

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil dari penelitian pola aliran pada pipa mini dengan ukuran diameter 1,6 mm kemiringan 20° dengan fluida kerja dalam bentuk campuran udara-akuades dan butanol 7% dilakukan percobaan dilakukan pada saat pengambilan data didapatkan. Penelitian ini berfokus pada pembahasan tentang pola aliran yang terbentuk pola aliran, fraksi hampa, gradien tekan, dan perbandingan yang dilakukan oleh peneliti yang terdahulu.

4.1. Pola Aliran

Hasil dari penelitian aliran dua fase pada pipa mini dengan diameter pipa 1,6 mm dengan kemiringan 20° dengan fluida kerja berupa campuran udara-akuades dan butanol 7%. Dengan mengatur debit fluida gas (J_G) dan debit fluida cair (J_L) selanjutnya dilakukan pengambilan data yang diperoleh berupa video kemudian diidentifikasi pola yang terdapat pada video yang telah diambil sebelumnya. Setelah teridentifikasi pola aliran kemudian diplot berdasarkan kecepatan superfisial gas dan superfisial cair. Dari hasil identifikasi video diperoleh 5 macam pola aliran yaitu : *plug*, *bubble*, *slug annular*, *annular*, dan *churn*.

4.1.1. Pola Aliran *Plug*

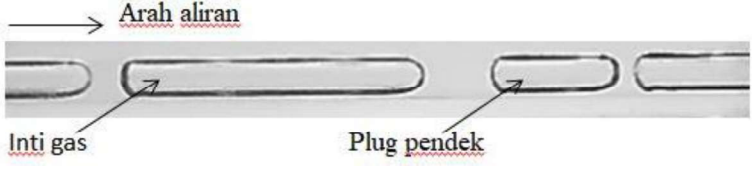


Pola aliran *plug* hampir sama dengan pola aliran *bubble* bedanya pada aliran *plug* bentuknya memanjang seperti peluru atau kapsul. Pola aliran *plug* terbentuk pada saat kecepatan superfisial gas (J_G) lebih besar dari pada nilai kecepatan superfisial cair (J_L). Bentuk pola aliran *plug* dipengaruhi dari kecepatan superfisial gas dan kecepatan superfisial cair, semakin besar nilai kecepatan superfisial gas pola aliran *plug* menjadi semakin panjang, sedangkan nilai kecepatan superfisial cair semakin besar pola aliran *plug* yang terbentuk semakin pendek karena volume liquid lebih banyak dari udara yang masuk ke *mixer* maka udara yang masuk mulai tertekan oleh liquid.

Tabel 4.1. Perbandingan pola aliran plug dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G tetap 0,207 m/s dan J_L bervariasi.

NO	J_L (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,091	
3	0,149	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.1 yaitu perbedaan bentuk pola aliran *plug* pada J_G tetap dan J_L yang bervariasi. Terlihat kenaikan kecepatan J_L mempengaruhi panjangnya *plug*. Jika kecepatan J_L dinaikan maka panjang dari pemisah antar *plug* akan semakin panjang. Hal ini diduga karena udara yang tertekan oleh air yang mengalami peningkatan J_L .

Tabel 4.2. Perbandingan pola aliran plug dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,091 m/s

NO	J_G (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,207	
2	0,423	
3	0,871	

Pada tabel 4.2 didapatkan hasil bentuk pola aliran *plug* yang hampir sama antara J_L tetap dengan J_G bervariasi. Terlihat bahwa J_G semakin bertambah panjang dari pola aliran *plug* akan semakin panjang. Pada J_G 0,423 m/s dan J_G 0,871 m/s dapat dilihat jarak antar *plug* sampai menempel tetapi memiliki panjang pola aliran *plug* yang berbeda. Hal tersebut diakibatkan karena J_G yang tinggi dan J_L yang rendah. Jarak antar *plug* semakin rapat diakibatkan karena cairan pemisah antar *plug* mulai tertekan oleh gas yang semakin meningkat sehingga gas sulit menerobos cairan yang membatasi antar *plug*.

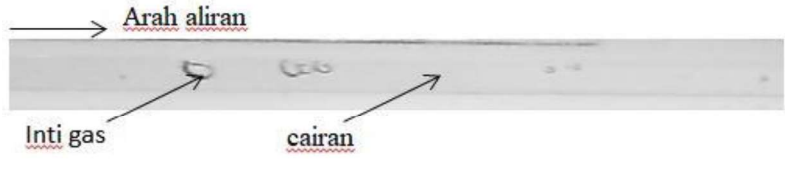
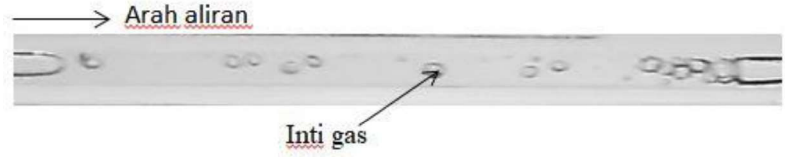

4.1.2. Pola Aliran *Bubbly*

Pola aliran *bubbly* terbentuk ketika nilai kecepatan superficial gas lebih rendah dari kecepatan superficial cairan. Dengan debit air yang lebih besar daripada debit gas menyebabkan cairan di area *mixer* menumpuk, *bubbly* muncul ketika gas yang terkumpul dibagian atas *mixer* menerobos cairan yang terkumpul. Semakin kecil saluran pada *mixer* mengakibatkan udara yang terkumpul terus mendorong

cairan sehingga menyebabkan terjadinya aliran dua fase, kemudian alir udara yang berhasil keluar seperti terpotong-potong.

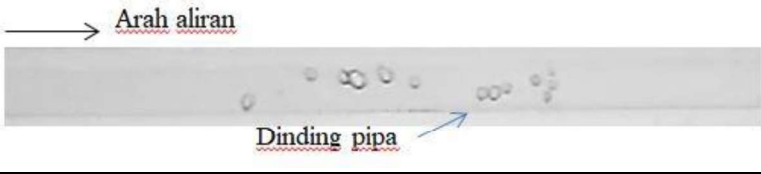

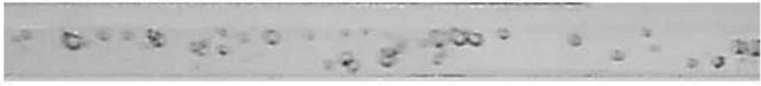
Pola aliran *bubbly* pada penelitian ini terkadang masih bercampur dengan aliran *plug*, kemunculan pola aliran seperti ini ketika koordinat aliran *bubbly* berada setelah nilai koordinat nilai *plug*. Munculnya aliran *bubbly* penuh tanpa adanya aliran *plug*. Ketika nilai superficial cairan tinggi bentuk aliran yang muncul semakin tidak beraturan dan memiliki kecepatan yang tinggi. Dengan ditingkatkannya kecepatan superficial cairan dan kecepatan superficial udara intensitas kemunculan *bubbly* semakin tinggi dan jarak antar *bubbly* semakin renggang. Debit fluida yang semakin besar mengakibatkan fluida sulit ditembus oleh udara, sehingga gelembung menumpuk pada mixer. Ketika udara yang terkumpul sudah banyak dan semakin kuat untuk mendorong fluida cair, aliran *plug* akan muncul terlebih dahulu yang diikuti dengan aliran *bubbly* yang banyak

