

# INVESTIGASI GRADIEN TEKANAN DUA FASE UDARA AIR DAN GLISERIN (40-70%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 15<sup>0</sup> TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Rizal Fakhriadi<sup>1</sup>, Sudarja<sup>2</sup>, Sukamta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
e-mail : [rizalfakh1212@gmail.com](mailto:rizalfakh1212@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Yogyakarta 55183

---

## Abstract

Two-phase flow is found in everyday life as well as in the field of industry. The flow of two-phase consists of 3 phases namely liquid-solid, gas-liquid and gas-solid. The basic characteristics of the two-phase flow include flow pattern and flow pattern maps, void fraction, and pressure gradient. This research will discuss the pressure gradient. In medicine, a pressure gradient is used to find out the difference of the pressure system of the blood flow in the human body. Some problems of the pressure gradient are the superficial velocity and viscosity of the fluid mixture flow.

This research uses a capillary pipe with a diameter of 1.6 mm. The fluid used was an air-water mixture and glycerin with a presentation of 40%, 50%, 60%, and 70%. This research was conducted to find out the effect of superficial gas velocity ( $J_G$ ) and liquid ( $J_L$ ) and the effect of viscosity on the pressure gradient. The data is measured with a pressure gradient using a pressure transducer.

The result of this research shows that the value of the pressure gradient is affected by the amount of liquid or gas superficial velocity. Pressure gradient will increase due to the effect of  $J_L$  with the range 0.15; 0.88; 2.30 [m/s] and variations of  $J_G$  0-66.3 [m/s]. Pressure gradient also increased due to the effect of  $J_G$  with a range of 0.07; 7.00; 22.60 [m/s] and variations of the  $J_L$  0.03-4,94 [m/s]. Apart from superficial velocity, viscosity value of the mixture of water and glycerin also effect on pressure gradient. On the GL 40%, 50%, 60% and 70% with  $J_G = 0.066$  [m/s] and the  $J_L = 0.7$  [m/s] indicates an increase in the value of the pressure gradient due to the increase in the viscosity of the mixture of water and Glycerin.

**Keywords:** two-phase, pressure gradient, superficial velocity, viscosity, capillary pipe

---

## 1. Pendahuluan

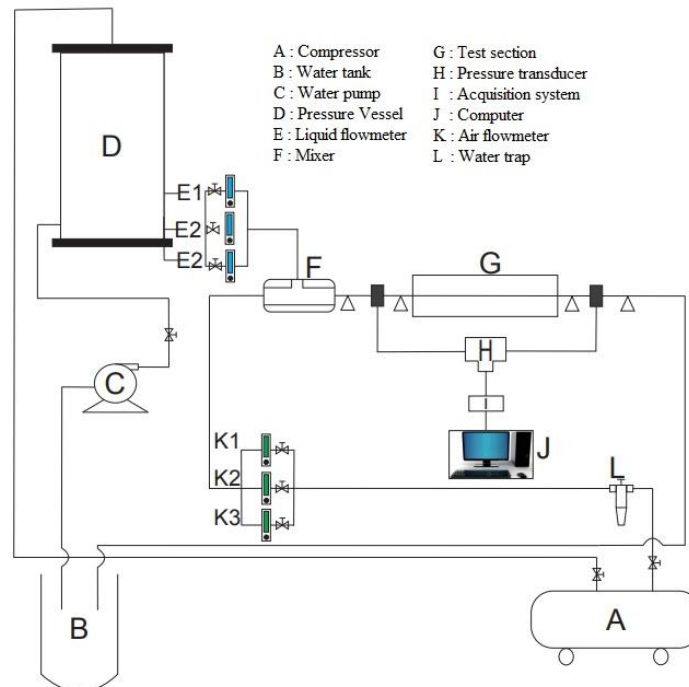
Aliran dua fase ini banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam bidang industri. Aliran dua fase dapat dibedakan dalam dua kategori yaitu fase-fase yang terdapat didalamnya dan juga arah aliran. Pada aliran multifase terdiri dari 3 fase yaitu cair-padat, gas-cair dan gas-padat. Aliran dua fase dapat terjadi pada saluran berbentuk pipa dengan berbagai ukuran mulai dari ukuran besar (*large channel*) hingga nano (*nano channel*). Pada bidang industri aliran dua fase pada pipa kapiler diaplikasikan pada alat penukar kalor (*heat exchanger*), evaporator, kondensor, *Micro Electro Mechanical System (MEMS)* dan lain-lain, sedangkan pada kedokteran adalah sistem aliran darah yang terdapat dalam tubuh manusia.

