

## INVESTIGASI POLA ALIRAN DUA FASA UDARA - AIR DAN GLISERIN (0%, 10%, 20% DAN 30%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 30° TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Rahmad Yoga Prasetya<sup>a</sup>, Sukamta<sup>b</sup>, Sudarja<sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
[ayprasetya47@gmail.com](mailto:ayprasetya47@gmail.com), [msukamta@gmail.com](mailto:msukamta@gmail.com), [sudarja@umy.ac.id](mailto:sudarja@umy.ac.id)

### Abstract

Two-phase flow is a flow that consists of two different phases which flow at a place or in the pipeline. Application of two-phase flow frequently encountered in the industrialized world or everyday life namely boiler, condenser, evaporator and piping various networks. In the field of biomedicine two-phase flow is present on the cardiovascular system. The cardiovascular system including two-phase flow in a minichannel and microchannel because it involves two components namely oxygen and blood as well as blood vessels as its channels. Therefore the aim of the research is two-phase flow patterns of air-aquades and Glycerin (0-30%) in the capillary pipes with a slope 30° against the horizontal position is to study the flow pattern and get a map of the flow pattern of the two-phase flow.

In this study using a research method of visualization. Fluid type air-aquades mixed with Glycerin, with concentrations of a mixture of 0%, 10%, 20%, and 30% who streamed toward the glass pipe diameter 1.6 mm and 40 mm long with a slope of 30° against the horizontal position. Fluid aquades and Glycerin mixture is fed into the press vessel pressed by air, fluids from vessel press mixed in the mixer with the air from the compressor. The test section is mounted on the camera to take video which is then processed using software MOV to AVI which further processed by VirtualDub to get pictures of the flow pattern.

The research results obtained are: there are five patterns are identified on the range of value of the  $J_G = 0.025 \text{ m/s} - 66.3 \text{ m/s}$  and the value of  $J_L 0.033 \text{ m/s} - 4.935 \text{ m/s}$  : plug, bubbly, slug-annular, annular and churn. The influence of the giving of the slope against the test section size plug makes the more elongated compared to horizontal position size plug his short and the increased concentration of glycerine makes the size of the plug more and retracts. On bubbly flow patterns, the increased concentration of glycerine makes the bubble is getting smaller and attach each other on the same  $J_L$  and  $J_G$ . The influence of increasing concentrations of Glycerin to make the shift on the transition and the results of the comparison of the flow pattern map with earlier research showed good results.

**Keywords:** flow of two-phase, cardiovascular, minichannel, microchannel, flow pattern, the flow pattern map

### 1. Pendahuluan

Aliran adalah proses distribusi dari satu titik ke titik lainnya atau dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Pada suatu aliran terdapat beberapa jenis fasa yang mengalir didalamnya, jumlah jenis fasa ini yang menentukan antara satu fasa atau multi fasa. Aliran dua fasa termasuk dalam bagian aliran multi fasa dimana aliran dari fasa yang berbeda mengalir pada instalasi perpipaan. Pada sistem jaringan perpipaan aliran dua fasa terdapat pada berbagai macam jaringan perpipaan mulai dari saluran berukuran besar (*large channel*), normal (*normal channel*), mini (*mini channel*), mikro (*micro channel*) dan nano (*nano channel*). Aplikasi aliran dua fasa sering dijumpai pada kehidupan sehari-hari maupun bidang industri, misalnya pada kondensor, evaporator dan alat penukar kalor. (Zhao & Bi, 2001) aplikasi aliran dua fasa pada pipa mini dan *macro* diterapkan disistem pendingin kreogenik pada

satelit. (Kawahara, 2002) aplikasi aliran dua fasa pada pipa mini dan mikro dapat diterapkan pada bidang bioteknik, *aerospace* dan *heat pipe*. Selain pada instalasi perpipaan aliran dua fasa juga terdapat pada bidang biomedik yang dapat disebut sistem *kardiovaskular* atau proses sirkulasi darah dari jantung keseluruhan tubuh yang melibatkan fasa yang berbeda yaitu oksigen dan darah.

Penelitian mengenai aliran dua fasa pada pipa mini dengan memberikan variasi sudut pada seksi uji merupakan hal yang sangat penting dilakukan untuk perkembangan dan meningkatkan kemampuan dari perangkat-perangkat berukuran mini, pada bidang biomedik dapat mencegah penyebab terganggunya sirkulasi darah. Penelitian berupa melakukan pengamatan terhadap pola aliran yang muncul dan mempelajari mekanisme perubahan aliran pada saluran *minichannel*.

## 2. Kajian Pustaka

Saisorn & Wongwises, (2008). Melakukan penelitian dengan pipa berdiameter 0,53 mm dan panjang 320 mm, menggunakan fluida kerja berupa fasa udara dan air dengan kecepatan superfisial gas 0,37 – 16 m/s dan kecepatan superfisial cairan 0,005 – 3,03 m/s pola aliran yang berhasil diamati yaitu *slug flow*, *throat-annular flow*, *churn flow* dan *annular-rivulet flow*. Peta pola aliran yang didapatkan dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan fluida kerja yang berbeda hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam data dari penggunaan gas udara atau nitrogen, air atau air yang tidak terionisasi.

