

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian tentang pengaruh superficial cairan terhadap pola aliran dua-fase pada pipa kapiler dan *pressure gradient* menggunakan pendekatan simulasi numerik. Hasil dan pembahasan berupa pola aliran dan *pressure gradient* di seksi uji.

#### **4.1 Karakteristik Simulasi**

Simulasi menggunakan model *Volume Of Fluid (VOF)* dijalankan dalam kondisi *transient*. Parameter waktu turut diperhitungkan dalam simulasi ini sehingga simulasi akan terus berjalan hingga waktu yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, waktu simulasi mengacu pada munculnya pola aliran. Penambahan parameter waktu ketika simulasi akan terus ditambah hingga pola aliran muncul.

Waktu yang dibutuhkan untuk munculnya pola aliran pada simulasi adalah 0.013 detik, akan tetapi simulasi tetap dilanjutkan hingga detik ke 0.2 untuk memastikan kemunculan pola.

Nilai *time step* untuk simulasi ini adalah sebesar 0.00001 detik. Nilai *time step* tersebut digunakan karena nilai tersebut dirasa cukup untuk melakukan simulasi pada penelitian ini berdasarkan kemampuan daya komputasi yang digunakan.

Maksimum iterasi yang diberikan pada setiap *time step* adalah sebesar 20 iterasi, nilai tersebut dirasa cukup untuk melakukan simulasi pada penelitian ini untuk meminimalisir waktu komputasi. Kriteria konvergensi diberikan sebesar 0.00001 yang dipantau pada *grafik residual* monitor ketika simulasi dijalankan.

Adapun waktu total komputasi yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi satu variasi kecepatan superficial air dan udara kurang lebih 25 jam.

## 4.2 Pola Aliran

Data pola aliran didapatkan dari pengolahan gambar hasil simulasi aliran dua-fase udara-air dengan campuran gliserin 0%, 10%, 20% dan 30% dengan variasi kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ) = 0.033 m/s – 4.935 m/s dan kecepatan superfisial *gas* ( $J_G$ ) = 9.62 m/s menggunakan *software ANSYS Fluent 19.0 academic*. Pola aliran yang didapatkan pada penelitian ini adalah pola aliran *slug-annular* dan pola aliran *churn*.

Pola aliran *slug-annular* adalah pola aliran yang terbentuk dari aliran udara yang membentuk inti gas dan air yang menempel pada dinding pipa. Keduanya mengalir bersama membentuk cincin air. Pada beberapa titik, cincin air lebih tebal dari pada bagian lainnya dan membentuk leher cairan.

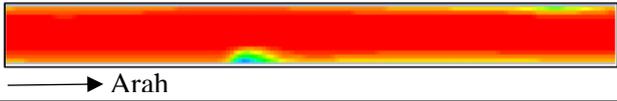
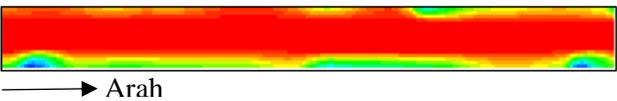
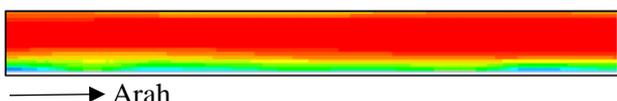
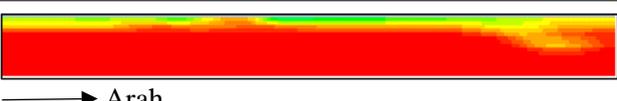
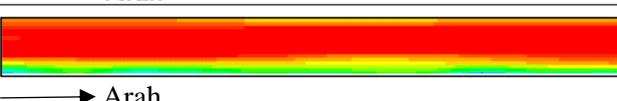
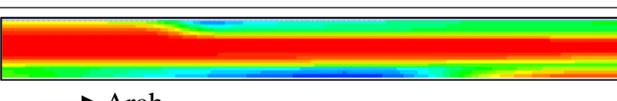
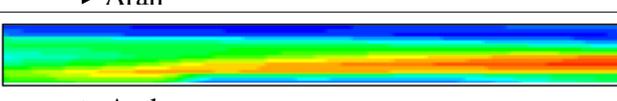
Pola aliran *churn* adalah pola aliran yang berbentuk tidak teratur yang disebabkan adanya gangguan pada aliran. Pola aliran *churn* alirannya cenderung acak pengaruh bertambahnya kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ).

