

INVESTIGASI FRAKSI HAMPA ALIRAN DUA FASE UDARA AIR DAN GLISERIN (40-70%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 45° TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Noviyanto^a, Sukamta^b, Sudarja^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
noviyanto199516@gmail.com, msukamta@gmail.com, sudarja_msn@yahoo.com

Abstrak

Aliran dua fase termasuk aliran multifase yang alirannya mengalir dalam suatu saluran pada satu waktu tertentu secara bersamaan terdiri dari dua fase fluida (cair-gas, cair-padat, padat-gas). Fenomena aliran dua fase banyak dijumpai pada peralatan konversi energi head exchanger, boiler, kondesor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik nilai fraksi hampa pada pola aliran bubbly, plug, slug-annular, annular, churn, dan untuk mengetahui kecepatan, panjang dan frekuensi pola bubbly dan plug pada aliran dua fase dengan kemiringan 45° pada pipa kapiler horizontal. Penelitian dilakukan pada pipa mini berdiameter 1,6 mm dan panjang 130 mm yang dipasang pada sudut 45° terhadap posisi horizontal. Fluida yang digunakan berupa campuran udara-air dan gliserin dengan konsentrasi 40, 50, 60, dan 70 %. Pengambilan video pola aliran menggunakan kamera Nikon J4 dengan kecepatan 1200 Fps, kondisi penelitian adiabatik dengan eksperimen dilakukan pada kecepatan gas (J_G) dengan interval 0,025 – 66,3 m/s dan kecepatan cairan (J_L) dengan interval 0,033 – 4,935 m/s. Pengujian untuk menentukan nilai fraksi hampa dengan metode digital image processing dengan program aplikasi MATLAB R2014a. Hasil dari penelitian menunjukkan semakin tinggi kecepatan superficial gas maka nilai fraksi hampa yang diperoleh akan semakin meningkat. Pada pola aliran bubbly dan plug sangat dipengaruhi oleh viskositas fluida. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi viskositas fluida maka kecepatan pola aliran bubbly dan plug menurun. Panjang pola bubbly dan plug dipengaruhi dari semakin tinggi nilai fraksi hampa homogen (β). Panjang dari pola akan mengalami peningkatan. Frekuensi kemunculan bubbly dan plug didapatkan frekuensi yang cukup tinggi, hal tersebut mengakibatkan nilai fraksi hampa yang dihasilkan cukup meningkat.

Kata kunci: Dua fase, karakteristik, fraksi hampa, pola aliran, viskositas.

Abstract

Two-phase flow including flow multiphase that the flow flowing in on channel at one time certain simultaneously consists of two fluid phases (liquid-gas, liquid-solid, gas-solid). The phenomenon of two-phase flow is often found in the energy conversion equipment of head exchangers, boilers, conductors. The purpose of this study know the value of vacuum fraction on the characteristics of the flow pattern bubbly, plug, slug-annular, annular, churn and to know the speed, length, and frequency of the patterns of bubbly and plug in two-phase flow with a slope of 45 ° on the capillary pipes horizontal. The study was conducted on a 1,6 mm diameter and long of 130 mm mini pipe which was mounted at an angle of 45° towards the horizontal position. The fluid used is a mixture of air-water and glycerin with concentrations of 40, 50, 60, and 70%. Retrieval of flow pattern video using a Nikon J4 camera with a speed of 1200 Fps, Adiabatic research conditions with experiments conducted at gas speed (J_G) at intervals of 0.025 - 66.3 m / s and liquid velocity (J_L) at intervals of 0.033 - 4.935 m / s. Testing to determine the value of a vacuum fraction with the digital image processing method with the MATLAB R2014a application program. The results of the study show the superficial gas velocity high then the value of the fraction vacuum obtained will increase. On bubbly flow pattern and plug are strongly influenced by the viscosity of the fluid. That is because the higher the viscosity of fluid flow pattern speed then the bubbly and the plug will increasingly decline. The length of the pattern of the bubbly and plug are affected by the increasing value of vacuum homogeneous fraction (β), the length of the pattern will experience an increase. On the frequency of occurrence of the bubbly and plug obtained a frequency is high enough, it would result in the value of the fraction vacuum generated considerable increases

Keywords: flow patter, fluid, Two phases, vacuum fraction, viscosity

1. Pendahuluan

Aliran dua fase termasuk aliran multifase yang alirannya mengalir dalam suatu saluran pada satu waktu secara bersamaan yang terdiri dari dua fase fluida (cair-gas, cair-padat, padat-gas). Bila dilihat dari jenis aliran, aliran dua fase terbagi dari aliran searah dan aliran berlawanan arah dan kedudukan saluran yaitu, saluran horizontal (mendatar), saluran vertikal (keatas). Menurut Kandiklar (2003) Aliran dua fase sendiri terjadi pada saluran : pipa berukuran besar (*large channel*), pipa mikro (*mikro channel*), pipa nano (*nano channel*), pipa mini (*mini channel*), pipa normal (*normal channel*).

Aliran dua fase banyak dijumpai pada komponen-komponen sistem konversi energi seperti heat exchanger, boiler, kondesor, alat penukar kalor. Sedangkan untuk saluran (mini dan micro) sangat luas pengaplikasinya dan terus di kembangkan karena penggunaannya yang luas dalam sains dan teknologi canggih seperti rancangan medis, sistem pendingin AC, radiator, sistem pendingin kriogenik pada satelit

Aliran dua fase merupakan fenomena paling sederhana dari aliran. Dalam aliran dua fase distribusi masing-masing fase merupakan hal yang sangat penting karena dapat mempengaruhi karakteristik suatu aliran. Pada aliran dua fase yang terjadi didalam saluran berukuran (mini dan mikro) fluida memiliki sifat yang cukup unik, Matsubara dan Naito (2011) terbentuknya pola aliran dipengaruhi oleh viskositas suatu fluida cair, nilai kecepatan superfisial fluida gas dan nilai kecepatan superfisial fluida cair.

Triplet dkk (1999) telah melakukan penelitian mengenai aliran dua fase gas-air dalam saluran mikro dengan diameter 1,1 mm dan 1,45mm. penelitian tersebut juga pernah dilakukan oleh Sur dan liu (2012) meneliti mengenai aliran dua fase gas air dalam saluran mikro dengan diameter hidrolis berkisar 100-500mm menunjukkan perilaku aliran yang berbeda. Pola aliran dua fase telah divisualisasikan menggunakan teknik fotografi berkecepatan tinggi, pola aliran yang berhasil diamati adalah *Bubble*, *Slug*, *Churn*, *Slug-Annular* dan *Annular*. Berdasarkan reverensi diatas dapat disimpulkan hidrodinamika pada saluran dua fase di micro channel berbeda dari pada hidrodinamika pada saluran yang lebih besar.

Pentingnya penelitian mengenai investigasi fraksi hampa dua fase udara, air dan gliserin (40-70%) pada pipa kapiler dengan kemiringan 45° terhadap posisi horizontal bertujuan untuk mengetahui karakteristik pola aliran seperti, frekuensi, panjang, dan kecepatan pola aliran *bubbly* dan *plug*, memprediksi perubahan transisi pola aliran, dan dasar dari perhitungan penurunan tekanan (*preassure gradient*) sangat penting diteliti untuk mendapatkan pengetahuan dan memvalidasi percobaan sebelumnya dengan metode yang berbeda. Manfaat dari penelitian ini untuk menabahnya pengetahuan lebih mendalam parameter pada aliran dua fase, data base, dan metode yang tepat untuk melakukan analisa aliran dua fase melalui saluran minichanel dengan posisi horisontal.

2. Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian aliran dua fase terutama fraksi hampa yang berhubungan dengan aliran dua fase, penelitian itu dihasilkan data yang bervariasi. Perbedaan ini terjadi disebabkan metode yang digunakan berbeda dengan yang lainnya

Sudarja dkk., (2015) telah melakukan penelitian mengenai fraksi hampa aliran dua fase menggunakan pipa berdiameter 1,6 mm dengan menggunakan fluida kerja udara dan akuades. Nilai fraksi hampa didapatkan dengan melakukan *image processing* video yang didapatkan menggunakan kamera Nikon J4 dengan kecepatan 1200 fps. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi adiabatik dengan kecepatan superfisial gas 0,83 - 65,4 m/s dan kecepatan superfisial cairan 0,02 - 4,14 m/s.

Sukamta dkk., (2019) melakukan penelitian tentang mengenai fraksi hampa aliran dua fase udara dan campuran gliserin dengan viskositas yang berbeda-beda pada saluran kapiler miring 5° terhadap horizontal. Penelitiannya dilakukan menggunakan *digital image processing*. Hasil dari penelitiannya menyebutkan bahwa viskositas cairan sangat berpengaruh terhadap pola aliran *bubbly* dan *plug*. Meningkatnya nilai kecepatan superfisial gas menyebabkan nilai fraksi hampa semakin meningkat, sementara itu meningkatnya nilai superfisial cairan menyebabkan menurunnya nilai fraksi hampa. Panjang pola aliran *bubbly* dan *plug* dipengaruhi oleh nilai aliran homogen (β).

Ali dkk, (1993) mengukur fraksi hampa dengan mengukur konduktivitas listrik dari aliran. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dua set elektroda melekat pada *inlet* dan *outlet* dari pelat searah dengan celah 0,778 mm hingga 1,465 mm. Fraksi hampa diukur dengan membandingkan rasio konduktivitas listrik dari aliran dua fase gas-cair dengan aliran satu fase cair. Hasil data dikonversi menjadi fraksi hampa.

