

## BAB IV

### PEMBAHASAN

Penerapan aliran dua fase pada sistem sirkulasi darah yang melibatkan oksigen dan darah serta pembuluh darah sebagai salurannya, banyak dipengaruhi faktor yaitu kurangnya pasokan oksigen, adanya lemak dalam darah dll. Hal ini ditunjukkan pada tabel pola aliran yang memberikan perbandingan dengan variasi  $J_G$  dan  $J_L$  serta pengaruh viskositasnya terhadap pola aliran yang terbentuk.

Hasil dari penelitian aliran dua fase pada pipa dengan ukuran diameter 1,6 mm yang terpasang dengan sudut  $15^\circ$  dengan campuran gliserin 0%, 10%, 20%, dan 30% meliputi : pola aliran yang terbentuk, peta pola aliran dari masing-masing campuran serta perbandingan peta pola aliran dengan penelitian terdahulu.

#### 4.1 Pola Aliran

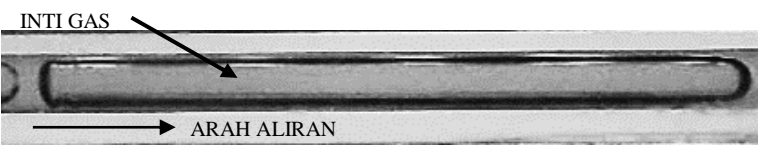
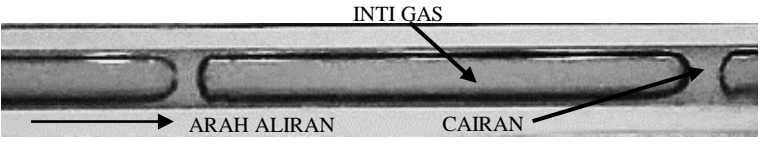
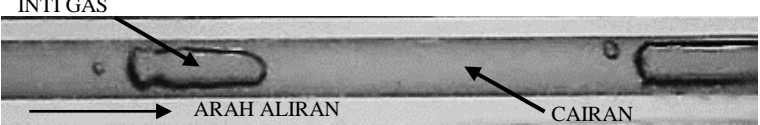
Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada hasil penelitian ini di dapat lima jenis pola aliran yaitu : *plug*, *bubbly*, *slug annular*, *annular* , dan *churn*. Dengan mengatur debit fluida gas dan fluida cair, data yang diperoleh berupa video kemudian diambil dan diamati untuk mengetahui pola aliran yang terbentuk. Untuk pemetaan pola aliran digunakan kecepatan superfisial yang kemudian diplot sesuai koordinat kecepatan superfisial udara dan cairan. Ditambahkannya variasi dari fluida cair yang digunakan dengan variasi pada gliserin 0%, 10%, 20%, dan 30% untuk mengetahui perubahan pola yang terbentuk karena pengaruh viskositas.

##### 4.1.1 Pola Aliran *Plug*

Pola aliran *plug* memiliki bentuk yang hampir sama dengan *bubbly* yang memanjang bentuknya seperti kapsul ataupun peluru, memiliki panjang melebihi diameter saluran. Panjang dari tiap pola aliran *plug* selalu bervariasi begitu juga dengan celah fase cair yang memisahkan tiap pola aliran *plug*. Terbentuknya aliran *plug* dikarenakan kecepatan superfisial udara cukup besar untuk menembus aliran pada fase cair tetapi tidak bisa menghancurkan aliran fase cair.

Pola aliran *plug* mulai terbentuk ketika kecepatan superfisial udara berada pada  $J_G = 0,026$  m/s dan untuk kecepatan superfisial cairan pada  $J_L = 0,033$  m/s. Pada setiap konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20%, dan 30% kemunculan pola aliran *plug* muncul pada nilai  $J_G$  dan  $J_L$  yang sama.

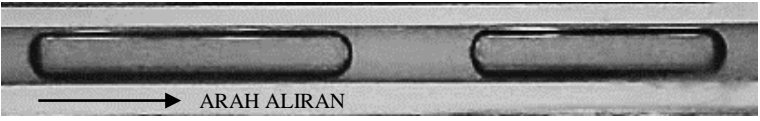

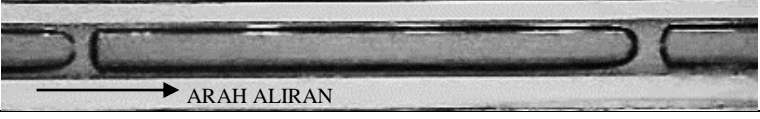
Tabel 4.1 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_G$  tetap yaitu  $J_G = 0,423$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,232	
4	0,7	

Ketika kecepatan superfisial cairan dinaikkan panjang dari pemisah antar *plug* semakin panjang. Hal tersebut disebabkan oleh udara yang tertekan oleh air yang mengalami peningkatan. Dengan ini otomatis aliran *plug* yang terbentuk semakin pendek. Seperti pada tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa dengan nilai  $J_G$  yang tetap dan  $J_L$  yang divariasikan meningkat sehingga terlihat pola yang dihasilkan semakin pendek.

Munculnya gelembung kecil pada aliran *plug* disebabkan nilai  $J_L$  yang sudah semakin besar pada  $J_L 0,7$  m/s terlihat aliran *bubble* menempel pada bagian *plug*. Pada nilai kecepatan superfisial cairan yang bervariasi bentuk dari *plug* tidak banyak mengalami perubahan. Hanya saja, semakin besar nilai  $J_L$  untuk konsentrasi gliserin yang sama menimbulkan perubahan pada ekor *plug*.

Tabel 4.2 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_L$  tetap yaitu  $J_L = 0,149$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

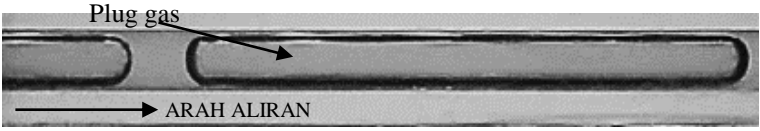
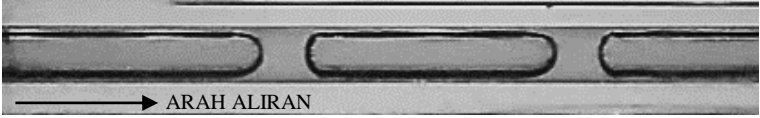
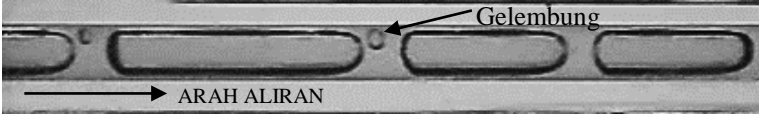
No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,066	
3	0,423	
4	0,871	

Pola aliran *plug* yang berhasil diamati pada nilai  $J_L = 0,149$  m/s dengan menggunakan variasi nilai  $J_G$  yang berbeda, pada konsentrasi gliserin 0% memiliki bentuk hampir sama dengan konsentrasi gliserin yang lain, tetapi ketika nilai  $J_G$  semakin besar jarak antar *plug* semakin rapat atau semakin menempel. Semakin besar nilai kecepatan superfisial udara mengakibatkan ruang pemisah antara *plug* jadi semakin dekat karena cairan pemisah *plug* mulai tertekan oleh gas yang semakin membesar. Ketika kecepatan superfisial udara dinaikkan, kondisi tersebut akan membentuk *plug* panjang dengan jarak antar *plug* semakin dekat.


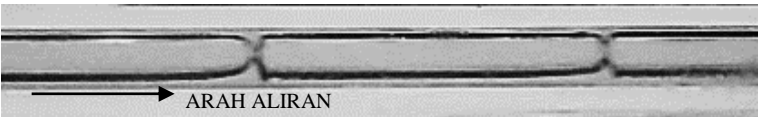

Pengaruh kecepatan superfisial udara terlihat mempengaruhi bentuk, ukuran dan jarak antar *plug* yang terbentuk, semakin besar kecepatan superfisial gasnya mengakibatkan *plug* semakin memanjang, serta semakin rapatnya antar tiap pola aliran *plug* yang dihasilkan

Pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 menunjukkan perbandingan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  terhadap pola aliran *plug* pada konsentrasi gliserin 10%. Pada perbandingan nilai  $J_L$  digunakan  $J_G = 0,116$  m/s, sedangkan untuk variasi  $J_G$  digunakan  $J_L = 0,232$  m/s.

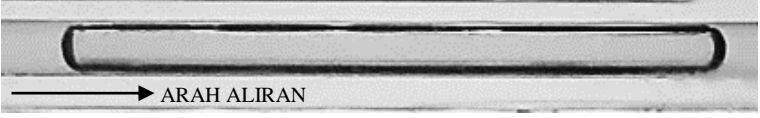

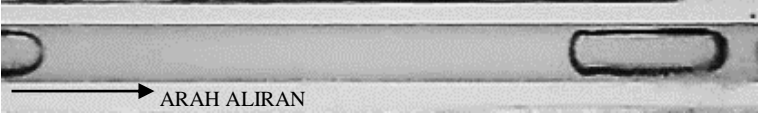
Tabel 4.3 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_G$  tetap yaitu  $J_G = 0,116$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,149	
2	0,539	
3	0,7	

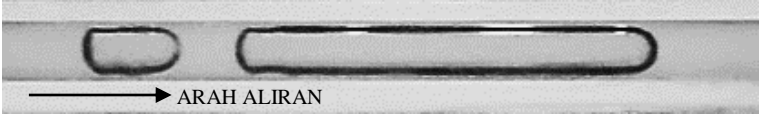
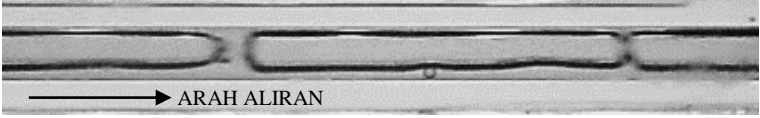

Tabel 4.4 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_L$  tetap yaitu  $J_G = 0,232$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,207	
2	0,423	
3	0,871	

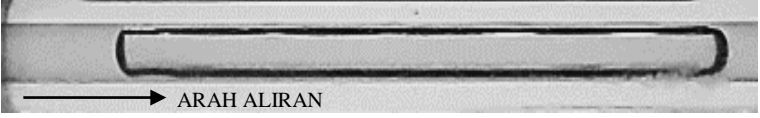
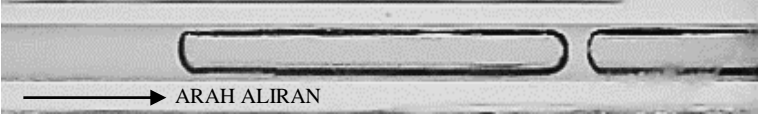
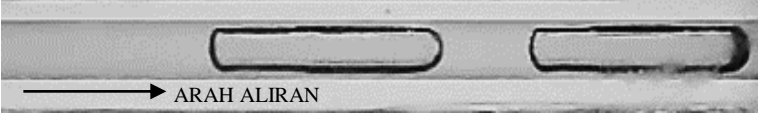
Tabel 4.5 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_G$  tetap yaitu  $J_G = 0,066$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	
2	0.149	
3	0,7	

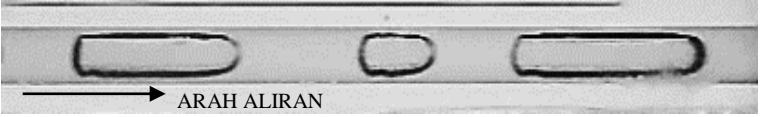
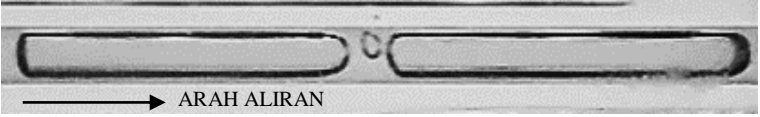
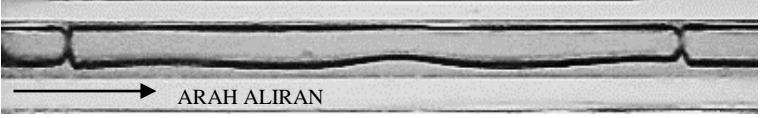
Tabel 4.6 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_L$  tetap yaitu  $J_L = 0,539$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,066	
2	0,423	
3	0,871	