Sukamta, (2010). telah melakukan penelitian aliran dua fasa dengan fluida kerja aquades yang digunakan untuk mengasikkan uap air yang kemudian dikondensasi agar membentuk aliran dua fasa. Pemanas yang digunakan adalah boiler. Sebelum aliran memasuki media uji pipa yang terbuat dari kaca dengan diameter 17 mm dan Panjang 1,2 m secara horisontal. Aliran akan memasuki pipa anulus bagian dalam yang terbuat dari tembaga dengan diameter 17 mm dan Panjang 1,6 m dan didinginkan oleh pipa anulus bagian luar yang terbuat dari besi dan diisi dengan air dengan diameter 4 inchi dan panjang 1,6 m. penelitian tersebut dilakukan dengan kecepatan aliran uap dimulai dari 0,00211361 m<sup>3</sup>/s sampai 0,007078511 m<sup>3</sup>/s. dari penelitian tersebut teramati pola aliran *wavy*, *plug*, *slug*, *pre-slug* dan *stratified*.

Raditia Noverdi, (2014).melakukan penelitian dengan pipa berdiameter 1,6 mm secara horisontal, fluida kerja yang digunakan ialah udara dan air suling dengan menggunakan kecepatan superfisial gas 0,13 – 63,42 m/s dan kecepatan superfisial *liquid* (air) 0,03 – 2,81 m/s.pola aliran yang terbentuk adalah aliran *slug*, aliran *bubble*, aliran *churn*, aliran *slug-annular* dan aliran *annular*.

Korawan, (2015). Melakukan penelitian aliran dua fasa pada pipa horisontal dengan media uji pipa yang terbuat dari *acrylic* berdiameter 36 mm yang panjangnya 2000 mm. fluida kerja yang digunakan adalah air dan udara dengan kecepatan superfisial air divariasasi 0,4 m/s, 0,55 m/s, 0,7 m/s, 0,85 m/s dan 1,0 m/s. pola aliran yang berhasil teramati yaitu *bubble*, *slug flow* dan *stratified flow*

Izwan Ismail et al., (2015) Melakukan penelitian aliran dua fasa dengan menggunakan fluida kerja air dan minyak pada pipa horisontal dengan diameter dalam 5,08 cm. percampuran air bervariasi antara 10% hingga 90%. Pola aliran yang berhasil teramati ialah *Stratified wavy flow*, *Stratified wavy with semi dispersed flow at interface and oil film*, *Semi dispersed flow with semi emulsion at interface and thin oil film*, *Dispersion of water in oil and emulsion*, *Dispersion of oil in water with water continuous*.

M Hassan Imaduddin, (2015). Melakukan penelitian mengenai pola aliran dua fasa pada pipa mini berdiameter 1,6 mm dengan posisi horisontal. Fluida kerja yang digunakan ialah aquades dan udara dengan rentang nilai  $J_G$  0,025 - 66,3 m/s dan  $J_L$  0,033 - 4,935 m/s. pola aliran yang berhasil teridentifikasi ialah yaitu *bubble*, *slug annular*, *annular* dan *churn*.

Lu et al., (2015). Pengamatan Visual pada Morfologi Antarmuka *Taylor Bubble* dan Karakteristik Aliran Dua Fasa di *Mini-Channel*. Pengamatan secara eksperimental dengan visualisasi pada perilaku *taylor bubble* dari aliran dua fasa dilakukan pada saluran melingkar vertikal, dengan panjang 1000 mm dan diameter dalam 1 mm, 2 mm, 3 mm dan 6 mm. Air deionisasi digunakan sebagai cairan fasa cair, dan udara, nitrogen, argon dan karbon dioksida sebagai cairan fasa gas. Efek dari kondisi kerja yang berbeda pada morfologi antarmuka *taylor bubble* dibahas secara rinci, dan efek tegangan permukaan pada perilaku *taylor bubble* diselidiki berdasarkan nomor *Eu* (*Eötvös*) dan nomor *Mo* (*Morton*). Fluktuasi penurunan tekanan dan fluks massa fasa cair juga dianalisis secara rinci berdasarkan perilaku *taylor bubble*

Kim & Yong, (2015). Mensimulasikan aliran dua fasa menggunakan fluida kerja udara dan air pada seksi uji yang berbentuk percabangan 3 arah dengan penampang 0,6 x 0,6 mm. Ketika aliran melewati bagian tubuh dari percabangan 3, laju aliran volumetrik gas ke cabang dipertahankan konstan dan menjadi hampir setara dengan total laju aliran volumetrik ke cabang. Demikian pula, ketika aliran turbolensi berada pada bagian tubuh percabangan 3, laju aliran volumetrik cairan ke cabang muncul sama dengan total laju aliran volumetrik ke cabang. Di sisi lain, laju aliran volumetrik bagian hidung dan bagian ekor ke cabang bervariasi secara drastis seiring waktu. Hal ini terjadi karena adanya pola aliran yang rumit. Jadi, untuk laju aliran gas dan fasa cair yang diberikan pada aliran utama, aliran mal-distribusi lebih mungkin terjadi dengan gelembung yang lebih pendek karena bagian relatif dari hidung dan ekor lebih besar dalam sel satuan, yang terdiri dari gelembung dan aliran turbolensi atau aliran siput.

Dian Indra Siregar, (2016). Melakukan penelitian studi pola aliran dua fasa pada pipa mini yang berdiameter 1,6 mm yang terbuat dari kaca dengan posisi horisontal. Fluida kerja yang digunakan adalah udara – air dan butanol dengan konsentrasi campuran 2%, 4% dan 6%. Kecepatan superfisial gas yang digunakan 0,066 – 66,2 m/s dan kecepatan superfisial cairan 0,033 – 4,193 m/s. pola aliran yang berhasil teridentifikasi adalah *bubble*, *plug*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*.