Viskositas berpengaruh pada banyaknya cairan yang menempel di dinding pipa, semakin kental viskositas, semakin banyak cairan yang menempel di dinding pipa dan juga viskositas mempengaruhi proses terbentuknya pola aliran *slug-annular*. viskositas juga berpengaruh pada pada terbentuknya pola aliran *churn*, semakin kental viskositas *liquid* akan sulit terdispersi sehingga batas antar fase terlihat jelas.

Pada beberapa gambar terlihat posisi fluida cair berada di atas dan fluida *gas* berada di bawah, fenomena ini yang tidak dijumpai pada pipa berdiameter besar hal ini disebabkan kecepatan yang cukup tinggi pada penampang yang kecil.

#### 4.2.1 Pengaruh $J_L$ Terhadap Pola Aliran Pada Aliran Dua-Fase Udara-Air (GL0) Pada $J_G = 9.62$ m/s

Tabel 4.1 Pola aliran yang didapat dari  $J_G = 9.62$  m/s dan berbagai variasi  $J_L$  pada aliran dua-fase udara-air (GL0).

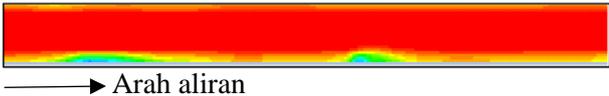
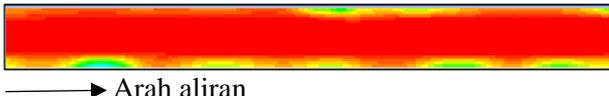
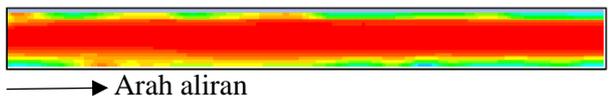
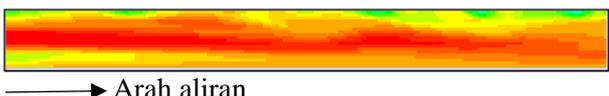
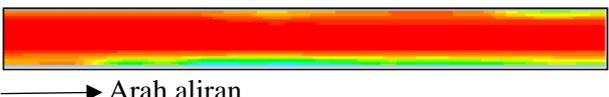
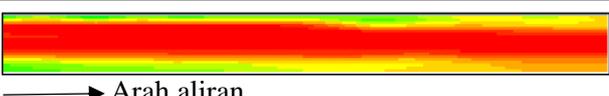
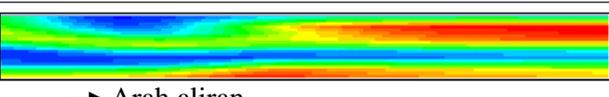
$J_L$ (m/s)	Gambar	Pola Aliran
a. 0.033		Slug-annular
b. 0.149		Slug-annular
c. 0.232		Churn
d. 0.539		Churn
e. 0.7		Churn
f. 2.297		Churn
g. 4.935		Churn



Tabel 4.1 terlihat pola aliran *slug-annular* pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.033$  m/s dan 0.149 m/s terdapat cairan pada sisi atas dan bawah pipa yang mengganggu udara yang melintas di dalam pipa dikarenakan kecepatan superfisial *liquid* yang rendah mengakibatkan jumlah *liquid* yang mengalir lebih sedikit, yang membedakan  $J_L = 0.033$  m/s dan 0.0149 m/s adalah bertambahnya *volume liquid* yang menempel di dinding pipa seiring bertambahnya kecepatan superfisial *liquid*. Ketika kecepatan superfisial *liquid* dinaikkan menjadi  $J_L = 0.232$  m/s;  $J_G = 9.62$  m/s pola aliran berubah menjadi pola aliran *churn* yang merupakan transisi dari pola aliran *slug-annular*.

#### 4.2.2 Pengaruh $J_L$ Terhadap Pola Pada Aliran Dua-Fase Udara-Air + 10% Gliserin (GL10) Pada $J_G = 9.62$ m/s

Tabel 4.2 Pola aliran yang didapat dari  $J_G = 9.62$  m/s dan berbagai variasi  $J_L$  pada aliran dua-fase udara-air + gliserin 10% (GL10).