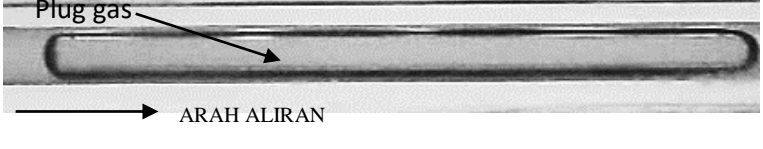
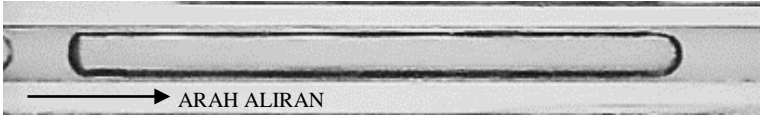
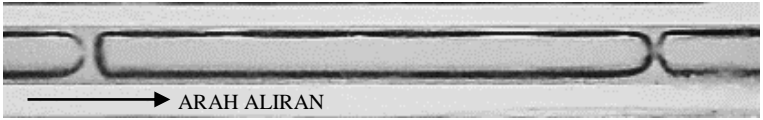
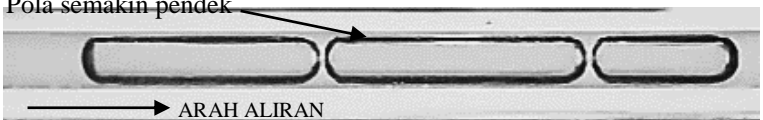
Tabel 4.7 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_G$  tetap yaitu  $J_G = 0,025$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,149	
2	0,539	
3	0,7	

Tabel 4.8 Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_L$  tetap yaitu  $J_L = 0,7$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,066	
2	0,116	
3	0,871	

Tabel 4.9 Perbandingan pola aliran *plug* untuk tiap konsentrasi campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_g = 0,207$  m/s dan  $J_L = 0,232$  m/s

No	GLISERIN	POLA ALIRAN
1	0%	
2	10%	
3	20%	
4	30%	

Pola aliran *plug* relatif memiliki bentuk yang sama pada setiap konsentrasi, sedangkan untuk pergerakan *plug* selalu konstan pada saat pengambilan data dengan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  tertentu. Kecepatan aliran *plug* akan terus meningkat sesuai dengan peningkatan nilai kecepatan superfisial. Nilai kecepatan superfisial yang sama yaitu  $J_G = 0,207$  m/s dan  $J_L = 0,232$  m/s, dengan konsentrasi gliserin yang sama memiliki jarak tiap *plug* yang cukup jauh. Untuk konsentrasi gliserin 20% pola aliran hampir sama, hanya saja panjang dari *plug* jauh lebih pendek dan jarak antar *plug* yang semakin rapat. Peningkatan pada konsentrasi gliserin 30% semakin menunjukkan perbedaan yang sangat jelas dengan pola aliran *plug* yang semakin memendek dan jarak antar aliran yang semakin dekat.

Semakin besarnya nilai konsentrasi, semakin besar pula viskositas dari cairan yang di uji. Hal ini menyebabkan semakin sulitnya udara untuk menembus aliran gliserin yang semakin kental sehingga aliran *plug* yang terbentuk semakin

memendek. Dari hasil pengamatan, pola aliran *plug* secara keseluruhan memiliki bentuk yang hampir sama hanya saja pada radius antar *plug* yang semakin berhimpit. Selain itu pada saat pengamatan terlihat juga bahwa semakin kental kecepatan alirannya pun semakin lambat.

#### 4.1.2 Pola Aliran *Bubbly*

Terbentuknya pola aliran *bubbly* terbentuk ketika nilai kecepatan superfisial udara lebih rendah dari kecepatan superfisial cairan. Dengan debit air yang lebih besar daripada debit gas menyebabkan cairan di area *mixe* menumpuk, *bubbly* muncul ketika gas yang terkumpul dibagian atas dari *mixer* menerobos cairan yang terkumpul. Semakin kecilnya saluran pada *mixer* mengakibatkan udara yang terkumpul terus mendorong cairan sehingga menyebabkan terjadinya aliran dua fase, kemudian aliran udara yang berhasil keluar seperti terpotong-potong.

Pola *bubbly* yang berhasil diamati pada penelitian ini terkadang masih bercampur dengan aliran *plug*, kemunculan pola aliran seperti ini adalah ketika koordinat aliran *bubbly* berada setelah nilai koordinat aliran *plug*. Munculnya aliran *bubbly* penuh tanpa adanya aliran *plug*, hanya ketika nilai superfisial cairan tinggi, namun bentuk dari aliran yang muncul semakin tidak beraturan dan memiliki kecepatan yang tinggi. Dengan ditingkatkannya kecepatan superfisial cairan dan kecepatan superfisial udara aliran *bubbly* maka intensitas kemunculan *bubbly* semakin tinggi dan jarak antar *bubbly* semakin beragam.

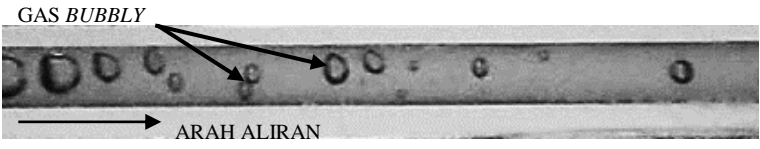

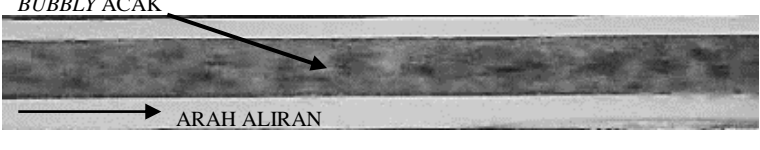
Pola *bubbly* yang berhasil diamati pada penelitian ini muncul ketika nilai  $J_G = 0,025$  m/s sedangkan nilai  $J_L$  berada jauh lebih tinggi yaitu di  $J_L = 2,297$  m/s. Perbedaan akan terlihat ketika kecepatan superfisial air dan udara divariasikan. Perbandingan pola aliran *bubbly* menggunakan variasi nilai  $J_L$  terlihat seperti pada tabel 4.10.

Perbandingan *bubbly* karena pengaruh kecepatan superfisial air pada konsentrasi gliserin 0% dapat dilihat pada table 4.10 Ketika nilai  $J_L$  dinaikkan terlihat *bubbly* memiliki bentuk yang semakin kecil dan tidak beraturan. Debit



fluida yang semakin membesar mengakibatkan fluida sulit ditembus oleh udara, sehingga gelembung menumpuk pada *mixer*. Ketika udara yang terkumpul sudah makin banyak dan kuat untuk mendorong fluida cair, aliran *plug* muncul terlebih dahulu yang diikuti aliran *bubbly* yang banyak.

Tabel 4.10 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 0,423$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

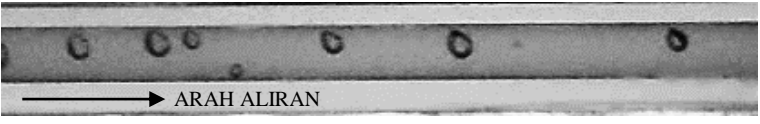
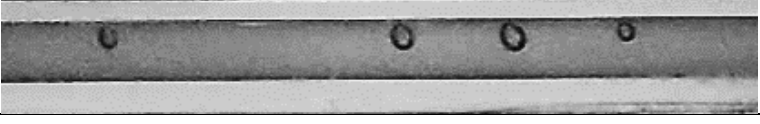
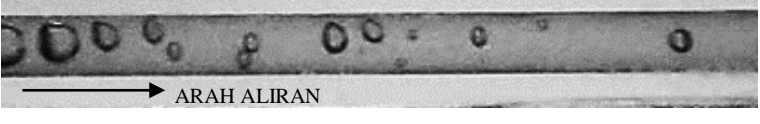
No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,89	
2	2,297	
3	4,935	

Ketika nilai  $J_L = 4,935$  m/s aliran *bubbly* semakin sulit diamati karena aliran *bubbly* semakin acak dan memiliki kecepatan yang cukup tinggi. Pola aliran *bubbly* yang semula memiliki bentuk bulat mulai berubah menjadi acak dan tidak beraturan. Aliran *bubbly* memiliki jarak yang semakin dekat serta kemunculan *bubbly* semakin banyak yang didahului oleh kemunculan *plug*. Pada saat pengambilan video dengan ditingkatkannya nilai  $J_L$ , pola *bubbly* sekilas terlihat seperti aliran *churn*.

Pengaruh nilai  $J_G$  yang dinaikkan terhadap pola *bubbly* adalah pola yang teramati memiliki kecepatan yang semakin tinggi. Berbeda dengan kecepatan

superfisial fluida cair yang dinaikkan, ketika nilai kecepatan superfisial udara yang dinaikkan jarak antar *bubbly*, memiliki jarak yang semakin rapat. Dari bentuk *bubbly* hampir tidak ada perubahan ketika nilai  $J_G$  yang semakin tinggi.

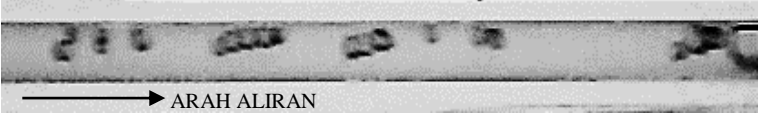
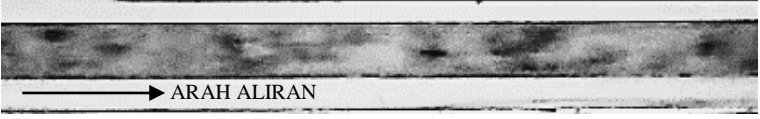
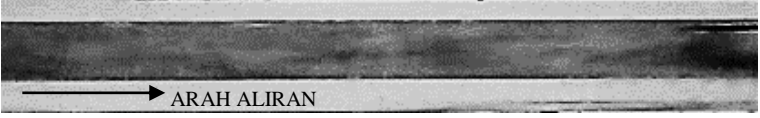
Tabel 4.11 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,89$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,066	
2	0,116	
3	0,423	

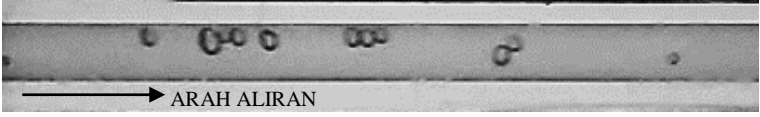
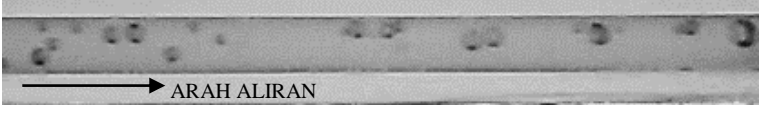
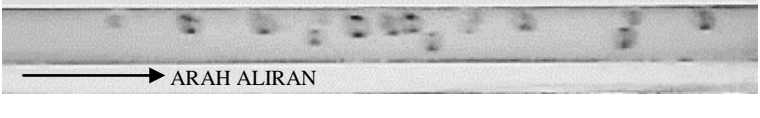
Nilai  $J_G$  yang dinaikkan hingga mendekati garis transisi dengan pola aliran *churn* mengakibatkan aliran *bubbly* semakin acak hampir menyerupai *churn* bahkan ketika kemunculan *plug* sebelum munculnya *bubbly* terlihat aliran *plug* yang memiliki ekor hancur pada proses pengambilan gambar yang dilakukan. Nilai  $J_G$  yang semakin besar mengakibatkan pola aliran *bubble* menyerupai aliran *churn*. Dengan nilai  $J_G$  yang dinaikkan pada nilai  $J_L$  yang tetap akan membuat aliran *bubbly* semakin cepat.

Perbedaan yang jelas terlihat adalah pada  $J_G = 0,423$  dengan  $J_G = 0,116$  penambahan kecepatan superfisial udara mengakibatkan pola *bubbly* jauh lebih banyak dan jarak antarpola semakin dekat. Ketika kecepatan superfisial dinaikkan membuat pola aliran *annular* juga diikuti bayangan hitam seperti pola aliran *churn*.

