

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian aliran dua fasa dengan fluida kerja berupa campuran udara, aquades dan gliserin pada saluran mini dengan kemiringan  $30^\circ$  terhadap posisi horisontal meliputi: pola aliran yang terbentuk, peta pola aliran setiap variasi campuran gliserin dan perbandingan peta pola aliran dengan penelitian-penelitian yang sebelumnya.

#### **4.1 Pola Aliran**

Penelitian aliran dua fasa pada pipa mini dengan diameter 1,6 mm dengan kemiringan  $30^\circ$  terhadap posisi horisontal dengan fluida kerja berupa campuran aquades gliserin dan udara dengan konsentrasi campuran gliserin dan aquades 0%, 10%, 20% dan 30%. Data penelitian yang berupa video diolah dengan cara diidentifikasi pola apa saja yang muncul pada video tersebut yang kemudian dilanjutkan dengan membuat peta pola aliran. Dari hasil pengamatan yang ada pada video tersebut terdapat lima pola aliran yang teridentifikasi yaitu: *plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*.

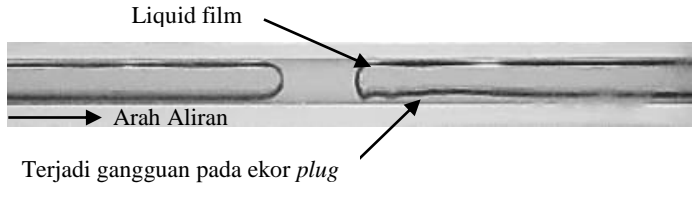
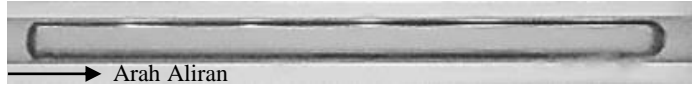
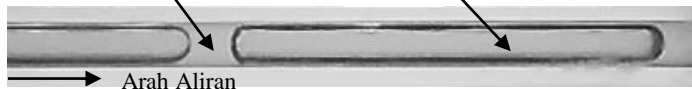
##### **4.1.1 Pola Aliran *Plug***

Pola aliran *plug* adalah pola yang terbentuk dari gelembung udara yang memanjang dan membentuk seperti peluru. Pola aliran *plug* terjadi jika kecepatan superfisial gas cukup untuk menembus aliran fluida cair tetapi tidak dapat menghancurkan aliran fluida cair. Pola aliran *plug* terbentuk pada saat nilai  $J_G$  dinaikkan dan nilai  $J_L$  lebih rendah dibandingkan dengan nilai  $J_L$  *bubbly*. *Plug* yang terbentuk relatif sama hanya saja perbedaan terjadi pada panjang dan jarak antara *plug* disetiap konsentrasi gliserin.

Pola aliran *plug* mulai terbentuk pada  $J_G = 0,025$  m/s dan  $J_L = 0,033$  m/s pada setiap variasi konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%. Dapat dilihat pada tabel 4.1 pola aliran *plug* yang terbentuk



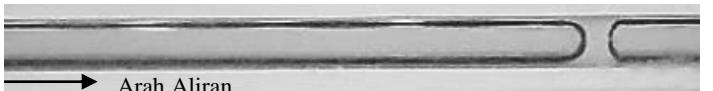
mengalami berkurangnya panjang dari ukuran *plug*. Hal tersebut dikarenakan setiap terjadi kenaikan  $J_L$  maka panjang dari pola aliran *plug* akan berkurang dikarenakan udara yang masuk ke *mixer* mulai tertekan oleh air sehingga mengurangi panjang dari *plug* itu sendiri. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%. Pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi yang dibuat meningkat pola aliran *Plug* mulai mengalami perubahan panjang dan bentuk ekor.

**Tabel 4.1** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

No.	$J_L$	Pola Aliran
1.	0,091 m/s	 <p>Liquid film</p> <p>Arah Aliran</p> <p>Terjadi gangguan pada ekor <i>plug</i></p>
2.	0,149 m/s	 <p>Arah Aliran</p>
3.	0,232 m/s	 <p>Cairan</p> <p>Udara</p> <p>Arah Aliran</p>




Dapat dilihat pada  $J_L$  0,091 m/s panjang *plug* yang teramati menjadi lebih panjang dikarenakan nilai  $J_L$  yang rendah dan terjadi gangguan pada ekor *plug* yang sedikit agak bergelombang dikarenakan dibagian bawah dari liquid film terdapat air yang terjebak sehingga mempengaruhi bentuk dari ekor *plug*.

**Tabel 4.2** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)


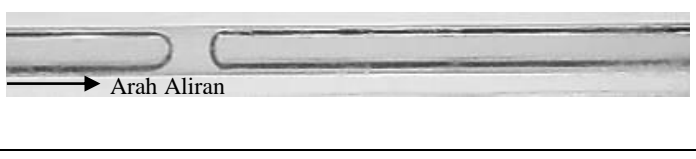

No.	$J_G$	Pola Aliran
1.	0,207 m/s	
2.	0,423 m/s	
3.	0,871 m/s	

Jika nilai  $J_G$  dinaikkan maka panjang dari *plug* akan bertambah untuk semua variasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30%. Dapat dilihat pada tabel 4.2 kecepatan superfisial cairan dibuat tetap 0,149 m/s dan kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) bervariasi yang dibuat meningkat panjang *plug* akan bertambah dan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  maka jarak antar *plug* akan sangat berdekatan dapat dilihat pada  $J_G$  0,871 m/s jarak antara ekor *plug* dengan kepala *plug* sangat berdekatan dikarenakan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  dan nilai  $J_L$  tetap maka udara akan berusaha untuk menyorobos air yang membatasi jarak antar *plug*. Pada  $J_G$  0,207 m/s dan 0,423 m/s terdapat gangguan pada ekor *plug* yang berbentuk bergelombang dibagian bawah liquid film. Hal tersebut terjadi dikarenakan dibagian bawah dari liquid film terdapat cairan yang terjebak.




**Tabel 4.3** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_L$	Pola Aliran
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	



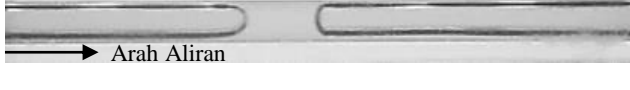
**Tabel 4.4** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_G$	Pola Aliran
1.	0,207 m/s	
2.	0,423 m/s	
3.	0,871 m/s	

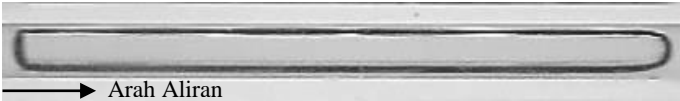

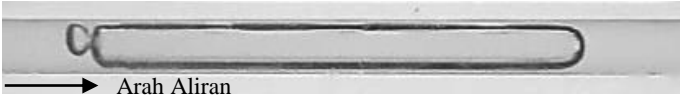
**Tabel 4.5** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_L$	Pola Aliran
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	




**Tabel 4.6** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_G$	Pola Aliran
1.	0,207 m/s	
2.	0,423 m/s	
3.	0,871 m/s	

**Tabel 4.7** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)


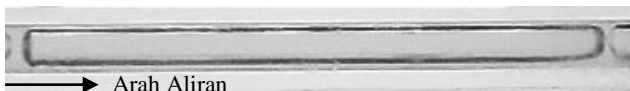
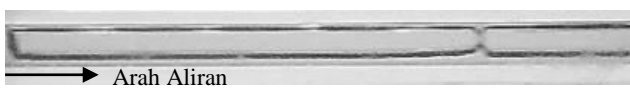
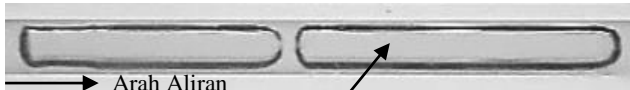
No.	$J_L$	Pola Aliran
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	

**Tabel 4.8** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_G$	Pola Aliran
1.	0,207 m/s	
2.	0,423 m/s	
3.	0,871 m/s	

Peningkatan viskositas juga memengaruhi ukuran dari *plug* tetapi bentuk dari *plug* relatif sama. Dapat dilihat pada tabel 4.9 semakin bertambahnya konsentrasi gliserin berpengaruh pada berkurangnya ukuran dari *plug* atau dapat dikatakan semakin berkurang juga panjang dari *plug* tersebut, dikarenakan semakin susahnya *plug* untuk menembus cairan gliserin.

**Tabel 4.9** Pola aliran *plug* yang terbentuk pada  $J_G = 0,423$  m/s dan  $J_L = 0,539$  m/s

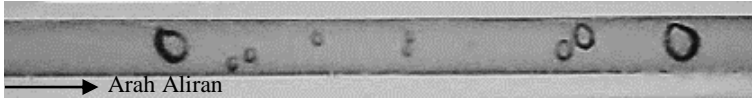
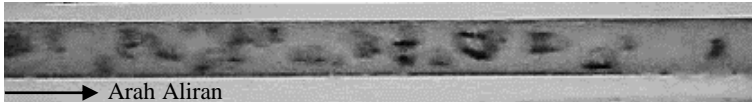
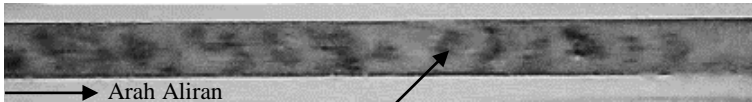
No.	Konsentrasi Gliserin	Pola Aliran <i>Plug</i>
1.	0%	
2.	10%	
3.	20%	
4.	30%	

Dengan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  yang sama pola aliran *plug* pada konsentrasi gliserin 20% jarak antar *plug* sangat dekat atau berhimpitan sedangkan untuk konsentrasi gliserin 30% *plug* yang dihasilkan sangat bagus dikarenakan nilai viskositas bertambah sehingga laju dari *plug* melambat. Dapat dilihat dari bentuk semua *plug* terdapat gangguan didaerah ekor *plug* yang bergelombang kecil dibawah liquid film.

#### 4.1.2 Pola Aliran *Bubbly*

Pola aliran *bubbly* mulai terbentuk pada nilai  $J_G$  rendah dan nilai  $J_L$  tinggi, tingginya nilai  $J_L$  membuat *mixer* dipenuhi oleh cairan sehingga udara akan sulit untuk merobos cairan yang ada pada *mixer*. Pola aliran *bubbly* muncul ketika udara mulai menerobos cairan yang terkumpul didalam *mixer* dan dengan tingginya nilai  $J_L$  maka gas berbentuk seperti terpotong potong kecil sehingga disebut pola aliran *bubbly*.