Wongwises (2014) melakukan penelitian tentang efek variasi sudut 0° , 30° , dan 60° pada aliran dua fase. Penelitian ini dilakukan pada pipa anular dengan diameter dalam 8 mm, 10 mm, dan 11 mm dan diameter luar 12,5 mm. Pola aliran yang didapat bervariasi yaitu, aliran *plug*, aliran *slug*, aliran *slug-annular*, aliran *annular*, aliran *bubbly*, aliran *churn*, dan aliran *bubbly* yang buyar. Berdasarkan penelitian ini, perbedaan variasi sudut mempengaruhi pergantian aliran

Arun Autee dkk (2015) melakukan penelitian tentang *pressure drop* pada aliran dua fasa dengan menggunakan variasi sudut 30° , 60° , dan 90° kearah bawah pada pipa dengan diameter 4 mm, 6 mm, dan 8 mm dengan panjang 400 mm. penelitian menggunakan campuran udara dan air sebagai fluida kerja. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan nilai *pressure drop* dan juga membandingkan hasilnya dengan korelasi yang sudah ada yaitu dari Crisholm pada parameter C.

Serizawa dkk, (2002) juga mengukur fraksi hampa menggunakan analisis video. Untuk semua pola aliran *bubbly* dan aliran *slug*, hasilnya adalah $\epsilon = 0,833 \beta$, menunjukkan korelasi linear antara ϵ dan β .

Chung dan Kawaji (2004) melakukan penelitian pengukuran fraksi hampa pengaruh perubahan *microchannel* ke *minichannel* dengan cara mencampurkan gas nitrogen-air dalam saluran sirkuler berdiameter 530, 250, 100, 50 μm . Dalam diameter 530 dan 250 μm , karakteristik aliran dua fase hampir sama dengan penelitian dengan menggunakan *minichannel* berdiameter 1 mm.

Kawahara dkk., (2002) melakukan penelitian aliran satu fase dan dua fase dengan fluida kerja yaitu nitrogen-air yang sudah terionisasi menggunakan saluran *fused silika* berdiameter 100 μm . parameter yang digunakan yaitu kecepatan superfisial udara 0,1–60 m/s dan kecepatan superfisial cairan 0,002–4 m/s. hasil yang berhasil diamati pada penelitian ini pola aliran *liquid alone (liquid slug)*, aliran inti gas dengan film cairan halus-tipis, aliran inti gas dengan film cairan halus-tebal, aliran inti gas dengan film cairan berbentuk cincin dan aliran inti gas dengan antarmuka yang terdeformasi. Saluran yang sangat kecil menyebabkan nilai bilangan *Reynolds* mengecil dan memperbesar tegangan permukaan yang terjadi sehingga aliran *bubbly* dan *churn* pada penelitian ini tidak dapat diamati.

Jagan V. dan Satheesh A. (2016) melakukan penelitian tentang pola aliran campuran air-udara pada aliran dua fasa dengan arah yang berbeda. Penelitian yang digunakan dengan pipa diameter 8 mm dan panjang pipa 2 m dengan sudut 0° , 30° , 45° , 60° , dan 90° . Dengan variasi kecepatan superfisial gas dan air dengan range dari 0,06 sampai 1 m/s dan 0,06 sampai 15 m/s. Pola aliran didapati dengan menggunakan rekaman kecepatan tinggi dan dianalisis menggunakan *image processing technique*. Hasilnya menunjukkan bahwa aliran bertingkat terlihat pada pipa dengan posisi horizontal dan tidak terlihat pada posisi pipa yang miring. Pada kecepatan yang sama, efek dari turbulensi mendominasi ketika sudut dari pipa mengalami kenaikan saat berlawanan dengan gravitasi dan mengarah ke arah aliran *churn*.

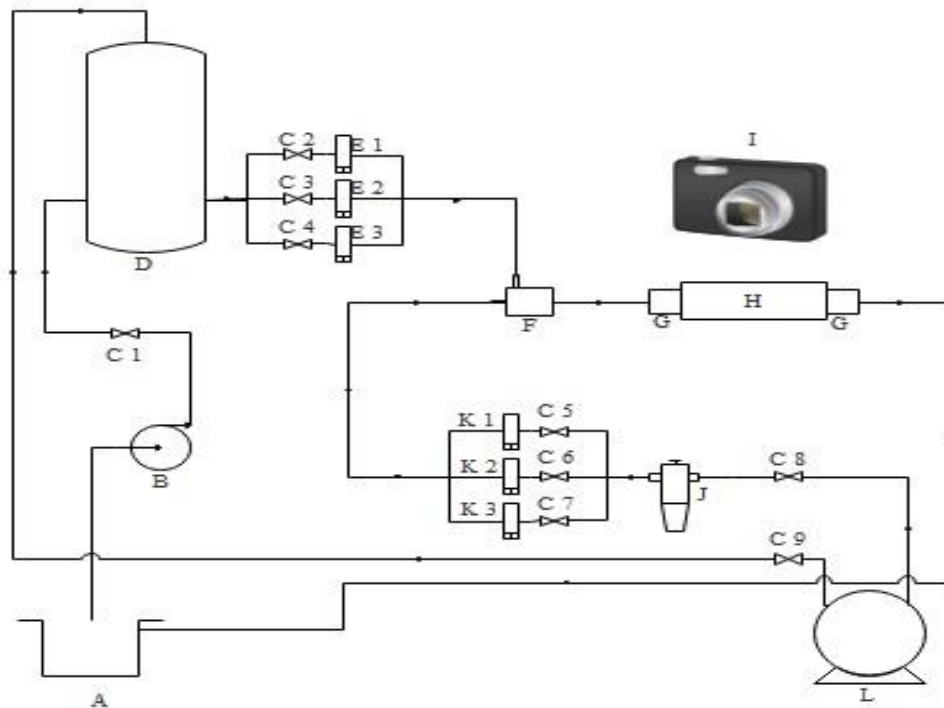
Barreto dkk (2015) meneliti aliran dua fase dengan fluida air dan udara pada pipa melingkar dengan diameter 1,2 mm. Penelitian ini menggunakan kecepatan gas bervariasi $J_G = 0,1-34$ m/s dan kecepatan superfisial *liquid* $J_L = 0,1-3,5$ m/s. Korelasi pada tabung kecil dengan udara-air menunjukkan penurunan tekanan terbaik pada pola annular dengan kecepatan superfisial gas lebih dari 18,6 m/s. Fraksi hampa dalam penelitian ini digunakan meningkatkan prediksi penurunan tekanan.

Jiabin Jia dkk (2015) melakukan perhitungan terhadap fraksi hampa aliran dua fasa pada tekanan yang berbeda. Perbedaan tekanan yang terjadi pada aliran bubble dan slug disubstitusikan sehingga mendapatkan nilai fraksi hampa. Penelitian ini juga membahas tentang efek dari tegangan permukaan seperti pada gambar 2.5. Didapati bahwa *friction loss* tidak bisa diabaikan, khususnya ketika fraksi hampa gas kurang dari 0,2.

Taisaku Gomyo dan Hitoshi Asano (2016) mempelajari karakteristik fraksi hampa dalam aliran gas air dua fase dalam pipa berdiameter kecil. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan bagian fraksi hampa pada diameter pipa 4 mm, 2 mm, 1,1 mm, dan 0,5 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Fraksi hampa diukur dengan metode kapasitansi dan pola aliran menggunakan kamera kecepatan tinggi. Studi ini menemukan bahwa jumlah gelombang aliran annular meningkat karena diameter pipa menyempit menjadi 1,1 mm. Dalam kasus pipa dengan diameter 0,5 mm, efek tegangan permukaan meningkat dan frekuensi gelombang diturunkan.

3. Metode Penelitian

Bahan penelitian berupa fluida gas dan cair. Fluida gas yang digunakan adalah udara yang memiliki kelembaban rendah yang didapat dari kompresor yang telah dilengkapi dengan *water trap*, sedangkan untuk fluida cair yang digunakan adalah campuran air dan gliserin 40%, 50%, 60% dan 70% yang dialirkan ke dalam bejana bertekanan dengan bantuan pompa. Penelitian ini dilakukan pada kecepatan superfisial gas (J_G) = 0,025 -66,3 m/s dan kecepatan superfisial cairan (J_L) = 0,033 - 4,935 m/s. Penelitian dilakukan pada suatu Instalasi peralatan yang ditunjukkan pada gambar 1. Instalasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama: tangki air, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, *mixer*, *test section*, konektor dan separator. Peralatan yang mendukung dalam penelitian ini antara lain: kamera, ampliflier, komputer, *optical correction box*, *acquisition system*, dan *video processing system*. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Mpx, data akuisisi, temperature *indicator*, *pressure indicator*, *flowmeter* udara, *flowmeter* air. dan *thermocouple*.