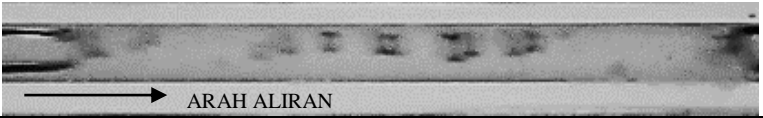
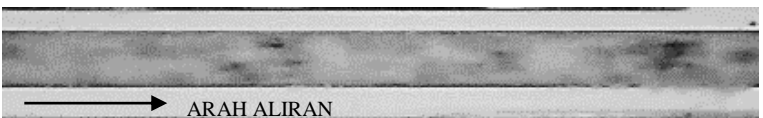
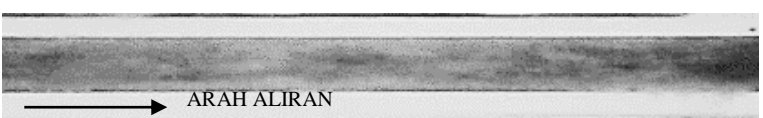
Tabel 4.12 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 0,207$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,89	
2	2,297	
3	4,935	

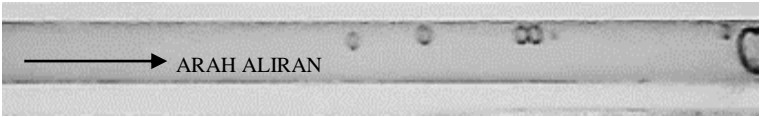
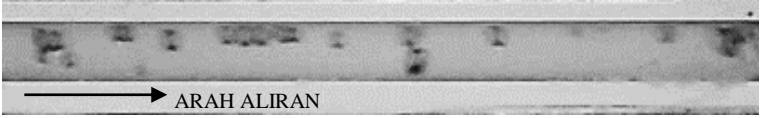
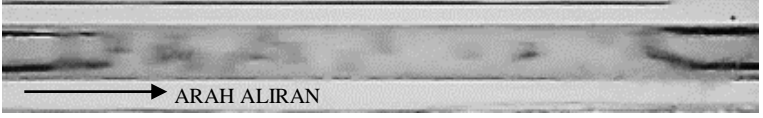
Tabel 4.13 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,89$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,116	
2	0,207	
3	0,423	

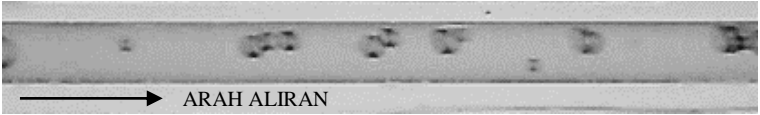
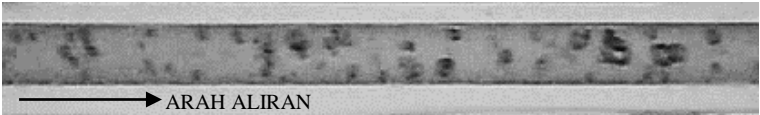
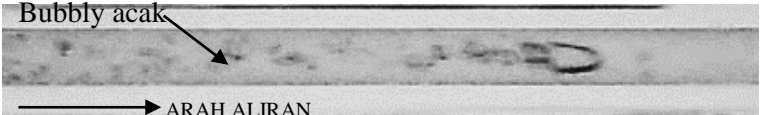
Tabel 4.14 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 0,423$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,89	
2	2,297	
3	4,935	

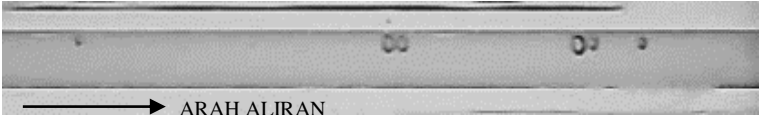
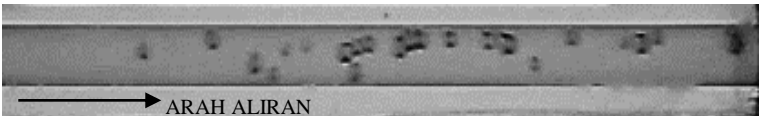
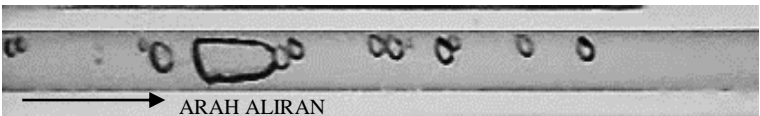
Tabel 4.15 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,89$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,166	
2	0,207	
3	0,871	

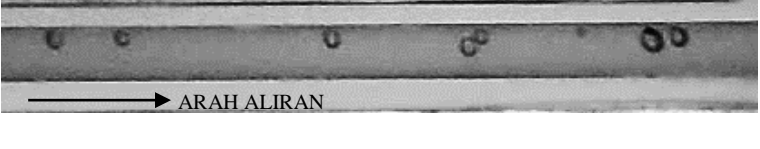
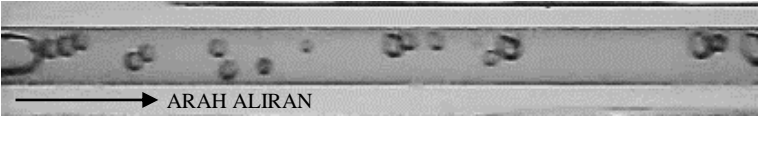
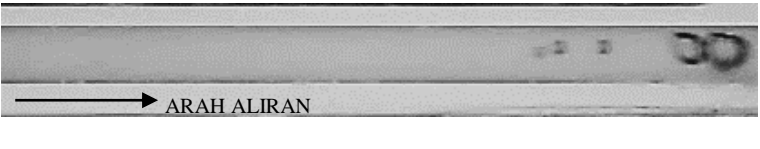
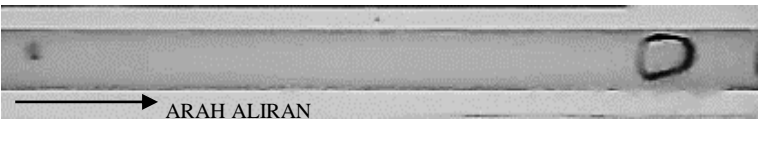
Tabel 4.16 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 0,207$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,89	
2	2,297	
3	4,935	

Tabel 4.17 Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,89$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,025	
2	0,066	
3	0,423	

Tabel 4.18 Perbandingan pola aliran *bubbly* untuk tiap konsentrasi campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_G = 0,116$  m/s dan  $J_L = 0,89$  m/s

No	GLISERIN	POLA ALIRAN
1	0%	
2	10%	
3	20%	
4	30%	

Pengaruh viskositas pada kemunculan aliran *bubbly* tidak terlihat begitu jelas dalam bentuk. Pengaruh yang terlihat jelas adalah aliran *bubbly* yang muncul memiliki kecepatan lebih lambat dengan meningkatnya konsentrasi gliserin pada kecepatan superfisial fluida cair dan fluida gas yang sama. Hal ini disebabkan karena udara yang mendorong fluida cair semakin mengalami hambatan dengan meningkatnya viskositas pada fluida cair yang digunakan.

Dari table 4.18 terlihat, bentuk *bubbly* yang semakin rapi tidak memiliki hidung lancip karena fluida cair yang memiliki viskositas semakin tinggi mengakibatkan udara tidak bisa memecah aliran fluida. Terlihat pada konsentrasi gliserin 10% *bubbly* yang teramati semakin kecil dan acak juga memiliki jarak yang tidak beraturan. Dengan meningkatnya viskositas pada konsentrasi gliserin 30%

kemunculan *bubbly* juga semakin berkurang jika dibandingkan pada konsentrasi 0% dan 10%.

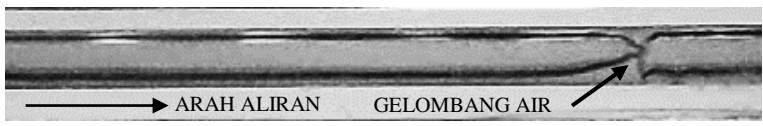
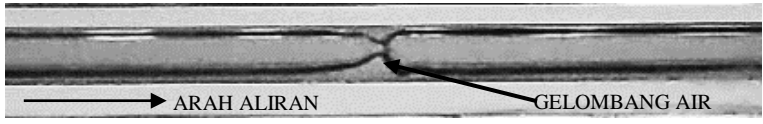
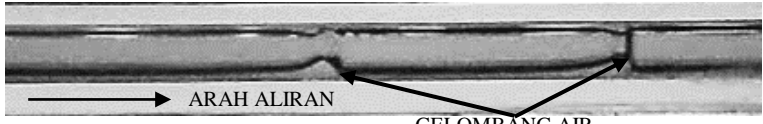
#### 4.1.3 Pola Aliran *Slug Annular*

Pola aliran *slug annular* terbentuk ketika nilai  $J_G$  berada di antara garis transisi setelah munculnya aliran *plug* dan sebelum munculnya aliran *annular*, sedangkan untuk nilai  $J_L$ nya berbatasan dengan aliran *plug* dan *churn*. Pola aliran *slug annular* memiliki aliran air yang bergelombang pada bagian atas dan bagian bawah dari saluran. Terbentuknya pola aliran *slug annular* ketika kecepatan superfisial udara naik menyebabkan pola aliran *plug* yang terpisah oleh air berhasil diterobos oleh udara sehingga terbentuk aliran *slug annular*.

Aliran *slug annular* mulai teramati pada  $J_G = 3$  m/s dan  $J_L = 0,033$  m/s. Ketika nilai  $J_G$  dinaikkan mencapai  $J_G = 22,6$  m/s, aliran *slug annular* menyerupai aliran *annular*. Kemunculan aliran *slug annular* selalu sama untuk setiap konsentrasi yang diujikan, perbedaannya yang terjadi pada total jumlah aliran *slug annular*.

Pada tabel 4.19 terlihat perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 0%, serta memvariasikan nilai  $J_L$  untuk mengetahui pengaruh kecepatan superfisial air terhadap pola aliran *slug annular*. Variasi yang digunakan adalah 0,033 m/s, 0,091 m/s, dan 0,232 m/s. Perbedaan yang terjadi dengan meningkatnya nilai  $J_L$  tidak begitu jelas terlihat, tapi semakin besar nilai  $J_L = 0,232$  m/s menyebabkan aliran *slug annular*, hampir putus dan akan membentuk aliran *plug*. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya volume air sehingga aliran udara mulai terdorong atau terhimpit sehingga terlihat pola *slug annular* yang hampir putus menyerupai aliran *plug*.

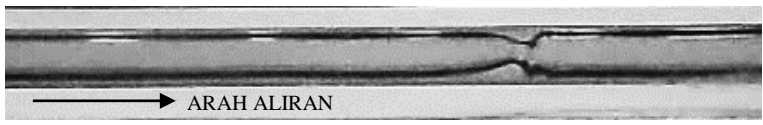
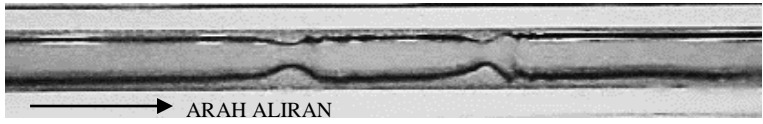
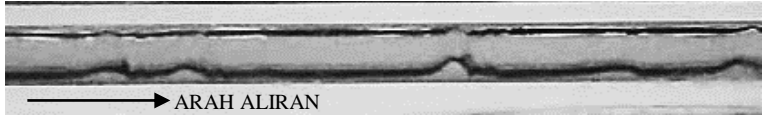
Tabel 4.19 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 7$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,091	
3	0,232	

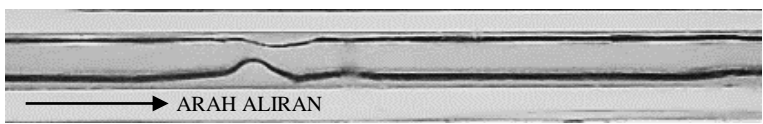
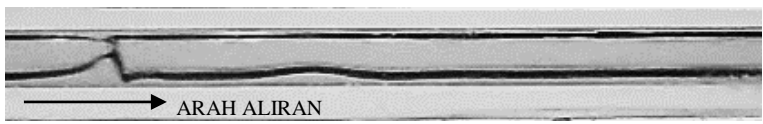
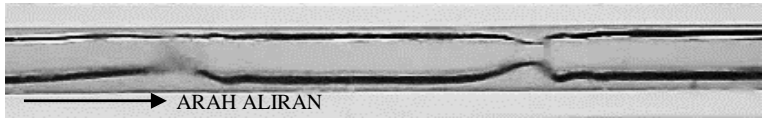
Perbandingan kecepatan superficial udara terlihat pada tabel 4.20 dengan memvariasikan nilai  $J_G$ , pada konsentrasi 0%. Sama seperti pengaruh nilai  $J_L$  kenaikan nilai  $J_G$  tidak begitu jelas terlihat perbedaan yang terjadi akibat nilai  $J_G$  yang berubah. Nilai  $J_G$  yang divariasikan adalah 4,238 m/s, 9,62 m/s, dan 22,6 m/s, terlihat sedikit perbedaan pada jumlah gelombang-gelombang air yang jauh lebih banyak, tetapi lebih kecil ketimbang pada  $J_G$  yang lebih kecil. Meningkatnya nilai kecepatan superficial udara di 22,6 m/s membuat aliran *slug annular* memiliki gelombang yang lebih kecil menyerupai aliran *annular* hal ini disebabkan oleh aliran gas yang jauh lebih dominan dari aliran air sehingga aliran air yang semula terlihat memotong aliran dan mendorong aliran *slug annular* mulai terdorong oleh aliran gas yang besar. Selain munculnya pola *plug* ketika  $J_L$  0,232 m/s terdapat aliran bayangan hitam seperti aliran *churn*, hal ini terlihat pada perbandingan  $J_L$  dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Fenomena pengaruh dari kenaikan  $J_L$  selalu terjadi pada semua konsentrasi gliserin.



