

KAJIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR CAMPURAN BUTANOL 3% PADA SALURAN KECIL POSISI KEMIRINGAN 20°

Nuresa Maulana D^a, Sudarja^b, Sukamta^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
nuresamd14@gmail.com, sudarja_msn@yahoo.com, msukamta@gmail.com

INTISARI

Aliran dua fase (*two-phase flow*) merupakan bagian dari aliran multi fase yang hanya melibatkan dua macam wujud dari suatu zat dalam sebuah aliran. Aliran dua fase dapat terjadi pada saluran atau pipa berukuran besar (*large channel*), normal (*normal channel*), mini (*mini channel*), mikro (*micro channel*), dan bahkan pada saluran nano (*nano channel*). Dalam proses industri antara lain : *heat exchanger*, *boiler*, *geothermal*, dan sistem perpipaan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui informasi karakteristik mengenai pola aliran, peta pola aliran, fraksi hampa dan gradien tekanan aliran dua fase pada saluran pipa mini (*mini channel*).

Penelitian ini dilakukan pada seksi uji berupa pipa kaca berdiameter 1,6 mm dengan sudut kemiringan 20° terhadap posisi horizontal. Fluida yang digunakan yaitu campuran udara-air dan butanol 3%. Nilai kecepatan superfisial air dan udara dibuat bervariasi yaitu $J_L = 0,033 - 4,93$ m/s dan $J_G = 0,025 - 66,3$ m/s. Data karakteristik dari pola aliran dan fraksi hampa diambil dengan menggunakan *high speed camera* dengan kecepatan 1200 FPS. Pada penelitian ini pola aliran diproses menggunakan metode visualisasi dengan program *MOV to AVI* kemudian diolah dengan *virtual dub*. Fraksi hampa dihitung menggunakan metode *digital image processing* dengan program MATLAB R2014a. Gradien tekanan menggunakan sensor tekanan fluida *MPX System* yang dihubungkan ke komputer.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pola aliran yang didapatkan yaitu : *annular*, *bubbly*, *churn*, *plug* dan *slug annular*. Peta pola aliran yang didapatkan pada penelitian ini lebih dominan pada pola aliran *plug* dan *churn*. Nilai fraksi hampa dipengaruhi oleh J_G dan J_L yang bervariasi dan pola aliran yang terjadi. Sedangkan untuk hasil gradien tekanan menunjukkan bahwa kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial cair (J_L) sangat mempengaruhi nilai gradien tekanan semakin tinggi nilai J_G dan J_L maka nilai gradien tekanan akan semakin naik. Nilai tegangan permukaan dan sudut kemiringan mempengaruhi terhadap bentuk pola aliran dan nilai gradien tekanan.

Kata kunci : aliran dua fase, pola aliran, fraksi hampa, gradien tekanan, tegangan permukaan, sudut kemiringan.

ABSTRACT

Two-phase flow (two-phase flow) is part of a multi-phase flow that only involves two forms of a substance in a flow. Two-phase flow can occur in large channels or pipes (large channel), normal (normal channel), mini (mini channel), micro (micro channel), and even on the nano channel (nano channel). In industrial processes, among others: heat exchangers, boilers, geothermal, and piping systems. This research aims to find out characteristic information about flow patterns, flow pattern maps, vacuum fractions and two-phase pressure gradient flow in mini channels.

This research was conducted in the test section in the form of a glass pipe with a diameter of 1.6 mm with an angle of 20° to the horizontal position. The fluid used is a mixture of air-water and 3% butanol. The superficial velocity values of water and air are varied, namely $JL = 0.033 - 4.93 \text{ m/s}$ and $JG = 0.025 - 66.3 \text{ m/s}$. Characteristic data of flow patterns and vacuum fractions are taken using a high speed camera with a speed of 1200 FPS. In this study flow patterns are processed using visualization methods with the MOV to AVI program and then processed with virtual dub. The vacuum fraction was calculated using the digital image processing method with the MATLAB R2014a program. The pressure gradient uses the MPX System fluid pressure sensor that is connected to the computer.

Based on the results of research conducted on the flow patterns obtained are: annular, bubbly, churn, plug and annular slug. The flow pattern map obtained in this study is more dominant in the plug and churn flow patterns. The value of the vacuum fraction is influenced by the varied JG and JL and the flow patterns that occur. As for the pressure gradient results show that the gas superficial velocity (JG) and liquid superficial velocity (JL) greatly affect the pressure gradient value the higher the JG and JL values, the pressure gradient value will increase. The value of surface tension and the tilt angle affect the shape of the flow pattern and the pressure gradient value.

Keywords: two-phase flow, flow pattern, vacuum fraction, pressure gradient, surface tension, slope angle

1. Pendahuluan

Di zaman modern ini aliran dua fase banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari ataupun dalam proses industri antara lain : *heat exchanger*, *boiler*, *geothermal*, pencairan gas alam, sistem perpipaan dan masih banyak lagi. Aliran dua fase (*two-phase flow*) merupakan fenomena bagian sederhana dari aliran multi fase yang melibatkan dua macam wujud dari suatu zat pada suatu aliran dimana aliran multi fase (*multiphase flow*) adalah aliran simultan dari beberapa fase. Fase (*phase*) adalah wujud dari suatu zat (padat, gas, dan cair).