**Tabel 4.10** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,879 m/s	
2.	2,297 m/s	
3.	4,935 m/s	

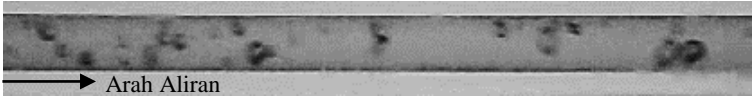
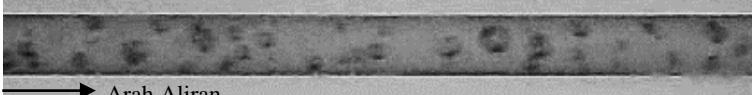
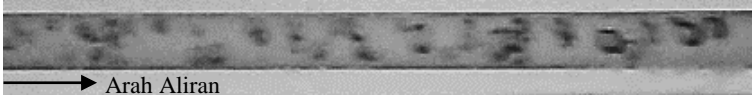
Pola aliran *bubbly* yang teramati pada penelitian ini terkadang terdapat pola aliran *plug*, terutama pada daerah transisi antara *plug* dengan *bubbly*. Pola aliran *bubbly* mulai muncul penuh ketika nilai  $J_L$  tinggi namun semakin bertambahnya nilai  $J_L$  maka bentuk dari *bubble* mulai tidak beraturan. Pola aliran *bubbly* mulai teramati ketika dari nilai  $J_G$  rendah 0,025 m/s dan nilai  $J_L$  tinggi yaitu 2,297 m/s. Dapat dilihat pada tabel 4.10 saat nilai  $J_G$  0,423 m/s dan nilai  $J_L$  dibuat bervariasi meningkat, pada nilai  $J_L$  0,879 m/s yang berada pada daerah transisi antara *plug*



dengan *bubbly*, *bubble* yang muncul ukurannya relatif besar yang dibagian belakangnya diikuti dengan *bubble* kecil.

Pada nilai  $J_L$  2,297 m/s intensitas *bubble* yang muncul relatif banyak dan bentuknya mulai tidak beraturan. Fenomena ini juga terjadi pada nilai  $J_L$  4,935 m/s dimana *bubble* yang teramati ukuran dan bentuknya mulai tidak beraturan dan sangat kecil, semakin tidak beraturannya bentuk dan ukuran *bubble* dipengaruhi karena semakin tinggi nilai  $J_L$  maka gas akan sulit untuk menembus fluida cair sehingga ketika gas dapat menembus fluida cair maka gas yang keluar dari *mixer* akan bergerombol dan terpotong potong menjadi kecil. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

**Tabel 4.11** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 2,297 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

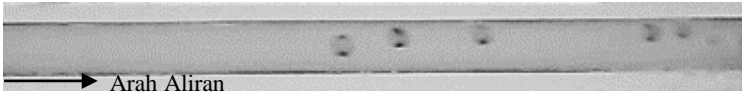
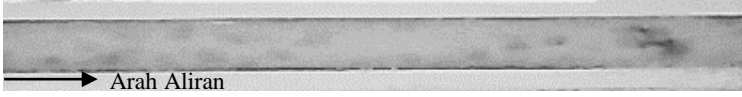
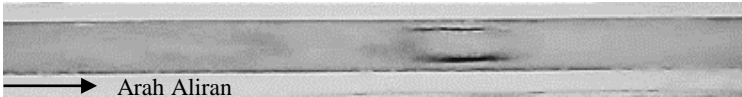
No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,025 m/s	
2.	0,066 m/s	
3.	0,116 m/s	

Pengaruh bentuk dan ukuran *bubble* tidak hanya terjadi karena naiknya nilai  $J_L$ , kenaikan nilai  $J_G$  juga berpengaruh terhadap pola aliran *bubbly*, dapat dilihat pada tabel 4.11 dimana nilai  $J_L$  dibuat tetap 0,149 m/s dan nilai  $J_G$  dibuat bervariasi meningkat.

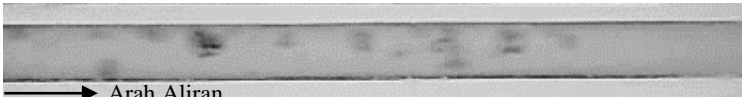
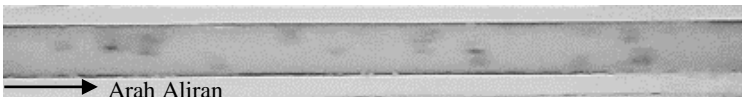
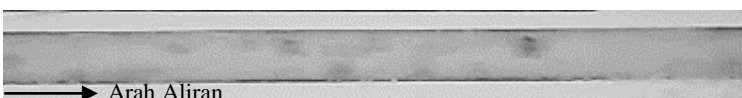
Dapat dilihat semakin bertambahnya  $J_G$  bentuk dan ukuran *bubble* semakin tidak beraturan, jarak antar *bubble* semakin berhimpit dan

ukuran *bubble* semakin kecil. Fenomena tersebut dikarenakan bertambahnya nilai  $J_G$  sehingga banyak udara yang terjebak didalam *mixer*, ketika udara dapat menembus fluida cair maka udara tersebut akan terpecah dan terpotong potong menjadi kecil menyerupai ekor pola aliran *churn*. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

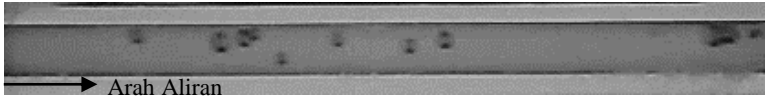
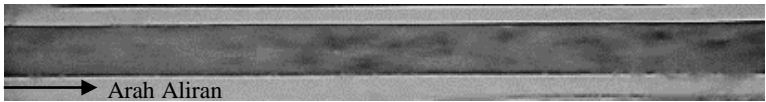
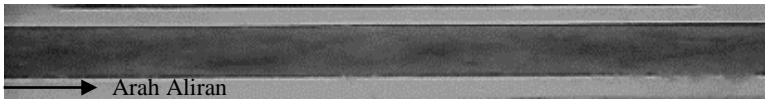
**Tabel 4.12** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,207 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,879 m/s	
2.	2,297 m/s	
3.	4,935 m/s	

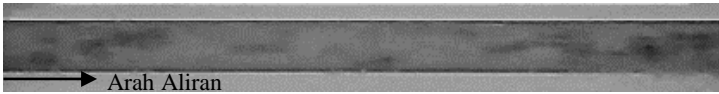

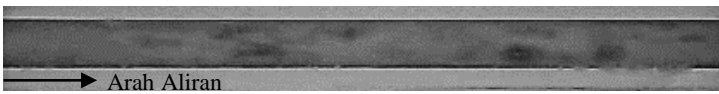
**Tabel 4.13** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 2,297 m/s pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,025 m/s	
2.	0,066 m/s	
3.	0,116 m/s	


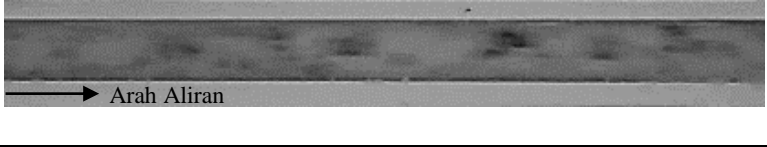
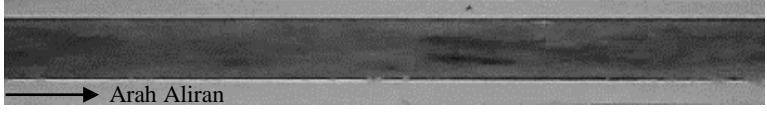
**Tabel 4.14** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,879 m/s	 Arah Aliran
2.	2,297 m/s	 Arah Aliran
3.	4,935 m/s	 Arah Aliran

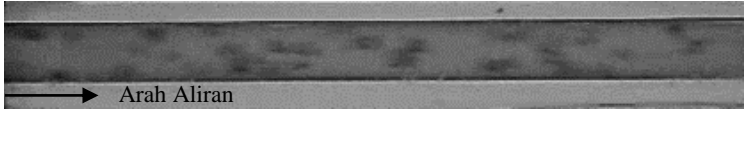
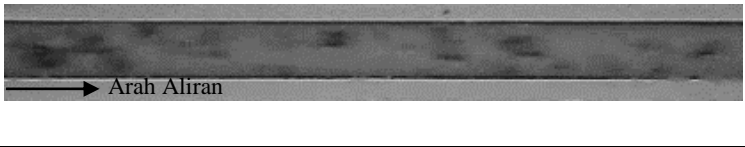
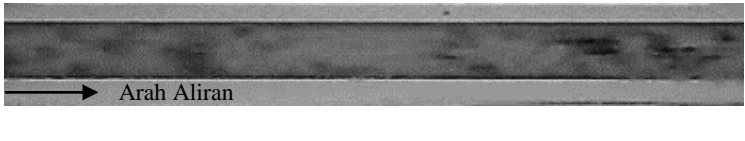
**Tabel 4.15** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 2,297 m/s pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,025 m/s	 Arah Aliran
2.	0,066 m/s	 Arah Aliran
3.	0,116 m/s	 Arah Aliran

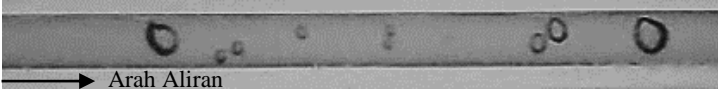
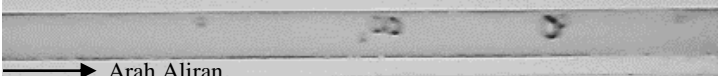
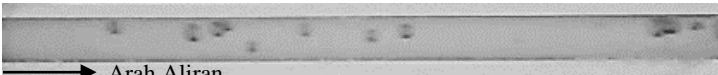
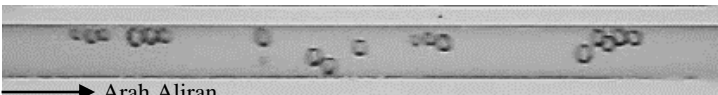
**Tabel 4.16** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,879 m/s	
2.	2,297 m/s	
3.	4,935 m/s	

**Tabel 4.17** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 2,297 m/s pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0,025 m/s	
2.	0,066 m/s	
3.	0,116 m/s	

**Tabel 4.18** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G = 0,423$  m/s dan  $J_L = 0,879$  m/s

No.	Konsentrasi Gliserin	Pola Aliran <i>Bubbly</i>
1.	0%	
2.	10%	
3.	20%	
4.	30%	

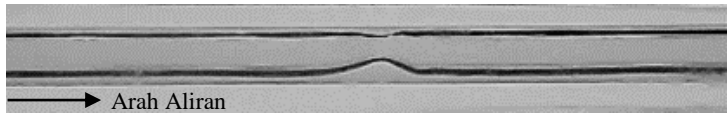
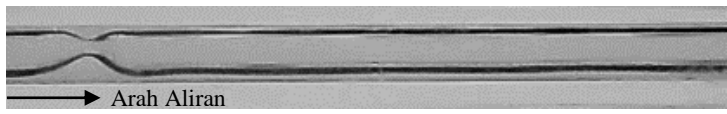
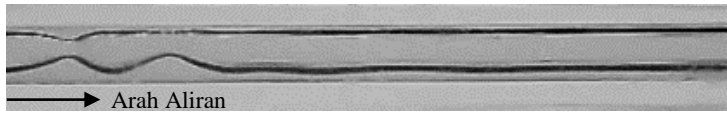
Bertambahnya konsentrasi gliserin juga berpengaruh pada ukuran *bubble* terlihat pada konsentrasi 0% gliserin ukuran *bubble* lebih besar dari pada konsentrasi 10%, 20% dan 30%. Terlihat ukuran *bubble* yang besar diikuti oleh *bubble-bubble* kecil dibelakangnya

Pada konsentrasi 10%, 20% dan 30% semakin besar konsentrasi gliserinnya pola aliran *bubbly* yang teramati semakin banyak intensitas munculnya dan jarak antara *bubble* agak sedikit menempel, semakin banyaknya kemunculan *bubble* dan menempelnya jarak antara *bubble* dikarenakan bertambahnya viskositas yang membuat udara yang terjebak didalam *mixer* sulit untuk menembus fluida cair yang semakin kental sehingga jika gas sudah dapat menembus fluida cair maka udara tersebut akan terpecah menjadi kecil-kecil dan membentuk pola aliran *bubbly*.