Tabel 4.3. Perbandingan pola aliran bubbly dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G tetap 0,871 m/s dan nilai J_L bervariasi

<u>NO</u>	<u>J_L</u> (m/s)	<u>GAMBAR POLA ALIRAN</u>
<u>1</u>	<u>0,539</u>	
<u>2</u>	<u>0,7</u>	
<u>3</u>	<u>0,879</u>	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dengan J_L yang bervariasi dengan J_G tetap terlihat semakin tinggi J_L *bubbly* yang didapat akan semakin sulit diamati. Pola aliran *bubbly* mempunyai bentuk bulat semakin lama menjadi acak dan tidak beraturan karena faktor J_L yang semakin tinggi. Semakin tinggi J_L pola aliran *bubbly* lama-lama akan terlihat samar dan hampir membentuk pola aliran *churn*. Debit fluida cairan yang semakin tinggi mengabutkan fluida sulit ditembus oleh udara, sehingga pola aliran *bubbly* yang keluar semakin kecil dan terlihat semakin acak karena *bubbly* menumpuk pada *mixer*.

Tabel 4. 4 Perbandingan pola aliran bubbly dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L 0,879 m/s.


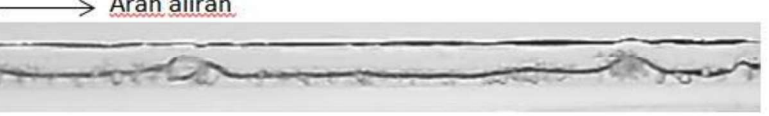

NO	J_G (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,116	
2	0,207	
3	0,423	

Pada tabel 4.4 dengan J_G bervariasi dan J_L tetap terlihat semakin tinggi J_G *bubbly* yang terbentuk akan semakin banyak. Hal tersebut disebabkan karena gas yang menumpuk pada *mixer* semakin banyak dan *bubbly* terlihat kecil. Nilai J_G yang semakin besar mengakibatkan pola aliran *bubbly* hampir menyerupai pola aliran *churn*.

4.1.3. Pola Aliran *Slug Annular*

Pola aliran *slug annular* terbentuk ketika nilai superficial gas berada diantara garis transisi setelah munculnya aliran *plug* dan sebelum munculnya aliran *annular*, sedangkan untuk nilai superficial fluida 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 superficial udara naik menyebabkan pola aliran *plug* yang terpisah oleh air berhasil diterobos oleh udara sehingga terbentuk aliran *slug annular*.




Tabel 4.5. Perbandingan pola aliran slug annular dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G tetap 3 m/s dan nilai J_L bervariasi

NO	J_L (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,091	
3	0,149	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.5 pola aliran *slug annular* dengan J_G tetap dan J_L bervariasi terlihat bentuk pola aliran *slug annular* seperti gelombang naik turun pada bagian bawah saluran dan terdapat gelembung-gelembung kecil yang terhimpit dibawahnya. Hal tersebut terjadi karena nilai J_L bertambah yang mengakibatkan bertambahnya volume fluida cair yang masuk kedalam *mixer* sehingga membuat bertambah tinggi gelombang dan bertambah intensitas

kemuculan gelombang. Pola aliran *slug annular* semakin tinggi J_L pola aliran *slug annular* terlihat hampir putus hal tersebut diakibatkan karena gelembang air yang tinggi.

Tabel 4.6. Perbandingan pola aliran slug annular dengan konsentrasi butano; 7% dengan nilai J_L tetap 0,232 m/s dan nilai J_G bervariasi.

NO	J_G (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	3	
2	4,238	
3	7	

Pada tabel 4.6 pola aliran *slug annular* dengan J_G bervariasi dan J_L tetap tidak terjadi perubahan yang signifikan. Tetapi ketebalan pada lapisan bagian bawah air lebih tebal dan lebih bergelombang. Nilai J_G yang semakin tinggi membuat pola aliran *slug annular* memiliki gelombang yang lebih kecil. Hal tersebut terjadi karena aliran gas yang lebih dominan dari pada aliran air sehingga aliran air yang semula terlihat memotong aliran dan mendorong aliran *slug annular* hingga terdorong oleh aliran gas yang besar.

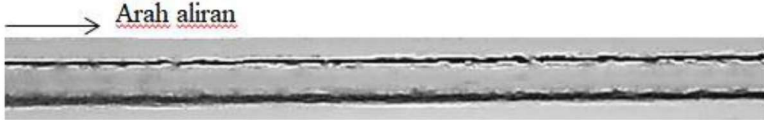


4.1.4. Pola Aliran *Annular*

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

superfisial air. Pada tabel 4.7 dan 4.8 terlihat perbandingan nilai J_G dan J_L terhadap pola aliran *annular* dengan konsentrasi 0%.

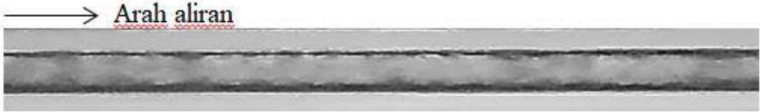
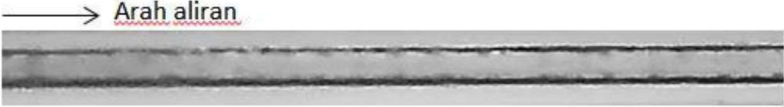

Terbentuknya pola aliran *annular* bermula ketika nilai $J_G = 50$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s. Kemudian aliran *annular* selalu sama pada tiap konsentrasi gliserin, aliran *annular* memiliki gelombang-gelombang kecil yang bergerak cepat.

Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran annular dengan konsentrasi 7% dengan nilai J_G 50 m/s tetap dan nilai J_L bervariasi.

NO	J_L (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,033	
2	0,091	
3	0,149	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.7 dengan J_G tetap dan J_L bervariasi dengan bertambahnya nilai J_L cairan yang muncul pada bagian bawah dan atas terlihat semakin jelas dan gelap. Hal tersebut terjadi karena debit aliran air bertambah sehingga air yang terdorong oleh udara semakin banyak. Semakin tinggi nilai J_L pola aliran *annular* akan terdapat bayangan hitam dibawahnya dan lebih pekat. Semakin tinggi nilai J_L gelombang gelombang yang dihasilkan pada pola aliran *annular* akan terlihat bercak bercak hitam.