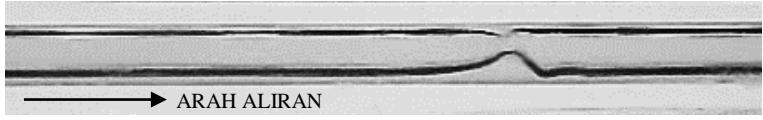
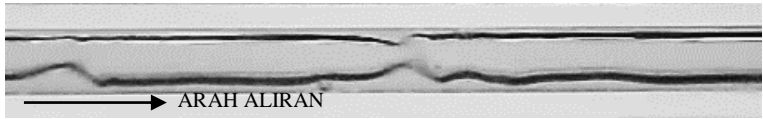
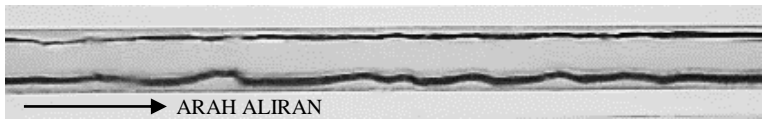
Tabel 4.20 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,149$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	4,238	
2	9,62	
3	22,6	

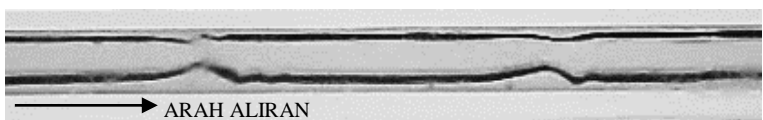
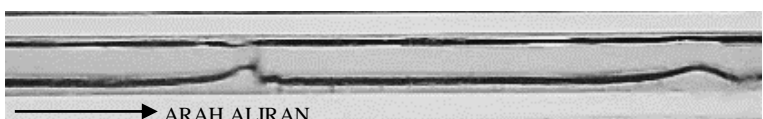
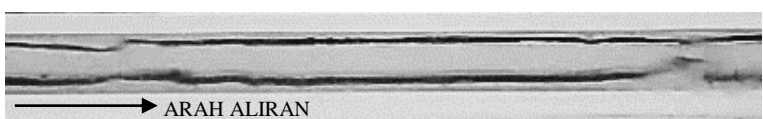
Tabel 4.21 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 7$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,091	
3	0,232	

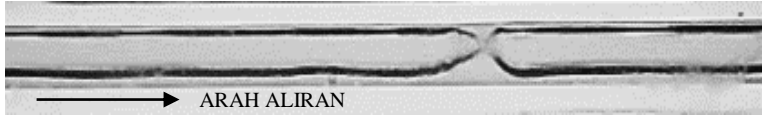
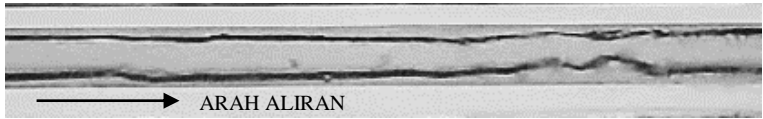
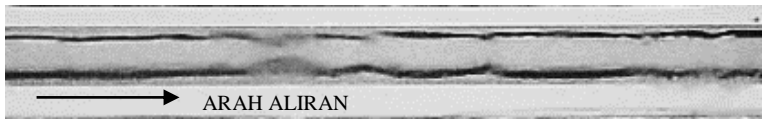
Tabel 4.22 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,149$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	4,238	
2	9,62	
3	22,6	

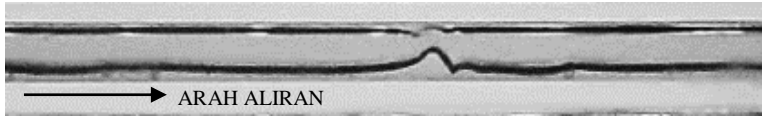
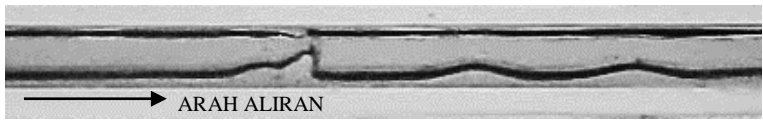
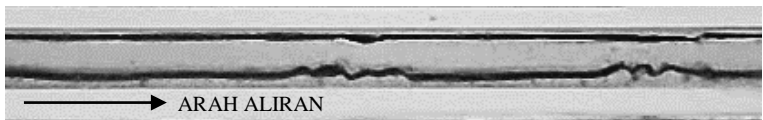
Tabel 4.23 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 9,62$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	
2	0,149	
3	0,232	

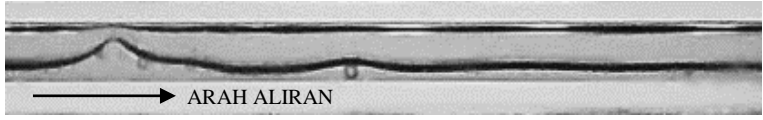
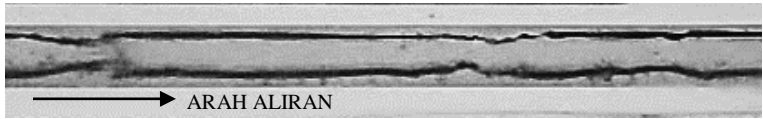
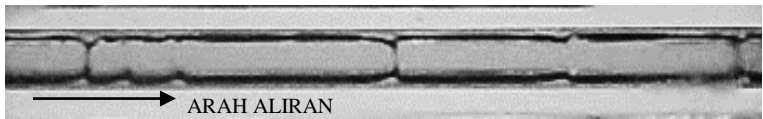
Tabel 4.24 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,232$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	4,238	
2	9,62	
3	22,6	

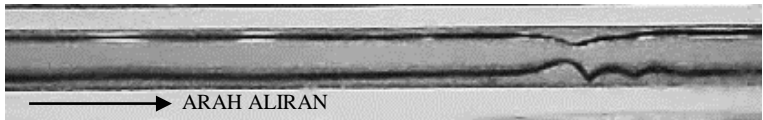
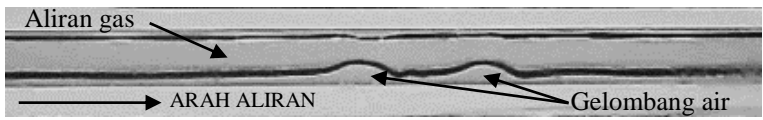
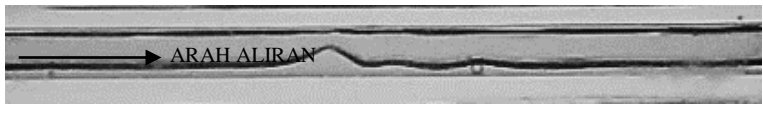
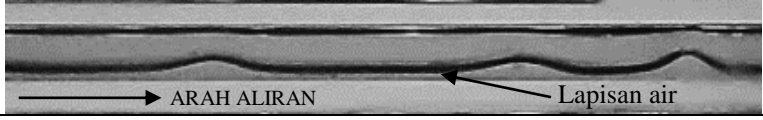
Tabel 4.25 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 9,62$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	
2	0,149	
3	0,232	

Tabel 4.26 Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,232$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	4,238	
2	9,62	
3	22,6	

Tabel 4.27 Perbandingan pola aliran *slug annular* untuk tiap campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_G = 4,238$  m/s dan  $J_L = 0,091$  m/s

No	GLISERIN	POLA ALIRAN
1	0%	
2	10%	
3	20%	
4	30%	

Dari pengamatan yang dilakukan terhadap pola aliran *slug annular* tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari pola aliran ini. Hanya saja, ketebalan lapisan air bagian bawah lebih tebal dan jauh lebih bergelombang dibandingkan dengan lapisan atas saluran. Ketika viskositas dinaikkan ketebalan lapisan air yang timbul akan semakin menebal pula. Perbedaan konsentrasi gliserin pada pola *slug annular* ketika viskositas dinaikkan menunjukkan gas inti yang berada di bagian tengah tidak tercekik. Hal ini diakibatkan karena cairan memiliki viskositas besar sehingga tidak mudah digerakkan oleh udara. Perbedaan konsentrasi gliserin pada pola *slug annular* tidak begitu terlihat secara jelas pengaruhnya, tidak ada perbedaan bentuk yang bisa diamati secara detail.

#### 4.1.4 Pola Aliran *Annular*

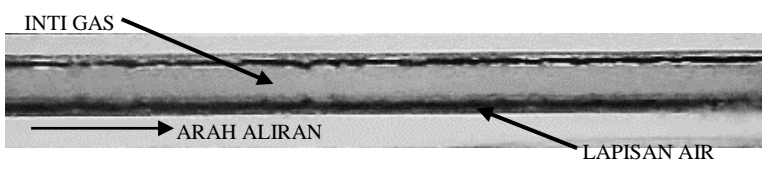
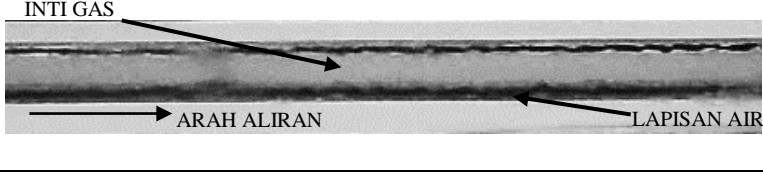
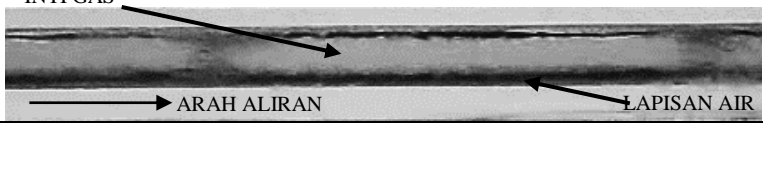
Pola aliran *annular* seperti pola aliran *slug annular* memiliki gelombang kecil yang lebih banyak sehingga terlihat seperti aliran air yang tenang. Hal ini disebabkan oleh kecepatan superficial gas yang lebih besar dibandingkan kecepatan superficial air. Pada tabel 4.28 dan 4.29 terlihat perbandingan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  terhadap pola aliran *annular* dengan konsentrasi 0%.

Terbentuknya pola aliran *annular* bermula ketika nilai  $J_G = 50$  m/s dan  $J_L = 0,033$  m/s. Kemunculan aliran *annular* selalu sama pada tiap konsentrasi gliserin. Perbedaan yang terjadi ketika konsentrasi gliserin 10%, 20%, dan 30% tidak jelas perbedaannya. Aliran *annular* terlihat seperti aliran yang tenang, padahal jika diamati dengan seksama, aliran *annular* memiliki gelombang-gelombang kecil yang bergerak cepat.

Pada tabel 4.28 terlihat perbandingan pola aliran *annular* terlihat pada  $J_L = 0,149$  m/s riak air yang muncul pada sisi atas dan bawah jauh lebih terlihat daripada  $J_L = 0,091$  m/s. Hal ini disebabkan aliran air yang mengalir pada bagian atas dan bawah memiliki pertambahan debit aliran sehingga air yang terdorong udara semakin banyak. Ketika  $J_L$  berada pada 0,232 m/s pola aliran *churn* semakin terlihat di bagian aliran *annular* yang ditandai dengan adanya bayangan hitam. Dengan meningkatnya  $J_L$  juga mengakibatkan kecepatan riak air bagian

atas maupun bawah terlihat lebih cepat. Kejadian ini terjadi pada semua konsentrasi gliserin baik 0%, 10%, 20%, dan 30%.