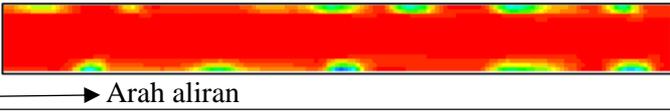
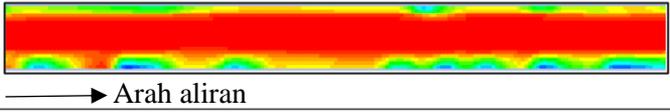
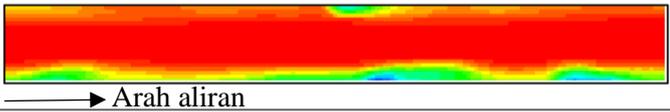
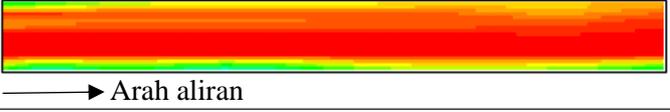
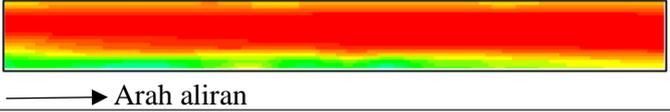
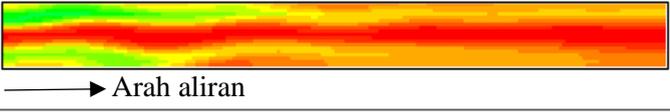
$J_L$ (m/s)	Gambar	Pola Aliran
a. 0.033		Slug-annular
b. 0.149		Slug-annular
c. 0.232		Churn
d. 0.539		Churn
e. 0.7		Churn
f. 2.297		Churn
g. 4.935		Churn



Tabel 4.2 dengan ditambahkan gliserin 10% pada air mengakibatkan bertambahnya *volume liquid* yang membentuk leher cairan pada pola aliran *slug-annular* pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.033$  m/s dan 0.149 m/s. Ketika kecepatan superfisial *liquid* dinaikkan menjadi  $J_L = 0.232$  m/s dan  $J_G = 9.62$  m/s pola aliran berubah menjadi pola aliran *churn* yang merupakan transisi dari pola aliran *slug-annular*. Pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.539$  m/s; 0.7 m/s; 2.297 m/s; dan 4.935 menunjukkan pola aliran *churn* yang ditandai dengan aliran yang bertambah acak pengaruh tingginya kecepatan superfisial *liquid* sehingga aliran berubah menjadi turbulen mengakibatkan aliran semakin tidak teratur.

### 4.2.3 Pengaruh $J_L$ Terhadap Pola Aliran Pada Aliran Dua-Fase Udara-Air + 20% Gliserin (GL20) Pada $J_G = 9.62$ m/s

Tabel 4.3 Pola aliran yang didapat dari  $J_G = 9.62$  m/s dan berbagai variasi  $J_L$  pada aliran dua-fase udara-air + gliserin 20% (GL20)