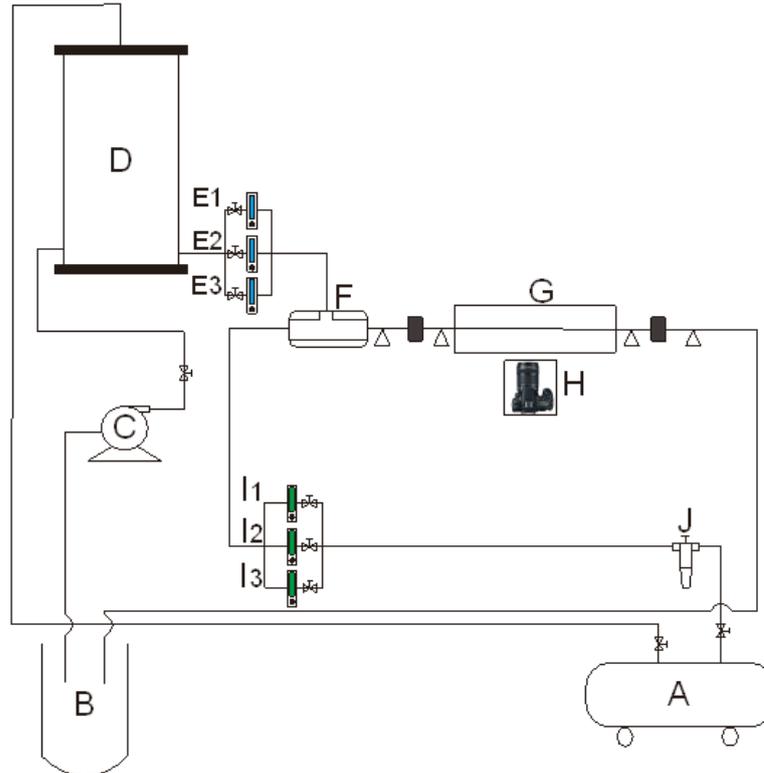
Diko Anutup, (2016). Melakukan penelitian aliran dua fasa pada pipa mini berdiameter 1,6 mm yang terbuat dari kaca dengan posisi horisontal. Fluida kerja yang digunakan adalah udara – air yang dicampur dengan gliserin dengan variasi campuran 20%, 40% dan 60%. Kecepatan superfisial gas yang digunakan adalah 0,066 – 66,2 m/s sedangkan untuk kecepatan superfisial air yang digunakan adalah 0,033 – 4,193 m/s. pola aliran yang berhasil teridentifikasi adalah *bubble*, *slug*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*.

Sudarja, (2018) melakukan penelitian aliran dua fasa pada pipa berdiameter 1,6 mm yang terbuat dari kaca dengan posisi horisontal, fluida kerja yang digunakan ialah udara, campuran aquades dan gliserin dengan kecepatan superfisial gas 0,025 – 66,3 m/s dan kecepatan superfisial cair 0,033 – 4,935 m/s. metode yang digunakan ialah metode visualisasi menggunakan kamera Nikon J4. Pola aliran yang berhasil diamati ialah yaitu *bubble*, *plug*, *slug-annular*, *annular*, dan *churn*.

### 3. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yang terdiri dari komponen utama: tangki air, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, seksi uji, water trap, mixer, dan konektor. Peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *optical correction box*, kamera, komputer. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *flowmeter air*,

*flowmeter* udara, *pressure indicator*. Untuk pengambilan gambar video aliran, digunakan kamera berkecepatan tinggi merk Nikon tipe J4, dengan kecepatan 1200 fps dan resolusi 640 x 480 pixel. Kondisi pengambilan data adalah adiabatik. Proses pengambilan data dilakukan pada kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dengan rentang 0,025 – 66,3 m/s, dan kecepatan superfisial cairan ( $J_L$ ) dengan rentang 0,033 – 4,935 m/s.



Gambar 1 Skema Alat Uji

Keterangan:

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| A. Kompresor  | F. Mixer                  |
| B. Tempat penampungan campuran aquades dan gliserin | G. Seksi uji              |
| C. Pompa air  | H. Kamera                 |
| D. Bejana bertekanan                                | I. <i>Flowmeter</i> udara |
| E. <i>Flowmeter</i> cairan                          | J. Filter dan regulator   |

## 4. Hasil dan Pembahasan

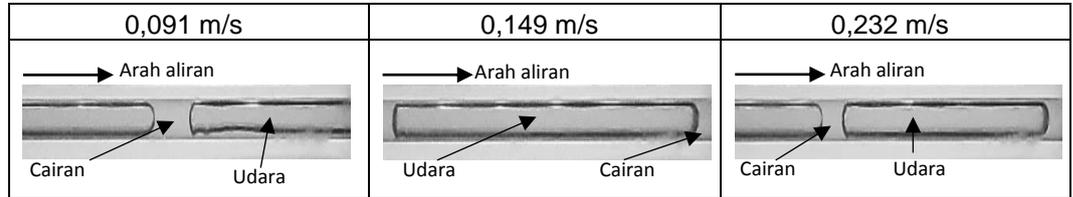
Hasil yang diperoleh setelah melakukan penelitian pada pipa mini dengan kemiringan  $30^\circ$  terhadap posisi horisontal dengan menggunakan fluida kerja udara-campuran air dan gliserin dengan konsentrasi campuran 0%, 10%, 20% dan 30% menghasilkan lima pola aliran yang berhasil teridentifikasi yaitu: *plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*. Setelah pola aliran teridentifikasi selanjutnya menyusun peta pola aliran yang kemudian dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