Karakteristik dasar aliran dua fase pada pipa kapiler meliputi: pola aliran (*flow pattern* atau *flow regime*) dan peta pola aliran (*flow pattern map*), fraksi hampa (*void fraction*), dan perubahan tekanan (*pressure gradient* dan *pressure drop*). Berbagai percobaan telah dilakukan untuk melakukan penelitian mengenai aliran dua fase. Penelitian yang dilakukan oleh para peneliti tersebut umumnya pada pipa berukuran normal hingga besar. Fukano dan Kariyasaki (1993) meneliti tentang karakteristik aliran dua fase gas-air pada pipa kapiler dengan diameter 1 mm, 2.4 mm dan 4.9 mm. Ali dkk. (1993) menunjukkan data penelitian penurunan tekanan dalam bentuk faktor gesekan satu fase maupun dua fase. Triplett dkk. (1999) melakukan eksperimen tentang fraksi hampa dan penurunan tekanan akibat gesekan aliran dua fase pada pipa berdiameter dalam

1,1 mm dan 1,45 mm. Lee dan Lee (2001) mengusulkan korelasi baru untuk *pressure drop* dua fase melalui saluran persegi panjang posisi horizontal dengan penurunan celah. Kawahara (2002) melakukan investigasi eksperimental pada karakteristik aliran dua fase pada pipa berdiameter 100 mikrometer. Wongwises dan Pipathatta (2006) melakukan eksperimen tentang pola aliran, penurunan tekanan dan fraksi hampa pada aliran dua fase pipa *horizontal* dan miring saluran annular celah mini dengan diameter luar 12,5 mm dan diameter dalam 8 mm. Saisorn & Wongwises (2008) melakukan investigasi pada karakteristik aliran dua fase (*flow pattern, void fraction and pressure drop*) dalam sebuah *micro circular channel* dengan diameter 0,53 mm pada posisi *horizontal*. Barreto dkk. (2015) meneliti tentang analisis *pressure drop* dan fraksi hampa aliran dua fase pada saluran berukuran mikro. Abubakar et al. (2015) mengatakan bahwa gradien tekanan akan meningkat seiring dengan peningkatan viskositas campuran. Gunawan dkk. (2015) melakukan eksperimen mengenai perbedaan tekanan pada pipa *acrylic* dengan diameter dalam 26 mm. Sudarja dkk. (2016) melakukan penelitian tentang gradien tekanan aliran dua fasa gas-air dengan larutan gliserin sebesar 20% pada pipa kaca dengan diameter dalam 1,6 mm. Informasi mengenai gradien tekanan pada pipa kapiler dengan variasi viskositas masih sangat kurang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai pengaruh kecepatan superfisial dan pengaruh viskositas campuran air-gliserin (40 %, 50%, 60%, dan 70%) terhadap gradien tekanan pada pipa kapiler posisi *horizontal* dengan kemiringan 15°.

## 2. Metode Penelitian

Skema alat yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan Gambar 2.1 Pada skema tersebut terdiri dari beberapa komponen yaitu: tangki air, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, *test section*, *water trap*, *mixer*, dan konektor. Peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *amplifier*, *optical correction box*, kamera, komputer, *video processing system*, dan *acquisition system*. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *flowmeter* air, *flowmeter* udara, *temperature indicator*, *Thermocouple*, *pressure indicator*, dan *pressure transducer*. Untuk pengambilan gambar video aliran, digunakan kamera berkecepatan tinggi merk Nikon tipe J4, dengan kecepatan 1200 fps dan resolusi 640 x 480 pixel. Akuisisi data dari “National Instrument” digunakan untuk mengkonversi data dari analog menjadi digital, agar dapat direkam, disimpan, diolah, dan dianalisa pada komputer. Kondisi penelitian adalah adiabatik. Eksperimen dilakukan pada kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dengan interval 0,025 – 66,3 m/s, dan kecepatan superfisial cairan ( $J_L$ ) dengan interval 0,033 – 4,935 m/s.