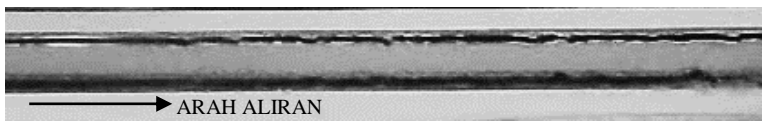
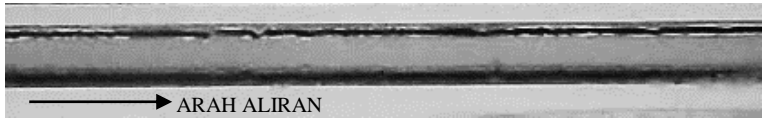
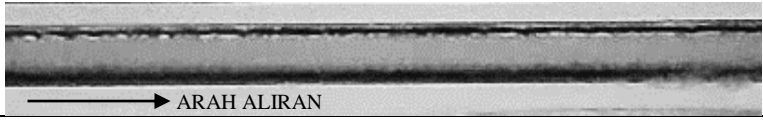
Tabel 4.28 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 58,05$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	
2	0,149	
3	0,232	

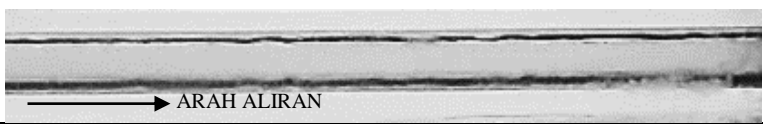
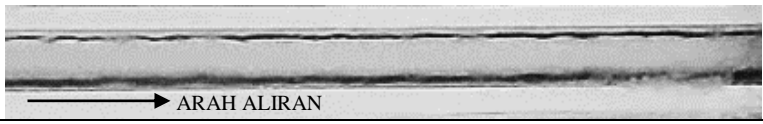
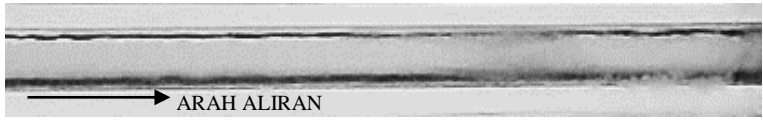
Tabel 4.29 menunjukkan perbandingan pola aliran *slug annular* pada konsentrasi 0% dengan  $J_L$  tetap pada 0,091 m/s. Pada tabel terlihat tidak terlalu berbeda pada semua pola aliran yang ditampilkan. Perbedaan yang terjadi terlihat pada bagian sisi atas dan bawah aliran yang mengalami penipisan pada riak-riak air yang terjadi pada pola *annular*. Hal ini disebabkan oleh nilai  $J_L$  0,091 m/s dan naiknya debit aliran gas sehingga aliran gas mendorong aliran air yang berada pada kedua sisi sehingga aliran air atau riak air di kedua sisi tidak terlihat jelas. Semakin kecepatan superficial gas dinaikkan mengakibatkan aliran *annular* jauh lebih tenang ketika diamati ketika proses pengambilan video.

Pengaruh kenaikan kecepatan superficial gas terjadi pada semua konsentrasi yang diujikan. Dari semua konsentrasi gliserin efek yang ditimbulkan dengan kenaikan  $J_G$  pada semua konsentrasi sama, mengakibatkan berkurangnya riak air yang timbul.

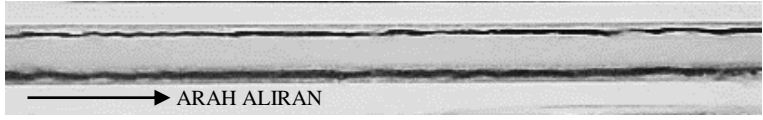
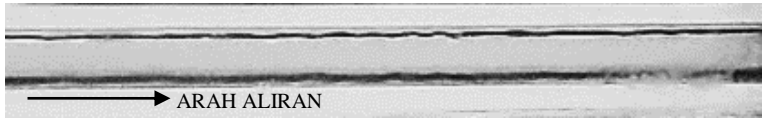
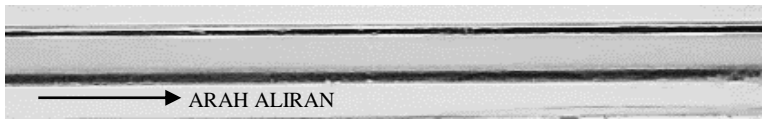
Tabel 4.29 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,091$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	50	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.
2	58,05	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.
3	66,3	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.

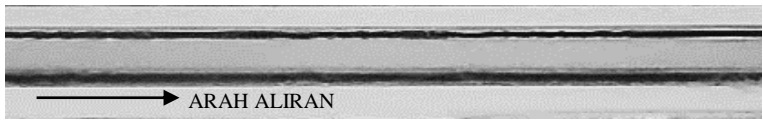
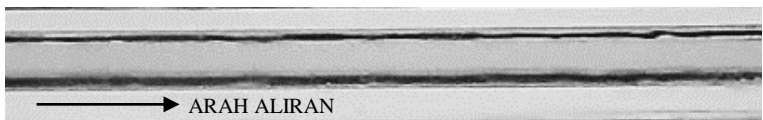
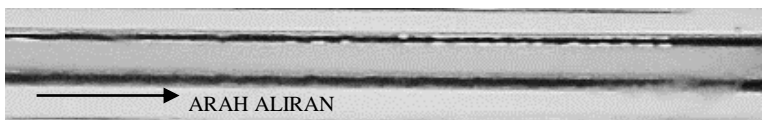
Tabel 4.30 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 58,05$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.
2	0,149	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.
3	0,232	 The image shows a flow pattern with a dark, irregular central band and a lighter, more uniform outer region. An arrow at the bottom points to the right, labeled 'ARAH ALIRAN'.

Tabel 4.31 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,091$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

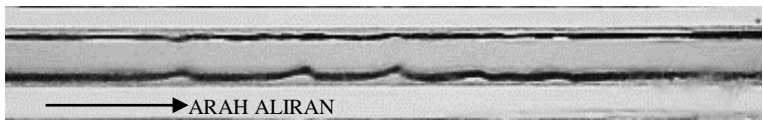
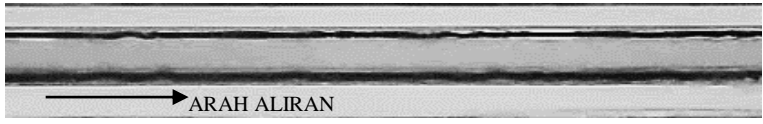
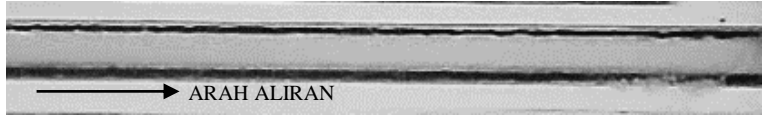
No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	50	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".
2	58,05	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".
3	66,3	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".

Tabel 4.32 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 58,05$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

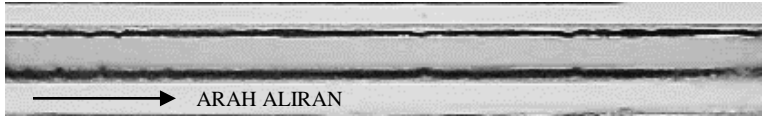
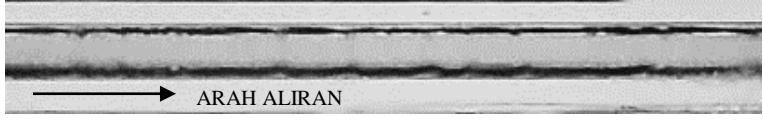
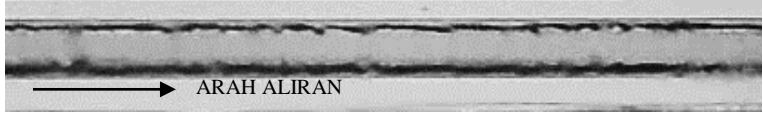
No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".
2	0,149	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".
3	0,232	 The image shows a flow pattern with a central dark band and a lighter outer band. A black arrow points to the right, labeled "ARAH ALIRAN".



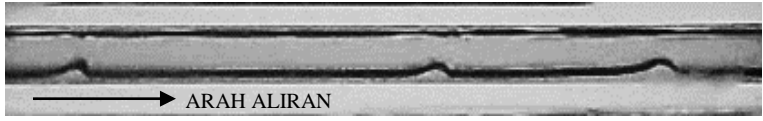
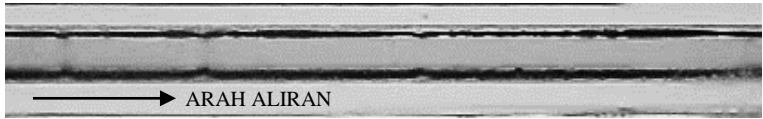
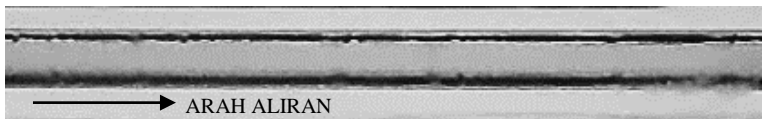
Tabel 4.33 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,091$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	
2	58,05	
3	66,3	

Tabel 4.34 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 58,05$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,091	
2	0,149	
3	0,232	

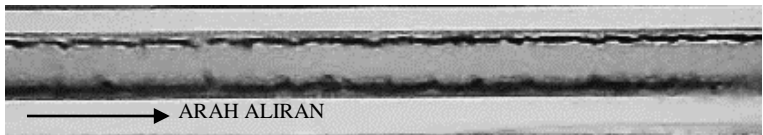
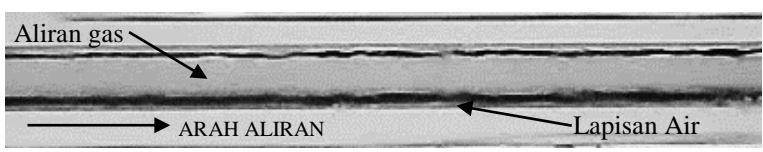
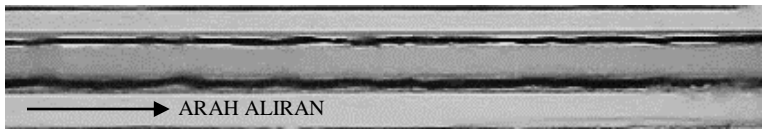
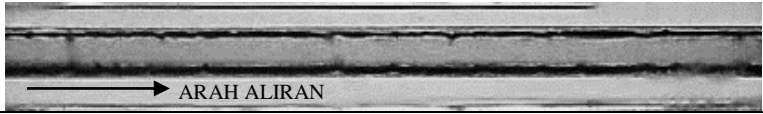
Tabel 4.35 Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 0,091$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	
2	58,05	
3	66,3	

Perbandingan pola aliran *annular* pada tiap campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_G = 50$  m/s dan  $J_L = 0,149$  m/s terlihat pada tabel 4.36. pengaruh kenaikan viskositas pada pola aliran *annular* terlihat bahwa semakin besarnya viskositas fluida cair mengakibatkan riak air yang timbul semakin berkurang. Ketika pengambilan video terlihat kecepatan aliran lebih lambat terjadi ketika viskositas fluida cair jauh lebih besar, perbedaan yang jelas antara 0% dan 30% kecepatan aliran jauh menurun.

Pola aliran merupakan pola yang terbentuk akibat kecepatan superficial gas yang lebih besar daripada kecepatan superficial cairan sehingga aliran air terdorong disisi atas dan bawah aliran. Pengaruh viskositas terhadap pola aliran *annular* yang ditampilkan pada table 4.36 menunjukkan pola aliran *annular* memiliki ketebalan lapisan air yang jauh lebih tebal ketika viskositas cairan dinaikkan.

Tabel 4.36 Perbandingan pola aliran *annular* untuk tiap campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_G = 50$  m/s dan  $J_L = 0,149$  m/s

No	GLISERIN	POLA ALIRAN
1	0%	
2	10%	
3	20%	
4	30%	

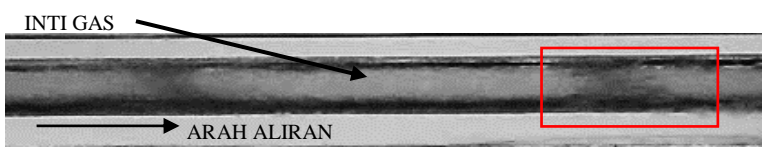

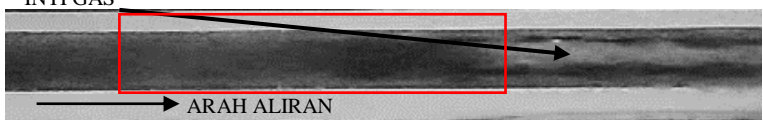
#### 4.1.5 Pola Aliran *Churn*

Terbentuknya pola aliran *churn* adalah ketika kecepatan superfisial gas dan kecepatan superfisial cairan tinggi. Ketika nilai  $J_L$  besar seharusnya aliran yang terbentuk adalah aliran *plug*, tetapi karena nilai  $J_G$  yang juga besar mengakibatkan air terdispersi menjadi kecil. Kecepatan alirannya pun sangat cepat sehingga pola yang teramati ketika melakukan pengambilan video hanya terlihat bayangan hitam pada ujung inti gas yang diikuti aliran fluida yang sangat cepat.