Gambar 1. Skema alat penelitian

Keterangan :

- | | | |
|------------------|--------------------|------------------------|
| A = Tangki air | E = Flowmeter cair | I = Kamera |
| B = Pompa | F = Mixer | J = regultor/watertrap |
| C = Valve | G = Flange | K = Flowmeter gas |
| D = Bejana Tekan | H = Seksi uji | L = Kompresor |

3.1. Fraksi hampa

Penelitian fraksi hampa ini dilakukan pada pipa mini yang berukuran 1,6 mm dan diaplikasikan dengan derajat kemiringan sebesar 45 derajat dengan campuran cairan gliserin dan akuades yang mana masing- masing campuran mengandung 40%, 50%, 60%, 70% gliserin. Dari masing- masing konsentrasi campuran larutan gliserin ini nantinya akan menghasilkan beberapa jenis pola aliran yaitu berupa *bubly*, *plug*, *slug annular*, *annular*, *churn*. Analisa ini dilakukan dalam posisi 26 piksel (6,879 mm) dari sisi sebelah kiri (sisi inlet). Hasil *Time Average* yang didapatkan dari pengolahan data menggunakan aplikasi matlab kemudian diolah kembali menggunakan program Ms. Excel untuk mendapatkan nilai serta grafik *Probability Density Function* (PDF) sebagai fungsi ϵ [-] (nilai fraksi hampa).

4. Hasil dan Pembahasan

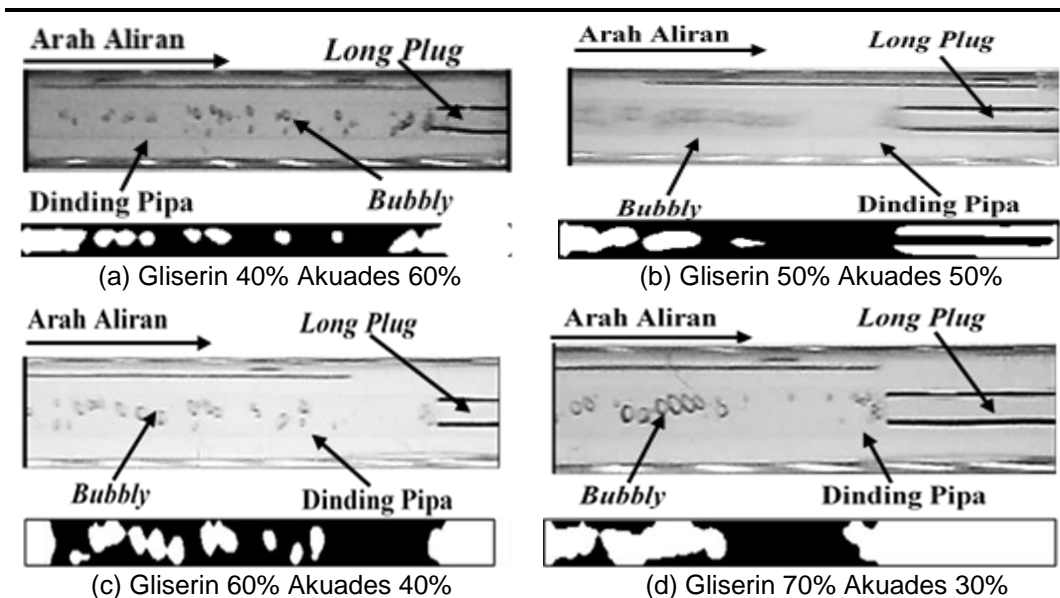
4.1 Fraksi Hampa

Hasil penelitian pada pipa mini dengan kemiringan 45° menghasilkan beberapa jenis pola aliran yang mengandung campuran gliserin 40%, 50%, 60% dan 70%. Dari penelitian tentang pola aliran, aliran yang terdeteksi pada kenaikan persentase gliserin adalah *bubbly*, *plug*, *slug annular*, *annular*, dan *churn*. Analisa fraksi hampa dilakukan pada posisi 26 piksel (6,879 mm) dari sebelah kiri (sisi inlet). Hasil *time-average* fraksi hampa kemudian diolah untuk menentukan nilai *Probability Density Function* (PDF) sebagai fungsi ϵ [-] (nilai fraksi hampa).

4.1.1 Fraksi Hampa Pada Pola Aliran *Bubbly*

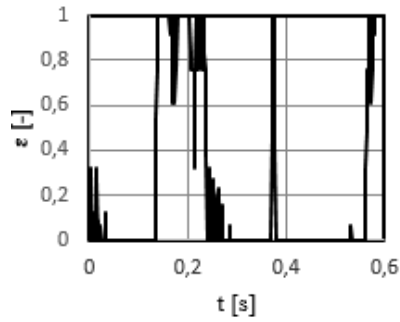
Pola aliran *bubbly* ini ditandai dengan adanya pola berupa gelembung-gelembung udara kecil yang biasanya menyerupai bola (lingkaran). Pola aliran *bubbly* ini akan terbentuk ketika posisi kecepatan superfisial gas (J_G) rendah dan posisi kecepatan superfisial cairan (J_L) tinggi.

4.1.1.1 Pola Aliran *Bubby*

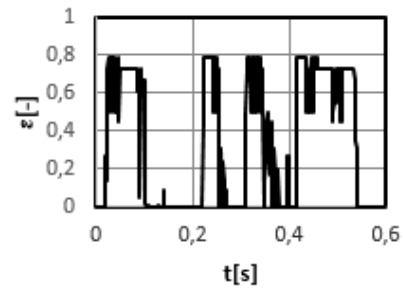


Gambar 2. Pola aliran *bubbly* pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$, (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, (c) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$, (d) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.

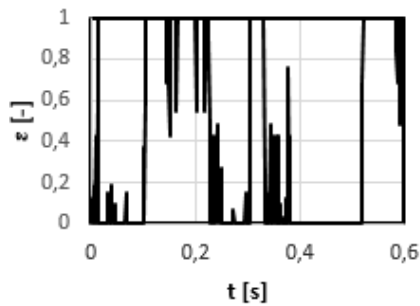
4.1.1.2 Grafik Fraksi Hampa Terhadap Waktu



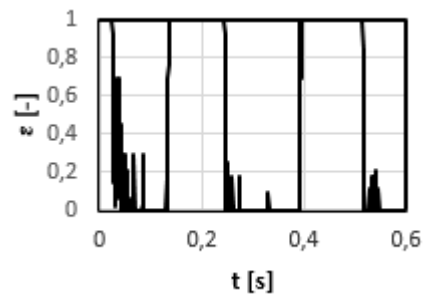
(a) Gliserin 40% Akuades 60%



(b) Gliserin 50% Akuades 50%



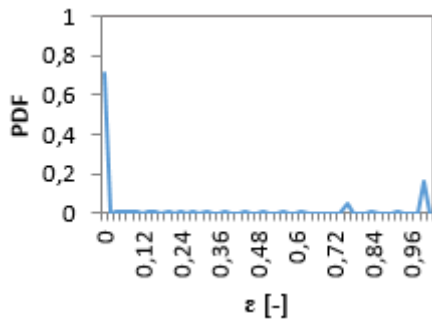
(c) Gliserin 60% Akuades 40%



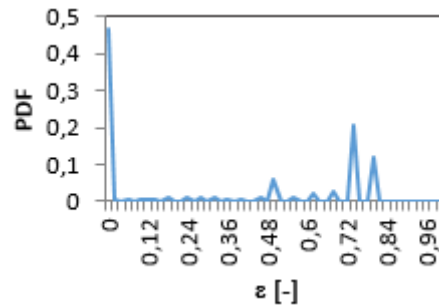
(d) Gliserin 70% Akuades 30%

Gambar 3. Grafik fraksi hampa terhadap waktu pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$, (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, (c) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$, (d) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.

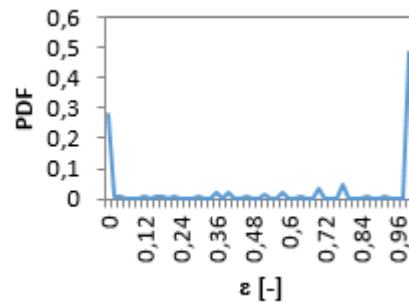
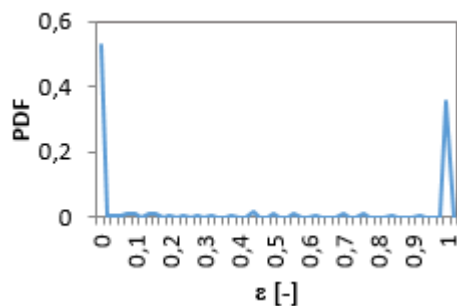
4.1.1.3 Grafik Probability Density Function (PDF)



(a) Gliserin 40% Akuades 60%



(b) Gliserin 50% Akuades 50%

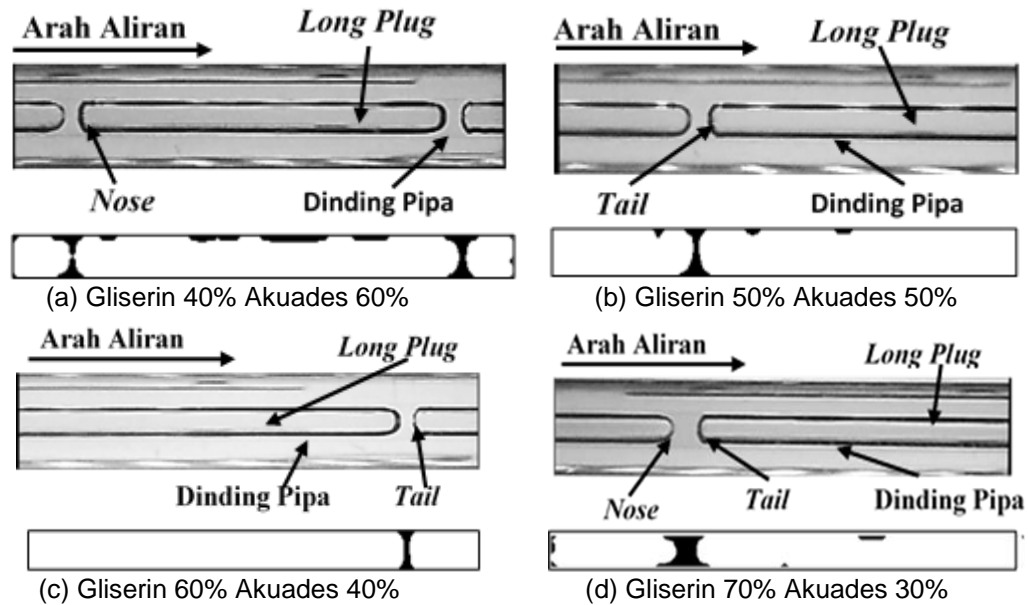


(c) Gliserin 60% Akuades 40% (d) Gliserin 70% Akuades 30%
 Gambar 4. Grafik Probability Density Function (PDF) pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$,
 (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, (c) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$, (d) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.