Aliran dua fase dapat terjadi pada saluran atau pipa berukuran besar (*large channel*), normal (*normal channel*), mini (*mini channel*), mikro (*micro channel*), dan bahkan pada saluran nano (*nano channel*). Umumnya pipa berukuran besar dan normal lebih banyak digunakan dibanding pipa berukuran mini maupun micro. Oleh karena itu, pemanfaatan penelitian tentang aliran dua fase pipa berukuran mini maupun micro diaplikasikan pada *Micro Electro Mechanical System (MEMS)*. *MEMS* adalah miniaturisasi elemen-elemen mekanis dan elektro mekanis (yaitu peralatan dan struktur) yang dibuat menggunakan teknologi fabrikasi mikro. Ukuran fisik dari peralatan yang termasuk *MEMS* bervariasi dari ukuran di bawah satu micron sampai beberapa millimeter.

Triplett dkk. (1999) mengatakan bahwa pada aliran dua-fasa di dalam pipa berukuran mini berbeda dengan aliran dua-fasa pada pipa besar dimana aliran fluida pada pipa berukuran mini mempunyai sifat yang unik, dimana tegangan permukaan memiliki peran yang sangat dominan dalam aliran tersebut. Zhao dan Bi (2001) memberikan gambaran tentang aplikasi aliran pada saluran kecil seperti pada pendinginan modul-modul *high-density multy-chip* pada *supercomputer*, peralatan X-ray dan peralatan diagnostik lainnya yang berdaya tinggi, penukar kalor fluks tinggi pada sistem kedirgantaraan (*aerospace system*) dan sebagainya. Kawahara dkk. (2002) memberikan contoh aplikasi *micro scale devices*, yaitu untuk pendinginan mikroelektrik, aplikasi pada bioengineering, aerospace dan micro heat pipe. Aliran dua fasa memiliki berbagai macam pola aliran seperti *bubble*, *plug*, *slug annular*, *annular*, dan *churn*. Pola aliran terbentuk karena kecepatan superficial dari masing-masing fase dan arah aliran. Fraksi hampa (*void fraction*) merupakan salah satu parameter aliran dua fase yang digunakan untuk mengetahui kecepatan, panjang, dan frekuensi dari masing-masing pola aliran. Gradien tekanan adalah penurunan tekanan per satuan panjang, sepanjang pipa aliran.

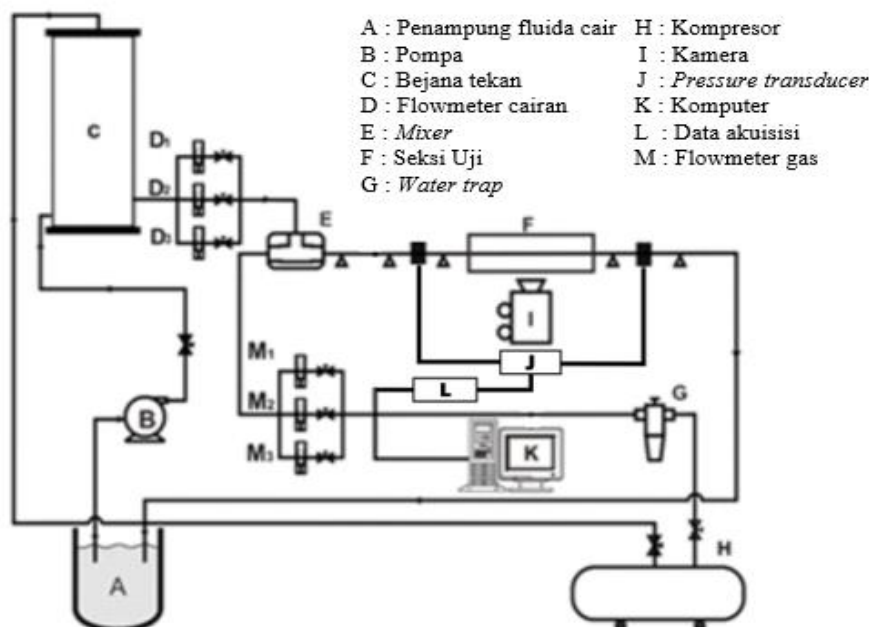
Kawahara dkk. (2002) Aplikasi tersebut melibatkan aliran dua fase dalam pipa berdiameter kurang dari 1 mm. Adapun parameter dasar yang terpenting pada aliran dua fase meliputi: Flow behavior (*interfacial behavior*), yaitu pola aliran (*flow pattern atau flow regime*) dan peta pola aliran (*flow pattern map*), fraksi hampa (*void fraction*), dan perubahan tekanan (*pressure gradient atau pressure drop*). Jayadi dkk. (2015) memberi pengertian bahwa penelitian karakteristik aliran dua fasa saluran kecil sangat tergantung pada tegangan permukaan. Chung dan Kawaji (2004) mengungkapkan bahwa informasi dan data penelitian micro channel dengan diameter < 100 μm masih sangat terbatas dan belum sepenuhnya konsisten, serta pengaruh dari pengecilan diameter saluran masih belum jelas. Konsentrasi riset masih terfokus pada pola aliran, sedangkan parameter lain belum banyak diungkap, bahkan terlihat juga bahwa pola aliran pun berbeda-beda walaupun diameter dan kecepatannya sama atau hampir sama.