Pada tabel 4.37 menunjukkan perbandingan pola aliran *churn* ketika nilai  $J_L$  yang divariasikan. Terlihat perbedaan ketika  $J_L = 4,935$  m/s, bayangan hitam yang terlihat pada pola aliran *churn* jauh lebih banyak daripada ketika  $J_L$  yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena debit air yang besar mengakibatkan udara terdispersi sehingga yang terlihat bayangan hitam. Semakin besarnya  $J_L$ , bayangan hitam akan

terlihat semakin dominan dan semakin cepat mengakibatkan sulitnya pengambilan gambar secara optimal.

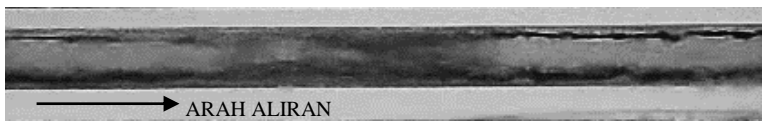
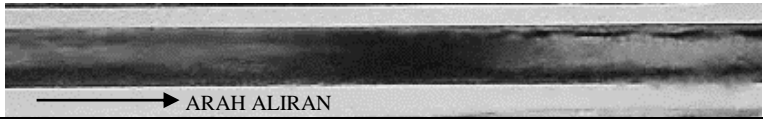

Tabel 4.37 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 50$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,7	
2	2,297	
3	4,935	

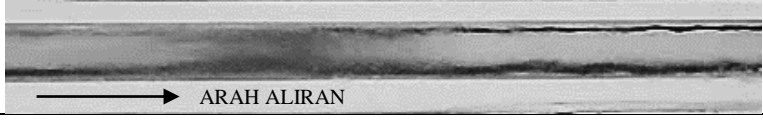
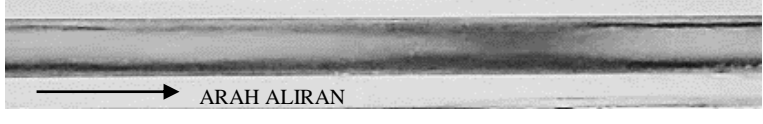
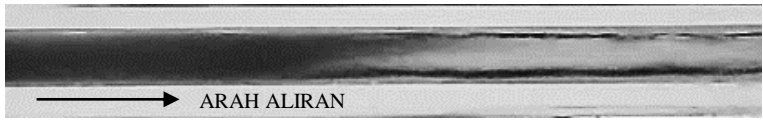
Perbandingan peta pola aliran *churn* dengan memvariasikan kecepatan superfisial udara terlihat pada tabel 4.38 dengan  $J_L$  tetap yaitu 2,297 m/s. Semakin meningkatnya nilai  $J_G$  membuat aliran gas lebih dominan, terlihat ketika  $J_G = 66,3$  m/s bayangan hitam terlihat tidak terlalu banyak jika dibandingkan  $J_G = 22,6$ . Bayangan hitam yang berkurang dengan meningkatnya nilai  $J_G$  menunjukkan bahwa aliran gas lebih dominan pada aliran *churn*.

Meningkatnya nilai  $J_G$ , membuat aliran yang semula didominasi oleh bayangan hitam yang berupa air. Aliran air yang semula ditunjukkan oleh bayangan hitam yang lebih banyak semakin berkurang, hal ini ditunjukkan oleh gambar yang terlihat bahwa bayangan hitam mulai berkurang.

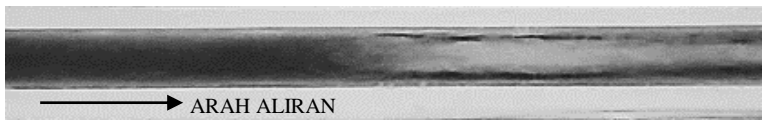
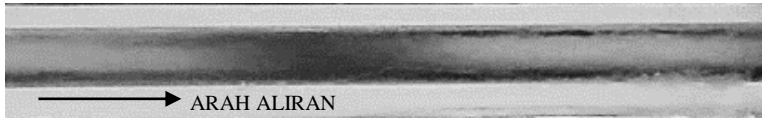
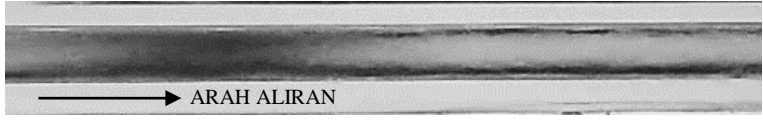
Tabel 4.38 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 0%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 2,297$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	 ARAH ALIRAN
2	50	 ARAH ALIRAN
3	66,3	 ARAH ALIRAN

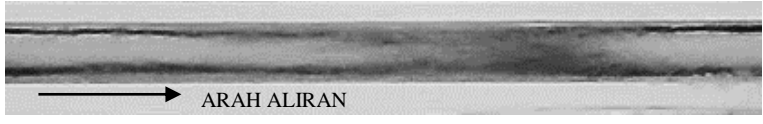
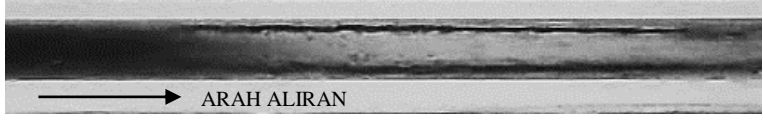

Tabel 4.39 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 50$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,7	 ARAH ALIRAN
2	2,297	 ARAH ALIRAN
3	4,935	 ARAH ALIRAN

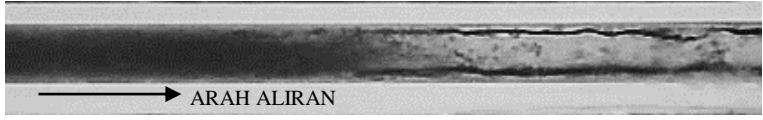
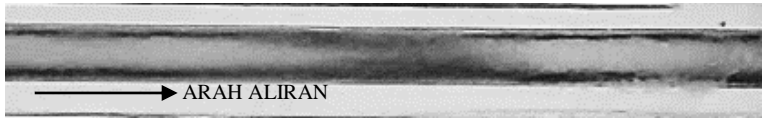
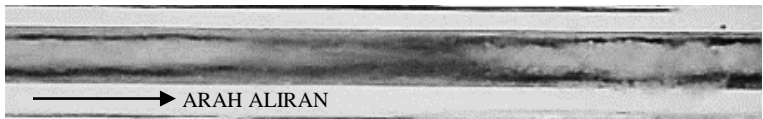
Tabel 4.40 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 10%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 2,297$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	 ARAH ALIRAN
2	50	 ARAH ALIRAN
3	66,3	 ARAH ALIRAN

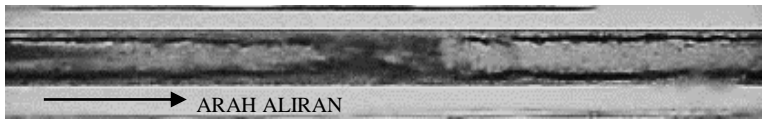
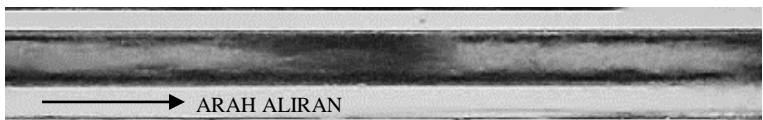
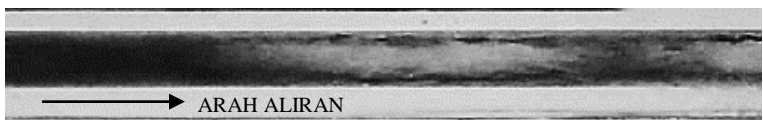
Tabel 4.41 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 50$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,7	 ARAH ALIRAN
2	2,297	 ARAH ALIRAN
3	4,935	 ARAH ALIRAN

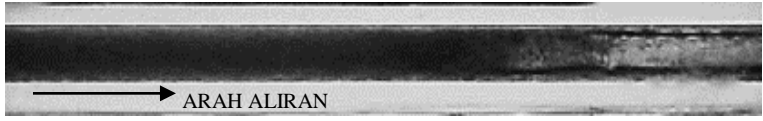
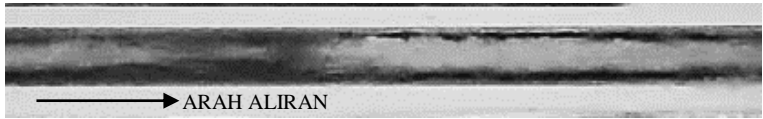
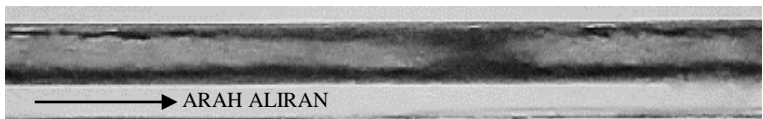
Tabel 4.42 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 20%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 2,297$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.
2	50	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.
3	66,3	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.

Tabel 4.43 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_G$  tetap, yaitu  $J_G = 50$  m/s dan nilai  $J_L$  bervariasi

No	NILAI $J_L$ m/s	POLA ALIRAN
1	0,7	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.
2	2,297	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.
3	4,935	 A black and white photograph showing a horizontal flow with a dark, turbulent interface between the liquid and gas phases. An arrow labeled 'ARAH ALIRAN' points to the right.

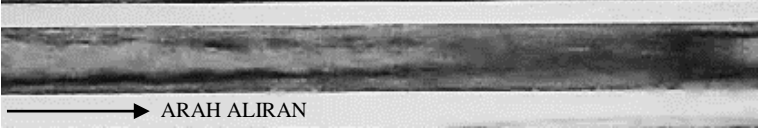
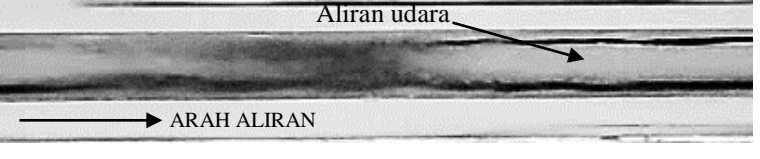
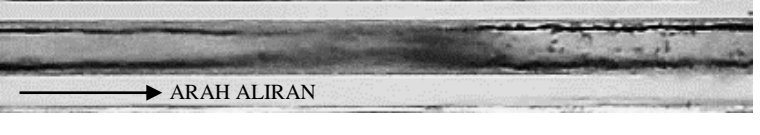

Tabel 4.44 Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi gliserin 30%, nilai  $J_L$  tetap, yaitu  $J_L = 2,297$  m/s dan nilai  $J_G$  bervariasi

No	NILAI $J_G$ m/s	POLA ALIRAN
1	22,6	
2	50	
3	66,3	

Dari tabel 4.45 pola aliran dapat dilihat bahwa pola aliran *churn* terlihat seperti *plug* yang memiliki ekor hancur atau acak yang kemudian diikuti aliran seperti gelembung-gelembung kecil. Inti dari aliran ini sangat cepat sesuai dengan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  nya. Pada konsentrasi gliserin 20 dan 30% aliran *churn* bagian gas yang menyerupai aliran *annular* terdapat gelembung-gelembung kecil yang melekat dan mengikuti aliran udara pada aliran *churn* yang muncul. Pengaruh viskositas yang dinaikkan dengan nilai  $J_G$  dan  $J_L$  tetap terlihat kecepatan aliran yang timbul lebih lambat daripada viskositas yang lebih rendah.