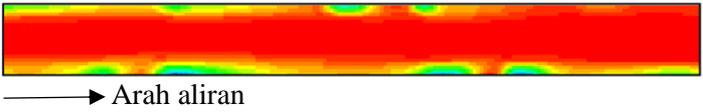
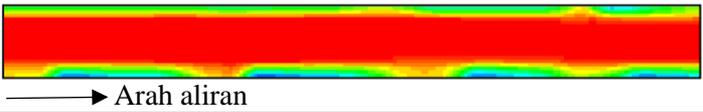
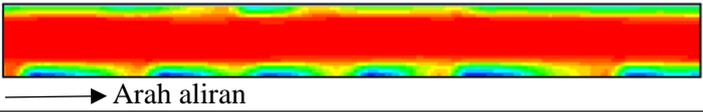
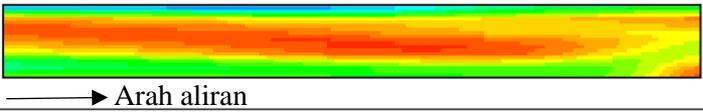
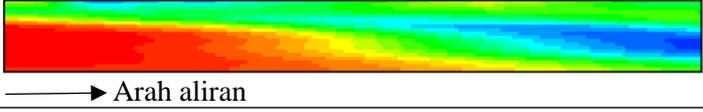
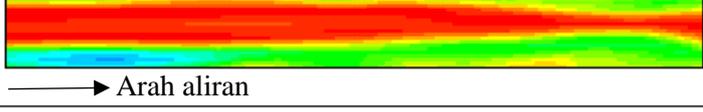
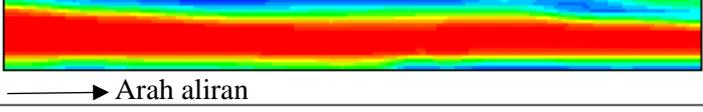
$J_L$ (m/s)	Gambar	Pola Aliran
a. 0.033	 → Arah aliran	Slug-annular
b. 0.149	 → Arah aliran	Slug-annular
c. 0.232	 → Arah aliran	Slug-annular
d. 0.539	 → Arah aliran	Churn
e. 0.7	 → Arah aliran	Churn
f. 2.297	 → Arah aliran	Churn
g. 4.935	 → Arah aliran	Churn


Fraksi Air
Fraksi Udara

Tabel 4.3 gliserin ditambahkan menjadi 20% (GL 20) terlihat pola aliran *slug-annular* terbentuk pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.033$  m/s; 0.149 m/s; dan 0.232 m/s yang sebelumnya pada GL 10 hanya terbentuk pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.033$  m/s; 0.149 m/s; hal ini terjadi karena bertambahnya viskositas mengakibatkan udara tidak mampu mempengaruhi cairan yang menempel pada dinding pipa. Ketika kecepatan superfisial *liquid* dinaikkan menjadi  $J_L = 0.539$  m/s dan  $J_G = 9.62$  m/s pola aliran berubah menjadi pola aliran *churn* yang merupakan transisi dari pola aliran *slug-annular*. Pola aliran *churn* yang ditandai dengan aliran yang bertambah acak. Batas-batas antar kedua fase menjadi tidak jelas dan tidak beraturan.

#### 4.2.4 Pengaruh $J_L$ Terhadap Pola Aliran Pada Aliran Dua-Fase Udara-Air + 30% Gliserin (GL30) Pada $J_G = 9.62$ m/s

Tabel 4.4 Pola aliran yang didapat dari  $J_G = 9.62$  m/s dan berbagai variasi  $J_L$  pada aliran dua-fase udara-air + gliserin 30% (GL30).

$J_L$ (m/s)	Gambar	Pola Aliran
a. 0.033		Slug-annular
b. 0.149		Slug-annular
c. 0.232		Slug-annular
d. 0.539		Churn
e. 0.7		Churn
f. 2.297		Churn
g. 4.935		Churn

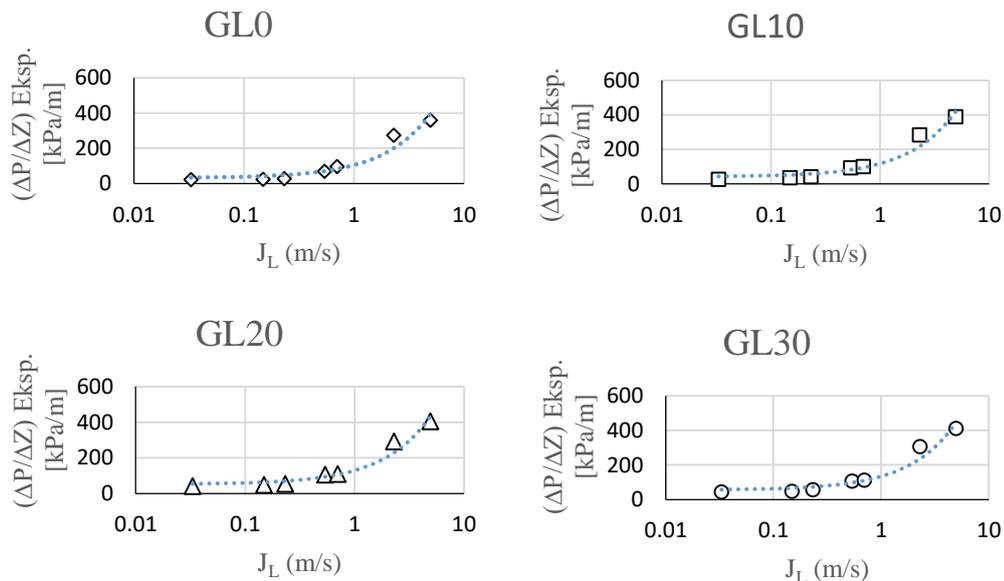
Tabel 4.4 Pola aliran *slug-annular* pada persentase 30% dengan  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.033$  m/s; 0.149 m/s; dan 0.232 m/s terdapat lebih banyak cairan yang menempel pada sisi atas dan bawah pipa yang mengganggu udara dikarenakan viskositas *liquid* lebih kental sehingga udara sulit mempengaruhi cairan dan terbentuklah cairan yang lebih tebal dan membentuk gelombang yang konstan. Pada  $J_G = 9.62$  m/s;  $J_L = 0.539$  m/s; 0.7 m/s; 2.297 m/s; dan 4.935 menunjukkan pola aliran *churn* yang ditandai dengan aliran yang bertambah acak karena aliran semakin turbulen akibat bertambahnya kecepatan superficial cairan dan gas.