### 4.1 Pola aliran *plug*

Pola aliran *plug* adalah pola yang terbentuk dari gelembung udara yang memanjang dan membentuk seperti peluru. Pola aliran *plug* mulai teridentifikasi

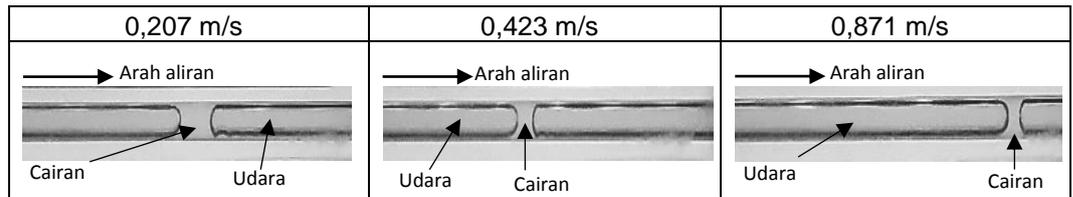
pada nilai  $J_G$  dan  $J_L$  rendah pada konsentrasi gliserin (0%, 10%, 20% dan 30%). Pola aliran plug mulai teridentifikasi pada nilai  $J_G$  0,025 m/s dan nilai  $J_L$  0,033 m/s.

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



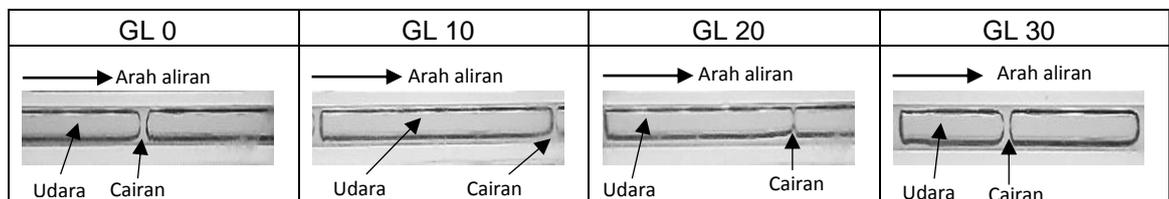
Dapat dilihat pada tabel 4.1 pola aliran *plug* yang terbentuk mengalami berkurangnya panjang dari ukuran plug. Hal tersebut dikarenakan setiap terjadi kenaikan  $J_L$  maka panjang dari pola aliran *plug* akan berkurang dikarenakan udara yang masuk ke *mixer* mulai tertekan oleh air sehingga mengurangi panjang dari *plug* itu sendiri. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin mulai dari 0%, 10%, 20% dan 30%.

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



Jika nilai  $J_G$  dinaikkan maka panjang dari *plug* akan bertambah untuk semua variasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30%. Dapat dilihat pada tabel 4.2 kecepatan superficial cairan dibuat tetap 0,149 m/s dan kecepatan superficial gas ( $J_G$ ) bervariasi yang dibuat meningkat panjang *plug* akan bertambah dan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  maka jarak antar *Plug* akan sangat berdekatan dapat dilihat pada  $J_G$  0,871 m/s jarak antara ekor *Plug* dengan kepala *Plug* sangat berdekatan dikarenakan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  dan nilai  $J_L$  tetap maka udara akan berusaha untuk menrobos air yang membatasi jarak antar *Plug*.

**Tabel 4.3** Pola aliran *Plug* yang terbentuk pada  $J_G = 0,423$  m/s dan  $J_L = 0,539$  m/s



Peningkatan viskositas juga memengaruhi ukuran dari *plug* tetapi bentuk dari *plug* relatif sama. Dapat dilihat pada tabel 4.3 semakin bertambahnya viskositas semakin berkurang juga panjang dari *plug* tersebut, dikarenakan semakin susah *plug* untuk menembus cairan gliserin.

### 4.2 Pola aliran *bubbly*

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

**Tabel 4.4** Pola aliran *Bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 0,423 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

0,879 m/s	2,297 m/s	4,935 m/s

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

**Tabel 4.5** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 2,297 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

0,025 m/s	0,066 m/s	0,116 m/s

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

**Tabel 4.6** Pola aliran *bubbly* yang terbentuk pada  $J_G = 0,423$  m/s dan  $J_L = 0,879$  m/s

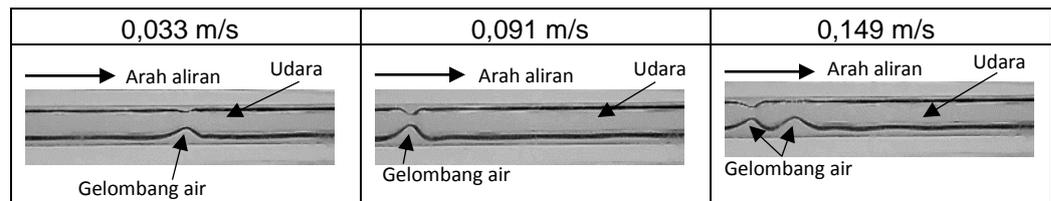
GL 0	GL 10	GL 20	GL 30

Bertambahnya viskositas juga berpengaruh pada ukuran *bubble* terlihat pada konsentrasi 0%, 10%, 20% dan 30% semakin besar konsentrasi gliserinnya pola aliran *bubbly* yang teramati semakin banyak intensitas munculnya dan jarak antara *bubble* agak sedikit menempel, semakin banyaknya kemunculan *bubble* dan menempelnya jarak antara *bubble* dikarenakan bertambahnya viskositas yang membuat udara yang terjebak didalam *mixer* sulit untuk menembus fluida cair yang semakin kental sehingga jika gas sudah dapat menembus fluida cair maka udara tersebut akan terpecah menjadi kecil-kecil dan membentuk *bubble*.