Jika pada penelitian Sudarja dkk. (2019) dengan diameter 1,6 mm dan fluida cair yang digunakan adalah air yang memiliki tegangan permukaan yang tinggi dan posisi saluran horizontal maka pada penelitian ini menggunakan campuran air dan butanol 3% yang memiliki nilai tegangan permukaan yang lebih rendah selain itu maka dibuat sudut kemiringan dibuat 20°. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek penurunan nilai tegangan permukaan dan sudut kemiringan untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik aliran dua fase pada saluran kecil dengan diameter yang masih 1,6 mm.

2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan didapat data yang berasal dari pipa mini berbahan kaca yang berdiameter 1,6 mm. 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 butanol 3% 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, amplifier, 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

2.1. Pola aliran

Pengolahan data pola aliran diperoleh dari pengujian berupa video yang didapat dari kamera berkecepatan tinggi. Dari hasil video yang berhasil terekam pada kamera kemudian hasil video diamati sehingga dapat ditentukan jenis pola alirannya. Kemudian pola aliran yang berhasil diamati didistribusikan ke dalam peta pola aliran sesuai dengan nilai kecepatan superfisialnya.

2.2. Fraksi hampa

Pengolahan fraksi hampa didapatkan dari video yang telah direkam dengan menggunakan kamera dengan kecepatan 1200 fps dipindah ke komputer. Masing-masing video tersebut kemudian diberi garis hitam pada sisi kanan dan sisi kiri *software* AVS video editor untuk memudahkan MATLAB dalam membaca nilai fraksi hampa. Setelah semua video diberi garis hitam di sisi kanan dan sisi kiri, video tersebut dipecah menjadi gambar-gambar menggunakan *software* Virtual Dub. Gambar-gambar tersebut kemudian diolah menggunakan *software* MATLAB.

2.3. Gradien tekanan

Untuk mengukur *pressure drop*, digunakan sensor beda tekanan berupa *pressure transducer* dari *MPX sytem* yang dihubungkan dengan sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Data yang didapatkan dari sensor tersebut masih berupa data analog. Untuk mengubah data analog menjadi data digital digunakan akuisisi data dari *arduino UNO*. Sebelum digunakan sensor beda tekanan dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan manometer vertikal pada kondisi statis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pola Aliran

Dari hasil indentifikasi yang diperoleh dari video terdapat lima macam pola aliran yang terdeteksi yaitu : *plug*, *bubble*, *slug-annular*, *annular*, dan *churn*. Dengan mengatur kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) .

3.1.1 Pola Aliran *Bubbly*

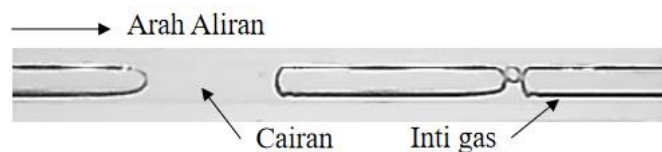
Terbentuknya pola aliran *bubble* ketika nilai kecepatan superfisial udara lebih rendah dari kecepatan superfisial cairan. Dengan debit air yang lebih besar daripada debit gas menyebabkan cairan di area *mixer* menumpuk, oleh sebab itu aliran *bubble* muncul ketika gas yang terkumpul dibagian atas dari *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.



Gambar 2. Pola aliran *bubbly* pada $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s

3.1.2 Pola Aliran *Plug*

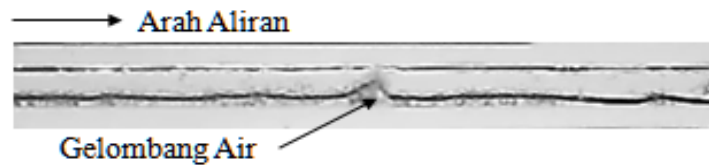
Pola aliran *plug* terbentuk saat kecepatan superfisial gas dinaikan sedangkan kecepatan superfisial cair pada aliran *plug* cenderung rendah dibandingkan dengan aliran *bubble*. Pola aliran *plug* mulai terbentuk pada kecepatan (J_G) = 0,025 m/s sedangkan kecepatan (J_L) = 0,033 m/s, Pola aliran *plug* bergerak dengan kecepatan konsisten dengan kondisi tertentu.



Gambar 3. Pola aliran *plug* pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s

3.1.3 Pola Aliran *Slug-annular*

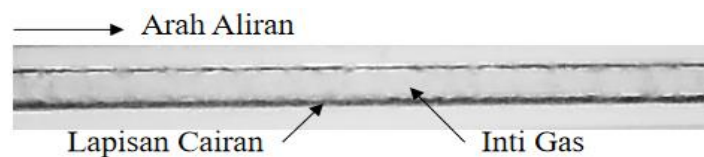
Pola ini terjadi pada saat aliran udara sudah *continue* dan sementara aliran air bagian bawah maupun atas saluran pipa membentuk gelombang. Lapisan air yang ada pada bagian atas saluran pipa biasanya cenderung lebih tipis dari bagian bawah, terbentuknya pola aliran *slug annular* akibat adanya kenaikan pada kecepatan superfisial gas (J_G). sehingga yang tadinya pola aliran *plug* yang terpotong oleh air kini berhasil ditembus oleh aliran udara, karena tegangan permukaan tak mampu mempertahankan bentuknya dan terbentuklah pola aliran *slug annular*.