#### 4.1.3 Pola Aliran *Slug-annular*

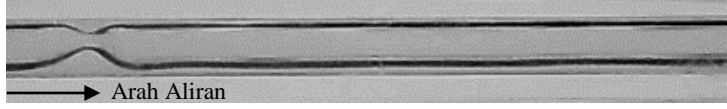
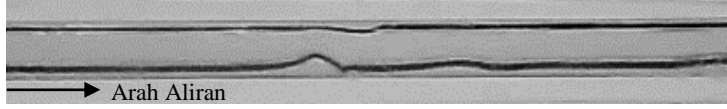
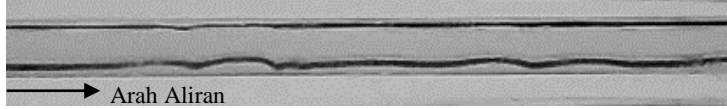
Pola aliran *slug-annular* muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai antara garis transisi pola aliran *Plug* dan sebelum mencapai garis transisi dengan pola aliran *annular*. Aliran *slug-annular* berbentuk *plug* panjang yang berkelanjutan yang dibagian atas dan bawahnya terdapat gelombang fluida cair yang terjebak dibagian atas dan bawah liquid film.

**Tabel 4.19** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 4,238 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	0,033 m/s	
2.	0,091 m/s	
3.	0,149 m/s	

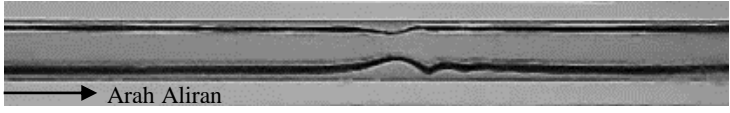
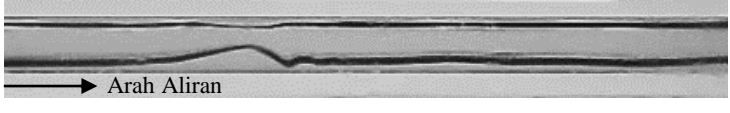
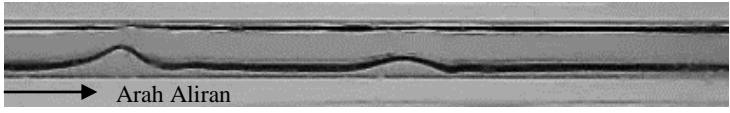
Dapat dilihat pada tabel 4.19 dengan nilai  $J_G$  yang dibuat tetap 4,238 m/s dan nilai  $J_L$  dibuat variasi secara meningkat berpengaruh pada semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan gelombang yang semakin banyak dan mencapai setengah diameter pipa atau dapat dikatakan hampir memutus dan membentuk pola *plug*. Hal tersebut dikarenakan bertambahnya nilai  $J_L$  yang membuat bertambahnya volume fluida cair yang masuk *kemixer* sehingga dapat membuat bertambahnya tinggi gelombang dan bertambahnya intensitas kemunculan gelombang. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

**Tabel 4.20** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,091 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

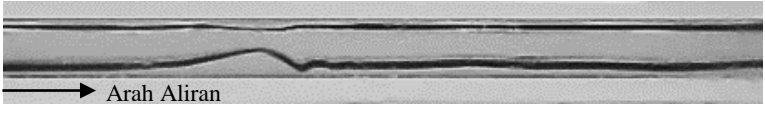
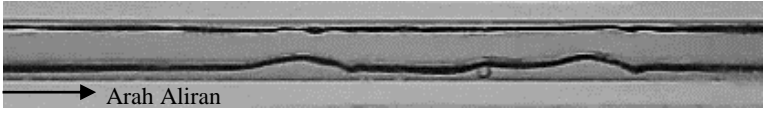
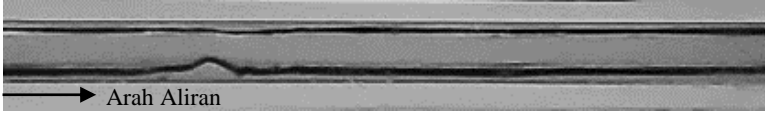
No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	4,238 m/s	
2.	7 m/s	
3.	9,62 m/s	

Pada tabel 4.20 dimana pada nilai  $J_L$  yang dibuat tetap 0,091 m/s dan nilai  $J_G$  dibuat bervariasi berpengaruh pada semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat gelombang air yang semakin banyak dan lebih kecil ukurannya. Hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat volume udara yang masuk pada *mixer* semakin banyak sehingga air akan tertekan dan mengurangi ketinggian dari gelombang itu sendiri. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

**Tabel 4.21** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 4,238 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

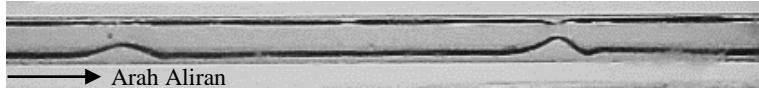

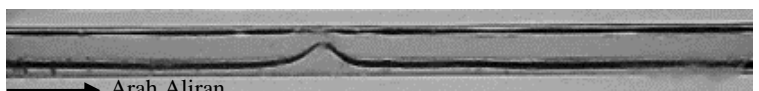
No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	0,033 m/s	
2.	0,091 m/s	
3.	0,149 m/s	

**Tabel 4.22** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,091 m/s pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

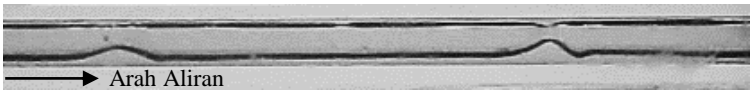


No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	4,238 m/s	
2.	7 m/s	
3.	9,62 m/s	



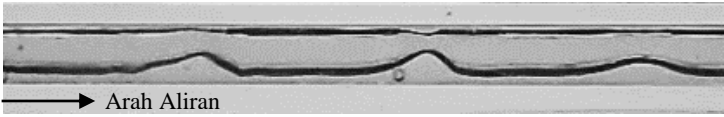
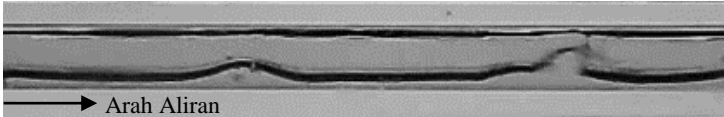
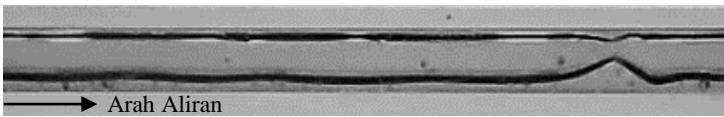
**Tabel 4.23** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 4,238 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	

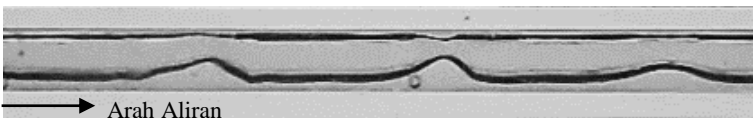
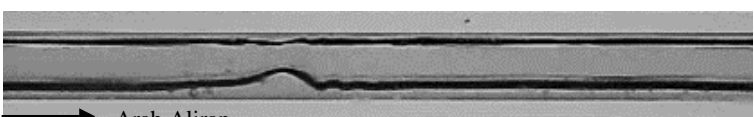
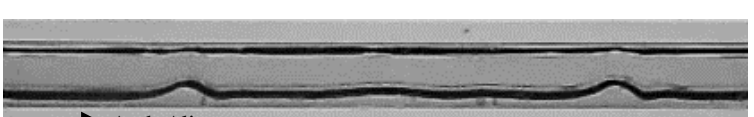
**Tabel 4.24** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,091 m/s pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	4,238 m/s	
2.	7 m/s	
3.	9,62 m/s	

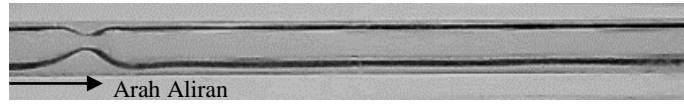
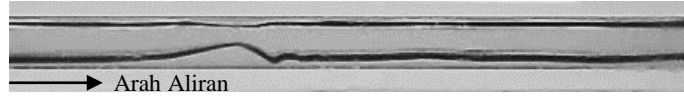
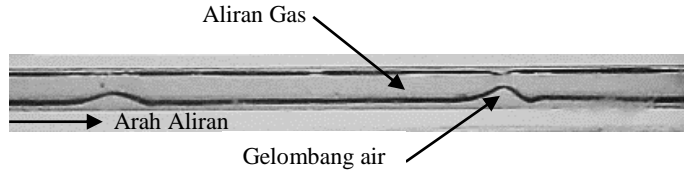
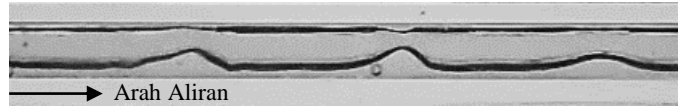
**Tabel 4.25** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 4,238 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	

**Tabel 4.26** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,091 m/s pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	4,238 m/s	
2.	7 m/s	
3.	9,62 m/s	