### 4.3 Pola aliran *slug-annular*

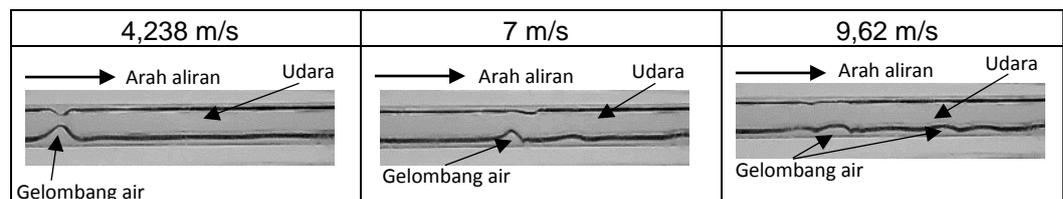
Pola aliran *slug-annular* berbentuk *Plug* panjang yang berkelanjutan yang dibagian atas dan bawahnya terdapat gelombang fluida cair yang terjebak dibagian atas dan bawah liquid film. Pola aliran *slug-annular* mulai teramati pada nilai  $J_G = 3$  m/s dan  $J_L$  0,033 m/s pada semua konsentrasi gliserin (0%, 10%, 20% dan 30%)

**Tabel 4.7** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 4,238 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)



Dapat dilihat pada tabel 4.7 semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan gelombang yang semakin banyak dan mencapai setengah diameter pipa atau dapat dikatakan hampir memutus dan membentuk pola *plug*. Hal tersebut dikarenakan bertambahnya nilai  $J_L$  yang membuat bertambahnya volume air sehingga dapat membuat bertambahnya tinggi gelombang dan bertambahnya intensitas kemunculan gelombang.

**Tabel 4.8** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,091 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)



Pada tabel 4.8 dimana pada nilai  $J_L$  tetap dan nilai  $J_G$  dibuat bervariasi semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat gelombang air yang semakin banyak dan lebih kecil ukurannya. Hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat volume udara yang masuk pada *mixer* semakin banyak sehingga air akan tertekan dan mengurangi ketinggian dari gelombang itu sendiri.

**Tabel 4.9** Pola aliran *slug-annular* yang terbentuk pada  $J_G = 4,238 \text{ m/s}$  dan  $J_L = 0,091 \text{ m/s}$

GL 0	GL 10	GL 20	GL 30
Arah aliran Gelombang air Udara	Arah aliran Gelombang air Udara	Arah aliran Gelombang air Udara	Arah aliran Gelombang air Udara

Dari hasil pengamatan yang dilakukan bentuk pola aliran *slug-annular* tidak jauh berbeda pada setiap konsentrasi gliserin, dapat dilihat pada tabel 4.9 dimana variasi konsentrasi gliserin hanya berpengaruh pada ketebalan liquid film, semakin bertambah konsentrasi gliserin maka liquid film yang dihasilkan semakin bertambah ketebalannya dan dapat dilihat pada konsentrasi 0% *slug-annular* yang dihasilkan jarak antara liquid film atas dan bawah saling berdekatan dikarenakan tingkat viskositas yang rendah membuat udara mudah untuk memecah dan masuk kedalam cairan dan membuat celah sehingga dapat menyebabkan terputusnya aliran *slug-annular* menjadi *Plug*.

#### 4.4 Pola aliran *annular*

Pola *annular* muncul pada  $J_G$  50 m/s sampai 66,3 m/s, bentuk dari pola aliran *annular* sama seperti *slug-annular* hanya saja pola aliran *annular* memiliki gelombang yang lebih kecil dan banyak.

**Tabel 4.10** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 50 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

0,091 m/s	0,149 m/s	0,232 m/s
Arah aliran Udara Lapisan air	Arah aliran Udara Lapisan air	Arah aliran Udara Lapisan air

Pada tabel 4.10 semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan gelombang-gelombang kecil yang berada pada bagian bawah liquid film semakin banyak, hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume cairan yang berada pada mixer membuat udara yang berhasil menembus cairan kemudian menekan cairan sehingga semakin banyak cairan yang masuk membuat gelombang kecil yang semakin banyak.

**Tabel 4.11** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,149 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

50 m/s	58,05 m/s	66,3 m/s
Arah aliran Udara Lapisan air	Arah aliran Udara Lapisan air	Arah aliran Udara Lapisan air

Pada tabel 4.11 semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat gelombang kecil yang berada pada bagian bawah liquid film semakin rata hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume gas pada *mixer* membuat gas akan menekan

cairan sehingga bertambahnya fluida gas membuat cairan semakin tertekan dan mendekati rata.

**Tabel 4.12** Pola aliran *annular* yang terbentuk pada  $J_G = 50$  m/s dan  $J_L = 0,149$  m/s

GL 0	GL 10	GL 20	GL 30

Munculnya pola aliran *annular* terhadap variasi konsentrasi gliserin 0%, 10%, 20% dan 30% tidak begitu jelas perbedaannya, dapat dilihat pada tabel 4.12 semakin bertambahnya nilai konsentrasi gliserin gelombang kecil yang berada pada aliran *annular* bagian liquid film yang bawah gelombang kecilnya agak berkurang dan mendekati rata.

