

INVESTIGASI GRADIEN TEKANAN DUA FASE UDARA - AIR DAN GLISERIN (40-70%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 5° TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Sukamta^a, Irvandi Eka Setyawan^b, Sudarja^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183
^amsukamta@gmail.com, ^birvandy19@gmail.com, ^csudarja_msn@yahoo.com

Abstract

Two-phase flow is part of a general multiphase flow that consists of several phases of the flow that is gas-liquid, liquid-solid and solid-gas. The basic characteristics of two-phase flow that is flow pattern, flow pattern maps, void fraction, and pressure gradient. On this research will be discussed about the investigation of pressure gradient on two-phase flow. Pressure gradient used on piping industrial world to know fluid pressure difference on the pipe. The problems pressure gradient is the influence of superficial fluid velocity and viscosity.

This research was on a glass pipe has a diameter of 1.6 mm with a slope of 5°. The condition of the system is not affected by the environment (adiabatic) at room temperature 27° C in a steady state. The materials used in this research is air and water with a mixture of 40%, 50%, 60%, and 70% Glycerin. A device used to measure the pressure drop is a pressure transducer. The data generated in the pressure transducer is still in the form of voltage, then converted into pressure.

The data obtained is the increased pressure gradient caused by increasing superficial velocity. The effect of viscosity on the pressure gradient can be seen in the time series graph. Experience increased pressure gradient caused by the increasingly large viscosity. Pressure gradient on $J_G = 0,116$ m/s $J_L = 0,149$ m/s with a viscosity of 40% produces an average pressure gradient 45,24 kPa/m, while the viscosity of 50%, 60% and 70%, the average pressure gradients resulting 47,59; 47,61; and 47,75 [kPa/m]. It shows the increasing viscosity of the resulting pressure gradient then will be increased.

Keywords: Two-phase flow, pressure gradient, supervicial velocity, multiphase, viscosity

1. Pendahuluan

Aliran dua fase adalah bagian dari aliran multi fase yang terdiri dari beberapa fase yaitu gas-cair, cair padat, dan padat-gas. Posisi saluran yang digunakan untuk aliran dua fase bervariasi yaitu pada posisi tegak, mendatar dan miring. Ada beberapa ukuran pipa yang digunakan pada aliran dua fase diantaranya, pipa berukuran besar (*large channel*), pipa konvensional (*conventional channel*), pipa mini (*mini channel*), pipa mikro (*micro channel*), dan yang paling kecil yaitu pada pipa berukuran nano (*nano channel*). Aliran dua fase dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, pada proses industri, dan pada ilmu kesehatan (biomedik) lain-lain. Contoh dari aliran dua fasa yang ada pada ilmu kesehatan (biomedik) terdapat pada sistem peredaran darah manusia.

Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai investigasi gradien tekanan pada aliran dua fase udara-air dan gliserin (40-70%). Definisi dari gradien tekanan adalah penurunan tekanan per satuan panjang jalur aliran. Gradien tekanan dan holdup dalam aliran dua fasa udara-air dengan arah horizontal yang dilakukan oleh (Badie dkk., 2000) untuk membandingkan gradien tekanan dan data holdup menggunakan prediksi dari '*apparent rough surface*' (ARS) dan model '*double-circle*'. Penelitian tentang penurunan tekanan pada aliran dua fasa dengan menggunakan saluran mikro menghasilkan meningkatnya gradien tekanan yang disebabkan oleh meningkatnya

kecepatan superfisial, hal tersebut dilakukan oleh (Kawahara dkk., 2002). Penelitian tentang studi eksperimental pada aliran dua fase dan penurunan tekanan dalam saluran berukuran mini dilakukan oleh (Hassan dkk., 2006). Penelitian tentang karakteristik aliran udara-air, termasuk pola aliran dua fase, fraksi hampa, dan *pressure drop* dilakukan oleh (Wongwises & Saisorn, 2008) pada pipa melingkar dengan diameter dalam pipa 0,53 mm berbahan silika. Penelitian tentang penurunan tekanan dari aliran *dry-plug* dua fase (kondisi dinding kering pada bagian-bagian gas) dalam saluran mini dilakukan oleh (Lee & Lee, 2010). Penelitian tentang penurunan tekanan (*pressure drop*) aliran dua fase dengan menggunakan fluida gas dan minyak dilakukan oleh (Khaledi dkk., 2014). Penelitian pola aliran dan penurunan tekanan air yang mengalir dengan campuran minyak yang memiliki viskositas rendah pada pipa horizontal dilakukan oleh (Mukhaimer dkk., 2015). Gradien tekanan akan meningkat seiring dengan peningkatan viskositas campuran, hal tersebut diungkapkan oleh (Abubakar dkk., 2015) pada penelitiannya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Ismail dkk., 2015) Penurunan tekanan dan penumpukan cairan terjadi pada laju aliran yang berbeda dari aliran dua fasa minyak-air. Penelitian dengan viskositas yang lebih besar menghasilkan perbedaan tekanan yang semakin besar apabila dibandingkan dengan fluida yang memiliki viskositas yang kecil, hal itu dapat dilihat pada *pressure drop* yang semakin besar dikarenakan viskositasnya yang semakin besar. Penelitian tentang karakteristik gradien tekanan pada aliran dua fasa udara-campuran air dan 20% gliserin pada pipa kaca horizontal berdiameter 1,6 mm dilakukan oleh (Sudarja dkk., 2016) dengan tujuan mengetahui pengaruh kecepatan superfisial gas dan cairan terhadap gradien tekanan.