4.1.2 Fraksi Hampa Pada Pola Aliran Plug

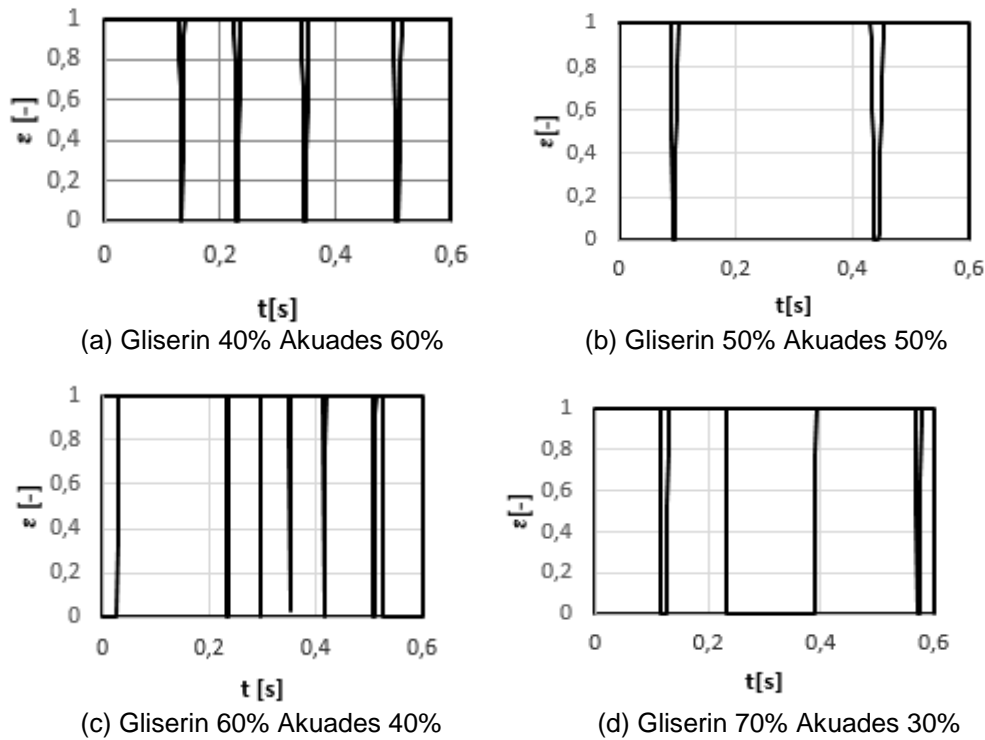
Pola aliran plug memiliki bentuk mirip dengan *bubbly* yang memanjang (*elongated bubbly*) yang pola alirannya seperti peluru yang menutupi seluruh dinding pipa dengan panjang pola yang berbeda-beda. Pola aliran ini biasanya terjadi saat kecepatan superficial gas dan cairan rendah

4.1.2.1 Pola Aliran Plug



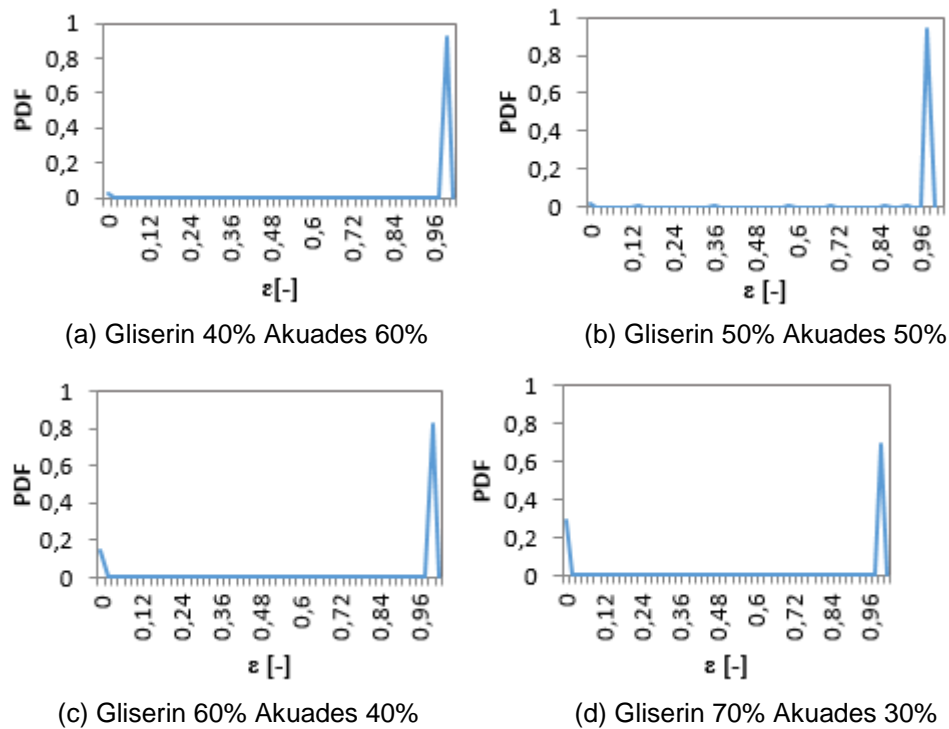
Gambar 5. Pola aliran *plug* pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (c) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s, (d) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s.

4.1.2.2 Grafik Fraksi Hampa Terhadap Waktu



Gambar 6. Grafik fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (c) $J_G = 0.066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s, (d) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s

4.1.2.3 Grafik Probability Density Function (PDF)

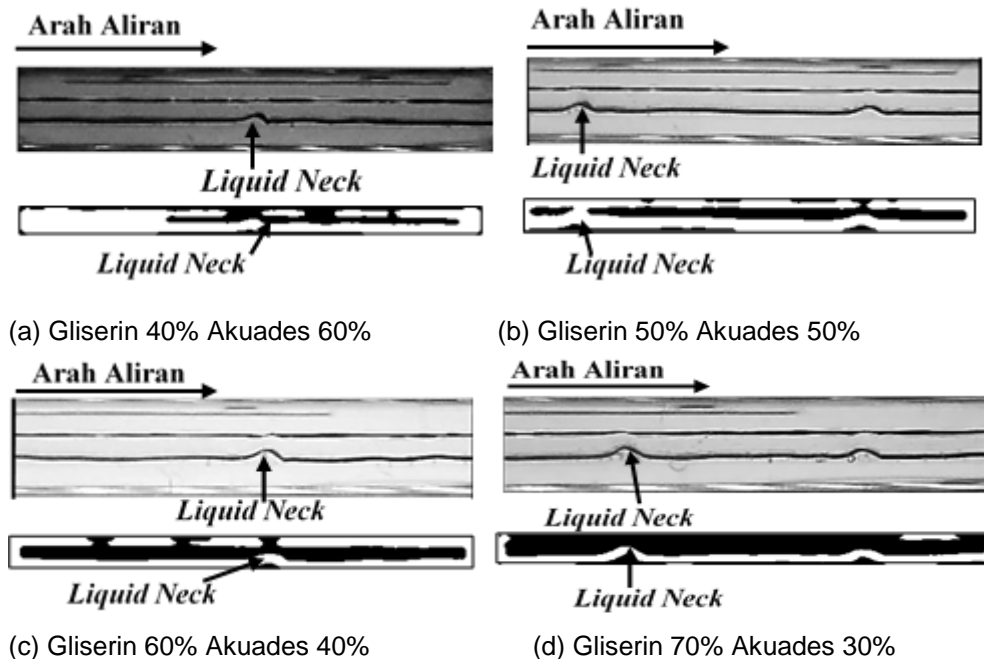


Gambar 7. Grafik Probability Density Function (PDF) pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (c) $J_G = 0.066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s, (d) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,7$ m/s