#### 4.5 Pola aliran *churn*

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

**Tabel 4.13** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  tetap 22,6 m/s dan  $J_L$  bervariasi pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

0,7 m/s	0,879 m/s	2,297 m/s

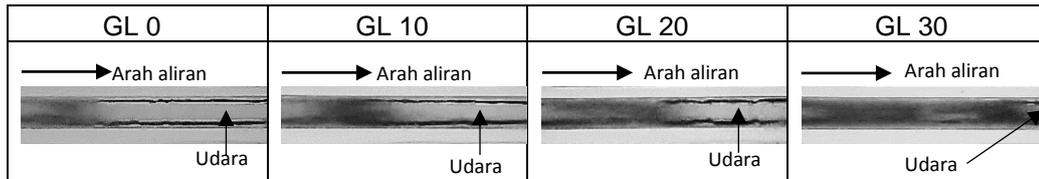
Pada tabel 4.13 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya nilai  $J_L$  membuat kemunculan bayangan hitam yang semakin banyak hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya volume air yang ada dimixer sehingga membuat udara akan sulit untuk keluar ketika udara dapat menembus cairan maka udara tersebut akan terpotong-potong menjadi kecil atau terdispersi sehingga muncul bayangan hitam yang sangat banyak. Fenomena tersebut terjadi pada semua konsentrasi gliserin (0%, 10%, 20% dan 30%)

**Tabel 4.14** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G$  bervariasi dan  $J_L$  tetap 0,7 m/s pada 0% konsentrasi gliserin (GL0)

22,6 m/s	50 m/s	58,05 m/s

Pada tabel 4.14 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya nilai  $J_G$  membuat kemunculan banyangan hitam akan semakin berkurang. Hal tersebut dikarenakan fluida udara yang masuk ke *mixer* semakin besar sedangkan volume cairan tetap sehingga ketika udara semakin bertambah maka udara tersebut dengan sangat mudah menembus fluida cair sehingga menghasilkan bayangan hitam yang sangat sedikit atau dapat dikatakan udara yang terdispersi semakin berkurang

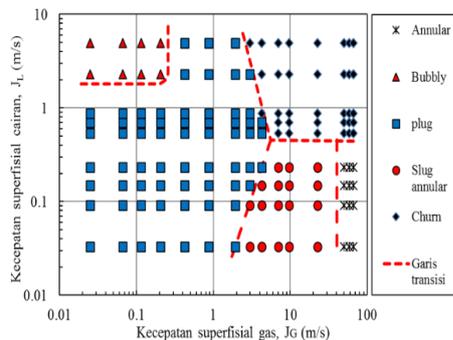
**Tabel 4.15** Pola aliran *churn* yang terbentuk pada  $J_G = 22,6$  m/s dan  $J_L = 0,7$  m/s



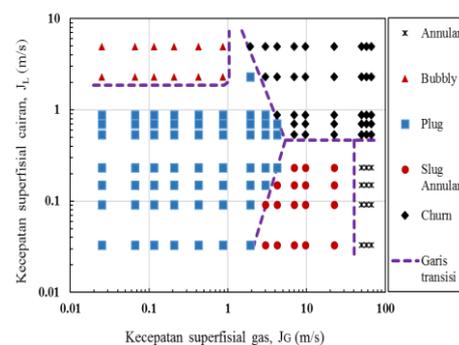
Pada tabel 4.15 menunjukkan semakin bertambahnya konsentrasi gliserin berpengaruh pada gelembung-gelembung yang sangat kecil yang sangat tidak beraturan dan acak, semakin bertambahnya konsentrasi gliserin intensitas munculnya gelembung-gelembung kecil yang acak dan tidak beraturan semakin banyak, hal tersebut dikarenakan semakin kentalnya fluida cair gas yang mencoba menembus cairan sangat susah untuk menembusnya dan ketika dapat menembus udara yang keluar sangat tidak beraturan dan acak.

### 4.6 Peta pola aliran

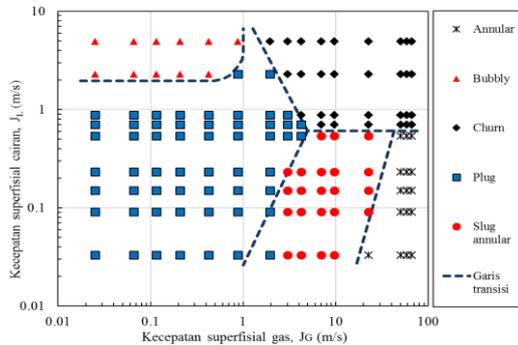
Pola aliran yang teridentifikasi selanjutnya dimasukkan kedalam peta pola aliran, untuk sumbu dimasukkan pada peta pola aliran terdapat dua yaitu X dan Y dimana sumbu X dimasukkan nilai  $J_G$  (kecepatan superfisial gas) dan untuk sumbu Y dimasukkan nilai  $J_L$  (kecepatan superfisial cairan). Nilai minimal untuk sumbu X adalah 0,01 dan nilai maksimalnya adalah 100 dimana didalam pengaturan manor dan minor dibuat 10 dan axis value dibuat 0,01 dengan skala *logarithmic*. Untuk pengaturan pada sumbu Y tidak jauh berbeda dengan sumbu X hanya yang membedakan adalah nilai maksimal dari sumbu Y dibuat 10.