Tabel 4.8. Perbandingan pola aliran annular dengan konsentrasi butanol 7% dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,033 m/s

NO	J_G (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	50	
2	58,05	
3	66,3	

Pada tabel 4.8 dengan J_G bervariasi dan J_L tetap dengan bertambahnya J_G pola aliran *annular* yang terlihat mengalami penipisan dan juga terlihat lebih tenang pada gelombang-gelombang saluran. Pada J_G rendah terlihat pola *annular* lebih pekat dan hampir terlihat pola aliran *churn*. Hal tersebut terjadi karena aliran gas yang mendorong aliran air yang berada pada kedua sisi jadi aliran air di kedua sisi tidak terlihat jelas.


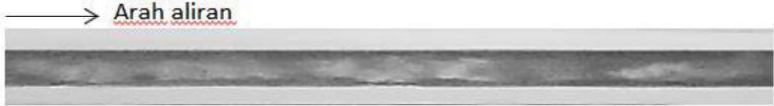

4.1.5. Pola Aliran *Churn*

Pola aliran *churn* mulai muncul ketika nilai J_G dan J_L sama-sama tinggi, pola aliran *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* terbentuk *plug* yang ekornya diikuti oleh gelembung-gelembung kecil yang bergerak sangat cepat, hal tersebut terjadi dikarenakan fluida




cairan 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 4.9. Perbandingan pola aliran churn dengan konsentrasi 7% dengan nilai J_G tetap 66,3 m/s dan nilai J_L bervariasi.

NO	J_L (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	0,879	
2	2,297	
3	4,935	

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.9 dengan J_G tetap dan J_L bervariasi dapat dilihat semakin tinggi nilai J_L bayangan hitam yang terbentuk akan semakin jelas. Hal tersebut terjadi karena debit air yang masuk semakin besar yang mengakibatkan udara terdistorsi sehingga bayangan hitam semakin terlihat. Bayangan hitam terlihat dominan dan aliran air semakin cepat menyebabkan pengambilan gambar tidak optimal.

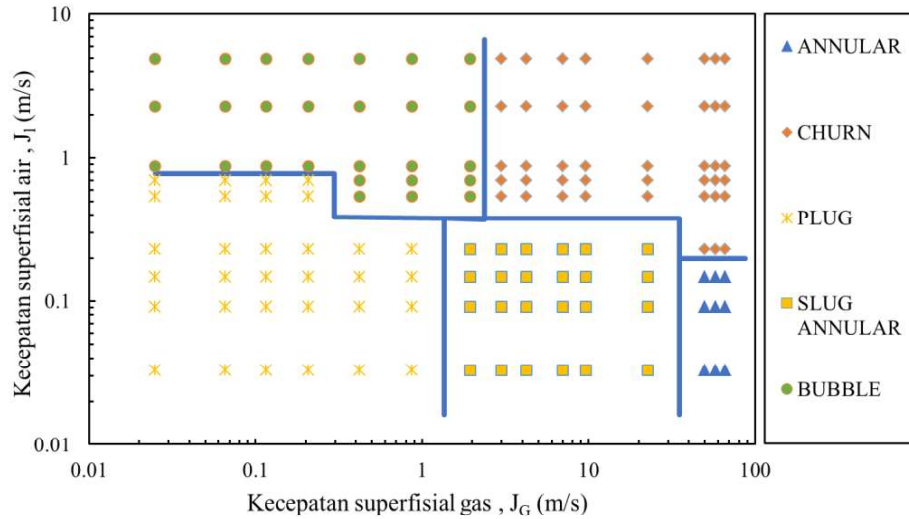
Tabel 4.10. Perbandingan pola aliran churn dengan konsentrasi 7% dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,7 m/s.

NO	J_G (m/s)	GAMBAR POLA ALIRAN
1	50	
2	58,05	
3	66,3	

Pada tabel 4.10 dengan J_G bervariasi dan J_L tetap terlihat dengan bertambahnya nilai J_G membuat bayangan hitam yang terlihat semakin berkurang dan samar. Hal tersebut terjadi karena meningkatnya aliran gas yang lebih dominan pada aliran *churn* yang membuat bayangan hitam berkurang yang semula didominasi oleh air.

4.2. Peta Pola Aliran

Pola aliran yang telah diamati dan diidentifikasi selanjutnya dimasukkan ke dalam peta pola aliran. Sumbu dari peta pola aliran menggunakan kecepatan superfisial gas pada sumbu x dan kecepatan superfisial cair pada sumbu y. nilai minimum sumbu-x adalah 0,01 dan maksimumnya adalah 100, sedangkan nilai minimum sumbu-y adalah 0,01 dan nilai maksimumnya adalah 10. Peta pola aliran dapat ditentukan daerah transisi dan analisis mengenai daerah transisi yang terjadi. Berikut gambar peta pola aliran ditunjukkan pada gambar 4.1.