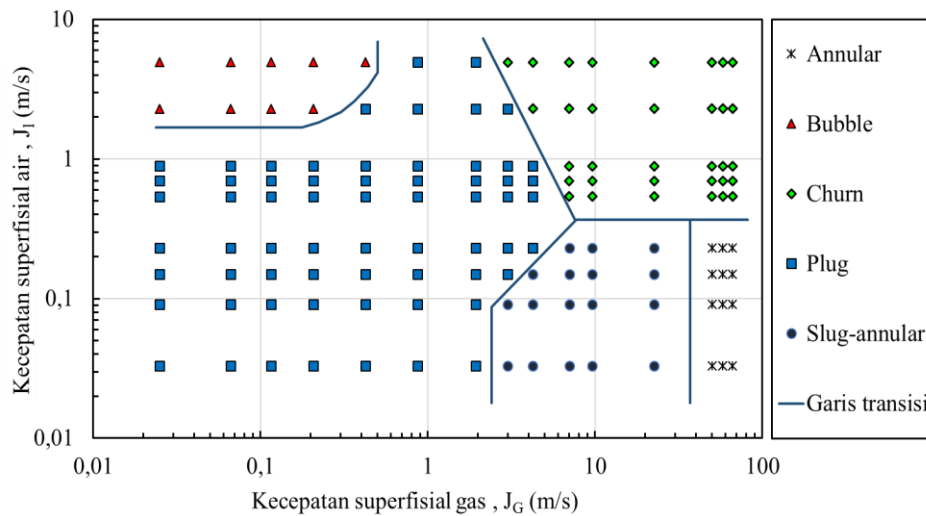


Tabel 4.45 Perbandingan pola aliran *churn* untuk tiap campuran larutan gliserin dengan nilai  $J_G = 22,6$  m/s dan  $J_L = 0,7$  m/s

No	GLISERIN	POLA ALIRAN
1	0%	
2	10%	
3	20%	
4	30%	

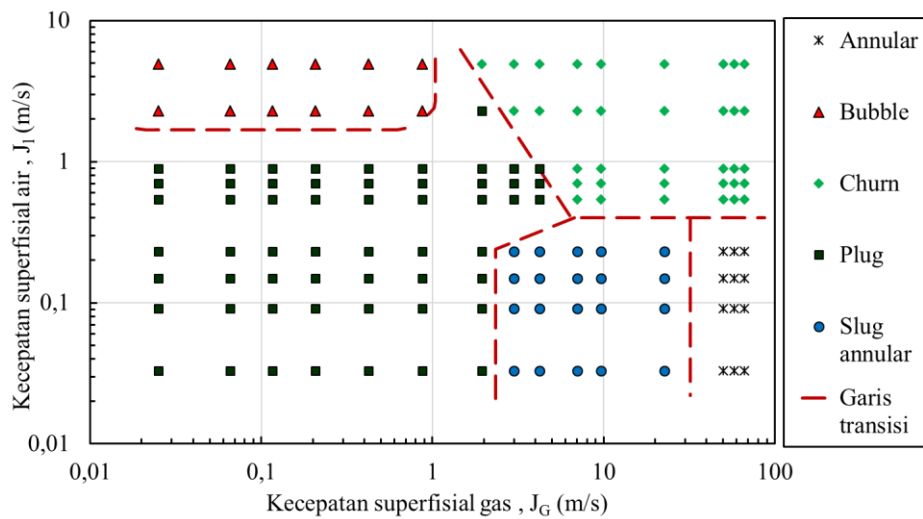
## 4.2 Peta Pola Aliran

Pola aliran yang telah diamati dan diidentifikasi selanjutnya dimasukkan ke dalam sebuah peta pola aliran. Sumbu pada peta pola aliran menggunakan kecepatan superficial gas pada sumbu x, sedangkan sumbu y menggunakan kecepatan superficial cair. Nilai minimum sumbu-x yaitu 0,01 dan nilai maksimumnya 100, sedangkan untuk nilai minimum sumbu-y yaitu 0,01 dan nilai maksimumnya 10. Pada peta aliran dapat ditentukan daerah transisi dan analisis mengenai daerah transisi yang terjadi. Berikut gambar peta pola aliran terdapat pada gambar 4.1.



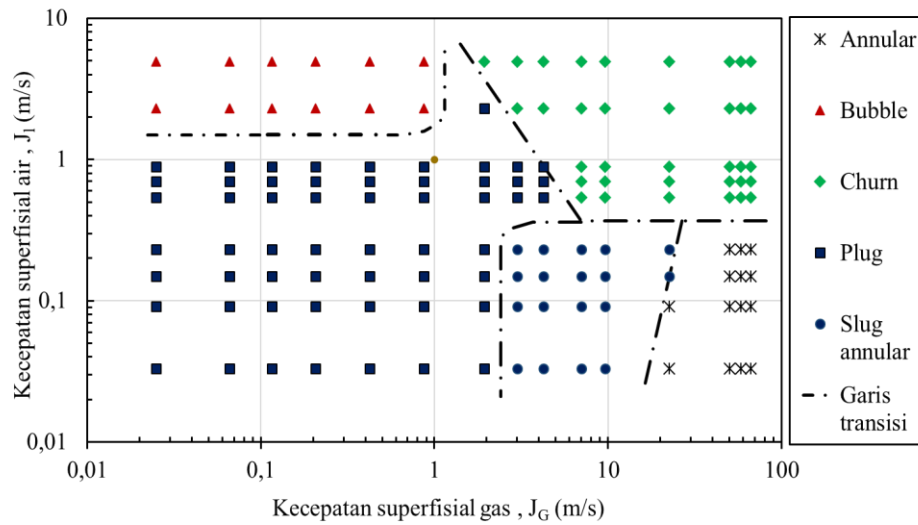
Gambar 4.1 Peta pola aliran gliserin 0%

Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 0% terlihat pada gambar 4.1 dari lima pola aliran yang berhasil diamati terdapat 144 data pada peta pola aliran. Dari semua data yang tersaji pada peta pola aliran tersebut pola jenis *plug* dan *churn* terlihat lebih banyak dibanding pola aliran yang lain. Pada peta pola aliran terlihat pola aliran *plug* terlihat pada bagian kiri bawah dimana nilai  $J_G = 0,025$  m/s dan  $J_L = 0,033$  m/s terus meluas hingga nilai  $J_G$  mendekati garis transisi dengan *slug annular* pada  $J_G = 1,941$  m/s dan nilai  $J_L$  mendekati area munculnya dari pola *bubbly* pada  $J_L = 2,297$  m/s, ketika nilai  $J_G$  berada pada transisi antara *plug* dan *slug annular* dan nilai  $J_L$  meningkat maka *plug* akan berbatasan dengan aliran *churn*. Pola aliran *bubbly* terlihat pada bagian atas kiri ketika kecepatan superfisial gas jauh lebih rendah daripada kecepatan superfisial cairannya. Terbentuknya pola aliran *slug annular* ketika kecepatan superfisial udara tinggi dan kecepatan superfisial cairan rendah. Pola *slug annular* terbentuk sampai kecepatan superfisial gas mendekati transisi terbentuknya aliran *annular*, sedangkan kecepatan superfisial cairannya mendekati *churn*. Terbentuknya pola aliran *annular* ketika nilai  $J_G = 50$  m/s, ketika kecepatan superfisial cairan di naikan mencapai  $J_L = 0,539$  m/s maka aliran *annular* juga berbatasan dengan aliran *churn* sama seperti *slug annular*. Pola aliran *churn* sendiri muncul ketika nilai  $J_G$  dan  $J_L$  tinggi.



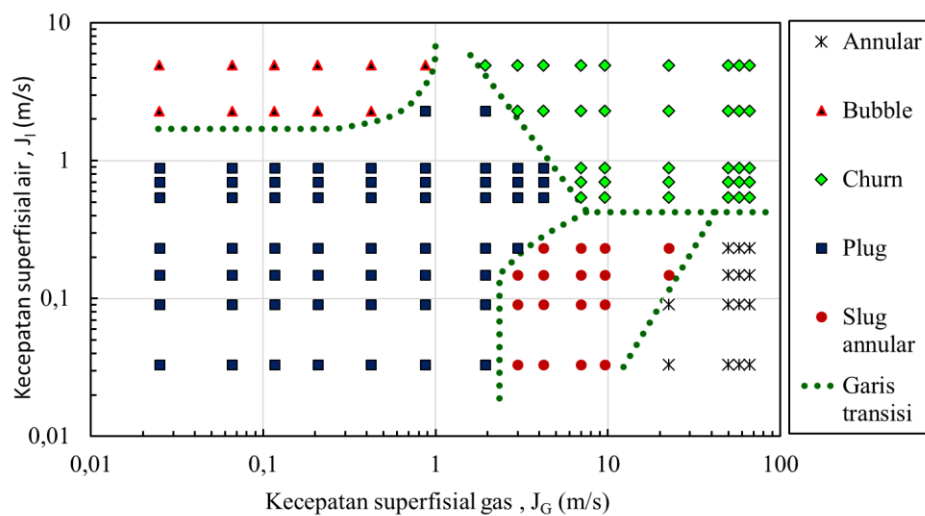
Gambar 4.2 Peta pola aliran gliserin 10%

Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 10% terlihat pada tabel 4.2 dari tabel 4.2 terlihat masih aliran *plug* dan *churn* masih mendominasi aliran yang muncul pada pengujian dengan konsentrasi gliserin 10%. Dari tabel terlihat bahwa aliran *bubbly* bertambah jika dibandingkan dengan peta pola aliran 0%. Sedangkan jumlah aliran *plug* luasnya berkurang akibat penambahan luas aliran *churn*. Sedangkan aliran *annular* masih memiliki luas yang sama pada gliserin 0% maupun 10% yang terbentuk pada  $J_G = 58,5$  m/s dan  $J_L = 0,033$  m/s. Aliran *plug* yang muncul pada konsentrasi gliserin 10% berkurang akibat bertambahnya luas aliran *churn* pada  $J_G = 1,941$  m/s,  $J_L = 4,935$  dan  $J_G = 3$  m/s,  $J_L = 2,297$  m/s, serta berkurang karena munculnya aliran *slug annular* di  $J_G = 3$  m/s dan  $J_G = 4,238$  m/s yang secara otomatis bertambahnya luas aliran *slug annular* pada gliserin 10% jika dibandingkan pada gliserin 0%.



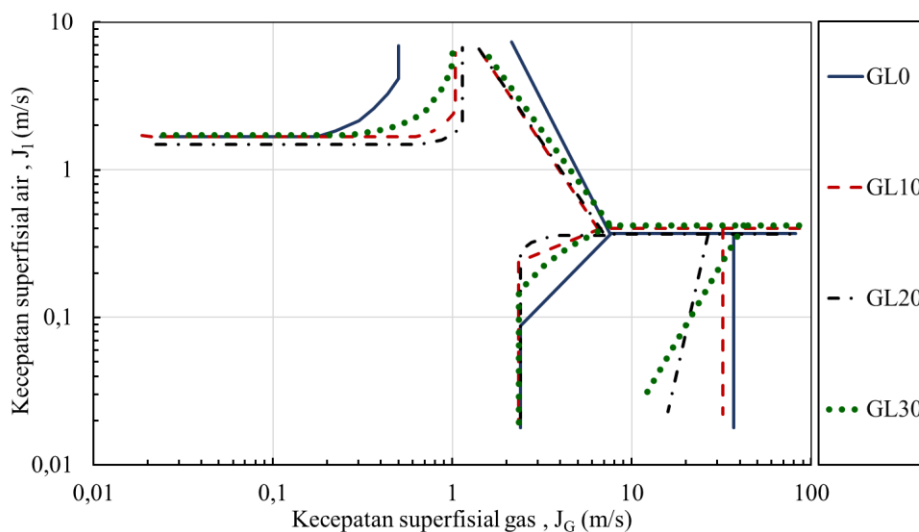
Gambar 4.3 Peta pola aliran gliserin 20%

Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 20% ditunjukkan pada gambar 4.3, pada peta pola aliran terlihat aliran *bubbly* masih memiliki luas yang sama dengan peta pola aliran konsentrasi gliserin 10%. Untuk aliran *plug*, *churn* juga sama seperti aliran *bubbly* masih memiliki jumlah yang sama. Perbedaan yang terjadi terhadap persebaran peta pola aliran antara gliserin 20 % dan 10 % adalah dengan berkurangnya aliran *slug annular*. Pada peta pola aliran dengan gliserin 20% *slug annular* yang sebelumnya terbentuk mulai hilang dengan munculnya aliran *annular* pada koordinat  $J_G = 22,6$  m/s,  $J_L = 0,033$  m/s dan  $J_L = 0,091$  m/s. Berkurangnya luas aliran *slug annular* yang berbatasan dengan koordinat kemunculan *annular* mengakibatkan bertambah luasnya aliran *annular* jika dibandingkan dengan peta pola aliran dengan gliserin 0% dan 10%.



Gambar 4.4 Peta pola aliran gliserin 30%

Gambar 4.4 menunjukkan peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 30%. Dari peta tersebut terlihat bahwa *bubbly* yang terbentuk, berkurang dibandingkan dengan peta pola aliran konsentrasi gliserin 10% dan 20% yang sebelumnya terbentuk pada  $J_G = 0,871$  m/s dan  $J_L = 2,297$  m/s. Aliran *slug annular* juga berkurang yang sebelumnya terbentuk pada koordinat yang berbatasan dengan koordinat terbentuknya *plug*  $J_G = 3$  m/s dan  $J_L = 0,232$  m/s. Aliran *churn* pada peta pola aliran ini masih memiliki luas yang sama dengan konsentrasi 10% dan 20%. Luas aliran *annular* juga masih memiliki luas yang sama seperti peta pola aliran 20%.