Gambar 4. Pola aliran *slug-annular* pada $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s

3.1.4 Pola Aliran *Annular*

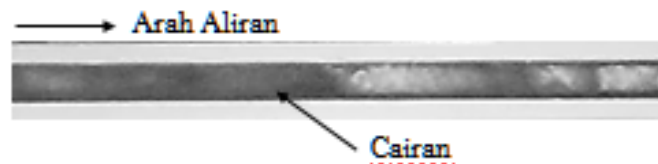
Pola aliran *annular* seperti pola aliran *slug annular* yang memiliki gelombang kecil yang lebih banyak yang terdapat pada bagian atas dan bawah *liquid film*. Aliran *annular* terlihat seperti aliran yang tenang, padahal jika diamati dengan lebih jelas aliran *annular* memiliki gelombang kecil dibagian atas dan bawah yang bergerak cepat.



Gambar 5. Pola aliran *annular* pada $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s

3.1.5 Pola Aliran *Churn*

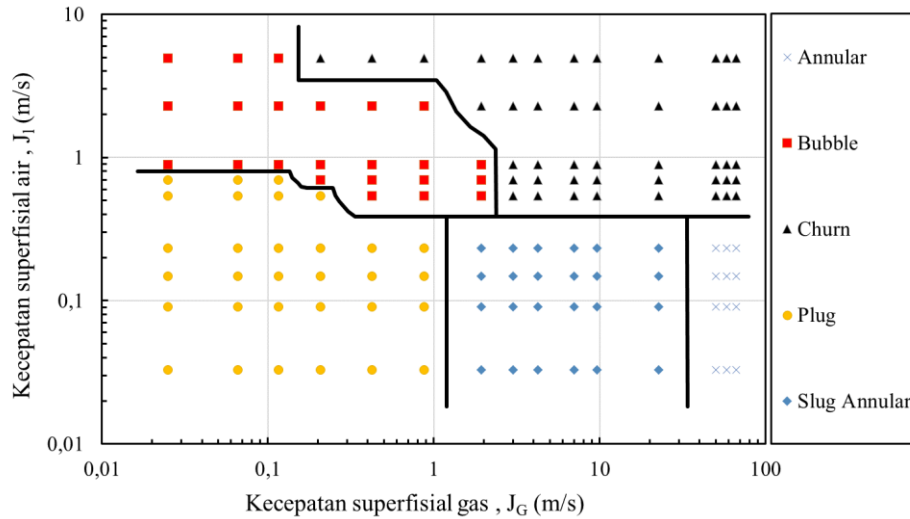
Pola aliran *churn* dapat terjadi dari transisi aliran *plug*, *slug annular*, dan *annular* aliran *churn* terjadi ketika kecepatan superfisial cairan (J_L) dan kecepatan superfisial gas (J_G) sama-sama tinggi. ketika nilai (J_L) tinggi seharusnya pola yang terbentuk adalah pola aliran *plug* tapi karena nilai (J_G) juga tinggi maka cairan terdispersi menjadi ukuran yang sangat kecil dengan kecepatan sangat tinggi sehingga pola yang teramati hanya terlihat bayangan hitam bergerak sangat cepat pada aliran inti gas dan disertai fluida cair. Pada aliran *churn* yang bertransisi dengan aliran *slug annular* masih tersisa gelembung yang mengganggu aliran udara, sedangkan untuk pola aliran *churn* yang bertransisi dengan pola aliran *annular* cairan akan cenderung mendatar tanpa ada gelombang.



Gambar 6. Pola aliran *churn* pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s

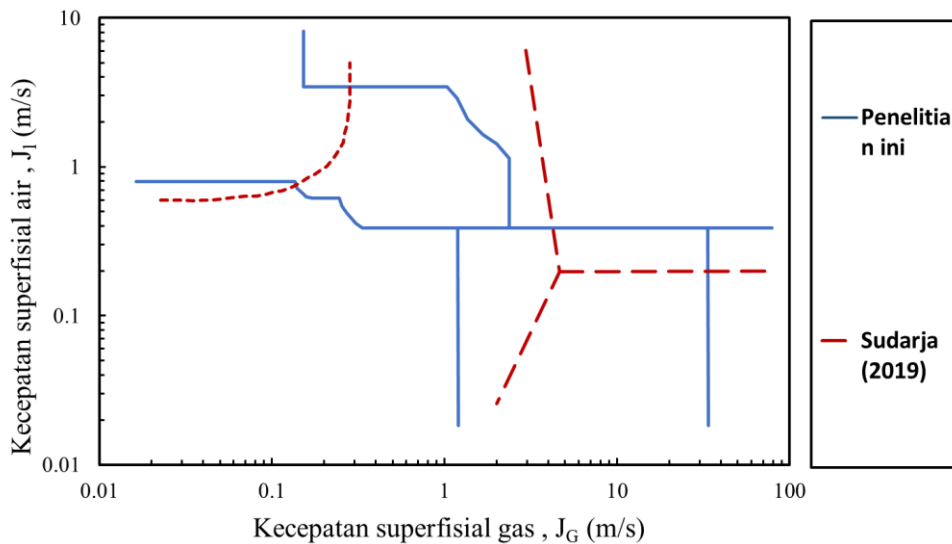
3.1.6 Peta Pola Aliran

Pola aliran yang telah dijustifikasi kemudian dipetakan berdasarkan variasi kecepatan superfisialnya. Pada peta pola aliran tersebut jarak titik menunjukkan kecepatan superfisial fluida gas (J_G) dengan nilai minimum 0,01 dan nilai maksimumnya 100, sedangkan titik kordinat kecepatan superfisial fluida cair (J_L) dengan nilai minimum 0,01 dan nilai maksimumnya 10. nilai pada kedua sumbu tersebut dinyatakan secara logaritmik. Pada peta pola aliran yang telah didapatkan terdapat pula garis transisi antar pola yang dimana garis transisi ini menunjukkan titik kordinat aliran manakah yang berubah antar pola aliran satu dengan pola alirannya.