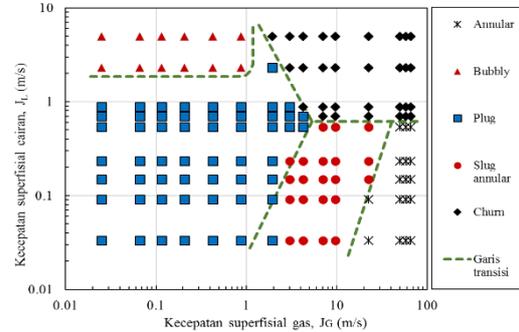
**Gambar 4.1** Peta pola aliran gliserin 0%



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

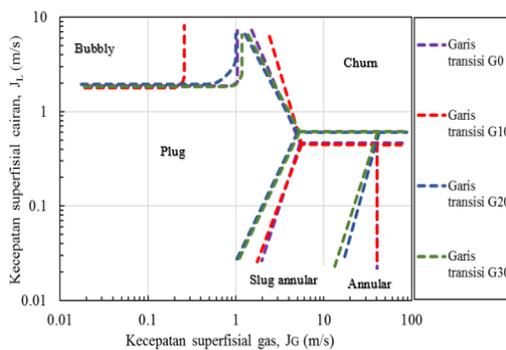


Gambar 4.3 Peta pola aliran gliserin 20%

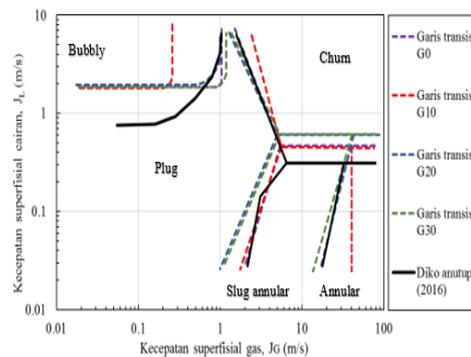


Gambar 4.4 Peta pola aliran gliserin 30%

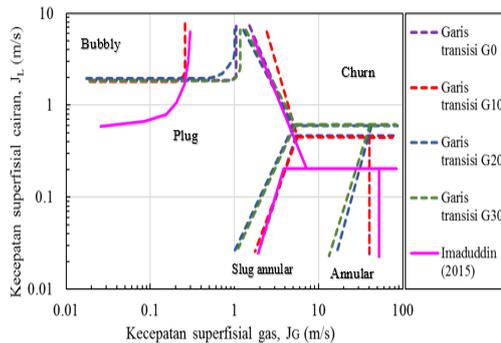
Semakin bertambahnya konsentrasi gliserin berdampak pada kemunculan pola aliran atau luas daerah dari suatu pola aliran. Dapat dilihat pada gambar 4.5 yang merupakan perbandingan peta pola aliran dengan konsentrasi 0%, 10%, 20% dan 30% pada pipa mini berdiameter 1,6 mm dengan kemiringan 30° terhadap posisi horisontal. Semakin bertambahnya konsentrasi gliserin membuat pergeseran pada garis transisi. Pada garis transisi konsentrasi gliserin 10% mengalami penurunan jumlah pola aliran *bubbly* dikarenakan pada konsentrasi gliserin 0% udara lebih mudah untuk memecah air sehingga pola aliran *bubbly* lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi gliserin 10%, namun untuk konsentrasi gliserin 20% dan 30% terjadi pergeseran kekanan karena semakin bertambahnya pola aliran *bubbly* akibat bertambahnya konsentrasi gliserin. Untuk garis transisi antara *slug-annular* dan *annular* pada konsentrasi gliserin 0% dan 10% menunjukkan kesamaan sedangkan untuk konsentrasi gliserin 20 dan 30% menunjukkan pergeseran ke kiri hal tersebut dikarenakan kemunculan pola *annular* yang lebih awal yaitu pada  $J_G$  22,6 m/s. Untuk pergeseran garis transisi antara *slug-annular* dan *plug* juga sama yaitu untuk konsentrasi gliserin 0% dan 10% menunjukkan garis yang sama perbedaan terjadi pada konsentrasi gliserin 20% dan 30%. Hal tersebut juga terjadi pada garis transisi antara *churn* dengan *slug-annular* dan *annular*.



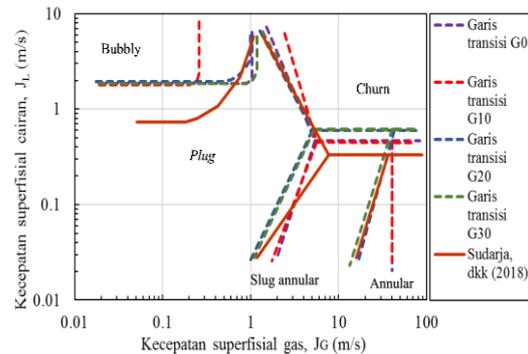
Gambar 4.5 Peta pola aliran gliserin (0%-30%)



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



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



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

Pada perbandingan peta pola aliran dengan penelitian terdahulu tidak ada perubahan yang terlalu signifikan. Hanya saja terjadi pergeseran garis transisi yang tidak begitu jauh dikarenakan penggunaan fluida kerja dan jumlah nilai  $J_L$  yang diambil pada penelitian sedikit berbeda. Dapat dilihat pada gambar 4.6, 4.7 dan 4.8 terjadi pergeseran pada garis transisi antara pola aliran plug dengan *bubbly*, terjadi pengurangan pola aliran *bubbly* dikarenakan jumlah nilai  $J_L$  yang diambil sedikit berbeda. Sedangkan pada gambar 4.7 terjadi pergeseran pada garis transisi antara *churn* dengan *slug-annular* dan *annular*, dapat dilihat terjadi pengurangan kemunculan pola aliran *churn* dikarenakan perbedaan fluida kerja yang digunakan berbeda.