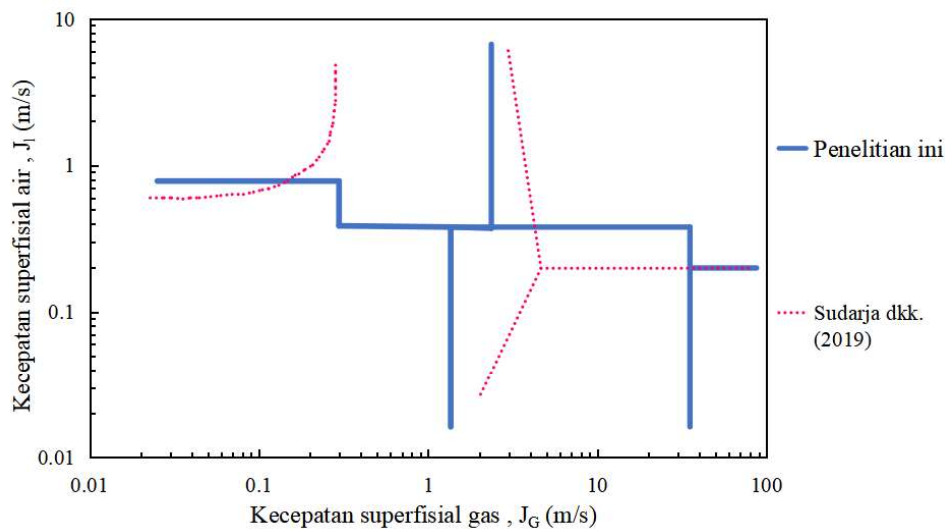


Gambar 4. 1 Peta pola aliran butanol 7%

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.1 terlihat bahwa pola aliran *plug* dan pola aliran *churn* mendominasi pada peta pola aliran ini. Pada posisi bagian sebelah kiri atas peta pola aliran ditempati oleh *bubble*, dimana kondisi nilai kecepatan superfisial gas rendah dan nilai kecepatan superfisial cairan tinggi. Pada bagian kiri bawah peta pola aliran ditempati oleh pola aliran *plug*, pola aliran *plug* terbentuk pada J_G dan J_L yang sangat rendah kemudian meluas seiring dengan naiknya nilai kecepatan superfisial gas dan cairan hingga mencapai garis batas transisi dengan pola aliran *slug annular* disebelah kanan bawah aliran *plug*. Ketika nilai kecepatan superfisial cairan dinaikan pada kondisi J_G yang sama maka pola aliran *slug annular* berbatasan dengan aliran *churn*. Pola aliran *slug annular* terbentuk pada saat kecepatan superfisial udara cukup tinggi sedangkan kecepatan superfisial cairan yang rendah. Kenaikan kecepatan superfisial cairan pada pola aliran *slug annular* mencapai batasnya pada $J_L = 0,232$ m/s sebelum berubah menjadi pola aliran *churn*. Pada posisi sebelah kanan bawah ditempati oleh pola aliran *annular*. Pola aliran *annular* mulai terbentuk pada $J_G = 50$ m/s dan seiring dengan naiknya kecepatan superfisial air maka aliran *annular* mencapai batas pada $J_L = 0,149$ m/s dan kemudian berubah menjadi pola aliran *churn*.

4.3. Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu

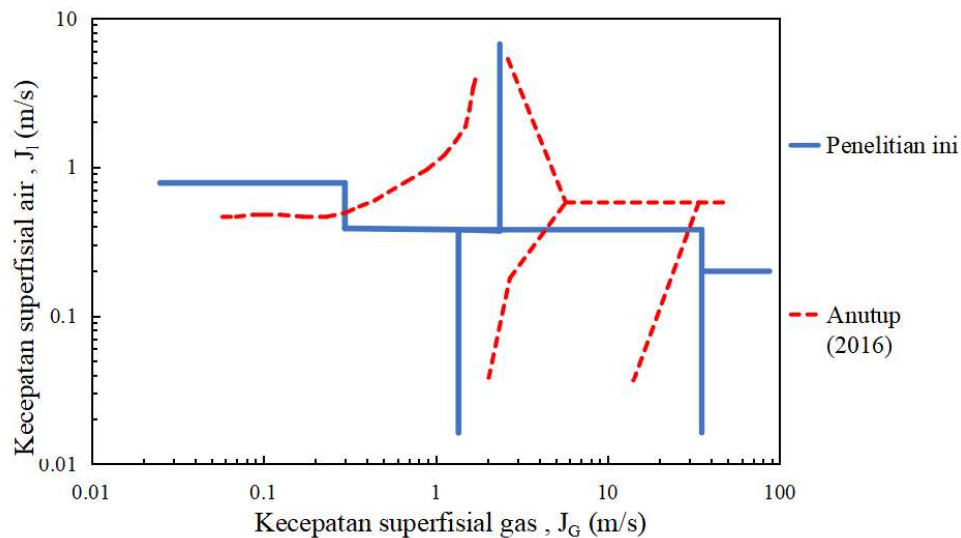
Perbandingan peta pola aliran yang didapat dari hasil penelitian dengan penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui perbedaan garis transisi yang disebabkan oleh perbedaan jenis fluida dan tegangan permukaan yang telah dilakukan oleh penelitian terdahulu. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan terdahulu antara lain : Sudarja (2019) dan Anutup (2016).



Gambar 4.2. perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran sudarja (2019)

Dapat dilihat pada gambar 4.2. garis transisi penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sudarja (2019). Pola aliran yang terbentuk pada penelitian ini sama dengan penelitian Sudarja (2019) yaitu : *annular*, *bubbly*, *churn*, *plug* dan *slug annular*. Pada penelitian ini sama dengan penelitian Sudarja (2019) menggunakan saluran pipa mini horisontal dengan diameter dalam pipa 1,6 mm. Perbedaan metode penelitian ini dengan Sudarja (2019) pada fluida kerja dan kemiringan sudut. Penelitian ini menggunakan fluida kerja yaitu air-udara dan campuran butanol 7% dengan variasi sudut kemiringan pipa 20° , sedangkan pada penelitian Sudarja (2019) fluida kerja yang digunakan yaitu air dan udara dengan posisi horisontal. Pada penelitian ini garis transisi *bubbly* terlihat melengkung keatas sedangkan pada penelitian ini garis transisi *bubbly* terlihat garis lurus vertikal ke

atas. Penelitian Sudarja (2019) pola aliran plug lebih mendominasi dan garis transisinya terjadi antara *bubbly* dan *churn*. Dapat dilihat pada gambar 4.2. garis transisi *annular*, *churn* dan *slug annular* pada penelitian ini mengalami pergeseran keatas. Pergeseran yang terjadi akibat pengaruh fluida kerja yang digunakan karena pada penelitian ini menggunakan campuran butanol 7%.



Gambar 4.3. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Anutup (2016).

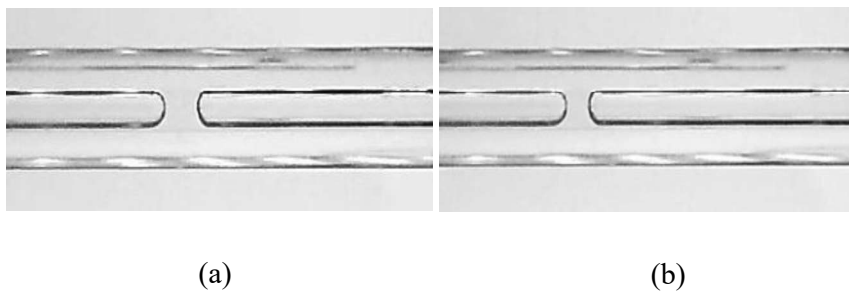
Perbandingan peta pola aliran Anutup (2016) dapat dilihat pada gambar 4.3. posisi garis transisi berbeda dari hasil penelitian ini dikarenakan pada penelitian Anutup (2016) menggunakan campuran fluida gas dan fluida cair dengan tambahan gliserin pada saluran mini horizontal berukuran 1,6 mm, sedangkan pada penelitian ini menggunakan udara-air dan campuran butanol 7% kemringan 20°. Pola aliran yang didapatkan masih sama yaitu : *annular*, *bubbly*, *churn*, *plug* dan *slug annular*. Dapat dilihat pada gambar 4.3 garis transisi *bubbly* dengan *plug* pada penelitian Anutup (2016) lebih berbentuk melengkung ke atas sedangkan pada pola aliran *plug* terlihat sangat lebih dominan dibandingkan pada penelitian ini. Penelitian Anutup (2016) untuk garis transisi antara *annular*, *churn* dan *slug annular* mengalami pergeseran ke atas dibanding dengan penelitian ini.

4.4. Fraksi Hampa (*Void Fraction*)

Fraksi hampa dilakukan pada posisi 26 piksel (6,879mm) dari sebelah kiri. Hasil *time average* fraksi hampa kemudian diolah untuk menentukan nilai *probability Distribution Function* (PDF) sebagai fungsi ε (-).