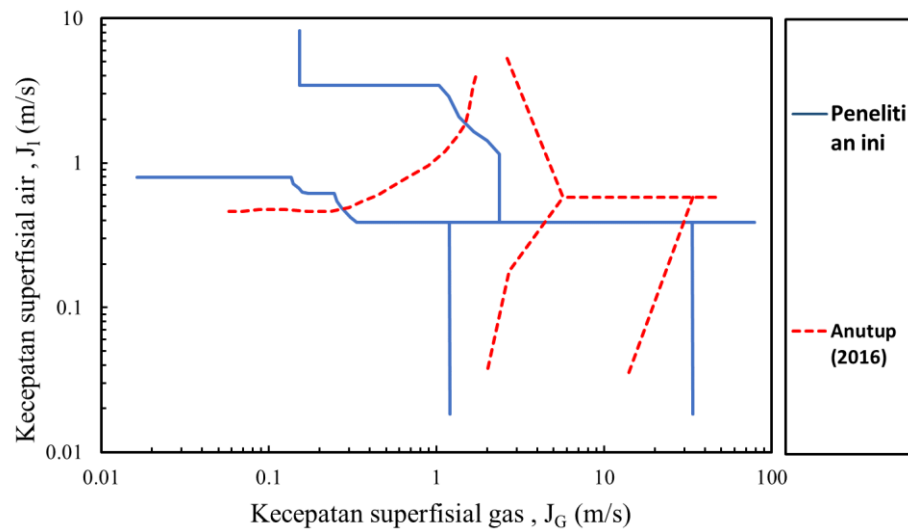
Gambar 7. Peta pola aliran

3.1.7 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu



Gambar 8. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Sudarja (2019).

Dapat dilihat pada gambar 8. garis transisi penelitian ini jauh 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 3% 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* terjadi pergeseran kebawah dikarenakan pola aliran *bubbly* muncul lebih banyak, sedangkan pada penelitian Sudarja (2019) pola aliran *plug* lebih mendominasi dan garis transisinya terjadi antara *bubbly* dan *churn*. Dapat dilihat pada gambar 8. 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 3%.



Gambar 9. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Anutup (2014).

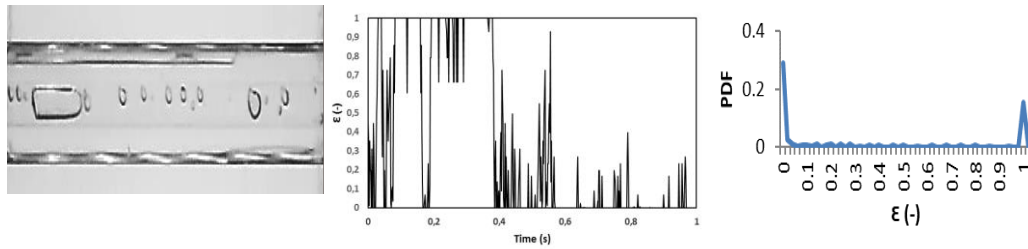
Perbandingan peta pola aliran Anutup (2016) dapat dilihat pada gambar 4.4. posisi garis transisi berbeda dari hasil penelitian ini dikarenakan pada penelitian Anutup (2016) menggunakan campuran fluida gas dan fluida cair dengan tambahan gliserin pada saluran mini horizontal berukuran 1,6 mm, sedangkan pada penelitian ini menggunakan udara-air dan campuran butanol 3% kemiringan 20°. Pola aliran yang didapatkan masih sama yaitu : *annular*, *bubbly*, *churn*, *plug* dan *slug annular*. Dapat dilihat pada gambar 4.4 garis transisi *bubbly* dengan *plug* pada penelitian Anutup (2016) lebih miring sedangkan pada pola aliran *plug* terlihat sangat lebih dominan dibandingkan pada penelitian ini. Untuk garis transisi antara *annular*, *churn* dan *slug annular* mengalami pergeseran ke atas dibanding dengan penelitian ini hal ini dikarenakan pada penelitian Anutup pola aliran yang mendominasi adalah *plug*.

3.2 Fraksi Hampa

Hasil penelitian pada pipa mini dengan kemiringan 20° menghasilkan beberapa jenis pola aliran yang mengandung campuran butanol 3%. Dari penelitian tentang pola aliran, aliran yang terdeteksi pada kenaikan persentase butanol 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 Distribution Function* (PDF) sebagai fungsi ϵ [-] (nilai fraksi hampa).