2. Metode

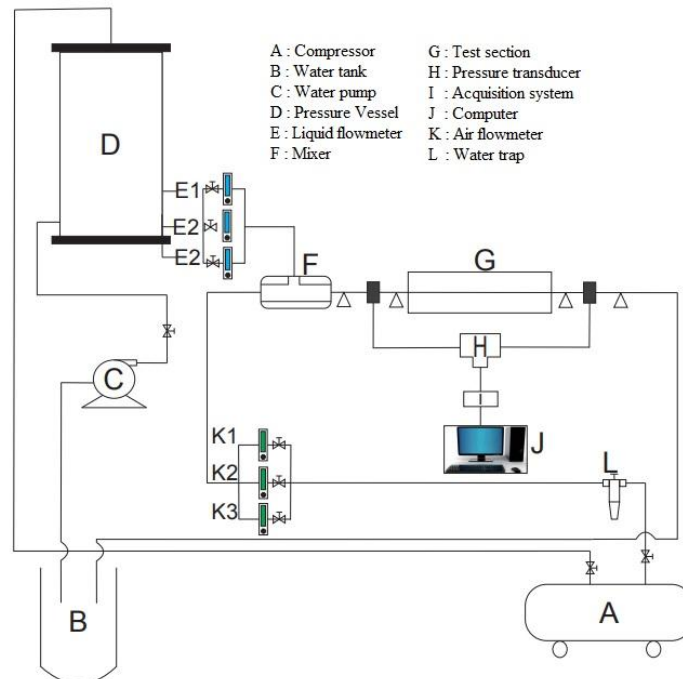
Skema alat uji yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Komponen-komponen yang ada pada alat tersebut yaitu seksi uji, *mixer*, kompresor udara, pompa, *flowmeter* gas, *flowmeter* cairan, sensor tekanan, kamera berkecepatan tinggi, dan komputer. Pipa yang digunakan menggunakan pipa berbahan kaca dengan diameter dalam 1,6 mm. Posisi pipa dipasang dengan kemiringan 5° terhadap posisi horizontal.

Alat yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur beda tekanan atau penurunan tekanan pada sistem adalah *pressure transducer* dengan merek Validyne yang dihubungkan dengan sisi masuk dan sisi keluar seksi uji. Data yang dihasilkan oleh *pressure transducer* masih berupa data analog. Data analog kemudian dirubah menjadi data digital menggunakan data akuisisi dari advantech. Kalibrasi dilakukan sebelum *pressure transducer* digunakan dengan menggunakan manometer vertikal (manometer kolom air) pada kondisi statis.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu fluida gas dan fluida cair. Fluida gas menggunakan udara kering bertekanan yang dihasilkan kompresor. Untuk fluida cair menggunakan campuran air dengan gliserin sebanyak 40%, 50%, 60%, dan 70%. Penelitian ini dilakukan pada kecepatan superfisial gas (J_G) = 0-66,3 [m/s], dan kecepatan superfisial cairan (J_L) = 0,033-4,935 [m/s].

Tabel 1. Sifat-sifat fisik fluida cair

Fluida	Specific gravity	Kinematic viscosity [mm ² /s]	Surface tension [N/cm ²]	Index
Air+40% gliserin	1,1114	3,32	58,6	G40
Air+50% gliserin	1,1421	5,505	57,5	G50
Air+60% gliserin	1,1671	9,393	56,4	G60
Air+70% gliserin	1,1896	16,98	53,9	G70