**Tabel 4.27** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G = 4,238$  m/s dan  $J_L = 0,091$  m/s

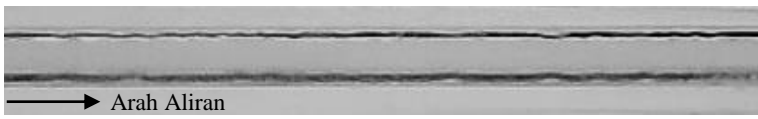
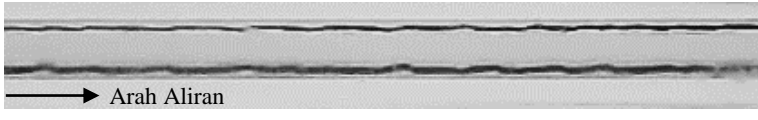
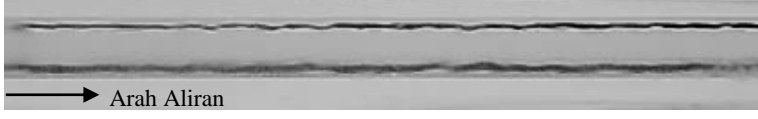
No.	Konsentrasi Gliserin	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>
1.	0%	
2.	10%	
3.	20%	
4.	30%	

Pola aliran *slug-annular* muncul pada  $J_G$  3 m/s sampai 22,6 m/s disetiap konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30%. Dari hasil pengamatan yang dilakukan bentuk pola aliran *slug-annular* tidak jauh berbeda pada setiap konsentrasi gliserin, dapat dilihat pada tabel 4.27 dimana variasi konsentrasi gliserin hanya berpengaruh pada ketebalan liquid film, semakin bertambah konsentrasi gliserin maka liquid film yang dihasilkan semakin bertambah ketebalannya dan dapat dilihat pada konsentrasi 0% *slug-annular* yang dihasilkan jarak antara liquid film atas dan bawah saling berdekatan dikarenakan tingkat viskositas yang rendah membuat udara mudah untuk memecah dan masuk kedalam cairan dan membuat celah sehingga dapat menyebabkan terputusnya aliran *slug-annular* menjadi *Plug*. Jika nilai  $J_L$  dinaikkan mendekati garis transisi maka pola yang dihasilkan adalah *churn* dan jika nilai  $J_G$  dinaikkan mendekati garis transisi maka yang didapatkan adalah pola aliran *annular*.

#### 4.1.4 Pola Aliran *Annular*

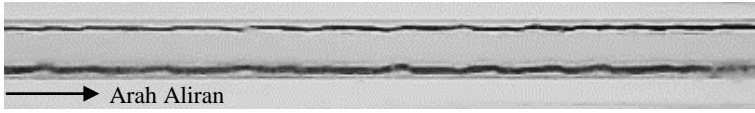
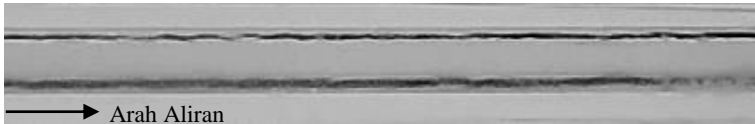

Pola *annular* muncul pada saat pola *slug-annular* ketika nilai  $J_G$  dinaikkan pada  $J_G$  50 m/s sampai 66,3 m/s, bentuk dari pola aliran *annular* sama seperti *slug-annular* hanya saja pola aliran *annular* memiliki gelombang yang lebih kecil dan banyak. Pengaruh perubahan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  mengakibatkan perbedaan tebal daerah yang dialiri oleh liquid cair, tetapi pada bagian bawah daerah yang dialiri liquid cair masih tetap tebal.

**Tabel 4.28** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 50 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	0,091 m/s	
2.	0,149 m/s	
3.	0,232 m/s	

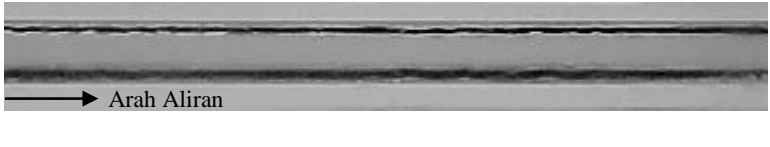
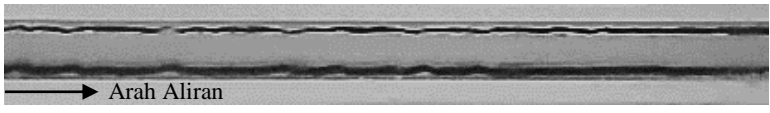
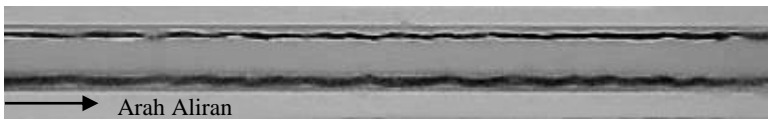
Pada tabel 4.28 dimana pada nilai  $J_G$  yang dibuat tetap 50 m/s dan nilai  $J_L$  dibuat bervariasi meningkat berpengaruh pada semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan gelombang-gelombang kecil yang berada pada bagian bawah liquid film semakin banyak, hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume cairan yang berada pada *mixer* membuat udara yang berhasil menembus cairan kemudian menekan cairan sehingga semakin banyak cairan yang masuk membuat gelombang kecil yang semakin banyak. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

**Tabel 4.29** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

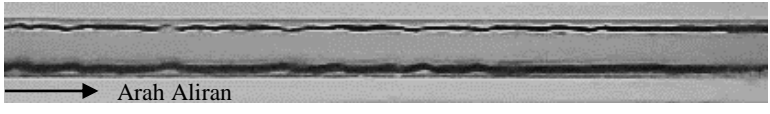
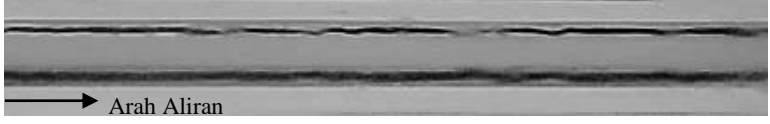
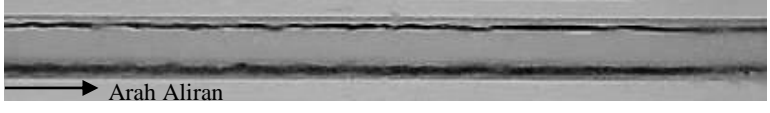
No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	50 m/s	
2.	58,05 m/s	
3.	66,3 m/s	

Pada tabel 4.29 dimana pada nilai  $J_L$  yang dibuat tetap 0,149 m/s dan nilai  $J_G$  dibuat bervariasi meningkat berpengaruh pada semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat gelombang kecil yang berada pada bagian bawah liquid film semakin rata hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume gas pada *mixer* membuat gas akan menekan cairan sehingga bertambahnya fluida gas membuat cairan semakin tertekan dan mendekati rata. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

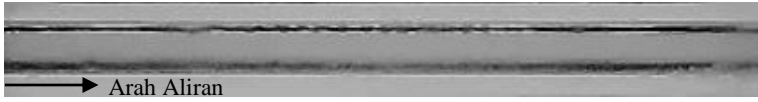
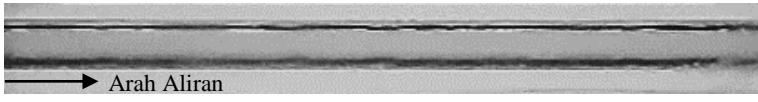
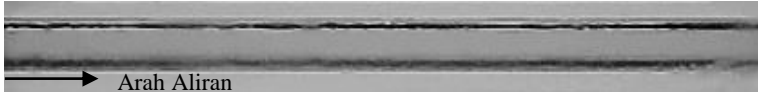
**Tabel 4.30** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 50 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	0,091 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	0,149 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	0,232 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.

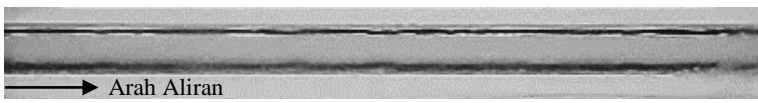
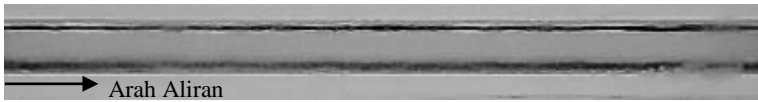
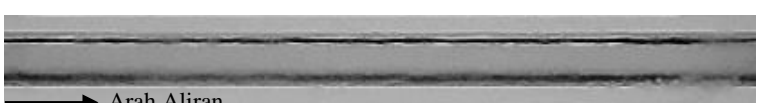
**Tabel 4.31** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	50 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	58,05 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	66,3 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin liquid film on the top and bottom walls of a pipe, with a gas core in the center. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.

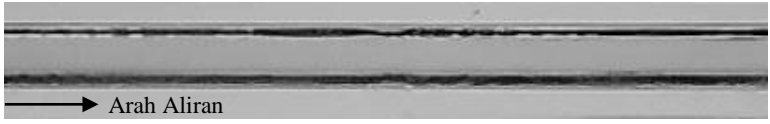
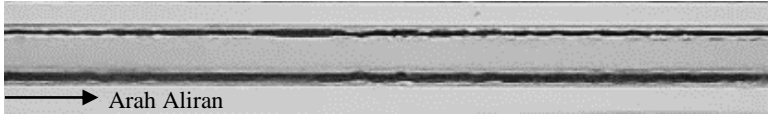
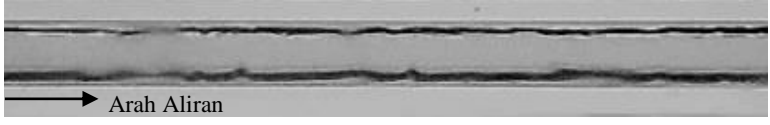
**Tabel 4.32** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 50 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	0,091 m/s	 Arah Aliran
2.	0,149 m/s	 Arah Aliran
3.	0,232 m/s	 Arah Aliran

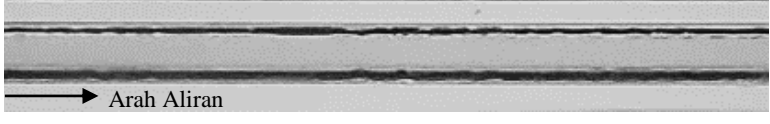
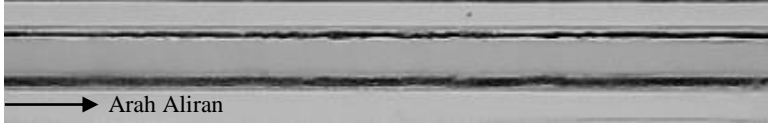
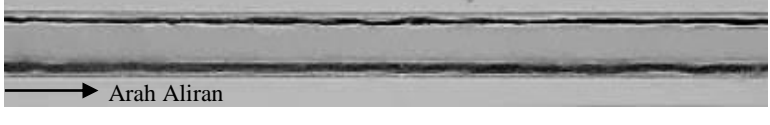
**Tabel 4.33** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	50 m/s	 Arah Aliran
2.	58,05 m/s	 Arah Aliran
3.	66,3 m/s	 Arah Aliran

**Tabel 4.34** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 50 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	0,091 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	0,149 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	0,232 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.