3.2.1 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Bubbly*

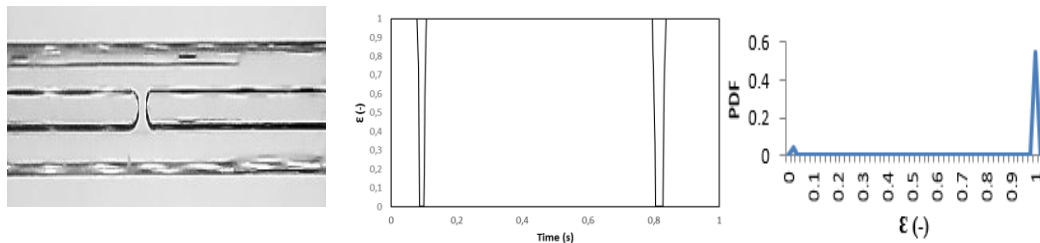
Pada pola aliran *bubbly* yang terjadi biasanya diawali dengan munculnya gelembung-gelembung udara yang berbentuk bulatan kecil yang mengambang di antara batas dinding pipa. Pola aliran ini terbentuk saat kecepatan superfisial gas (J_G) rendah dan kecepatan superfisial cairan (J_L) tinggi.



Gambar 10. Pola aliran *bubbly*, time average dan PDF pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s

3.2.2 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Plug*

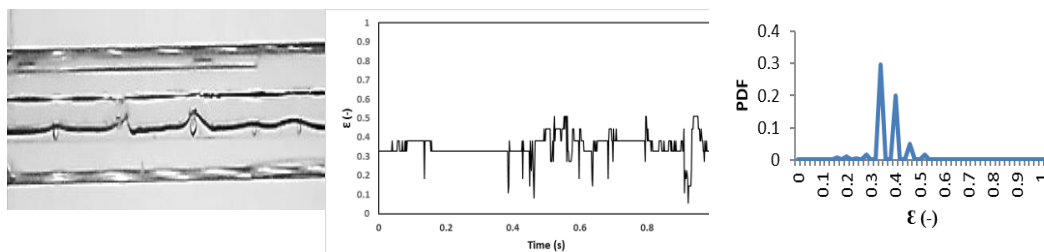
Pola aliran *plug* biasanya ditandai dengan adanya gelembung-gelembung udara yang menutupi seluruh dinding pipa dengan panjang pola aliran yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa diameter *plug* sama dengan diameter pipa mini. *Plug* adalah pola aliran yang berdasarkan bentuknya dikategorikan sebagai aliran *bubble* yang memanjang (*elongated bubble*).



Gambar 11. Pola aliran *plug*, time average, dan PDF pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s

3.2.3 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Slug Annular*

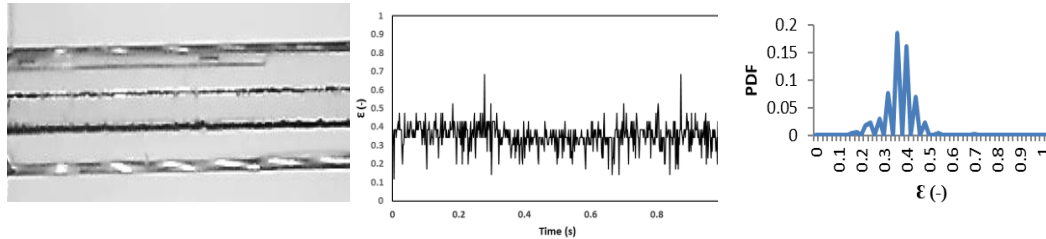
Pola aliran *slug-annular* adalah pola transisi antara pola *plug* menjadi pola *annular*. Pola aliran ini memiliki struktur dimana fase cairan terdistribusi secara simetris pada dinding pipa, namun pada titik tertentu lebih terdapat lapisan film cairan yang lebih tebal dibanding titik lainnya. Hal tersebut disebabkan karena udara pada saat J_G mengalami kenaikan maka udara akan berusaha untuk menembus jembatan cairan yang memisahkan antara udara pada aliran *plug* sehingga munculnya lapisan film cairan yang terjadi akan lebih tebal.



Gambar 12. Pola aliran *slug annular*, time average, dan PDF pada $J_G = 1,941$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s

3.2.4 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Annular*

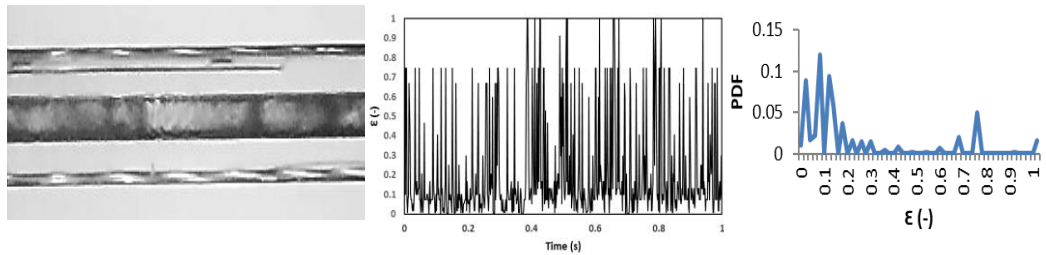
Pola aliran *annular* adalah pola aliran dimana kecepatan superfisial gas (J_G) yang tinggi dan kecepatan superfisial cairan (J_L) yang rendah mengakibatkan udara menembus bagian dari tengah lapisan film cairan sehingga mendorong lapisan film cairan terdistribusi secara merata dan simetris pada bagian dinding pipa. Hal ini disebabkan oleh fase gas melewati tengah-tengah fase cair. Pola *annular* bisa juga disebut sebagai kelanjutan dari pola aliran *slug-annular*.