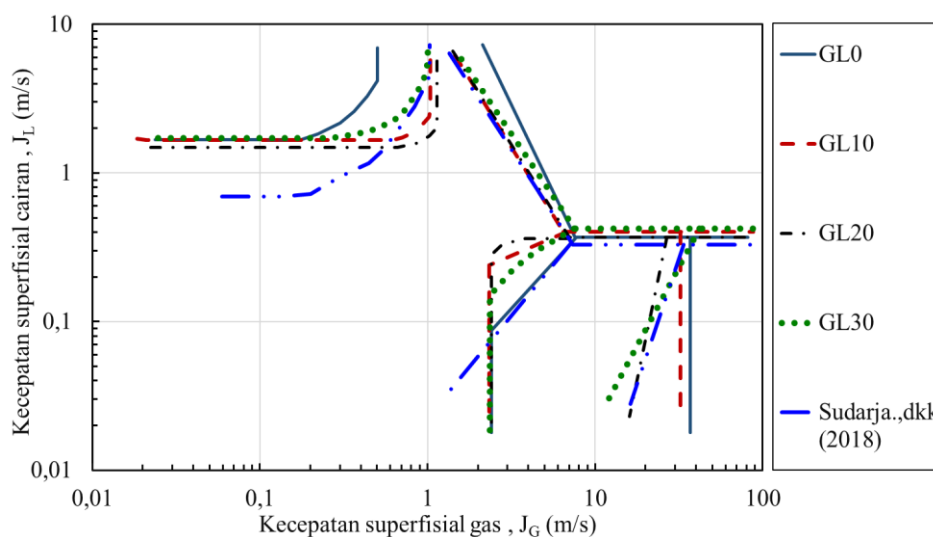


Gambar 4.5 Perbandingan peta pola aliran 0%, 10%,20%,30% gliserin

Pada Gambar 4.5, terlihat perbandingan peta pola aliran (0%, 10%, 20%, 30%) pada sudut  $15^\circ$  dengan menggunakan pipa 1,6 mm. Pada perbandingan peta dari tiap gliserin yang diujikan dibuat perbedaan garis transisi agar mempermudah proses pembacaan dan analisa perbedaan yang terjadi dari tiap garis transisi yang didapat. Area transisi kemunculan *bubbly* pada konsentrasi gliserin 0% terlihat memiliki luas yang jauh lebih kecil daripada konsentrasi 10% dan 20%. Namun hampir memiliki kesamaan luas dengan konsentrasi 30% yang mengalami belokan pada  $J_G$  kisaran 1 m/s. Perbedaan yang begitu terlihat juga pada transisi kemunculan aliran *churn*. Kemiringan pada konsentrasi 0% memiliki perbedaan yang menunjukkan kemunculan *churn* lebih sedikit dari konsentrasi yang lain. Pada garis transisi antara *plug/slug annular* menunjukkan jumlah *plug* yang jauh lebih banyak pada penelitian 0%, dan jumlah aliran *slug annular* yang lebih sedikit pada penelitian 20% dan 30%. Garis lurus pada transisi antara *slug annular/annular* terlihat lurus pada konsentrasi 0% dan 10% sedangkan pada 20% dan 30% mengalami kemiringan yang menandakan kenaikan viskositas pada penelitian ini mengakibatkan kemunculan aliran *annular* lebih awal muncul ketika viskositas mengalami kenaikan.

### 4.3 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu

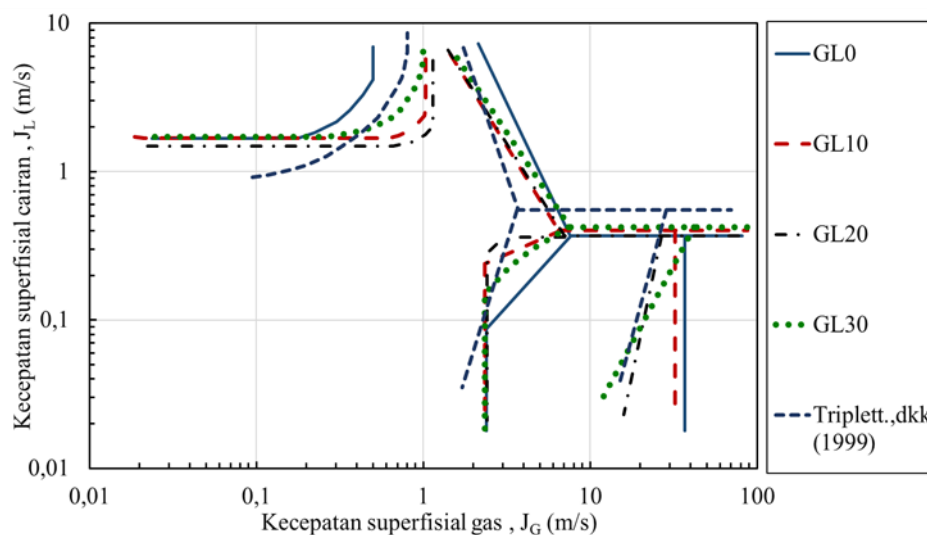
Adanya perbandingan peta pola aliran dengan penelitian terdahulu perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan serta konsistensi penelitian yang didapat dan perubahan garis transisi yang membatasi persebaran pola aliran. Hal tersebut diakibatkan oleh perubahan metode dan parameter pengujian. Beberapa penelitian terdahulu yang mencantumkan peta pola aliran dalam penelitiannya dan akan dijadikan perbandingan adalah Sudarja dkk. (2018), Triplett dkk. (1999), serta Chung dan Kawaji (2004).



Gambar 4.6 Perbandingan peta pola aliran 0-30% dan garis transisi (Sudarja dkk., 2018)

Perbandingan peta pola aliran pada penelitian Sudarja dkk. (2018) dalam penelitiannya menggunakan saluran pipa berdiameter 1,6 mm dan menggunakan gliserin sebagai campuran fluida cair dengan konsentrasi (0%, 20%, 40%, 60%). Dalam penelitian ini menggunakan alat kerja dan metode penelitian yang serupa, perbedaan yang terdapat dalam penelitian terdahulu tidak menggunakan variasi sudut seperti yang dilakukan pada penelitian ini serta perbedaan konsentrasi gliserin yang digunakan. Terdapat lima pola aliran yang berhasil diamati yaitu : *plug*, *bubbly*, *slug annular*, *annular*, *churn*. Pada peta pola aliran terlihat semakin meningkat viskositasnya luas garis transisi bergeser ke kanan yang menunjukkan

kemunculan *bubbly* semakin meluas, ditunjukkan dengan meluasnya garis transisi antara *plug/bubbly*.



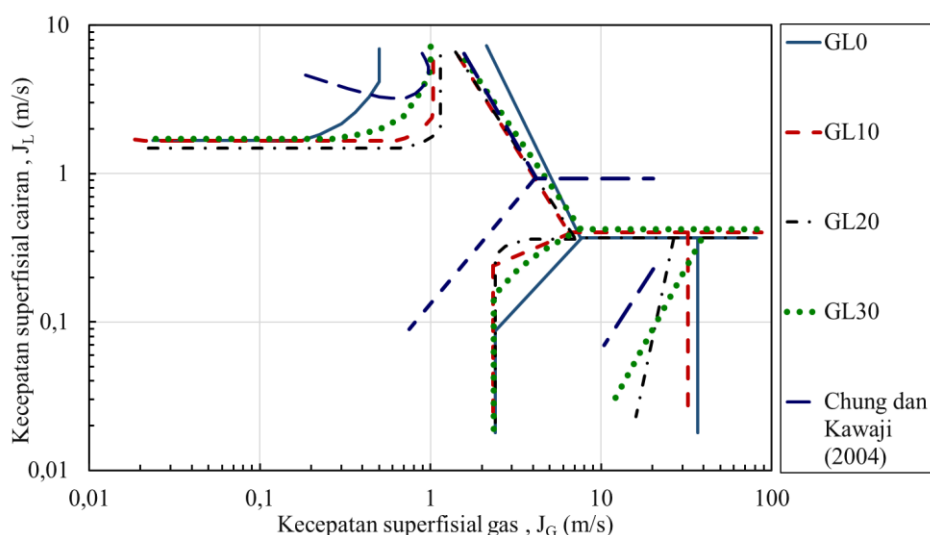
Gambar 4.7 Perbandingan peta pola aliran 0-30% dan garis transisi (Triplet dkk., 1999)

Garis transisi antara *churn/plug*, terlihat lebih bergeser ke sebelah kiri karena perbesaran luas area *churn* terlihat perbedaan garis transisi antara 0% dan 10%, 20%, dan 30% gliserin. Garis transisi antara *slug annular* dan *annular* yang semula lurus pada konsentrasi 0% dan 10% mulai bergeser ke kiri yang menunjukkan luas kemunculan pola aliran *annular* semakin luas. Garis transisi pada penelitian Sudarja dkk. (2018) yang dijadikan perbandingan ini yaitu dengan konsentrasi gliserin 20%, terlihat pada bagian garis transisi antar *plug* dan *bubbly* terlihat lebih luas dikarenakan kemunculan aliran *bubbly* sudah terlihat pada nilai  $J_L$  di bawah satu yang artinya kemunculan *bubbly* pada penelitian Sudarja dkk. (2018) lebih awal. Garis transisi yang menandakan kemunculan *churn* masih terlihat sama hanya saja pada konsentrasi 0% terlihat lebih miring ke kanan karena luas area *plug* yang jauh lebih luas dibandingkan dengan konsentrasi 10%, 20%, 30% dan penelitian Sudarja dkk. (2018). Garis transisi antara *slug annular* dan *annular* semakin bergeser jika dibandingkan dengan transisi peta pola aliran dengan gliserin 0% dan 10%, sedangkan jika dibandingkan dengan garis transisi pada konsentrasi 10% dan 30% garis transisi pada penelitian Sudarja dkk. (2018)



memiliki kemiringan yang sama karena jumlah kemunculan aliran *annular* yang sama.

Penelitian yang dilakukan oleh Triplett dkk. (1999) mengenai aliran dua fase menggunakan pipa mini dengan diameter 1,097 mm dan 1,45 mm, serta media yang digunakan adalah campuran air dan udara. Perbandingan peta pola aliran yang ditunjukkan oleh pada 4.7 menunjukkan perbandingan peta pola aliran pada pipa 1,097 mm. Dari gambar peta pola aliran di atas terlihat bahwa garis transisi antara *plug/bubbly*, terlihat lebih luas dan kemunculan *plug* pada kisaran  $J_L = 1$  m/s. Garis transisi yang terlihat berbeda adalah garis transisi antara *churn/slug annular* yang lebih bergeser ke atas menandakan kemunculan *churn* berawal pada  $J_L$  yang lebih besar daripada penelitian ini. Selain pergeseran antara *churn/slug annular* pergeseran garis transisi antara *plug* dan *slug annular* yang bergeser jauh ke sebelah kiri daripada garis transisi pada konsentrasi 0%, 10%, 20%, dan 30% campuran gliserin. Perbedaan metode dan media yang digunakan serta beberapa faktor lain mengakibatkan adanya perbedaan garis transisi pada peta pola aliran pada penelitian Triplett dkk. (1999).



Gambar 4.8 Perbandingan peta pola aliran 0-30% dan garis transisi (Chung dan Kawaji, 2004)

Penelitian yang dilakukan Chung dan Kawaji (2004) mengenai aliran dua fase dengan mengamati perbedaan diameter pada saluran pipa. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 530, 250, 100, dan 50 $\mu\text{m}$ . Chung dan Kawaji (2004) memfokuskan penelitian untuk mengetahui pengaruh diameter terhadap pola aliran. Perbedaan antara penelitian ini adalah menggunakan ukuran diameter saluran pipa, seperti pada gambar 4.8. Perbandingan peta pola aliran antara 0%, 10%, 20%, 30%, dengan penelitian Chung dan Kawaji (2004) terlihat garis transisi pemisah antara *plug/bubbly* terlihat lebih kecil dan lebih ke atas yang menandakan kemunculan aliran *bubbly* ketika koordinat kemunculan *bubbly* melebihi koordinat pada konsentrasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Garis transisi antara *plug/churn* yang terbentuk pada penelitian Chung dan Kawaji (2004) hampir menyerupai penelitian Triplett dkk. (1999), perbedaan yang mencolok terlihat pada kenaikan garis transisi yang menunjukkan kemunculan aliran *churn* yang menunjukkan pada kisaran  $J_L = 1$  m/s, sedangkan pada penelitian sebelumnya kemunculan *churn* mulai pada  $J_L 0,539$  m/s. Peta pola aliran yang menjadi perbandingan pada Gambar 4.6 adalah peta pola aliran menggunakan pipa berdiameter 530  $\mu\text{m}$ .