## 5. Kesimpulan

1. Terdapat lima pola yang teridentifikasi pada rentang nilai  $J_G = 0,025 \text{ m/s} - 66,3 \text{ m/s}$  dan nilai  $J_L 0,033 \text{ m/s} - 4,935 \text{ m/s}$  yaitu: *bubbly*, *plug*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*.
  - a. Pola aliran *plug* mulai teridentifikasi pada  $J_G 0,025 \text{ m/s}$  dan  $J_L 0,033 \text{ m/s}$ . luasan daerah pola aliran *plug* berbeda beda pada setiap variasi campuran gliserin, campuran gliserin 30% memiliki luasan daerah pola aliran plug yang paling kecil.
  - b. Pola aliran *bubbly* mulai teridentifikasi pada  $J_G 0,025 \text{ m/s}$  dan  $J_L 2,297 \text{ m/s}$  untuk semua konsentrasi gliserin.
  - c. Pola aliran *slug-annular* mulai teridentifikasi pada  $J_G 3 \text{ m/s}$  dan  $J_L 0,033 \text{ m/s}$ , luas daerah pola aliran *slug-annular* semakin bertambah konsentrasi gliserinnya maka luas daerah akan bertambah.
  - d. Pola aliran *annular* mulai teridentifikasi pada  $J_G 50 \text{ m/s}$  dan  $J_L 0,033 \text{ m/s}$  pada campuran gliserin 0% dan 10%, untuk campuran gliserin 20% dan 30% pola aliran *annular* mulai terbentuk pada  $J_G 22,6$  dan  $J_L 0,033 \text{ m/s}$ .
  - e. Pola aliran *churn* teridentifikasi pada  $J_G$  dan  $J_L$  tinggi, pola aliran *churn* yang paling awal teridentifikasi yaitu pada campuran gliserin 0%, 20% dan 30% dengan nilai  $J_G 1,941 \text{ m/s}$  dan  $J_L 4,935 \text{ m/s}$  sedang untuk konsentrasi gliserin 10% pola aliran *churn* terbentuk pada  $J_G 3 \text{ m/s}$  dan  $J_L 4,935 \text{ m/s}$ .
2. Pengaruh pemberian kemiringan terhadap seksi uji membuat ukuran plug semakin memanjang dan semakin bertambahnya konsentrasi gliserin membuat ukuran plug semakin memendek. Pada pola aliran *bubbly*, semakin bertambahnya konsentrasi gliserin membuat *bubble* semakin kecil dan saling bertempelan pada nilai  $J_G$  dan  $J_L$  yang sama.
3. Hasil perbandingan pada peta pola aliran pemberian kemiringan terhadap seksi uji dan pengaruh variasi campuran gliserin dengan hasil penelitian Anutup (2016),

Imaduddin (2015) dan Sudarja. Dkk (2018) menunjukkan hasil yang baik, dapat dilihat pergeseran garis transisi pola aliran antara plug dan bubbly yang bergeser keatas akibat pemberian kemiringan terhadap seksi uji dan pengaruh variasi campuran gliserin.

## Daftar Pustaka

- [1] Anutup, Diko. 2016. Studi visualisasi pola aliran dan peta pola aliran dua fase udara-aquades/gliserin pada saluran mini horizontal berukuran 1,6 mm.
- [2] Imaduddin, Muhammad Hasan. 2015. Analisis pola aliran dua fasa fluida air-udara pada saluran mini horizontal.
- [3] Izwan Ismail, A. S., Ismail, I., Zoveidavianpoor, M., Mohsin, R., Piroozian, A., Misnan, M. S., & Sariman, M. Z. (2015). Experimental investigation 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.
- [4] Kawahara, A. (2002). Investigation of two-phase flow pattern , void fraction and pressure drop in a microchannel, 28, 1411–1435.
- [5] Korawan, A. D. (2015). POLA ALIRAN DUA FASE ( AIR + UDARA ) PADA PIPA HORIZONTAL DENGAN VARIASI KECEPATAN SUPERFISIAL AIR Keywords : Abstract :, 14(September), 57–63.
- [6] Kim, S., & Yong, S. (2015). Split of two-phase plug flow with elongated bubbles at a microscale branching T-junction. *Chemical Engineering Science*, 134, 119–128.
- [7] Noverdi, Raditia. 2014. Studi visualisasi pola aliran dua fase air-udara pada pipa mini horizontal.
- [8] Lu, Q., Chen, D., & Wang, Q. (2015). Visual investigation on the interface morphology of Taylor bubble and the characteristics of two-phase flow in mini-channel. *Chemical Engineering Science*, 134, 96–107.
- [9] Siregar, Dian Indra Satria. 2016. Studi pola aliran dua fase udara-campuran air dan butanol pada saluran mini horizontal.
- [10] Sudarja, dkk. (2018). The effect of liquid viscosity on the gas-liquid two-phase flow pattern in horizontal mini-channel ., 030010.
- [11] Saisorn, S., & Wongwises, 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.
- [12] Sukamta. (2010). Semesta teknika : jurnal ilmiah Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Semesta Teknika*, 13(1), 83–94.
- [13] 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.