Gambar 13. Pola aliran *annular*, time average, dan PDF pada $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s

3.2.5 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran *Churn*

Pola aliran *churn* terbentuk ketika kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial cairan (J_L) yang sama-sama cukup tinggi dimana selisih keduanya cukup besar. Pola aliran ini termasuk kedalam bentuk jenis pola aliran yang sangat tidak stabil pada sisi ekornya, sehingga terdapat bagian bagian yang terdistorsi.

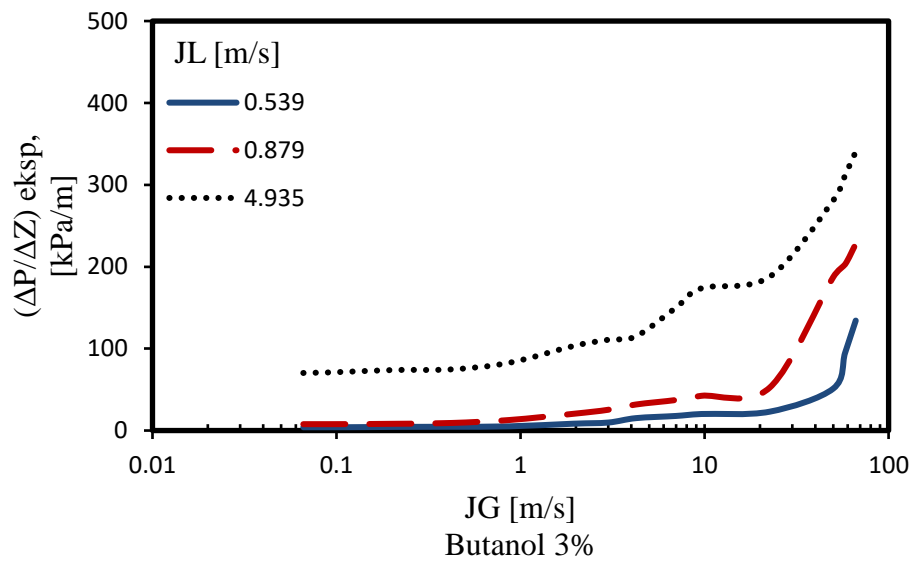


Gambar 14. Pola aliran *churn*, time average, dan PDF pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 2,297$

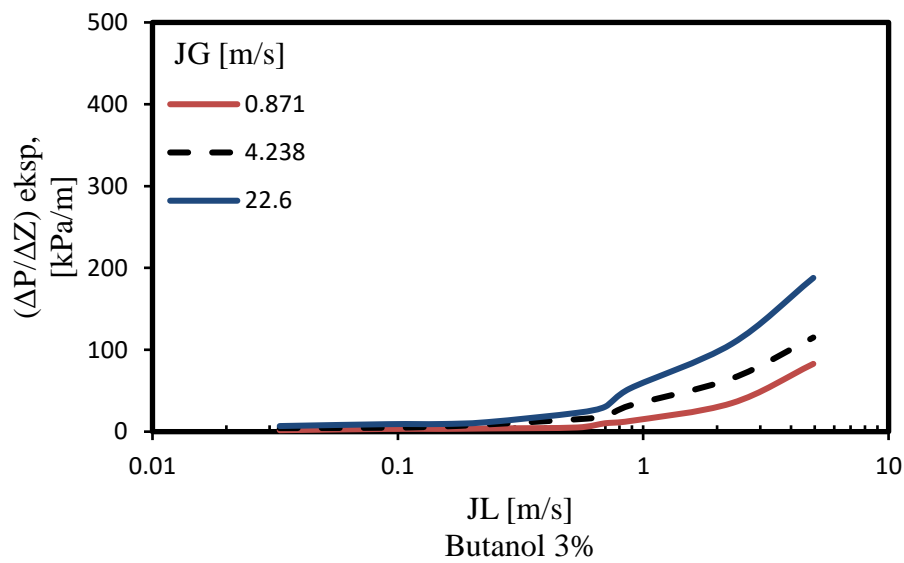
3.3 Gradien tekanan

Pada penelitian ini kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) dibuat bervariasi untuk mengetahui pengaruh yang terjadi akibat kenaikan maupun penurunan kecepatan superfisial terhadap gradien tekanan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari perubahan kecepatan superfisial terhadap nilai gradien tekanan.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 15 dan 16 jika kecepatan superfisial gas (J_G) mengalami peningkatan maka nilai dari gradien tekanan juga akan meningkat dan jika kecepatan superfisial *liquid* (J_L) mengalami peningkatan maka nilai gradien tekanan juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena kenaikan J_G dan J_L akan menaikkan superfisial total dari aliran fluida (*total volumetric flux*) yang berpengaruh pada kenaikan gradien tekanan secara signifikan.



Gambar 15. Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G ,



Gambar 16. Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L ,

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang kajian eksperimental karakteristik aliran dua fase udara-air + 3% butanol pada pipa kecil posisi miring 20° didapat kesimpulan hasil yang diperoleh sebagai berikut :

4.1. Pola Aliran dan Peta Pola Aliran

1. Pola aliran yang didapat pada penelitian ini antara lain *annular*, *bubbly*, *churn*, *plug* dan *slug annular*. Pola aliran *plug* dan *churn* yang paling banyak mendominasi sedangkan *annular* yang paling sedikit.
2. Pengaruh tegangan permukaan dan kemiringan sudut sangat mempengaruhi karakteristik pola aliran yang terbentuk.
3. Hasil perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan Sudarja (2019) dan Chung dan Kawaji (2004) terletak pada garis transisi *bubbly* dan *plug*. Dapat dilihat penelitian ini lebih banyak terjadinya *bubbly* dibandingkan dengan Sudarja (2019) dan Chung dan Kawaji (2004).