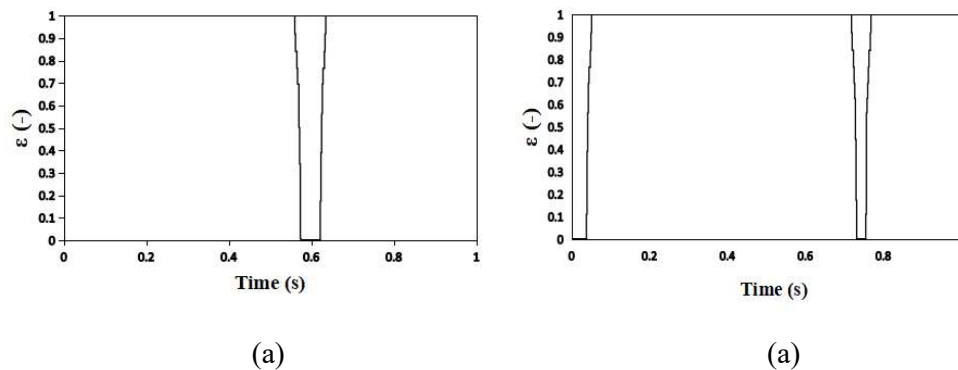
4.4.1. Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Plug*

Pola aliran *plug* pada saat kecepatan superfisial gas cukup besar menembus suatu aliran fluida cair yang ditunjukkan pada gambar 4.4



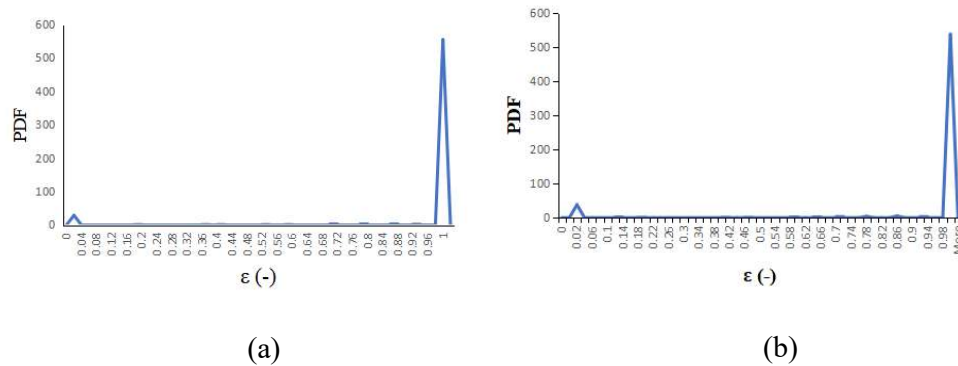
Gambar 4.4. Pola aliran *plug* pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s

Pada gambar 4.4 terdapat dua jenis *plug* yaitu *plug* pada gambar (a) jarak antara *noise* dan *tail plug* lebih panjang dibanding dengan gambar (b)



Gambar 4.5. *Time-Average* fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Grafik *time-average* aliran *plug* yang ditunjukkan pada gambar 4.5 menghasilkan nilai fraksi hampa mencapai angka 1, yang berarti udara pada pola alirannya *plug* tersebut memenuhi dinding pipa.

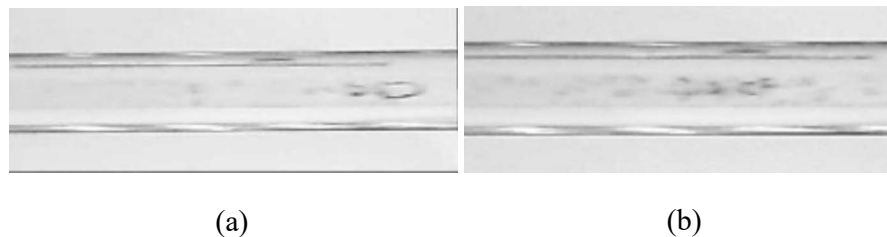


Gambar 4. 6. PDF fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Pada gambar 4.6 di $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s nilai probabilitasnya yang paling dominan adalah 0,55 dengan nilai fraksi hampa 1, sedangkan pada $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,091$ m/s nilai probabilititas yang dominan adalah 0,53 dengan nilai fraksi hampa 1. pada PDF fraksi hampa (a) dan (b) angka 0,1 muncul dengan nilai fraksi hampa 0 yang berarti jarak antara pola aliran *plug* panjang.

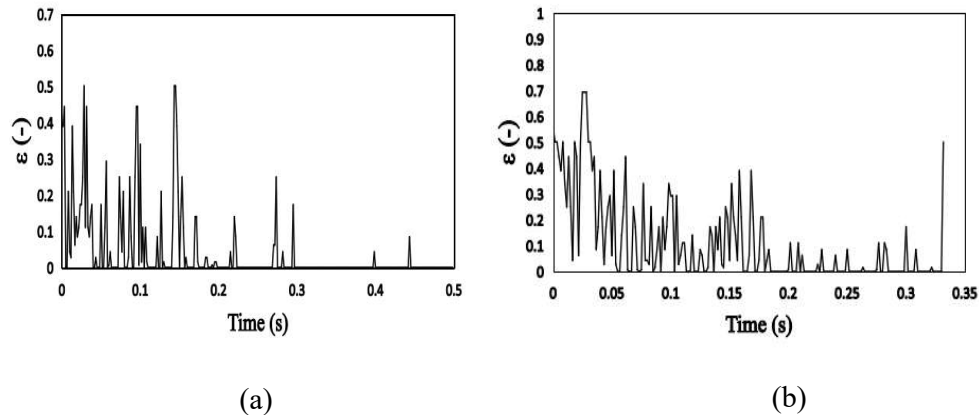
4.4.2. Fraksi Hampa Pola Aliran *Bubbly*

Pola aliran *bubbly* gelembung-gelembung kecil yang mengambang antara batas dinding pipa. Pola aliran *bubbly* biasanya terbentuk pada kecepatan superfisial gas kecil dengan kecepatan superfisial cair yang besar. Gambar 4.5 menunjukkan pola aliran *bubbly*.