4.1.3 Fraksi Hampa Pada Pola Aliran *Slug Annular*

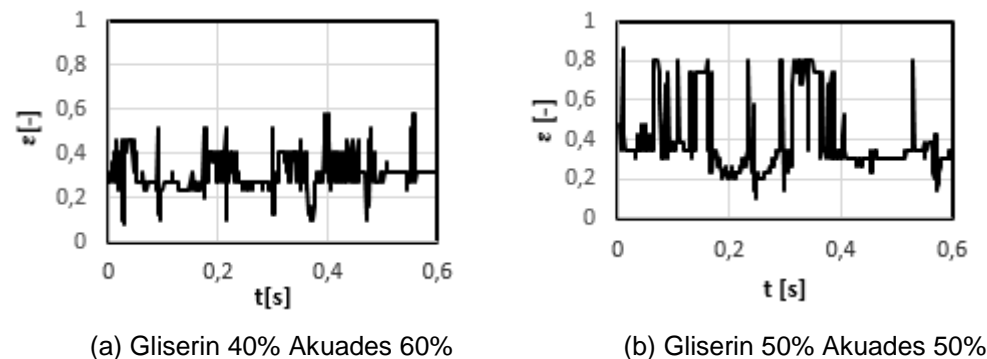
Pola aliran *slug-annular* merupakan bagian pola aliran transisi dari pola aliran *plug* menuju ke pola aliran *annular*. Pola aliran ini terbentuk ketika udara mengalir secara kontinyu dan cairan mengalir pada bagian atas dan bawah pipa. Cairan yang mengalir pada bagian bawah lebih tebal dari bagian atas disertai dengan munculnya gelombang menyentuh bagian atas pipa. Pola aliran *slug-annular* terjadi saat kecepatan superficial fluida gas ditingkatka

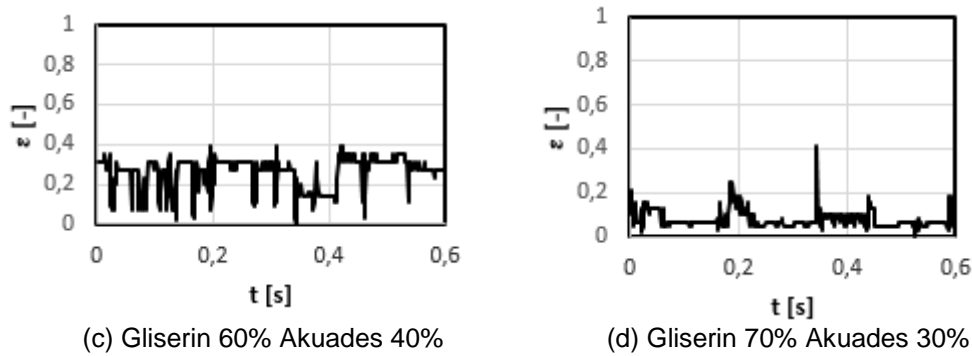
4.1.3.1 Pola Aliran *Slug Annular*



Gambar 8. Pola aliran *Slug Annular* pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, (b) $J_G = 9,62$ m/s $J_L = 0,091$ m/s, (c) $J_G = 4,238$ m/s $J_L = 0,091$ m/s, (d) $J_G = 9,62$ m/s $J_L = 0,091$ m/s.

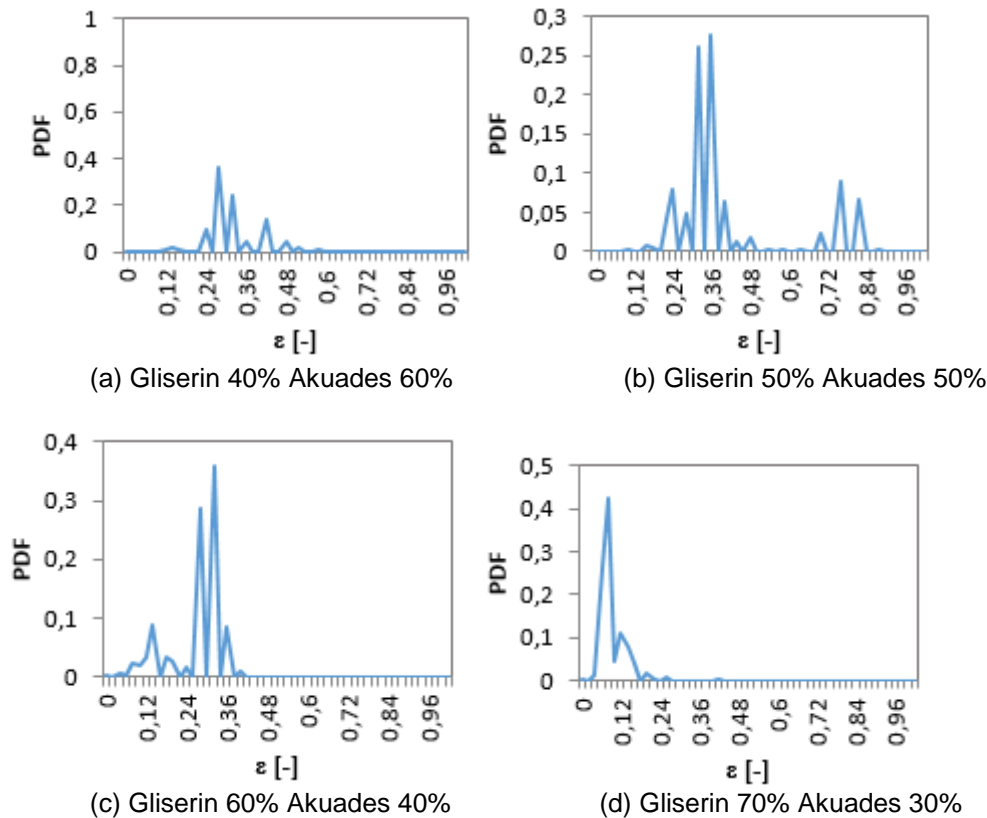
4.1.3.2 Grafik Fraksi Hampa Terhadap Waktu





Gambar 9. Grafik fraksi hampa pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, (c) $J_G = 4,238$ m/s $J_L = 0,091$ m/s, (d) $J_G = 9,62$ m/s $J_L = 0,091$ m/s.

4.1.3.3 Grafik Probability Density Function (PDF)

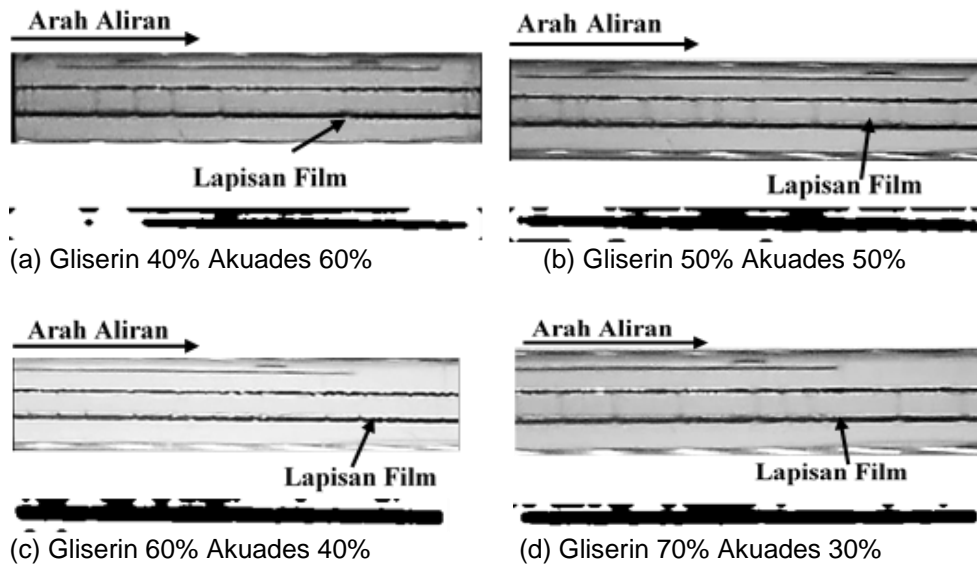


Gambar 10. Grafik Probability Density Function (PDF) pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, (b) $J_G = 9,62$ m/s $J_L = 0,091$ m/s, (c) $J_G = 4,238$ m/s $J_L = 0,091$ m/s, (d) $J_G = 9,62$ m/s $J_L = 0,091$ m/s.