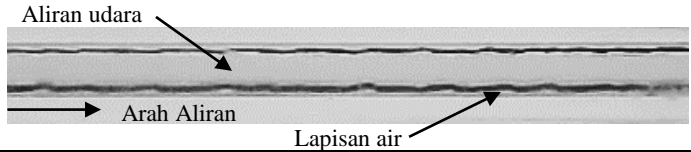
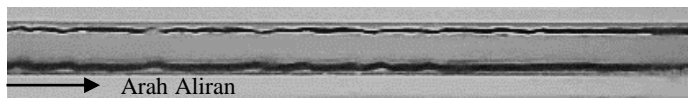
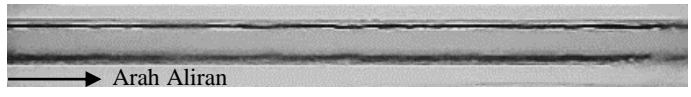
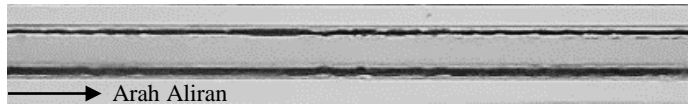
**Tabel 4.35** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	50 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	58,05 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	66,3 m/s	 A horizontal flow pattern showing a thin, dark, wavy liquid film on the bottom wall of a pipe, with a lighter gas core above. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.



Munculnya pola aliran *annular* terhadap variasi konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30% tidak begitu jelas perbedaannya, dapat dilihat pada tabel 4.36 semakin bertambahnya nilai konsentrasi gliserin gelombang kecil yang berada pada aliran *annular* bagian liquid film yang bawah gelombang kecilnya agak berkurang dan mendekati rata, namun pada konsentrasi 0% terjadi perbedaan yaitu gelombang kecil yang berada dibawah liquid film sedikit lebih besar dikarenakan viskositas yang rendah sehingga air yang tertekan akan bergerak bebas dan membuat gelombang yang sedikit lebih besar.

**Tabel 4.36** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G = 50$  m/s dan  $J_L = 0,149$  m/s

No.	Konsentrasi Gliserin	Pola Aliran <i>Annular</i>
1.	0%	
2.	10%	
3.	20%	
4.	30%	

Ketika nilai  $J_L$  yang ditambah pada pola aliran *annular* pola aliran yang dihasilkan adalah *churn*, *churn* yang dihasilkan pada garis transisi antara pola aliran *annular* dan *churn* intensitas kemunculan *churn* sangat sedikit dan lebih dominan ke pola aliran *annular*.

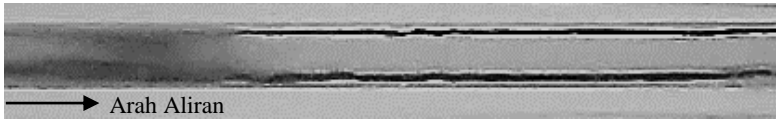
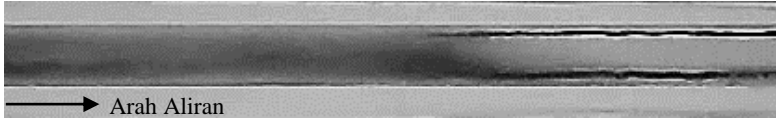
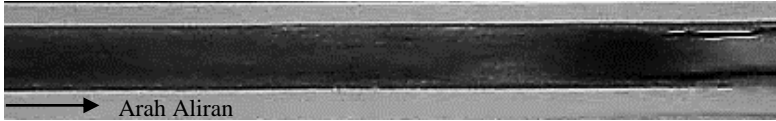
Kemunculan pola aliran *annular* disetiap konsentrasi gliserin hanya berbeda pada konsentrasi gliserin 20% dan 30%, dimana kemunculan pola aliran *annular* terdapat pada nilai  $J_G$  22,6 m/s dan nilai  $J_L$  awal yaitu 0,033 m/s dan 0,091 m/s.

#### 4.1.5 Pola Aliran *Churn*

Pola aliran *churn* mulai muncul ketika nilai  $J_G$  dan  $J_L$  sama-sama tinggi, pola *churn* muncul ketika pola aliran *annular* yang ditambahkan nilai  $J_L$ , ketika nilai  $J_L$  tinggi seharusnya yang muncul adalah pola aliran *Plug* akan tetapi pengaruh dari nilai  $J_G$  dan  $J_L$  yang sama-sama tinggi membuat pola aliran yang muncul adalah pola aliran *churn*.

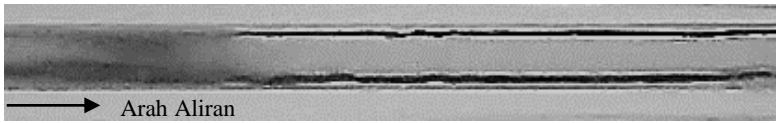
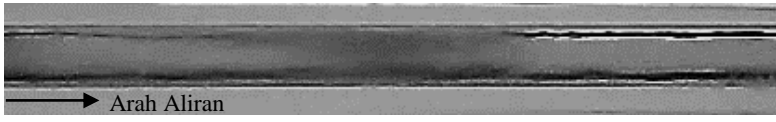
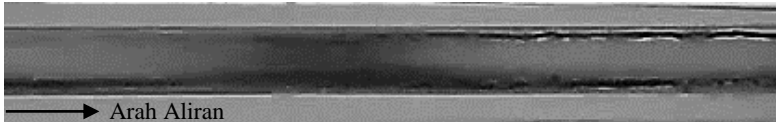
Pola aliran *churn* berbentuk *Plug* yang ekornya diikuti oleh gelembung-gelembung kecil yang bergerak sangat cepat, hal tersebut terjadi dikarenakan fluida cair terdispersi menjadi kecil-kecil. Pola aliran *churn* yang muncul pada garis transisi antara *slug-annular* terdapat gelombang yang berada pada liquid film yang dibagian ekornya terdapat gelembung-gelembung kecil yang mengalir sangat cepat.

**Tabel 4.37** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GLO)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	0,7 m/s	
2.	0,879 m/s	
3.	2,297 m/s	

Pada tabel 4.37 dapat dilihat bahwa pola aliran churn pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  dibuat bervariasi meningkat berpengaruh pada semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan bayangan hitam yang semakin banyak hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume air yang ada dimixer sehingga membuat udara akan sulit untuk keluar ketika udara dapat menembus cairan maka udara tersebut akan terpotong-potong menjadi kecil atau terdispersi sehingga muncul bayangan hitam yang sangat banyak. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin (0%, 10%, 20% dan 30%)

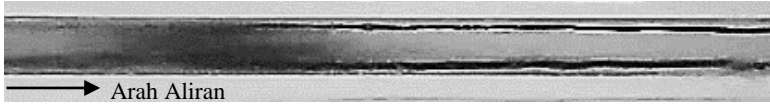
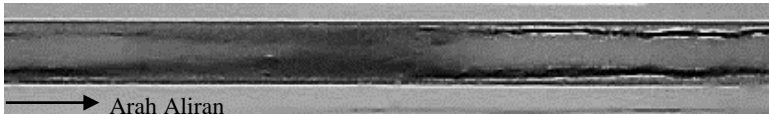
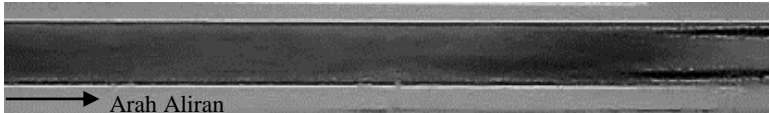
**Tabel 4.38** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,7 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	22,6 m/s	
2.	50 m/s	
3.	58,05 m/s	

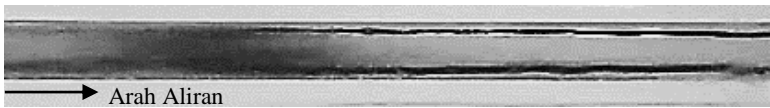


Pada tabel 4.38 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat kemunculan bayangan hitam akan semakin berkurang. Hal tersebut dikarenakan fluida udara yang masuk ke *mixer* semakin besar sedangkan volume cairan tetap sehingga ketika udara semakin bertambah maka udara tersebut dengan sangat mudah menembus fluida cair sehingga menghasilkan bayangan hitam yang sangat sedikit atau dapat dikatakan

udara yang terdispersi semakin berkurang. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin (0%, 10%, 20% dan 30%)

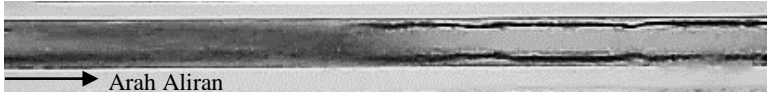
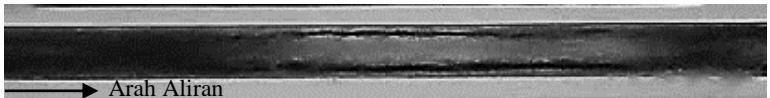
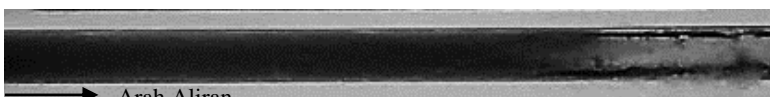
**Tabel 4.39** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	0,7 m/s	 Arah Aliran
2.	0,879 m/s	 Arah Aliran
3.	2,297 m/s	 Arah Aliran

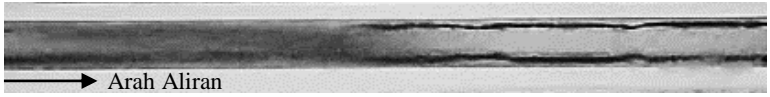
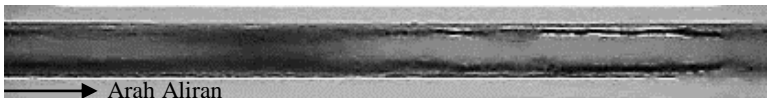

**Tabel 4.40** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,7 m/s pada 10% konsentrasi gliserin (GL10)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	22,6 m/s	 Arah Aliran
2.	50 m/s	 Arah Aliran
3.	58,05 m/s	 Arah Aliran

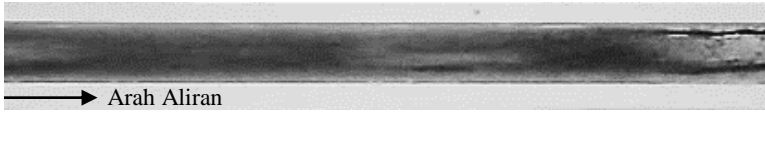
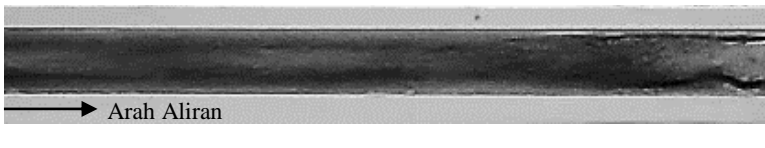
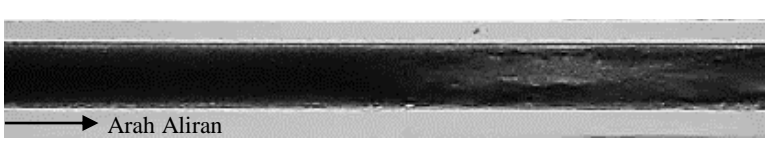
**Tabel 4.41** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	0,7 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is relatively smooth with some small-scale disturbances. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	0,879 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is more irregular and wavy than in the first case. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	2,297 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is highly irregular and turbulent, characteristic of a churn flow regime. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.