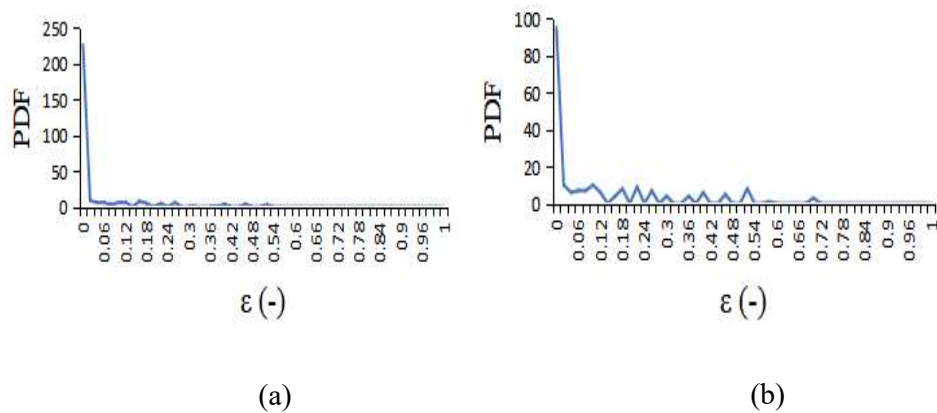
Gambar 4. 7 Pola aliran bubbly pada $J_G = 0,207$ m/s $J_L = 2,297$ m/s, dan $J_G = 0,423$ m/s $J_L = 2,297$ m/s

Pada gambar 4.7 terlihat gas *bubbly* semakin banyak ketika nilai J_G dinaikan, hal tersebut terjadi karena distribusi aliran gas yang semakin besar.



Gambar 4.8. *Time Average* fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,207$ m/s $J_L = 2,297$ m/s, dan $J_G = 0,423$ m/s $J_L = 2,297$ m/s

Pada gambar 4.8 yang menunjukkan grafik *time-average* bahwa semakin tinggi nilai J_G maka frekuensi pola aliran akan semakin tinggi dikarenakan jika jumlah J_G tinggi udara yang masuk semakin banyak.

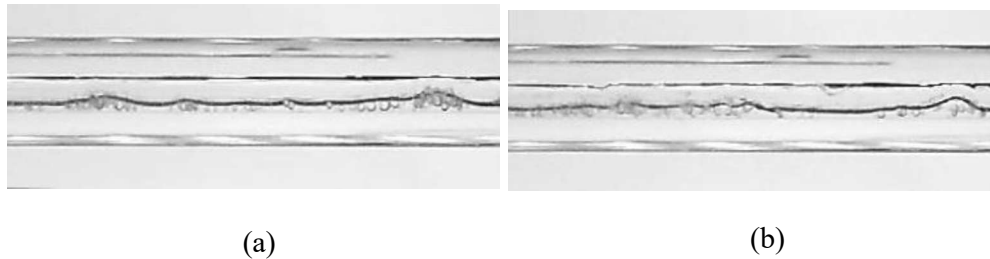


Gambar 4.9. PDF aliran bubble pada pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s

Pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan pada pola aliran *annular* yaitu 0, dengan nilai probabilitas 0,22 dan pada $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan yaitu 0,95 dengan nilai probabilitas 0, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.

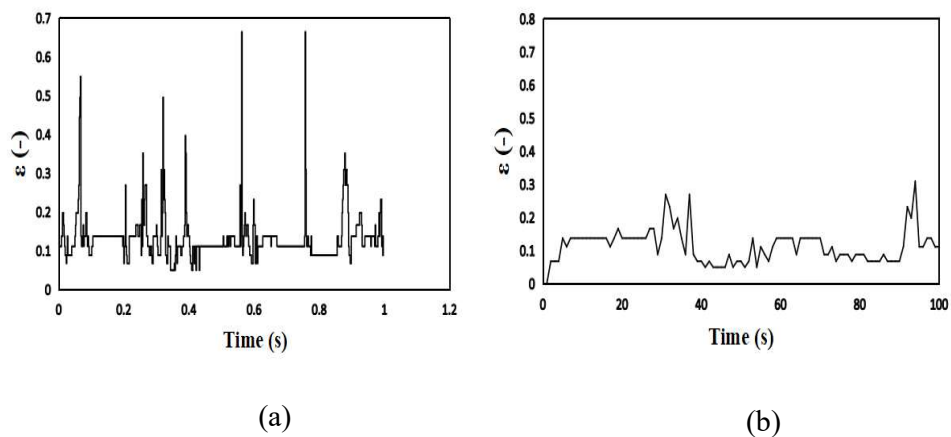
4.4.3. Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Slug-Annular*

Pola aliran *slug annular* terbentuk ketika kecepatan superfisial udara naik menyebabkan pola aliran *plug* yang terpisah oleh air yang berhasil diterobos oleh udara sehingga terbentuk aliran *slug annular* yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



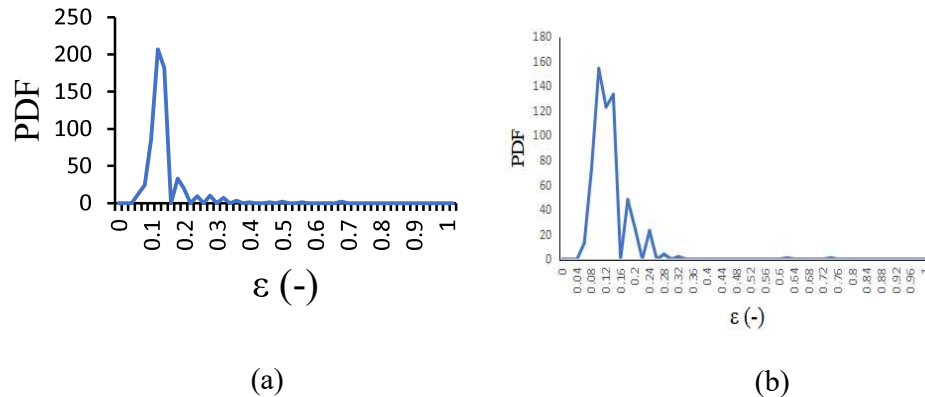
Gambar 4.10. Pola aliran *slug annular* pada (a) $J_G = 3 \text{ m/s}$ $J_L = 0,033 \text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 3 \text{ m/s}$ $J_L = 0,091 \text{ m/s}$

Pada gambar 4.10 perbandingan pola aliran (a) dan (b) terlihat *liquid neck* yang semakin banyak ketika nilai kecepatan superfisial cair dinaikan.



Gambar 4.11. *Time average* fraksi hampa pada (a) $J_G = 3 \text{ m/s}$ $J_L = 0,033 \text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 3 \text{ m/s}$ $J_L = 0,091 \text{ m/s}$

Gambar 4.11 menunjukkan mengurangnya nilai fraksi hampa karena *liquid neck* yang semakin banyak

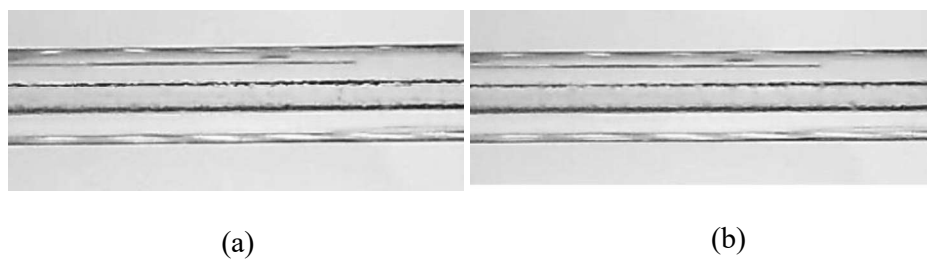


Gambar 4.12. PDF fraksi hampa pada (a) $J_G = 3$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 3$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan pada pola aliran *annular* yaitu 0,20 dengan nilai probabilitas 0,12 dan pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan yaitu 0,15 dengan nilai probabilitas 0,1 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.12.