4.1.4 Fraksi Hampa Pada Pola Aliran Annular

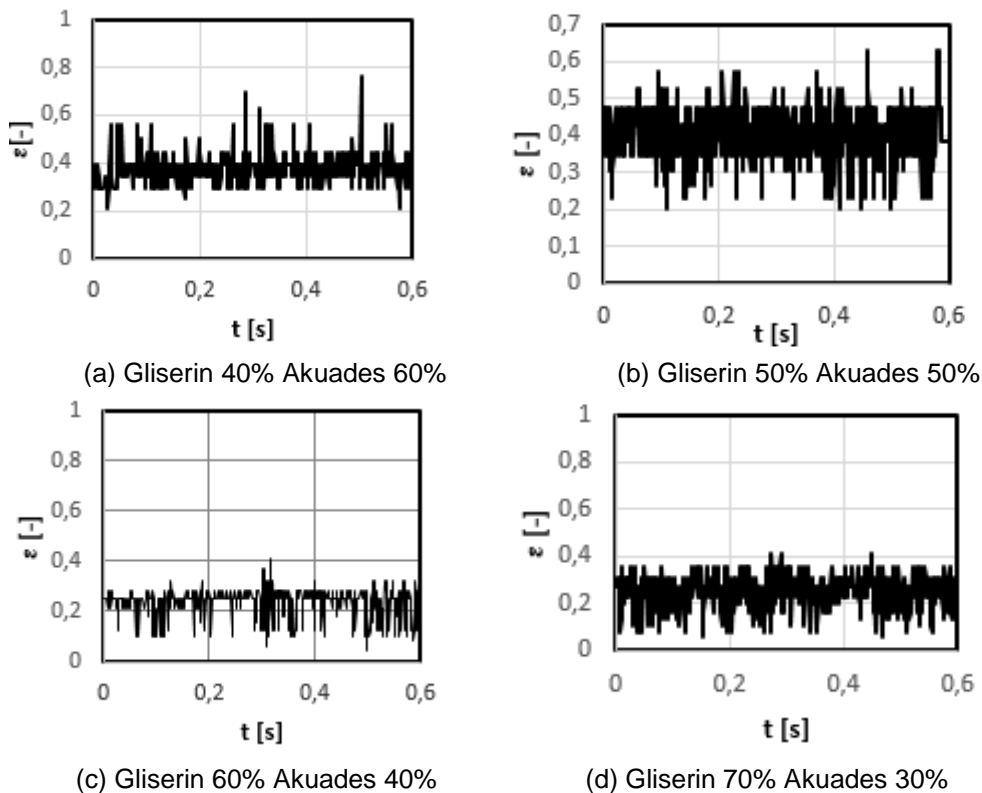
Pola aliran *annular* juga sering disebut dengan pola aliran cincin karena pada aliran ini terdapat lapisan cairan yang berada di sekeliling dinding pipa hanya saja terdapat lapisan cairan pada bagian bawah akan lebih tebal dari bagian atas, sedangkan fluida gas akan mengalir pada bagian tengah dari cairan secara terus-menerus. Pola ini dapat terjadi karena nilai fluida gas lebih tinggi dibandingkan dengan fluida cair sehingga gas dapat menembus fluida cair dan akhirnya fluida cair akan mengalir di sepanjang dinding pipa

4.1.4.1 Pola Aliran *Annular*



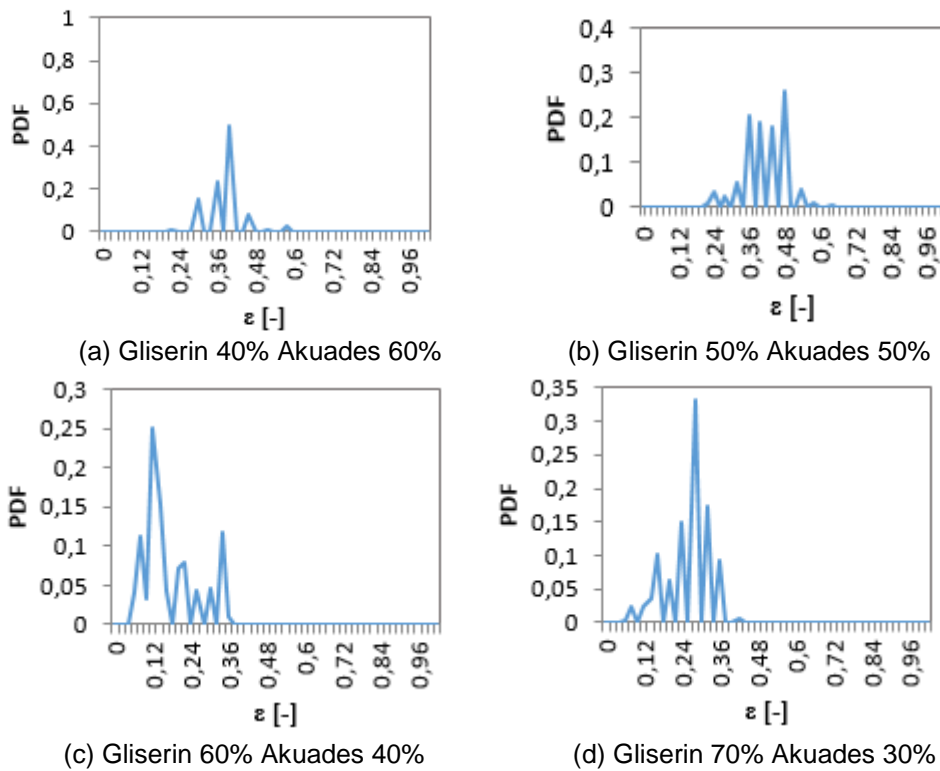
Gambar 11. Pola aliran *annular* pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s, (c) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.

4.1.4.2 Grafik Fraksi Hampa Terhadap Waktu



Gambar 12. Grafik fraksi hampa pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s, (c) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s

4.1.4.3 Grafik Probability Density Function (PDF)

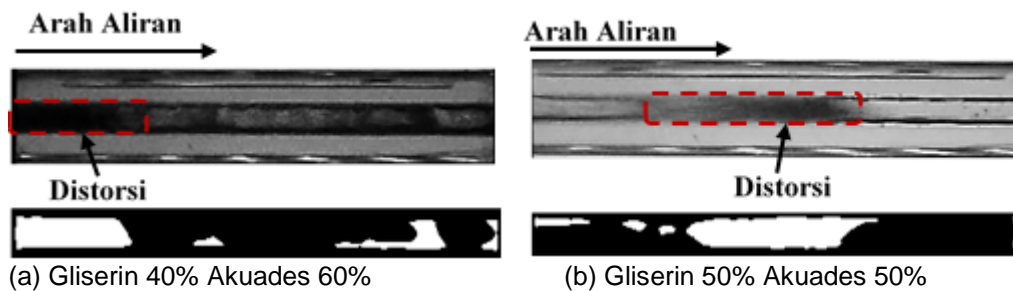


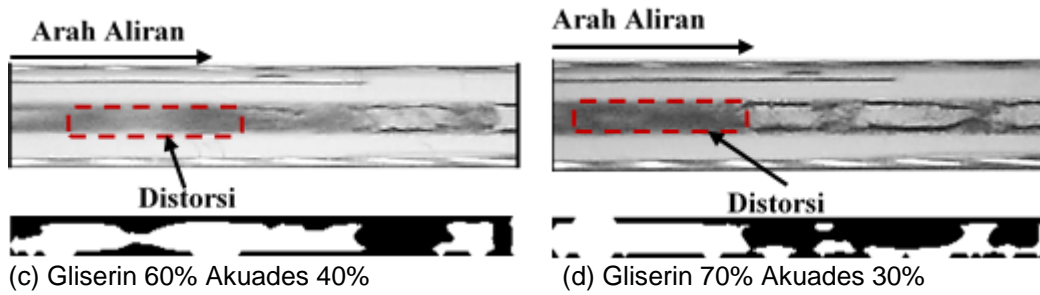
Gambar 13. Grafik Probability Density Function (PDF) pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s, (c) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s

4.1.5 Fraksi Hampa Pada Pola Aliran *Churn*

Pola aliran *Churn* terbentuk ketika nilai kecepatan superfisial gas dan superfisial cairan sama-sama tinggi tetapi memiliki selisih sangat besar. Dimana pada kondisi ini membuat aliran gas dan aliran cairan mengalir secara acak dan mengalami ketidakstabilan sehingga terdapat bagian yang distorsi

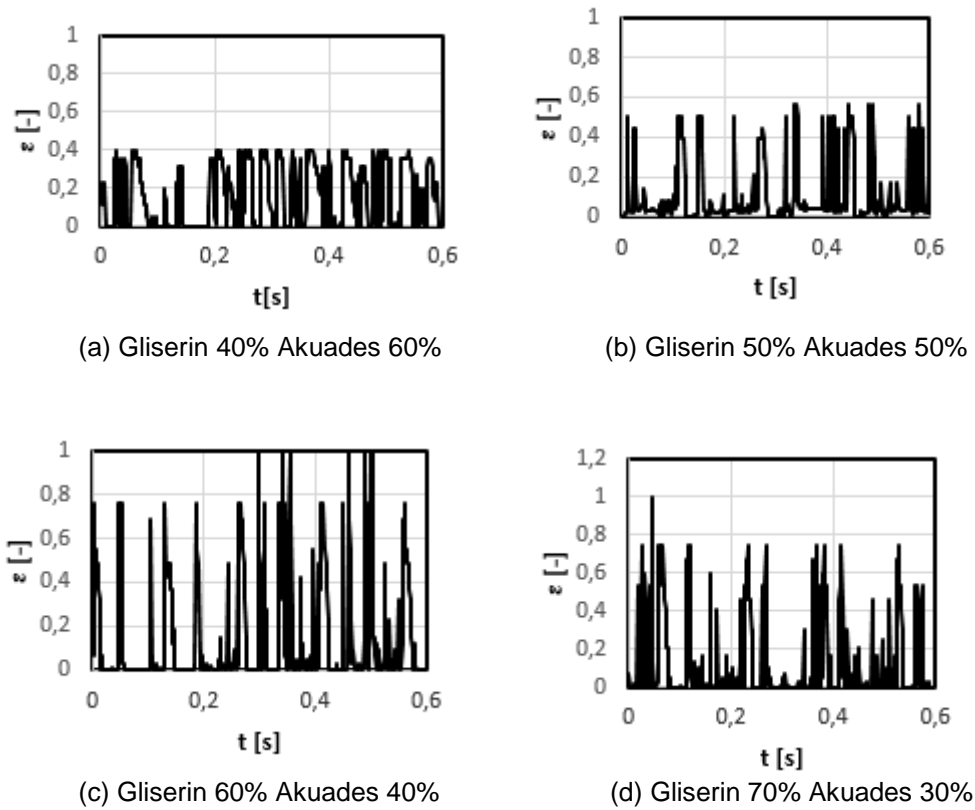
4.1.5.1 Pola Aliran *Churn*





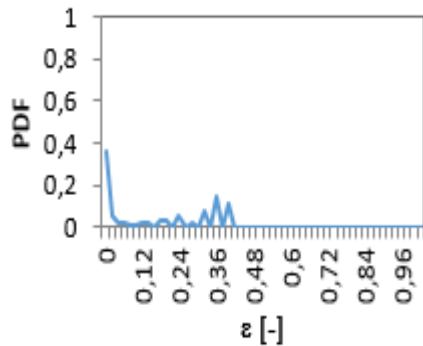
Gambar 14. Pola aliran *churn* pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (c) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.