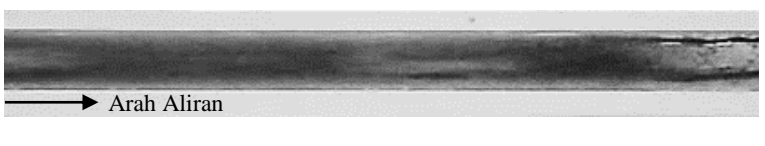
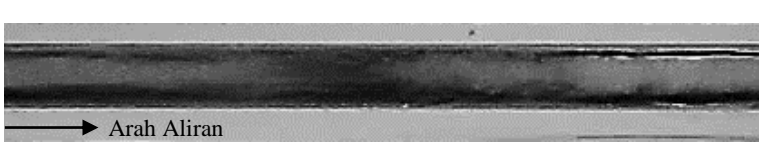
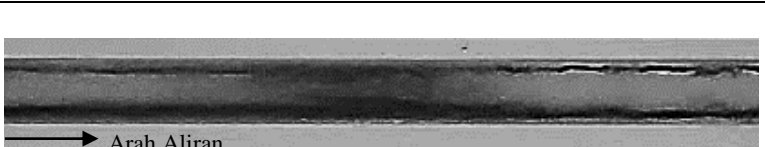
**Tabel 4.42** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,7 m/s pada 20% konsentrasi gliserin (GL20)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	22,6 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is relatively smooth with some small-scale disturbances. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
2.	50 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is more irregular and wavy than in the first case. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.
3.	58,05 m/s	 A horizontal flow visualization showing a dark liquid phase at the bottom and a lighter gas phase at the top. The interface is highly irregular and turbulent, characteristic of a churn flow regime. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right.

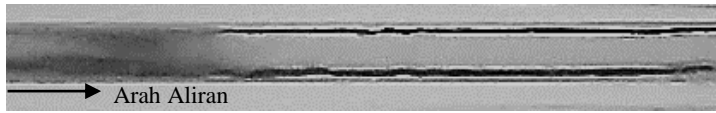
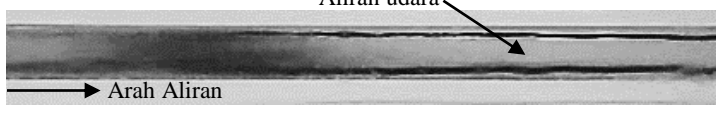
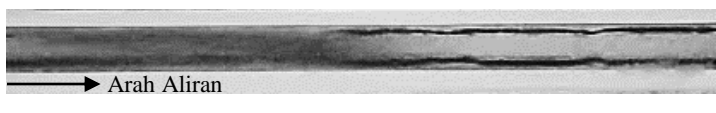
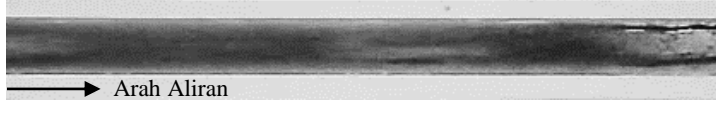
**Tabel 4.43** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_L$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	0,7 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.
2.	0,879 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.
3.	2,297 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.

**Tabel 4.44** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,7 m/s pada 30% konsentrasi gliserin (GL30)

No.	$J_G$	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	22,6 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.
2.	50 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.
3.	58,05 m/s	 A horizontal flow pattern showing a dark, turbulent region at the bottom of a lighter, smoother region. An arrow labeled 'Arah Aliran' points to the right below the flow.

**Tabel 4.45** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G = 22,6$  m/s dan  $J_L = 0,7$  m/s

No.	Konsentrasi Gliserin	Pola Aliran <i>Churn</i>
1.	0%	
2.	10%	
3.	20%	
4.	30%	

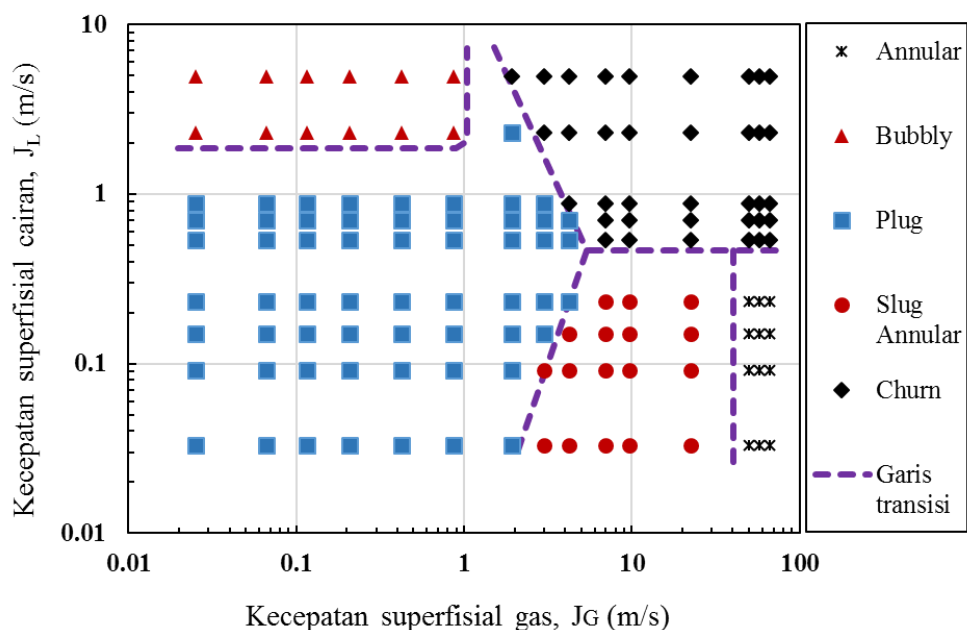
Dapat dilihat pada tabel 4.45 pengaruh konsentrasi gliserin berpengaruh pada gelembung-gelembung yang sangat kecil yang sangat tidak beraturan dan acak, semakin bertambahnya konsentrasi gliserin membuat intensitas munculnya gelembung-gelembung kecil yang acak dan tidak beraturan semakin banyak, hal tersebut dikarenakan semakin kentalnya fluida cair gas yang mencoba menembus cairan sangat susah untuk menembusnya dan ketika dapat menembus udara yang keluar sangat tidak beraturan dan acak.

#### 4.2 Peta Pola Aliran

Pola aliran yang teridentifikasi selanjutnya dimasukkan kedalam peta pola aliran, untuk sumbu dimasukkan pada peta pola aliran terdapat dua yaitu X dan Y dimana sumbu X dimasukkan nilai  $J_G$  (kecepatan superfisial gas) dan untuk sumbu Y dimasukkan nilai  $J_L$  (kecepatan superfisial cairan). Nilai minimal untuk sumbu X adalah 0,01 dan nilai maksimalnya adalah 100 dimana

didalam pengaturan manor dan minor dibuat 10 dan axis value dibuat 0,01 dengan skala *logarithmic*.

Untuk pengaturan pada sumbu Y tidak jauh berbeda dengan sumbu X hanya yang membedakan adalah nilai maksimal dari sumbu Y dibuat 10. Garis transisi pada peta pola aliran sudah dapat ditentukan dan menganalisa mengenai daerah transisi yang terdapat pada peta pola aliran. Berikut gambar peta pola aliran 0% yang terdapat pada Gambar 4.1

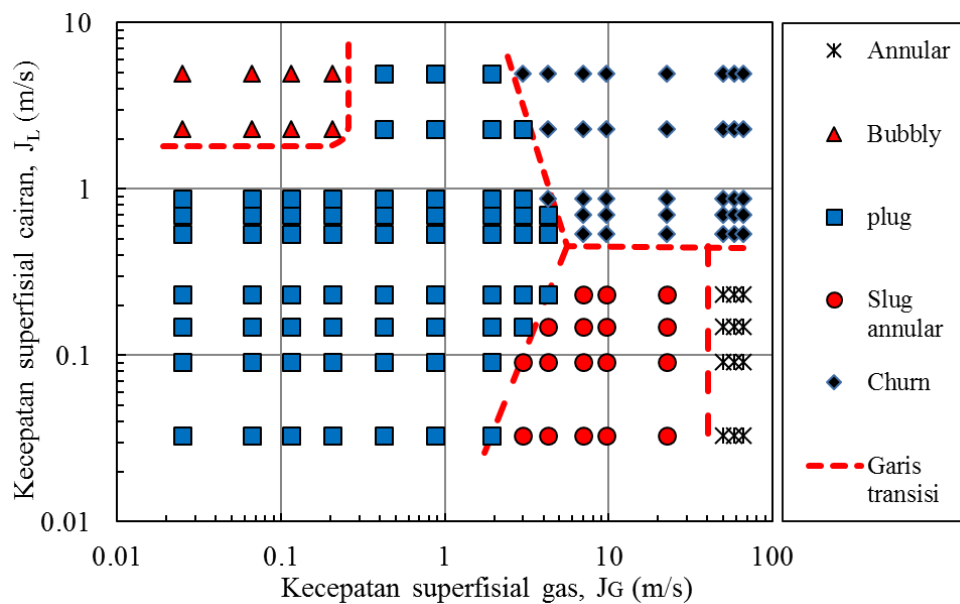


**Gambar 4.1** Peta pola aliran pada konsentrasi gliserin 0%

Dapat dilihat pada gambar 4.1 dari lima pola aliran yang berhasil teridentifikasi terdapat 135 jumlah data pada peta pola aliran dan dari semua pola aliran yang teridentifikasi pola aliran *Plug* dan *churn* yang mendominasi kemunculan pada peta pola aliran yang telah dibuat. Dapat dilihat pola aliran *Plug* mulai teridentifikasi pada nilai  $J_G$  0,025 m/s dan nilai  $J_L$  0,033 m/s yang kemudian melebar mendekati garis transisi pada pola aliran *slug-annular* dengan nilai  $J_G$  1,941 dan nilai  $J_L$  mendekati garis transisi dari *bubbly* yaitu 0,879 m/s. Pola aliran *bubbly* mulai teridentifikasi pada nilai  $J_G$  0,025 m/s dan nilai  $J_L$  2,297 dimana letak pola aliran *bubbly* pada peta aliran terletak dibagian atas kiri yang berbatasan dengan *Plug* dan *churn*. Pola aliran *slug-annular*