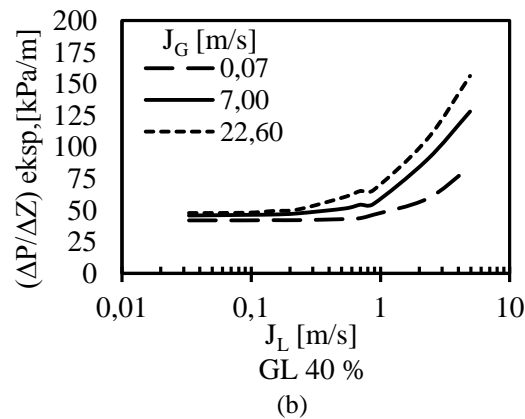
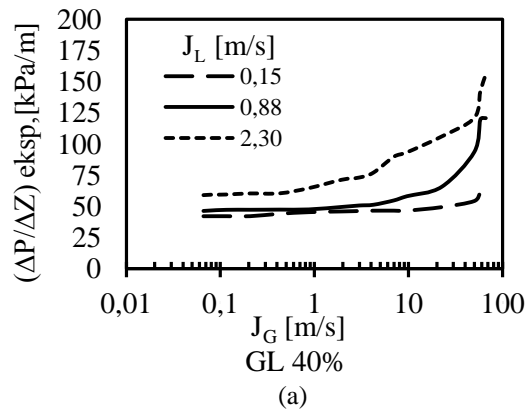


Gambar 2.1 Skema instalasi penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

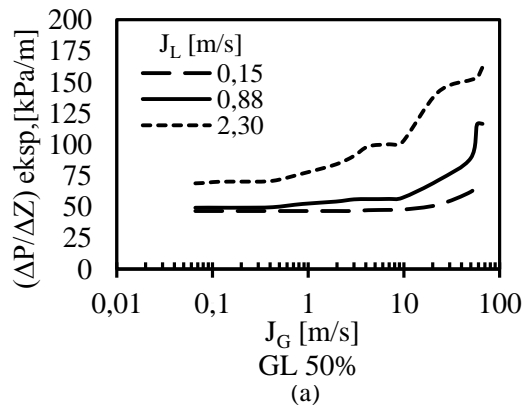
Penelitian ini membahas tentang penurunan tekanan per satuan panjang (gradien tekanan) aliran dua fase pada pipa kapiler dengan diameter 1,6 mm dengan variasi viskositas dan variasi  $J_G$ - $J_L$ . Variasi viskositas dilakukan dengan cara memberikan campuran dengan presentase gliserin 40%, 50%, 60% dan 70%. Data gradien tekanan diambil dengan menggunakan sensor pada *pressure transducer* (PT). Setelah dilakukan penelitian maka didapatkan beberapa data sesuai dengan variasi kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ), selain variasi kecepatan superfisial, variasi viskositas juga dilakukan pada penelitian ini.

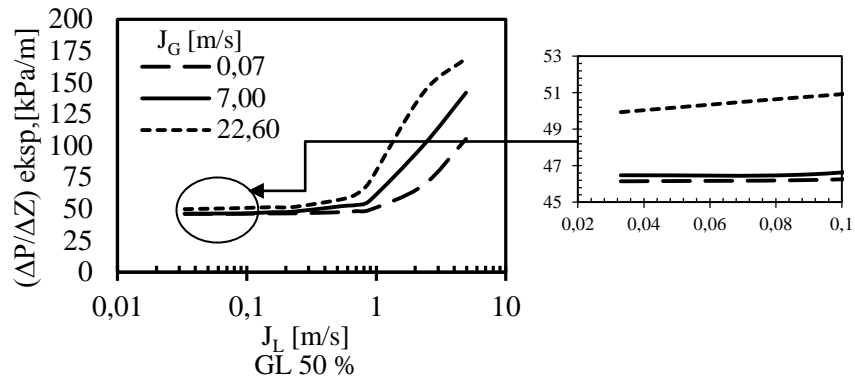
#### 3.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Campuran Air dan Gliserin 40%