4.1.5.2 Grafik Fraksi Hampa Terhadap Waktu

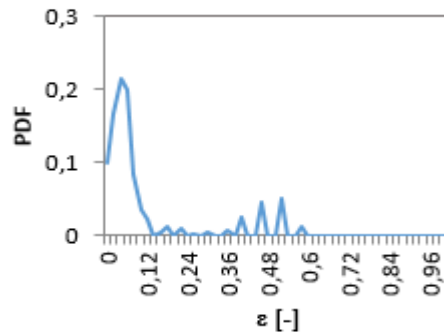


Gambar 15. Grafik fraksi hampa pada a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (c) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s

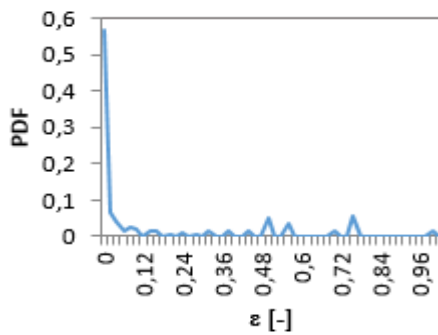
4.1.5.3 Grafik Probability Density Function (PDF)



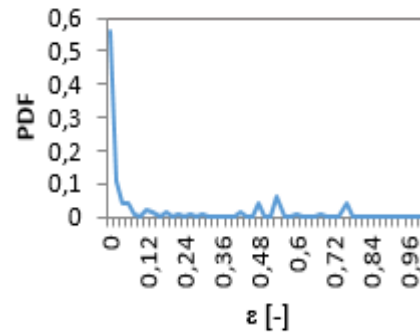
(a) Gliserin 40% Akuades 60%



(b) Gliserin 50% Akuades 50%



(c) Gliserin 60% Akuades 40%

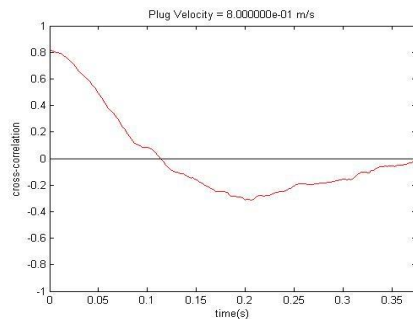


(d) Gliserin 70% Akuades 30%

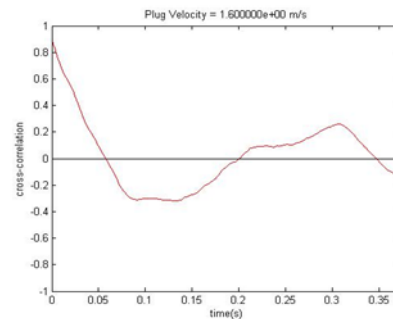
Gambar 16. Grafik Probability Density Function (PDF) pada a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (c) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, (d) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s

3.2 Cross Correlation, Kecepatan, Panjang dan Frekuensi Aliran Bubbly dan Plug

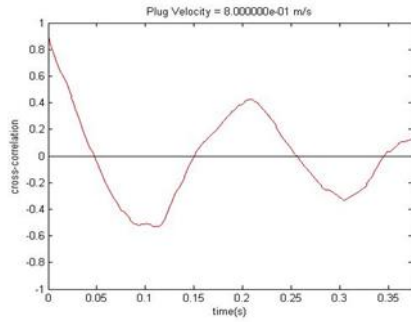
3.2.1 Cross Correlation Aliran Bubbly Plug



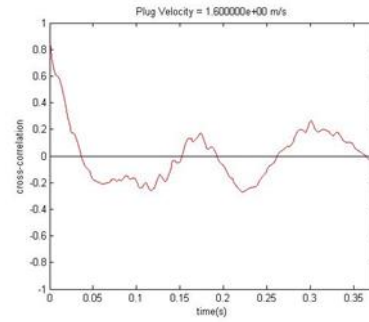
(a)



(b)



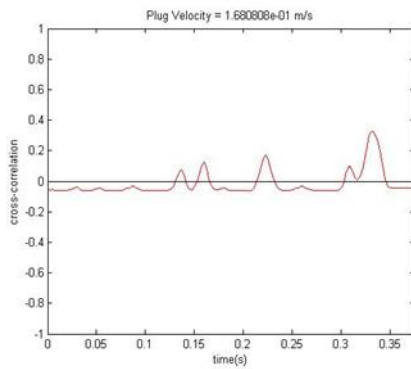
(c)



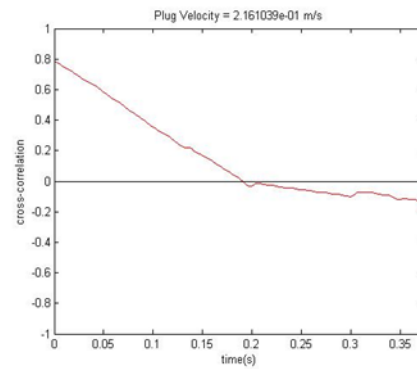
(d)

Gambar 17. Cross-correlation bubbly pada (a) $J_G = 0,423\text{m/s}$, $J_L = 2,297\text{ m/s}$, (b) $J_G = 0,871\text{ m/s}$, $J_L = 2,297\text{ m/s}$, (c) $J_G = 0,423\text{ m/s}$, $J_L = 2,297\text{ m/s}$, (d) $J_G = 0,871\text{ m/s}$, $J_L = 2,297\text{ m/s}$

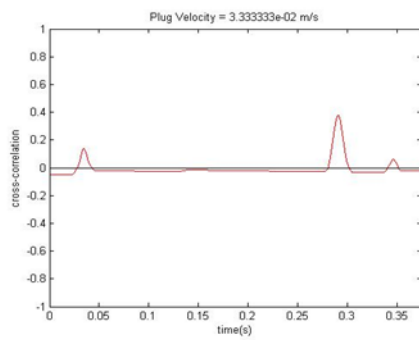
3.2.2 Cross Correlation Aliran Plug



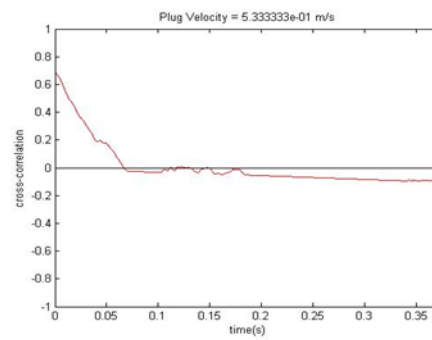
(a)



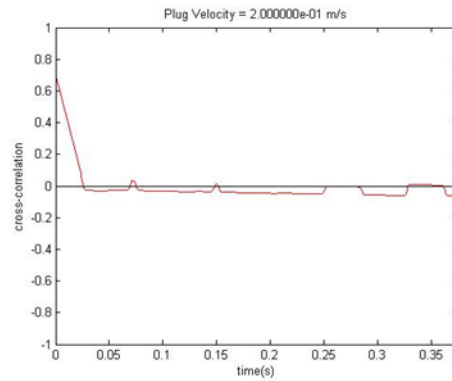
(b)



(c)



(d)

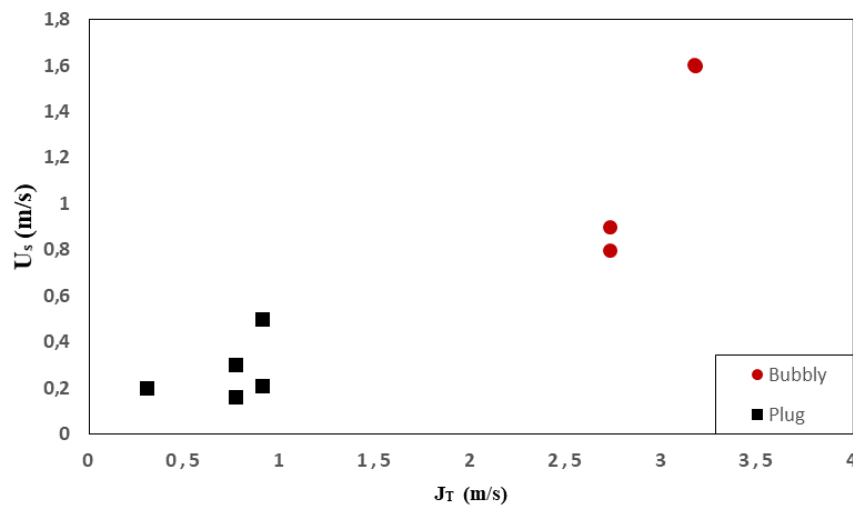


(e)

Gambar 18. . Cross-correlation plug pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (c) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, (d) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (e) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s,

3.2.3 Kecepatan Bubbly dan Plug

Kecepatan rata-rata pola aliran *bubbly* dan *plug* diolah dalam bentuk grafik. Grafik ini dibuat dengan menjumlahkan antara kecepatan *bubbly* dan *plug* dengan total fluks volumetric dimana $J_T = (J_G + J_L)$.