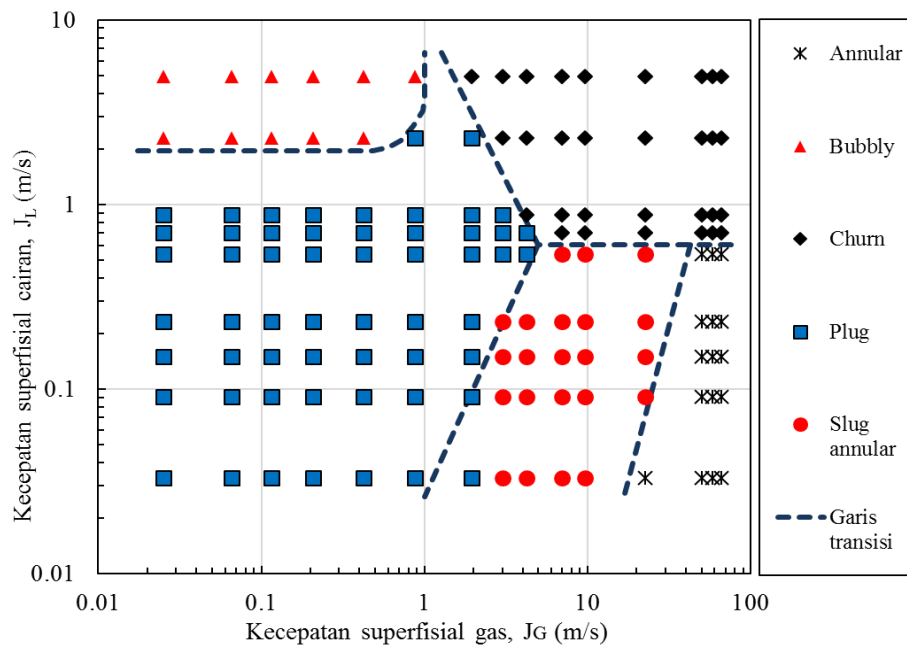
muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai 3 m/s sampai 22,6 m/s dan nilai  $J_L$  0,232 m/s yang berbatasan dengan pola aliran *churn*, ketika nilai  $J_G$  bertambah maka pola aliran yang teridentifikasi adalah *annular* yang terbentuk pada nilai  $J_G$  50 m/s sampai 66,3 m/s dengan nilai  $J_L$  dari 0,033 m/s sampai 0,232 m/s. Pola aliran *churn* muncul ketika nilai  $J_G$  dan  $J_L$  tinggi, dapat dilihat pada gambar 4.1 pola aliran *churn* mendominasi letak pada paling atas sebelah kanan yang berbatasan dengan *Plug*, *bubbly*, *slug-annular* dan *annular*.



**Gambar 4.2** Peta pola aliran pada konsentrasi gliserin 10%

Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 10% dapat dilihat pada gambar 4.2, dari gambar tersebut terlihat pola aliran *Plug* dan *churn* masih mendominasi pada peta pola aliran yang telah dibuat. Dapat dilihat adanya penurunan jumlah *bubbly* pada konsentrasi 10% dibandingkan dengan 0%. Sedangkan untuk pola *Plug* jumlahnya semakin bertambah karena pola aliran yang awalnya *bubbly* pada sat nilai konsentrasi gliserin 0% berubah menjadi pola aliran *Plug* sehingga menambah jumlah munculnya pola aliran *Plug* yang ada. Pola aliran *churn* mengalami penurunan jumlah dibandingkan dengan konsentrasi 0%, dikarenakan pola aliran saat pengujian 0% *churn* ketika dinaikkan konsentrasi gliserin menjadi 10% pola aliran tersebut menjadi *Plug*. Munculnya pola aliran *slug-annular* dan *annular* dengan nilai  $J_G$  yang sama

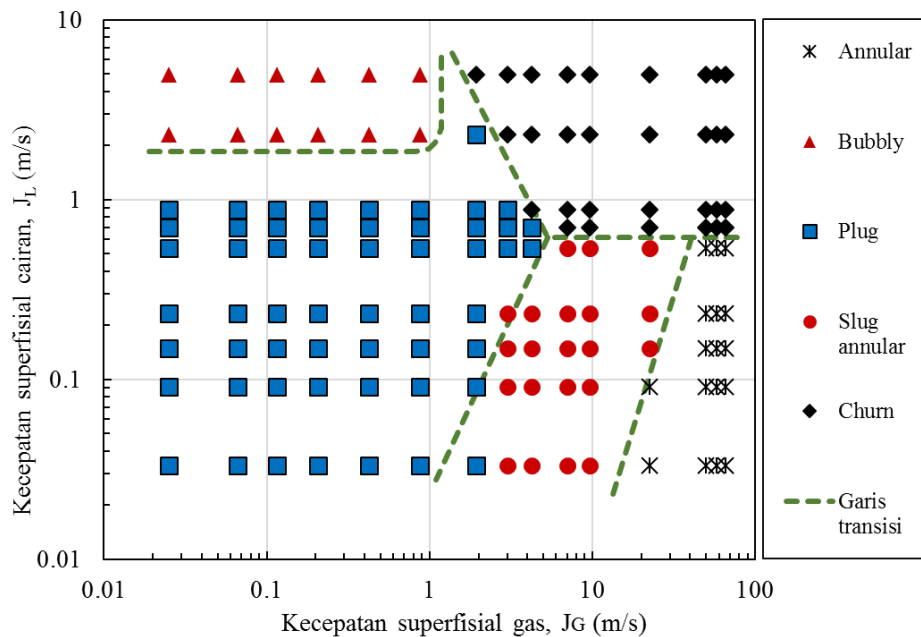
pada konsentrasi gliserin 0% yaitu pola aliran *slug-annular* muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai 3 m/s sampai 22,6 m/s dan untuk pola aliran *annular* muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai 50 m/s sampai 66,3 m/s hanya saja terjadi pertambahan nilai  $J_L$ , saat dilakukan pengujian 0% nilai  $J_L$  hanya sampai pada 0,149 m/s sedangkan saat dilakukan pengujian dengan bertambahnya konsentrasi gliserin menjadi 10% pola aliran *slug-annular* dan *annular* mencapai nilai  $J_L$  0,232 m/s.



**Gambar 4.3** Peta pola aliran pada konsentrasi gliserin 20%

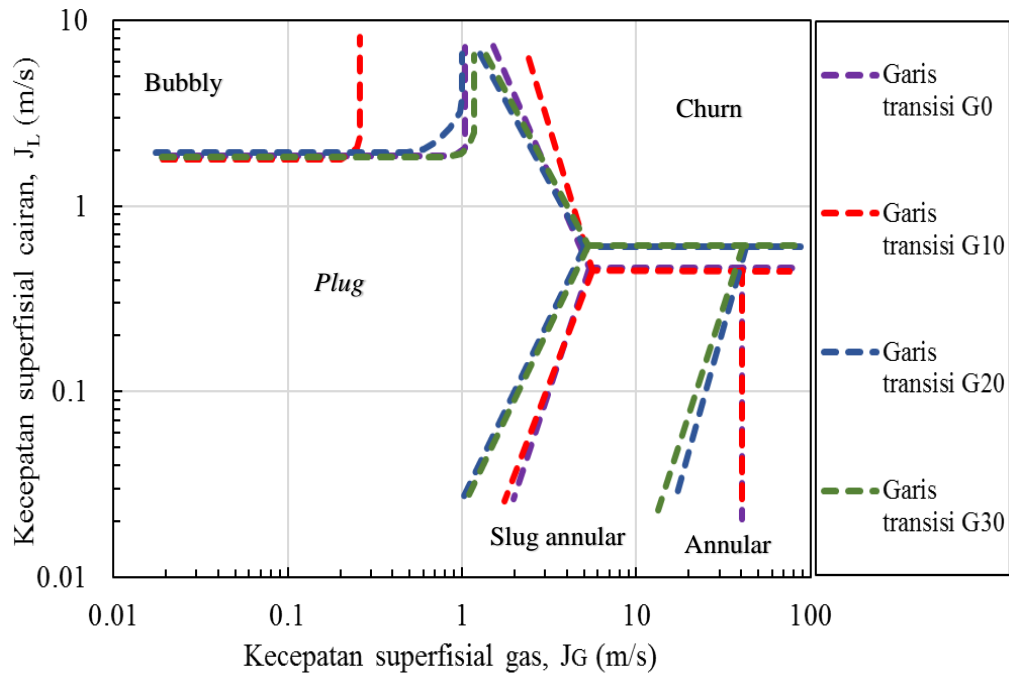
Peta pola aliran dengan konsentrasi 20% dapat dilihat pada gambar 4.3, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pola aliran *bubbly* bertambah jika dibandingkan dengan peta pola aliran dengan konsentrasi 10% sedangkan untuk pola aliran *Plug* mengalami penurunan, jika pada konsentrasi gliserin 10% dimana puncak pola aliran *Plug* mencapai nilai  $J_L$  2,297 m/s dan 4,935 dengan nilai  $J_G$  0,423 m/s sampai 1,941 m/s di konsentrasi gliserin 20% pola aliran *Plug* hanya sampai nilai  $J_L$  2,297 m/s dengan nilai  $J_G$  0,871 m/s dan 1,941 m/s. Munculnya pola aliran *slug-annular* dan *annular* dengan nilai  $J_G$  yang sama pada konsentrasi gliserin 10% yaitu pola aliran *slug-annular* muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai 3 m/s sampai 22,6 m/s dan untuk pola aliran *annular* muncul ketika nilai  $J_G$  mencapai 22,6 m/s sampai 66,3 m/s hanya saja terjadi pertambahan nilai

$J_L$ , saat dilakukan pengujian 10% nilai  $J_L$  hanya sampai pada 0,232 m/s sedangkan saat dilakukan pengujian dengan bertambahnya konsentrasi gliserin menjadi 20% pola aliran *slug-annular* dan *annular* mencapai nilai  $J_L$  0,539 m/s. Untuk pola aliran *churn* mengalami penurunan dapat dilihat pada gambar jika pada konsentrasi gliserin 10% pola aliran *churn* dengan nilai  $J_G$  sama muncul ketika nilai  $J_L$  0,539 m/s sedangkan pada konsentrasi gliserin 20% pola aliran *churn* muncul ketika nilai  $J_L$  0,7 m/s.