Gambar 3.1 (a) Pengaruh  $J_L$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_G$ , (b) Pengaruh  $J_G$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_L$  pada viskositas GL 40 %

#### 3.2 Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Campuran Air dan Gliserin 50%

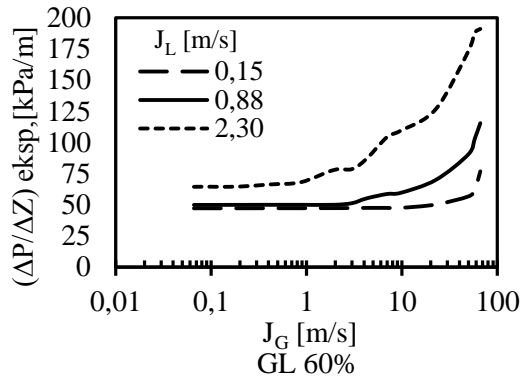




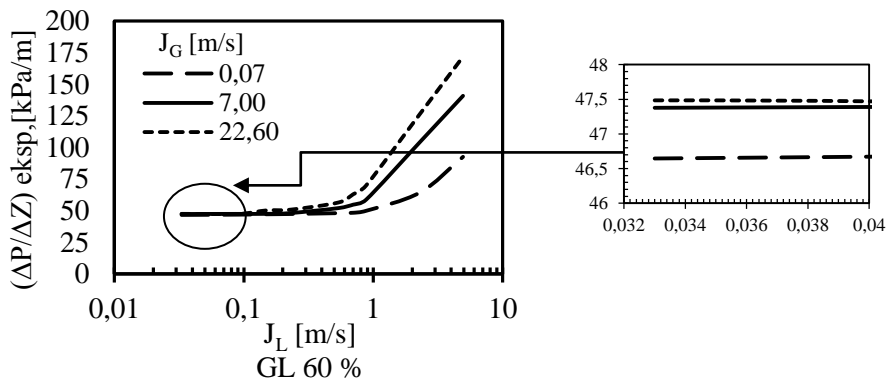
(b)

Gambar 3.2 (a) Pengaruh  $J_L$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_G$ , (b) Pengaruh  $J_G$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_L$  pada viskositas GL 50 %

### 3.3 Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Campuran Air dan Gliserin 60%



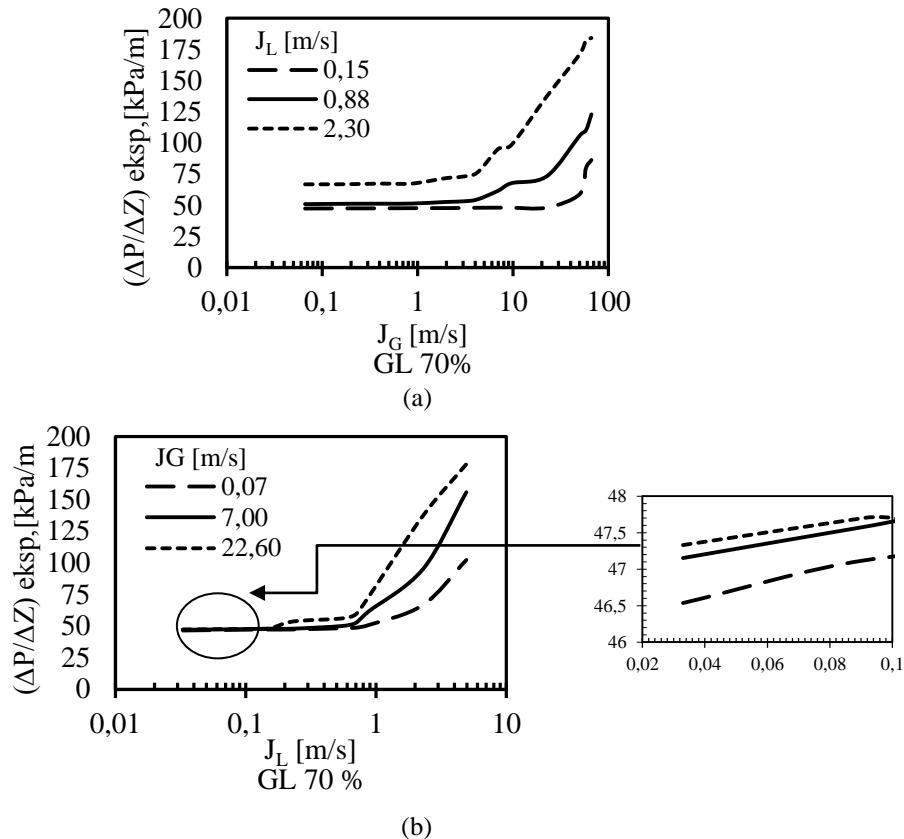
(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Pengaruh  $J_L$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_G$ , (b) Pengaruh  $J_G$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_L$  pada viskositas GL 60 %