### 4.3 Gradien Tekanan (*Pressure Gradient*)

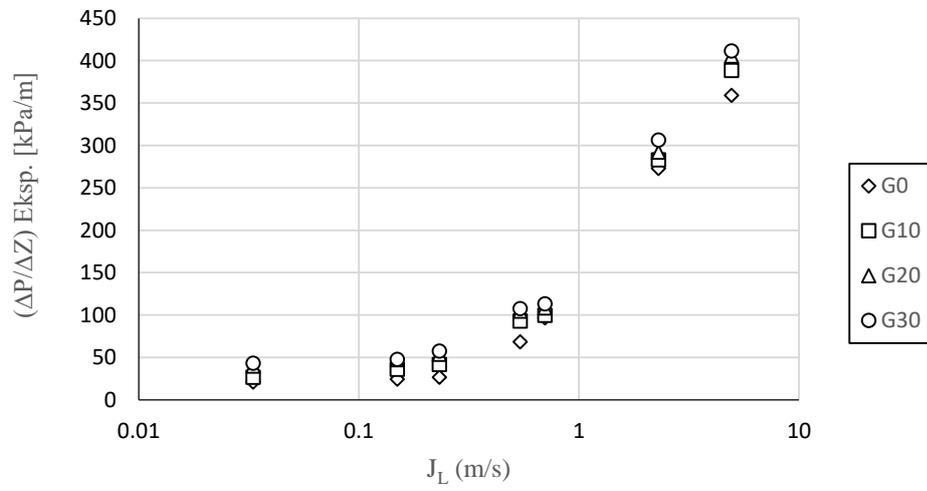
Data *pressure gradient* didapat dari simulasi aliran dua-fase udara-air dengan persentase gliserin 0%, 10%, 20%, 30% dengan menempatkan dua garis pada pipa sebagai batas seksi uji, garis tersebut digunakan sebagai sensor untuk mendapatkan data *pressure drop*, yang kemudian diolah menjadi *pressure gradient* dengan dibagi dengan panjang seksi uji diolah menggunakan Ms. Excel kemudian dijadikan grafik agar lebih mudah untuk dibaca dan dilihat perbedaannya.

Hasil dari *pressure gradient* menunjukkan kecepatan superfisial *liquid* sangat berpengaruh pada kenaikan pada *pressure gradient*. Hal ini karena peningkatan kecepatan sehingga gesekan antar muka akan naik dan menaikkan *pressure gradient*.

Tidak hanya kecepatan superfisial *liquid* yang berpengaruh pada kenaikan *pressure gradient*, viskositas juga berpengaruh pada kenaikan *pressure gradient*, semakin kental viskositas semakin tinggi juga *pressure gradient*. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Pengaruh  $J_L$  dan viskositas terhadap *pressure gradient* aliran dua-fase udara-air + gliserin dengan berbagai persentase.



Gambar 4.2 Perbandingan *pressure gradient* aliran dua-fase udara-air + gliserin dengan berbagai persentase.