**Gambar 4.4** Peta pola aliran pada konsentrasi gliserin 30%

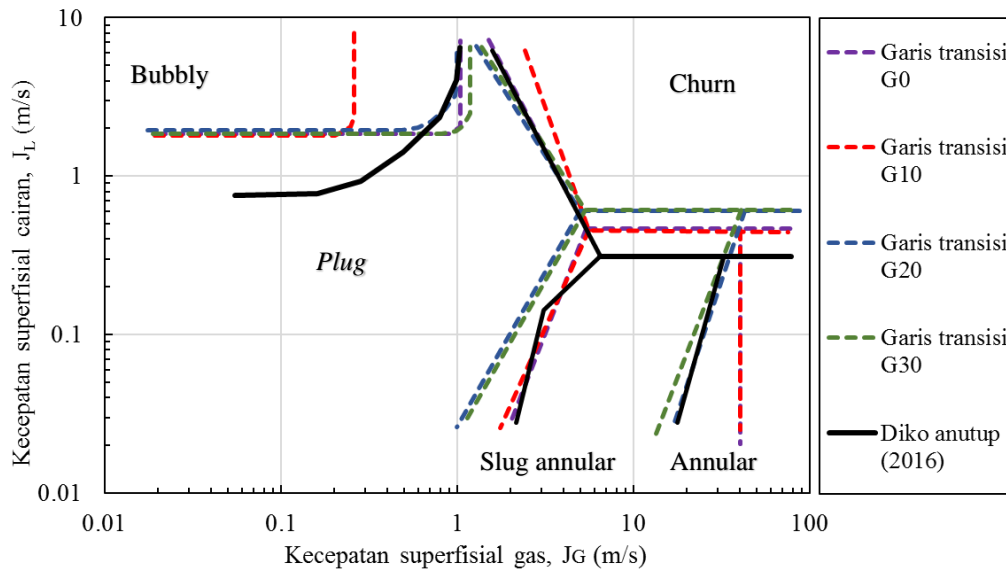
Peta pola aliran dengan konsentrasi 30% dapat dilihat pada gambar 4.4, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pola aliran *bubbly* bertambah satu koordinat yaitu pada nilai  $J_G$  0,871 m/s dengan nilai  $J_L$  2,297 m/s. Untuk pola aliran *churn*, *annular* dan *slug-annular* tidak mengalami banyak perubahan yang signifikan, hanya saja terjadi penambahan satu koordinat pada *annular* yaitu pada nilai  $J_G$  22,6 m/s dengan nilai  $J_L$  0,033 m/s dan 0,091 m/s. Terjadi pengurangan satu titik koordinat pada *Plug* yaitu pada nilai  $J_G$  0,871 m/s dengan nilai  $J_L$  2,297 m/s. Seiring bertambahnya konsentrasi gliserin tidak ada perubahan yang cukup signifikan, perubahan yang terjadi berupa penambahan atau pengurangan di suatu titik koordinat yang membuat bergesernya garis transisi, dapat dilihat pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Perbandingan peta pola aliran pada konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20%, dan 30%

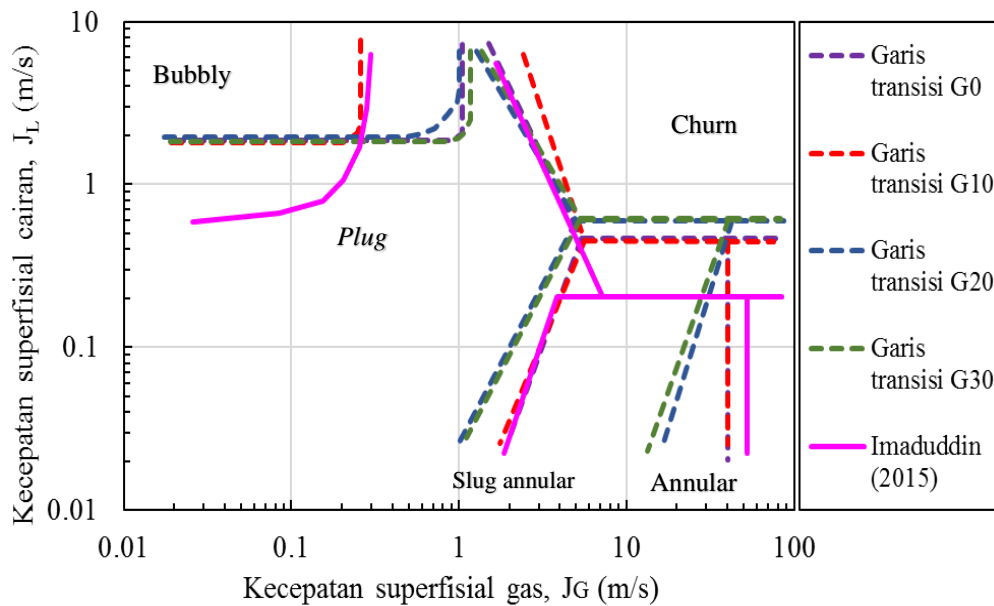
### 4.3 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan peta pola aliran yang telah dibuat, maka muncul garis transisi antara pola yang satu dengan yang lainnya. Selanjutnya peta pola aliran yang telah didapat dari hasil penelitian dibandingkan dengan peta pola aliran yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Perbandingan peta pola aliran ini sangat penting karena dapat diketahui seberapa besar perubahan garis transisi jika pada penelitian terdapat perubahan pada parameter pengambilan data. Perbandingan peta pola aliran berdasarkan pada penelitian yang menggunakan fluida cair dengan viskositas tinggi. Beberapa penelitian tersebut diantaranya adalah Anutup, (2016) Imaduddin, (2015) dan Sudarja dkk, (2018).



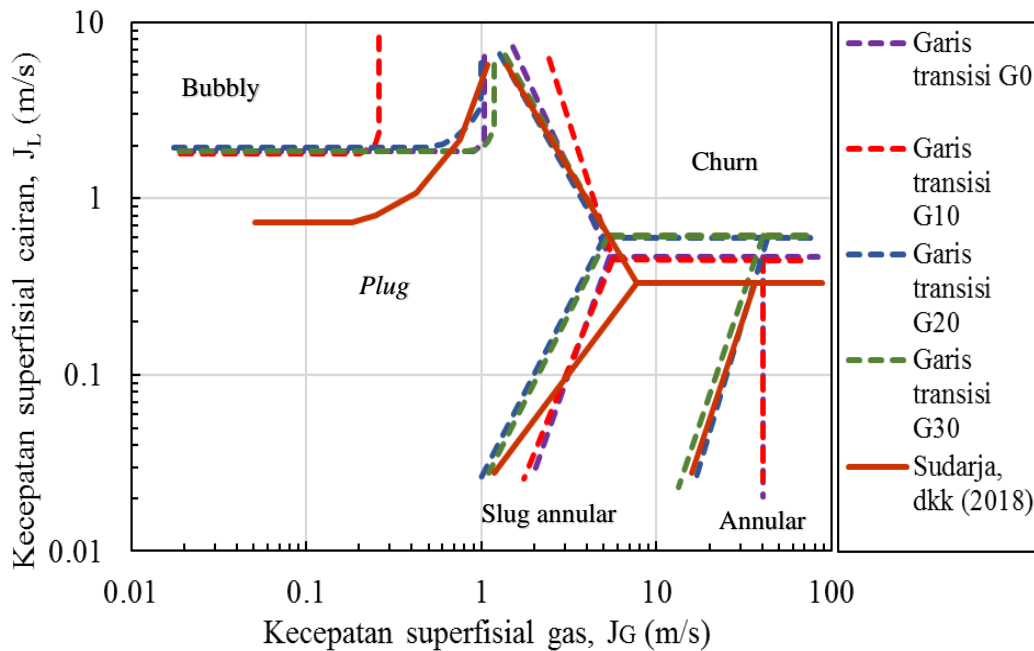
**Gambar 4.6** Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Diko anutup (2016)

Perbandingan peta pola aliran untuk perubahan kemiringan pada seksi uji dibandingkan dengan hasil penelitian Anutup (2016) yang dalam penelitiannya menggunakan saluran mini horisontal berukuran 1,6 mm dengan menggunakan fluida kerja udara dan campuran aquades + gliserin. Secara umum alat dan metode pengambilan data yang digunakan oleh Anutup (2016) dengan penelitian ini serupa, hanya saja terjadi perbedaan pada letak seksi uji yang dibuat miring  $30^\circ$  terhadap posisi horisontal. Pola aliran yang berhasil teridentifikasi ada lima yaitu *Plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*. Dengan bertambahnya viskositas fluida cair dan perbedaan sudut pada seksi uji memberikan pengaruh terhadap pola aliran yang teridentifikasi, khususnya pada garis transisi pola *bubbly*, *slug-annular* dan *annular*. Dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwa pemberian variasi sudut dan kenaikan konsentrasi gliserin membuat garis transisi *bubbly* dengan *Plug* bergeser ke atas dan kekanan, sehingga dapat diketahui bahwa berkurangnya pola aliran *bubbly*. Sama halnya dengan garis transisi *bubbly* dengan *Plug*, garis transisi *slug-annular*, *annular* dan *churn* juga mengalami pergeseran, terlihat dengan konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30% mengalami pergeseran keatas secara perlahan.



**Gambar 4.7** Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Imaduddin (2015)

Perbandingan terhadap peta pola aliran Imaduddin (2015) yang melakukan penelitian dengan menggunakan saluran mini horisontal dengan diameter dalam pipa 1,6 mm, fluida kerja yang digunakan adalah udara dan aquades. Pola aliran yang teridentifikasi sama yaitu *bubbly*, *Plug*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*. Hanya saja terjadi pergeseran pada garis transisi, dapat dilihat pada gambar 4.7 garis transisi antara *bubbly* dan *Plug* dengan konsentrasi gliserin yang sama yaitu 0% mengalami pergeseran keatas, menandakan bahwa terjadi pengurangan pola aliran *bubbly* dan bertambahnya pola aliran *Plug*. Untuk garis transisi antara *churn slug-annular* dan *annular* terjadi pergeseran keatas dikarenakan penggunaan fluida kerja yang berbeda dan diberikannya variasi sudut. Pergeseran tersebut terjadi pada konsentrasi gliserin dari 0% ke 10%, 20% dan 30% dapat dikatakan terjadi pergeseran secara bertahap.



**Gambar 4.8** Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Sudarja, dkk (2018)

Sudarja, dkk (2018) melakukan penelitian aliran dua fasa pada pipa mini berukuran 1,6 mm dengan menggunakan fluida kerja udara dan campuran aquades dengan gliserin. Dari hasil penelitian tersebut dihasilkan lima pola aliran yaitu *bubbly*, *Plug*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*. Dapat dilihat pada gambar 4.8 yang menunjukkan perbandingan peta pola aliran ini dengan peta pola aliran milik Sudarja, dkk (2018). Dapat dilihat bahwa garis transisi antara *bubbly* dan *Plug* masih sama mengalami pergeseran ke atas yang menandakan bahwa pola aliran *bubbly* berkurang pada penelitian ini, sedangkan untuk garis transisi antara *churn*, *slug-annular* dan *annular* relatif sama bentuknya hanya tetapi mengalami pergeseran yang tidak begitu banyak. Dapat dilihat terjadi pergeseran keatas hal tersebut dikarenakan konsentrasi gliserin yang diambil untuk perbandingan dari Sudarja, dkk (2018) adalah konsentrasi campuran 20% dan pemberian variasi sudut berpengaruh pada proses awal terbentuknya suatu pola aliran.