### 3.4 Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Campuran Air dan Gliserin 70%

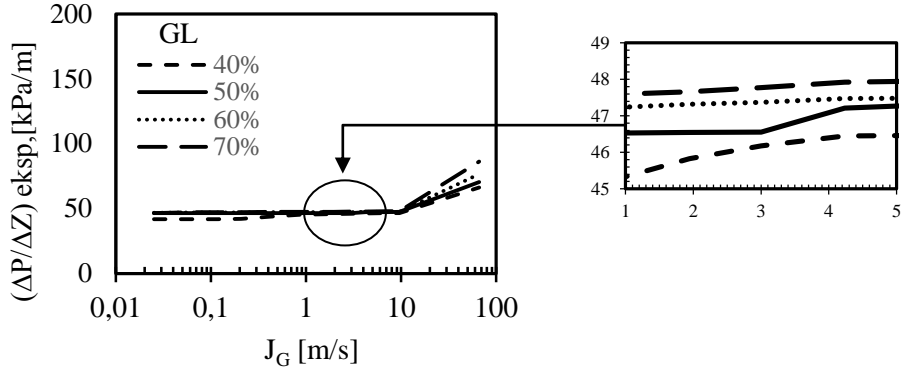


Gambar 3.4 (a) Pengaruh  $J_L$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_G$ , (b) Pengaruh  $J_G$  terhadap gradien tekanan dengan variasi  $J_L$  pada viskositas GL 70 %

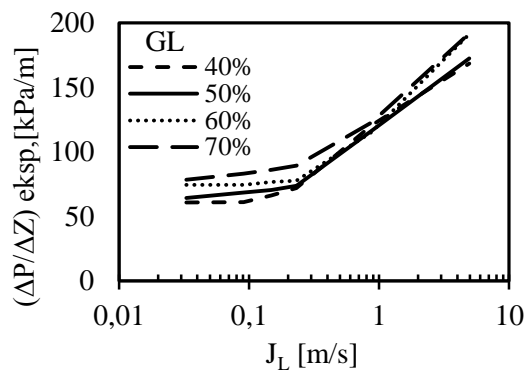
Dengan memberikan variasi terhadap kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ) dan kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ). Variasi ini dilakukan agar dapat diketahui bagaimana efek yang ditimbulkan akibat kenaikan ataupun penurunan kecepatan superfisial terhadap gradien tekanan. Pada penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan kecepatan superfisial yang bervariasi baik itu gas maupun cair. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan pengaruh dari perubahan kecepatan superfisial terhadap nilai gradien tekanan pada pipa kapiler dengan diameter 1,6 mm.

Gambar 3.1(a) - 3.4(a) menunjukkan pengaruh dari kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ) pada variasi kecepatan superfisial gas ( $J_G$ ). Kecepatan superfisial diukur dengan menggunakan rotameter udara dan *liquid* dengan tiga rentang  $J_L$  (0,149; 0,879 dan 2,297 [m/s]) dan dengan mevariasikan  $J_G$  (0-66,3 [m/s]) pada setiap  $J_L$ , sedangkan Gambar 3.1(b) – 4.4(b) menunjukkan pengaruh dari  $J_L$  pada variasi  $J_G$ . Dari data tersebut dapat diketahui bahwa gradien tekanan ( $\Delta P/\Delta Z$ ) merupakan fungsi dari  $J_G$  dan  $J_L$ . Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat diketahui apabila kecepatan superfisial gas ( $J_g$ ) mengalami peningkatan maka nilai dari gradien tekanan akan ikut meningkat. Demikian juga apabila kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ) mengalami peningkatan maka gradien tekanan juga akan semakin besar.

