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s dan  $t = 0,8$  detik



d) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s dan  $t = 0,9$  detik



e) Pola aliran air-udara dengan  $J_G = 1,5$  m/s,  $J_L = 2,5$  m/s dan  $t = 1,0$  detik

f) Skala Warna *Volume Fraction* Udara

g) Koordinat

Gambar 4.8. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2,5$  m/s Pada Waktu Berbeda

### Pembahasan :

Simulasi pola aliran *slug* dengan nilai  $J_G = 1,5$  m/s dan  $J_L = 2,5$  m/s, menghasilkan pola aliran *slug* yang berbeda pada setiap waktu nya. Pada detik ke 0,6 detik, sudah terlihat sinyal terbentuknya pola aliran *slug*, pada detik ke 0,7 dan 0,8 detik pola aliran *slug* sudah terbentuk, pada detik ke 0,9 detik pola aliran *slug* sudah sampai ujung pipa dan terlihat sinyal slug berikutnya, dan pada detik ke 1,0 detik terlihat pola aliran *slug* yang terbentuk semakin panjang. Cairan yang menyumbat pipa secara ngeblok akan terdorong oleh udara berikutnya dan dapat mengakibatkan pipa pecah karena tekanan pada penampang dalam pipa bagian atas yang meningkat secara mendadak.