4.2. Fraksi Hampa (Void Fraction)

1. Semakin tinggi kecepatan superfisial gas maka nilai fraksi hampa yang diperoleh akan semakin meningkat, sebaliknya semakin tinggi kecepatan superfisial liquid maka nilai fraksi hampa yang diperoleh akan semakin menurun.

4.3. Gradien Tekanan

1. Pengaruh semakin tinggi nilai kecepatan superfisial gas (J_G) maka nilai gradien tekanan akan semakin naik, hal tersebut sama juga dengan semakin tinggi nilai kecepatan superfisial cair (J_L) maka nilai gradien tekanan akan semakin naik.

Daftar Pustaka

Journal :

- Chung, P. M. Y., & Kawaji, M. (2004). The effect of channel diameter on adiabatic two-phase flow characteristics in microchannels. *International Journal of Multiphase Flow*, 30(7-8 SPEC. ISS.), 735–761.
- Ismail, A. S. I., Ismail, I., Zoveidavianpoor, M., Mohsin, R., Piroozian, A., Mohd Shahir Misnan, & Mior Zaiga Sariman. (2015). Experimental Investigation 47 of Oil-Water Two-Phase Flow in Horizontal Pipes: Pressure Losses, Liquid Holdup, and Flow Patterns. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 127, 409–420.
- Ju Lee, H., & Yong Lee, S. (2001). Pressure drop correlations for two-phase flow within horizontal rectangular channels with small heights. *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 27, pp. 783–796.
- Kawahara, A., Chung, P. Y., & Kawaji, M. (2002). Investigation of two-phase flow pattern, void fraction and pressure drop in a microchannel. *International Journal of Multiphase Flow*, 28(9), 1411–1435.
- Khaledi, H. A., Smith, I. E., Unander, T. E., & Nossen, J. (2014). Investigation of Two-Phase Flow Pattern, Liquid Holdup and Pressure Drop in Viscous Oil–Gas Flow. *International Journal of Multiphase Flow*, 67, 37–51.
- Korawan, A. D. (2015). POLA ALIRAN DUA FASE (AIR + UDARA) PADA PIPA HORIZONTAL DENGAN VARIASI KECEPATAN SUPERFISIAL AIR Keywords : Abstract :, 14(September), 57–63.
- Mayor, T.S., Pinto, A.M.F.R., Campos, J.B.L.M., (2007), An image analysis technique for the study of gas-liquid slug flow along vertical pipes – associated uncertainty, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol 18, pp. 139-147.
- Noverdi, R., & Gutama, A. (n.d.). *Investigasi Pola Aliran Dua-Fase Gas-Cairan Di Dalam Pipa Berukuran Mini Pada Aliran Horisontal*. (2).
- Prayitno, S., Santoso, R. A., Deendarlianto, Höhne, T., & Lucas, D. (2012). Counter current flow limitation of gas-liquid two-phase flow in nearly horizontal pipe. *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2012.
- Sadatomi, M., Kawahara, A., Matsuo, M., & Ishimura, K. (2009). Effects of reduced surface tension on two-phase gas-liquid flows in horizontal small diameter pipes. *Proceeding of International Conference on Power Engineering, ICOPE 2009*, 4(2), 290–300.
- Saisorn, S., & Wongwiset, S. (2008). Flow pattern, void fraction and pressure drop of two-phase air-water flow in a horizontal circular micro-channel. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32(3), 748–760.
- Sudarja, Haq, A., Deendarlianto, Indarto, & Widyaparaga, A. (2019). Experimental study on the flow pattern and pressure gradient of air-water two-phase flow in a horizontal circular mini-channel. *Journal of Hydrodynamics*, 31(1), 102–116.
- Sudarja, Jayadi, F., Indarto, Deendarlianto, & Widyaparaga, A. (2018). The effect of liquid viscosity on the gas-liquid two-phase flow pattern in horizontal mini-channel. *AIP Conference Proceedings*, 2001.

- Sukamta, Purnomo, & Rohmat, A. T (2010). Identifikasi Pola Aliran Dua Fasa Uap-Kondensat Pengukuran Beda Tekanan Pada Pipa Horisontal
- Sur, A., & Liu, D. (2012). International Journal of Thermal Sciences Adiabatic air e water two-phase fl ow in circular microchannels. *International Journal of Thermal Sciences*, 53, 18–34.
- Thome, J.R., 2004, *Engineering Data Book III*, Wolverine Tube inc, Lausanne.
- Triplett, K. A., Ghiaasiaan, S. M., Abdel-Khalik, S. I., & Sadowski, D. L. (1999). Gas-liquid two-phase flow in microchannels part I: Two-phase flow patterns. *International Journal of Multiphase Flow*, 25(3), 377–394.
- Wibowo, R., Hudaya, Z. A., & Kabib, M. (2015). Penentuan Sub-sub Pola Aliran Stratified Air-Udara Pada Pipa Horisontal Menggunakan Pengukuran Tekanan
- Zhao, T. S., & Bi, Q. C. (2001). Co-current air-water two-phase flow patterns in vertical triangular microchannels. *International Journal of Multiphase Flow*, 27(5), 765–782.