**3.5 Pengaruh Viskositas Cairan Terhadap Gradien Tekanan**

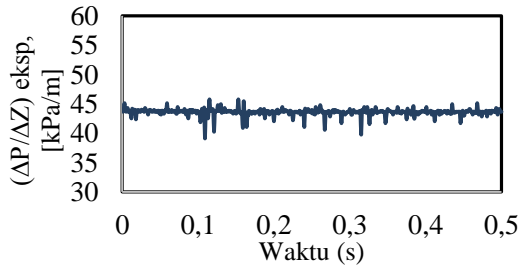


(a)

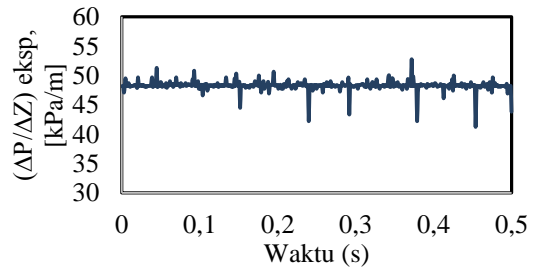


(b)

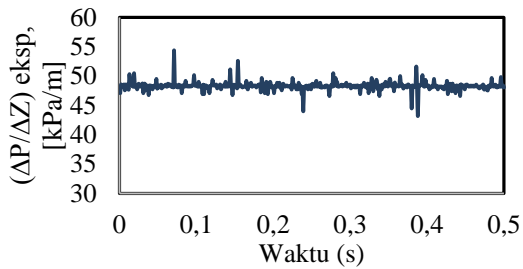
Gambar 3.5 (a) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada  $J_L$  0,149 m/s dan  $J_G$  bervariasi, (b) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada  $J_G$  66,3 m/s dan  $J_L$  bervariasi



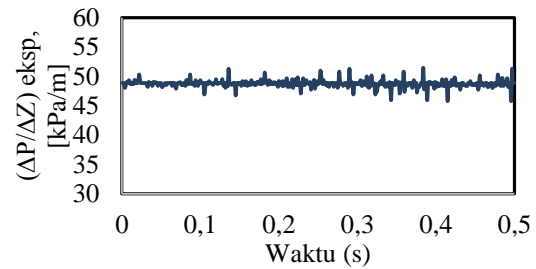
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3.6 Time series gradien tekanan pada  $J_G = 0,066$  [m/s] dan  $J_L = 0,7$  [m/s] (a) GL 40%, (b) GL 50%, (c) GL 60% dan (d) GL 70%

Variasi viskositas dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi gliserin (GL) pada campuran air dengan udara. Viskositas GL yaitu 40 % dengan campuran air 60 % dan gliserin 40 %, GL 50 % campuran air-gliserin 50%, GL 60% dengan campuran air-gliserin 60% dan GL 70% dengan campuran air-gliserin 70%. Gambar 3.5 menunjukkan bahwa viskositas gliserin sangat berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan. Dari gambar tersebut dapat diketahui apabila viskositas mengalami kenaikan, maka nilai gradien tekanan juga akan mengalami peningkatan.