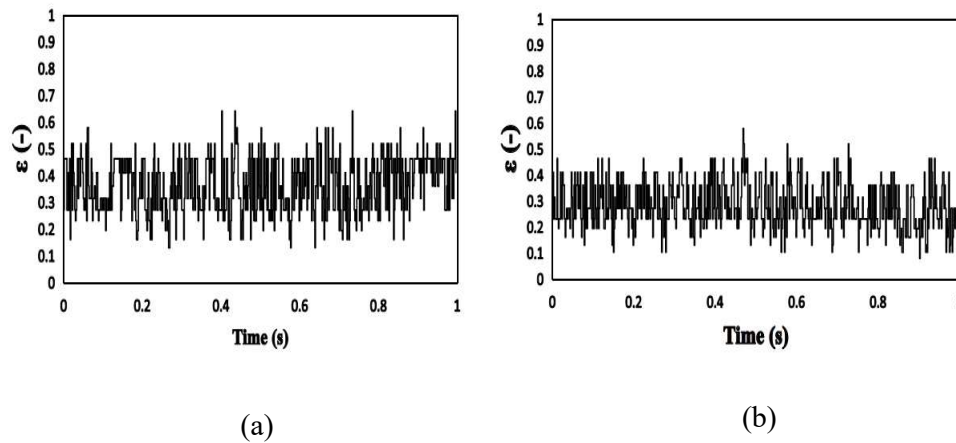
4.4.4. Fraksi Hampa Pola Aliran *Annular*

Pola aliran *annular* terjadi pada nilai kecepatan superfisial gas sangat tinggi dengan kecepatan superfisial cair rendah. Jika dilihat dari pola aliran *annular* seperti pola aliran yang tenang, akan tetapi jika diamati lebih detail pola aliran *annular* memiliki gelombang kecil pada bagian muka pipa. Pola aliran *annular* ditunjukkan pada gambar 4.11.



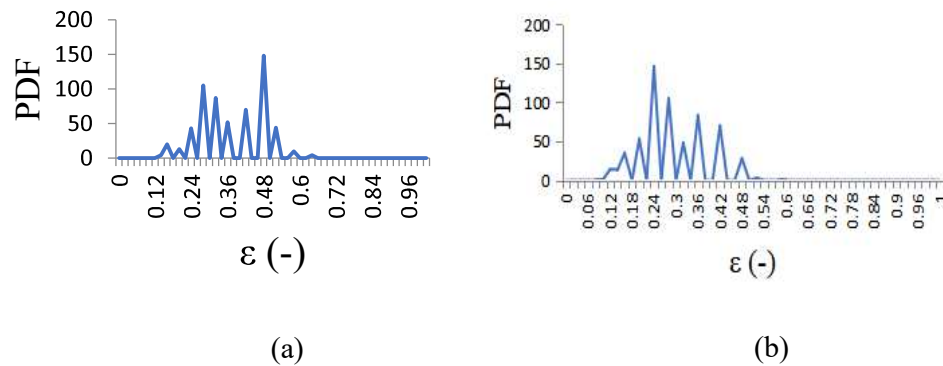
Gambar 4.13. pola aliran *annular* pada (a) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Kenaikan kecepatan superfisial cair yang ditunjukkan pada gambar 4.13 mengakibatkan lapisan film pada pola aliran *annular* semakin tebal.



Gambar 4.14. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Pada gambar 4.14 terlihat penurunan nilai fraksi hampa, akan tetapi penurunan tidak terlalu signifikan.

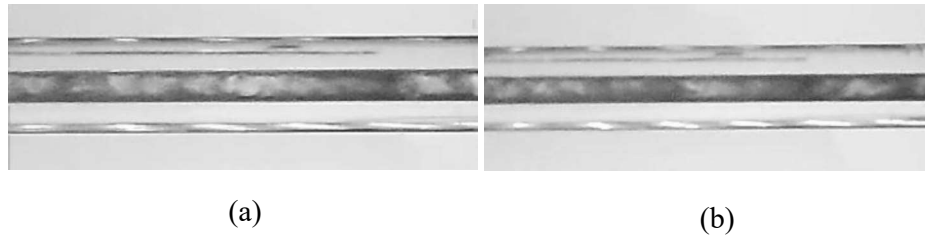


Gambar 4.15. PDF fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s $J_L = 0,091$ m/s

Pada $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan pada pola aliran *annular* yaitu 0,14 dengan nilai probabilitas 0,48 dan pada $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan yaitu 0,14 dengan nilai probabilitas 0,24 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15.

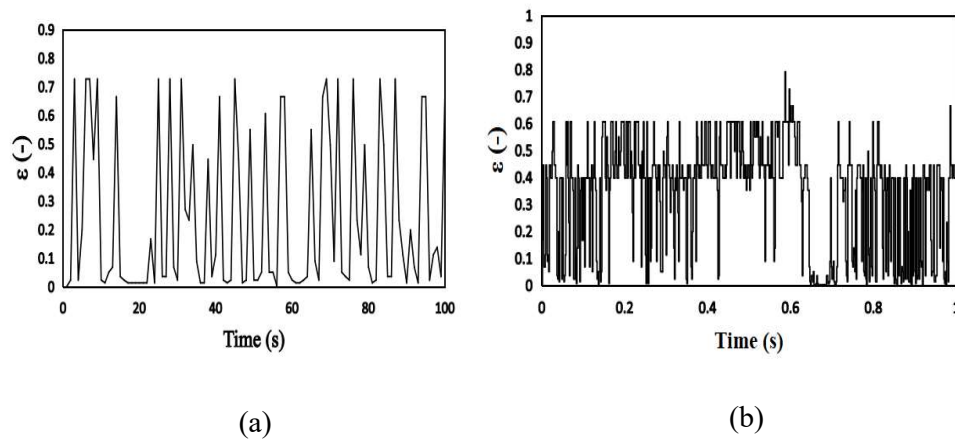
4.4.5. Fraksi Hampa Pola Aliran *Churn*

Pola aliran *churn* muncul ketika kecepatan superfisial gas dan cair sama sama tinggi. Pola aliran *churn* ditunjukkan pada gambar 4.14.