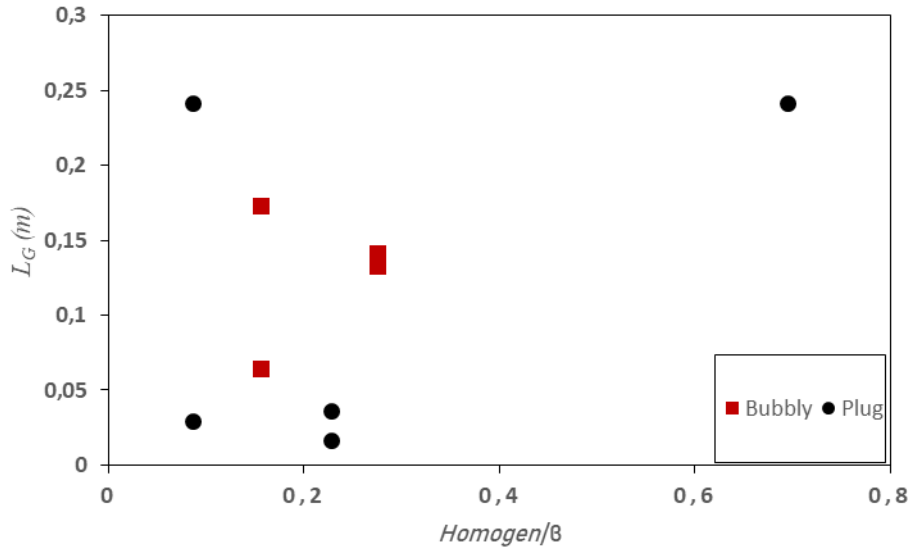


Gambar 19. Kecepatan *bubbly* dan *plug*

3.2.4 Panjang Bubbly dan Plug

Grafik panjang *bubbly* dan *plug* yang diperoleh dengan hitung manual selama 1 detik dan diambil rata-rata untuk mendapatkan nilai panjang *bubbly* dan *plug*. Setelah diketahui ($\Delta t = t_2 - t_1$) dan mendapatkan kecepatan yang didapat dari hasil *cross-correlation* (v), dengan begitu di dapatkan nilai dari panjang *bubbly* dan *plug* dengan memperhitungkan ($L = \Delta t \cdot v$). Semakin tinggi nilai homogen (β) maka panjang *bubbly* dan *plug* mengalami peningkatan. Dari hasil penelitian yang didapat bahwa *bubbly* yang

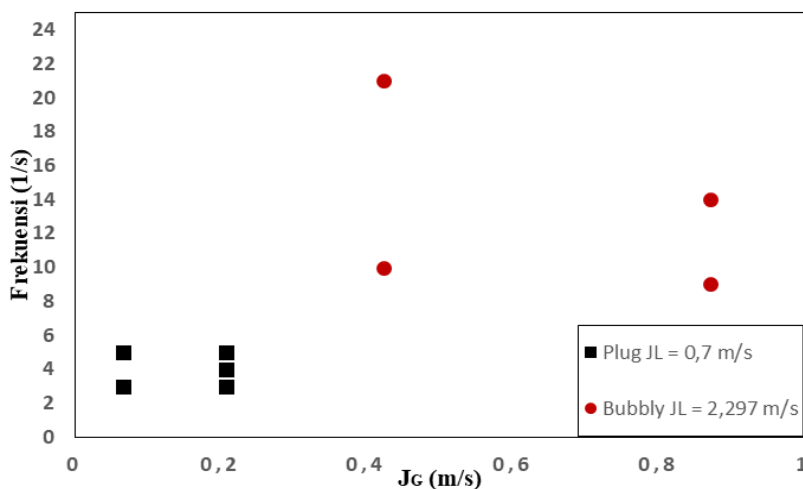
dihasilkan memiliki ukuran yang kurang dari diameter pipa dan biasanya diawali dengan munculnya long plug dengan diiringi short plug yang dapat mempengaruhi rata –rata panjang *bubbly* dan *plug*



Gambar 20. Panjang *bubbly* dan *plug*

3.2.5 Frekuensi *Bubbly* dan *Plug*

Grafik panjang *bubbly* dan *plug* yang didapatkan dengan metode hitung manual. Semakin tinggi nilai (J_G) dan (J_L) maka kemunculan frekuensi yang diperoleh akan semakin banyak muncul. Peningkatan frekuensi *bubbly* dan *plug* dipengaruhi oleh kecepatan superfisial cairan (J_L). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai (J_L) semakin banyak juga frekuensi pola *bubbly* dan *plug* yang muncul.



Gambar 21. Frekuensi *bubbly* dan *plug*

4. Kesimpulan.

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik nilai fraksi hampa pada setiap masing-masing pola aliran sebagai berikut:
 - a. Nilai fraksi hampa untuk aliran *bubbly* menghasilkan grafik tidak begitu stabil dalam rentang waktu tertentu disebabkan munculnya *plug* udara didekat aliran *bubbly*.
 - b. Nilai fraksi hampa untuk aliran *plug* banyak mencapai nilai 1 pada rentang waktu tertentu, hal ini dikarenakan pola aliran hampir memenuhi bagian dari seksi uji atau dinding pipa. Namun beberapa saat grafik menunjukkan nilai 0 di sebabkan hanya di lalui oleh air tidak ada kemunculan *plug*.
 - c. Nilai fraksi hampa pada aliran *slug-annular* pada rentang waktu tertentu terjadi penurunan di sebabkan pada titik aliran terdapat *liquid neck*.
 - d. Nilai fraksi hampa untuk aliran *annular* lebih setabil dan tidak ada perubahan signifikan.
 - e. Fraksi hampa pola aliran *churn* memiliki nilai yang bersifat fluktuatif.
2. Kecepatan, panjang, frekuensi *bubbly* dan *plug* dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Pada aliran *bubbly* dan *plug* sangat dipengaruhi oleh viskositasnya akan mempengaruhi bentuk pola yang akan keluar. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi viskositas fluida maka kecepatan *bubbly* dan *plug* akan meningkat.
 - b. Panjang aliran *bubbly* dan *plug* tinggi nilai homogen, semakin tinggi nilai homogen maka akan meningkatnya panjang pola itu sendiri.
 - c. Frekuensi kemunculan *plug* relatif lebih rendah dibanding kemunculan *bubbly*, hal tersebut terjadi karena viskositasnya berbeda.

Daftar Pustaka

Journal:

- Ali, M.I., Sadatomi, M., Kawaji, M., 1993. Two-phase flow in narrow channels between two flat plates. *Can. J. Chem. Eng.*, Vol. 71, pp. 657–666.
- Barreto, E. X., Oliveira, J. L. G., & Passos, J. C. (2015). FRICTIONAL PRESSURE DROP AND VOID FRACTION ANALYSIS IN AIR-WATER TWO-PHASE FLOW IN A. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2015.01.008>
- Chung, P. M., & Kawaji, M. (2004). *The effect of channel diameter on adiabatic two-phase flow characteristics in microchannels* q. 30, 735–761.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2004.05.002>
- Gomyo, T., & Asano, H. (2016). *ONE-COMPONENT GAS – LIQUID TWO-PHASE FLOW IN SMALL DIAMETER TUBES*. 4(1), 1–18.
- Haq, A. (2016). *Experimental Study on the Void Fraction of Air-Water Two- phase Flow in A Horizontal Circular Minichannel*. 040014. <https://doi.org/10.1063/1.4949302>
- Jagan, V., & Satheesh, A. (2016). Experimental studies on two phase flow patterns of air – water mixture in a pipe with different orientations. *Flow Measurement and Instrumentation*, (September), 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2016.10.006>
- Jia, J., Babatunde, A., & Wang, M. (2015). *Void Fraction Measurement of Gas-Liquid Two-Phase Flow from Differential Pressure*.
- Pradech, A., & Pradech, A. (2015). *AN EXPERIMENTAL STUDY ON TWO-PHASE PRESSURE DROP IN SMALL DIAMETER HORIZONTAL , DOWNWARD INCLINED ,.* 19(5), 1791–1804. <https://doi.org/10.2298/TSCI130118081A>
- Qiao, S., Mena, D., & Kim, S. (2015). *INLET EFFECTS ON VERTICAL - DOWNWARD AIR - WATER TWO - PHASE FLOW*. 5587–5600.
- Serizawa, A., Feng, Z., & Kawara, Z. (2002). *Two-phase flow in microchannels*. 26, 703–714.
- Triplett, K. A., Ghiaasiaan, S. M., Lemouel, A., & Mccord, B. N. (1999). *Gas ± liquid two-phase flow in microchannels Part II : void fraction and pressure drop*. 25, 395–410.