Gradien tekanan juga dapat dilihat dari data *time series*. Gambar 3.6 menunjukkan grafik *time series* pada  $J_G = 0,066$  [m/s] dan  $J_L = 0,7$  [m/s] membandingkan antara nilai gradien tekanan terhadap waktu yang diambil selama 0,5 detik. Pada Gambar 3.6 (a) menunjukkan grafik *time series* pada GL 40%, 3.6(b) grafik *time series* pada GL 50%, 3.6(c) pada GL 60% dan 3.6(d) pada GL 70% dengan nilai gradien tekanan rata-rata masing-masing 43,62661; 48,28149; 48,3075 dan 48,78016 kPa/m. Gambar 3.6(a) – 3.6(d) dapat dilihat bahwa seiring dengan meningkatnya viskositas gliserin, maka nilai gradien tekanan yang dihasilkan akan mengalami kenaikan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada aliran dua fase, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kecepatan superfisial gas ( $J_g$ ) maupun kecepatan superfisial *liquid* ( $J_L$ ) sangat berpengaruh terhadap nilai dari gradien tekanan. Gradien tekanan mengalami peningkatan akibat pengaruh  $J_L$  dengan rentang yaitu 0,15; 0,88; 2,30 m/s dan variasi  $J_G$  0-66,3 m/s. Gradien tekanan juga meningkat akibat pengaruh dari  $J_G$  dengan rentang 0,07; 7,00; 22,60 m/s dan variasi  $J_L$  0,03-4,94 m/s.
2. Viskositas gliserin sangat berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan. Dari data hasil penelitian pada GL 40 %, 50%, 60% dan 70% dengan  $J_G = 0,066$  [m/s] dan  $J_L = 0,7$  [m/s] menunjukkan peningkatan nilai gradien tekanan akibat kenaikan viskositas gliserin.

#### Daftar Pustaka

- Abubakar, A., Al-Wahaibi, Y., Al-Wahaibi, T., Al-Hashmi, A., Al-Ajmi, A., & Eshtrati, M. (2015). Effect of Low Interfacial Tension on Flow Patterns, Pressure Gradients and Holdups of Medium-Viscosity Oil/Water Flow in Horizontal Pipe. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 68, 58–67.
- Ali, M. I., Sadatomi, M., & Kawaji, M. (1993). Adiabatic Two-Phase Flow in Narrow Channels Between Two Flat Plates, 71, 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 Microchannel. *International Journal of Multiphase Flow*, 72, 1–10.
- Dukler, A. E., Wicks, M., & Cleveland, R. G. (1964). Frictional Pressure Drop in Two-Phase Flow : A . A Comparison of Existing Correlations for Pressure Loss and Holdup. *A.I.Ch.E. Journal*, 10(1), 38–43.
- Fukano, T., & Akira Kariyasaki. (1993). Characteristics of Gas -Liquid Two-Phase Flow in a Capillary Tube, 141(Nuclear Engineering and Design), 59–68.
- Gunawan, D., Hudaya, A. Z., Teknik, F., & Mada, U. G. (2015). Tegangan Geser Antarmuka Pada Aliran Stratified Air, 10(1), 32–40.
- Kawahara, A. (2002). Investigation of Two-Phase Flow Pattern, Void Fraction and Pressure Drop in a Microchannel. *International Journal of Multiphase Flow*, 28, 1411–1435.
- Lee, H. J., & Lee, S. Y. (2001). Pressure Drop Correlations For Two-Phase flow Within Horizontal Rectangular Channels with Small Height. *International Journal of Multiphase Flow*, 27, 783–796.
- Mishima, K., & Hibiki, T. (1996). Some Characteristics Of Air-Water Two-Phase Flow in Small Diameter Vertical Tubes. *Int. J. Multiphase Flow*, 22(4), 703–712.
- Saisorn, S., & Wongwises, S. (2008). Flow Pattern, Void Fraction and Pressure Drop of Two-Phase Air-Water Flow in Circular Micro-Channels. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34(4), 454–462.
- Sudarja, Jayadi, F., Indarto, & Deendarlianto. (2016). Karakteristik Gradien Tekanan Pada Aliran Dua-Fase Udara-Campuran Air dan 20 % Gliserin Dalam Pipa Horizontal Berukuran Mini. *Proceeding National Symposium on Thermofluids, VIII*.

- Triplett, K. A., Ghiaasiaan, S. M., Abdel-Khalik, S. I., LeMouel, A., & McCord, B. N. (1999). Gas-Liquid Two-Phase Flow in Microchannels Part II: Void Fraction and Pressure Drop. *International Journal of Multiphase Flow*, 25(3), 395–410.
- Wongwises, S., & Pipathattakul, M. (2006). Flow Pattern, Pressure Drop and Void Fraction of Two-Phase Gas-Liquid Flow in an Inclined Narrow Annular Channel. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 30(4), 345–354.