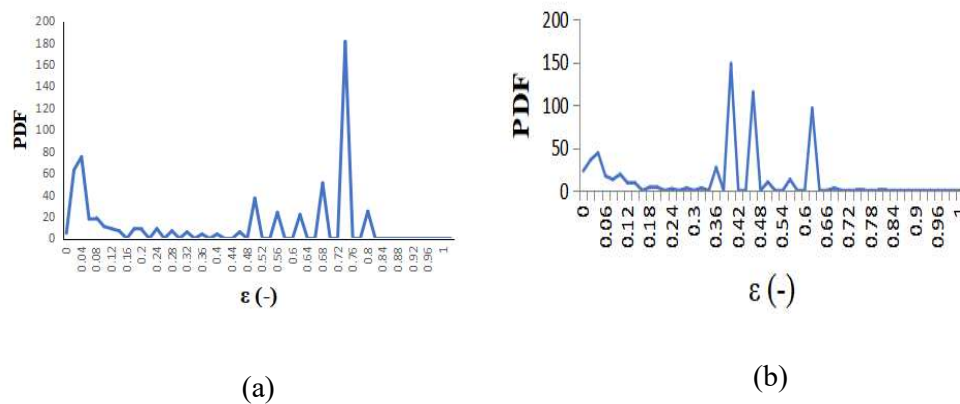


Gambar 4.16. Pola aliran churn pada (a) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,7 \text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,879 \text{ m/s}$

Pada gambar 4.16 distorsi terlihat semakin banyak ketika kecepatan superficial cair dinaikan.



Gambar 4.17. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,7 \text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,879 \text{ m/s}$



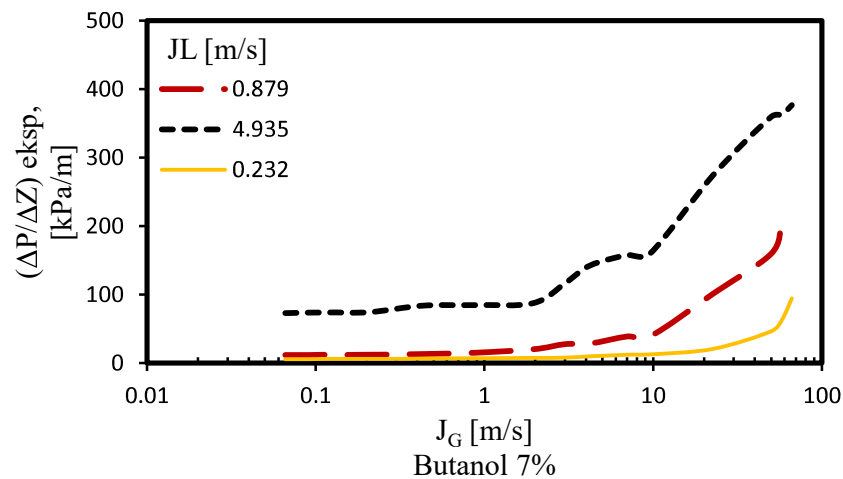
Gambar 4.18. PDF fraksi hampa pada (a) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,7 \text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6 \text{ m/s}$ $J_L = 0,879 \text{ m/s}$

Pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan pada pola aliran *churn* yaitu 0,18 dengan nilai probabilitas 0,74 dan pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s nilai fraksi hampa yang lebih dominan yaitu 0,14 dengan nilai probabilitas 0,4 yang ditunjukkan pada gambar 4.18.

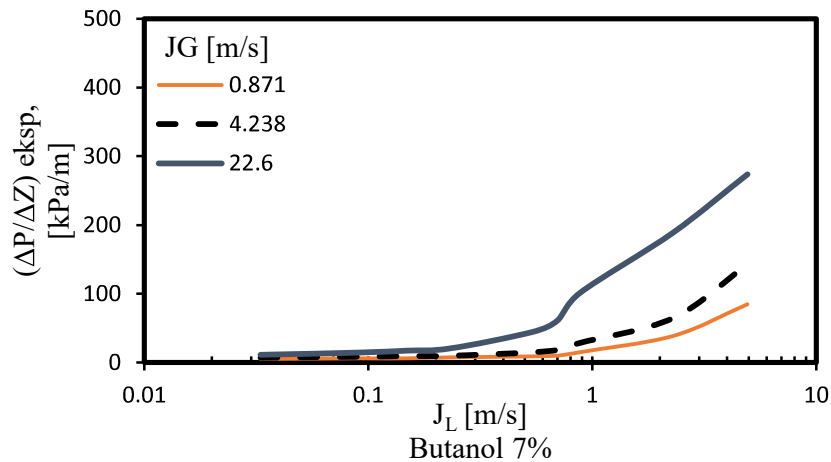
4.5. Gradien Tekanan

Penelitian yang dilakukan untuk pengambilan data yang akan didapat yaitu penurunan tekanan tiap satuan panjang. Alat yang digunakan untuk data yang diambil menggunakan sensor MPX sistem yang telah dipasang dan data disambung ke komputer. Pembahasan tentang penurunan tekanan tiap satuan panjang aliran dua fase yang dilakukan pada pipa kaca berdiameter 1,6 mm dengan variasi J_G dan J_L .

4.5.1. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Akuades dan Butanol 7%



Gambar 4.19. Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L

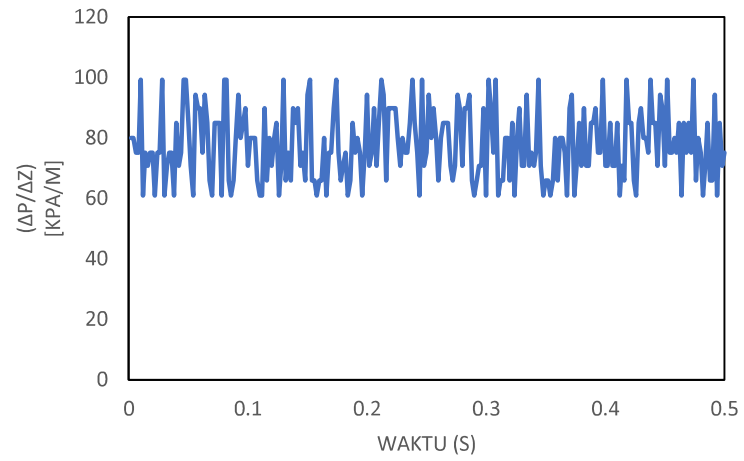


Gambar 4.20. Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.19 dan 4.20 jika kecepatan superficial gas mengalami peningkatan maka nilai dari gradien tekanan akan meningkat dan jika kecepatan superficial *liquid* mengalami peningkatan maka nilai gradien tekanan juga meningkat. J_G dan J_L dibuat bervariasi untuk mengalami efek yang terjadi pada kenaikan maupun penurunan terhadap gradien tekanan. Penelitian dilakukan agar terjadi pengaruh terhadap perubahan kecepatan superficial dengan nilai gradien.

4.5.2. Gradien Tekanan Terhadap Waktu

Gradien tekanan terhadap waktu dilakukan untuk melihat hasil dari gradien tekanan dari 50.000 data dalam waktu 50 detik dijadikan 500 data dengan waktu detik, maka didapat hasil seperti berikut :



Gambar 4. 21 Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 7% pada $J_G = 3 \text{ m/s}$ dan $J_L = 2,297 \text{ m/s}$