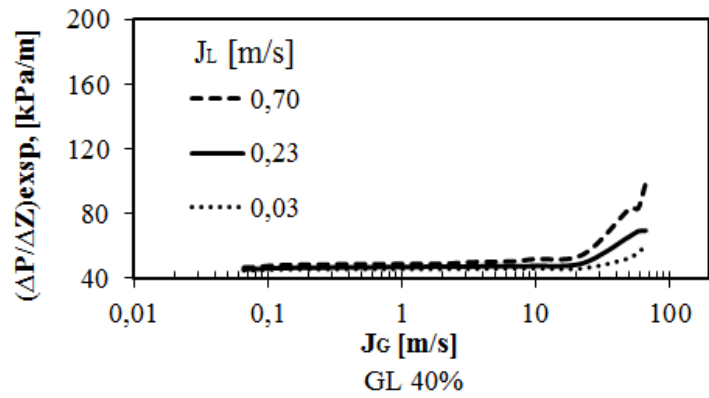


Gambar 1. Skema alat penelitian

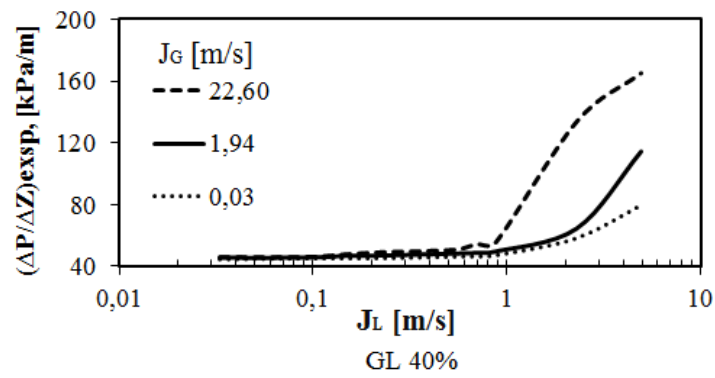
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian tentang investigasi gradien tekanan ini dilakukan dengan pia mini berdiameter 1,6 mm yang dipasang pada kemiringan 5° terhadap posisi horizontal. Variasi yang digunakan terdiri dari variasi viskositas, variasi kecepatan superfisial gas (J_G) dan *liquid* (J_L). Variasi viskositas yang digunakan yaitu campuran yaitu campuran air dengan gliserin 40%, 50%, 60%, dan 70%.

Untuk menunjukkan pengaruh kecepatan superfisial gas dan *liquid* terhadap gradien tekanan, maka dilakukan dengan variasi J_G dan J_L . Pada Gambar 2(a), 3(a), 4(a), dan 5(a) menunjukkan peningkatan gradien tekanan pada J_L tetap dengan variasi J_G . Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan superfisial gas dan *liquid* adalah rotameter dengan rentang 3 J_L (0,03; 0,23; dan 0,70 [m/s]) dan variasi J_G (0-66,3 [m/s]) pada setiap J_L . Gradien tekanan dengan kecepatan superfisial gas (J_G) tetap dan variasi kecepatan superfisial *liquid* (J_L) ditunjukkan pada Gambar 2(b), 3(b), 4(b), dan 5(b). Cara pengukurannya sama dengan J_L tetap menggunakan rotameter pada rentang 3 J_G (0,03; 1,94; dan 22,60 [m/s]) dan variasi J_L (0,033-4,935 [m/s]). Dari delapan gambar tersebut terlihat bahwa kecepatan superfisial berpengaruh terhadap gradien tekanan. Data yang dihasilkan yaitu semakin tingginya kecepatan superfisial gas maupun *liquid* maka gradien tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Naiknya gradien tekanan disebabkan oleh naiknya kecepatan superfisial gas dan *liquid* yang menyebabkan naiknya kecepatan superfisial total (*total volumetric flux*).

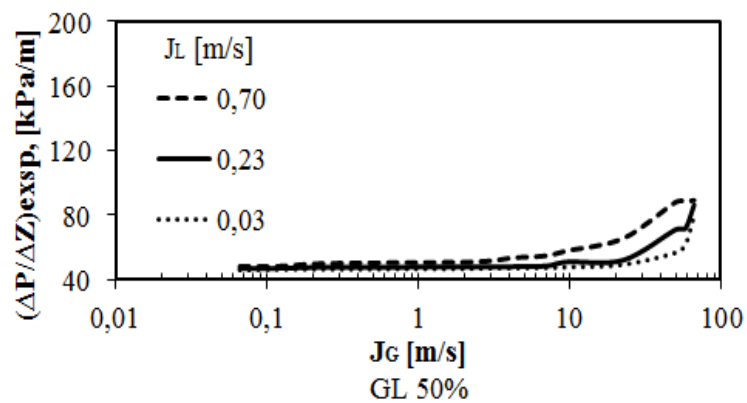


(a)

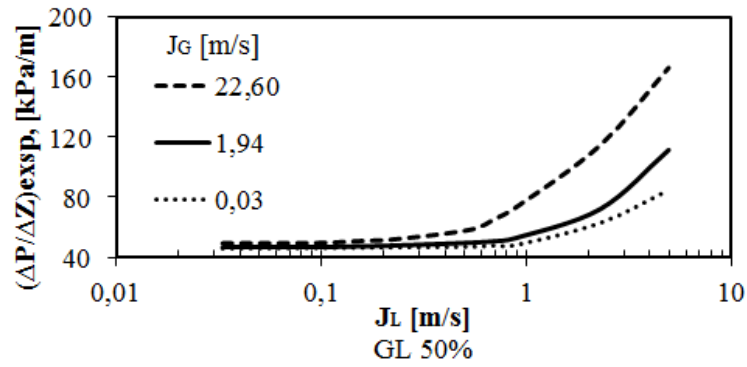


(b)

Gambar 2. Gradien tekanan pada (a) $J_G = 0-66,3$ [m/s] dengan rentang 3 J_L (0,70; 0,23; dan 0,03 [m/s]), (b) $J_L = 0,033-4,935$ [m/s] dengan rentang 3 J_G (22,60; 1,94; dan 22,60 [m/s]), campuran gliserin 40%

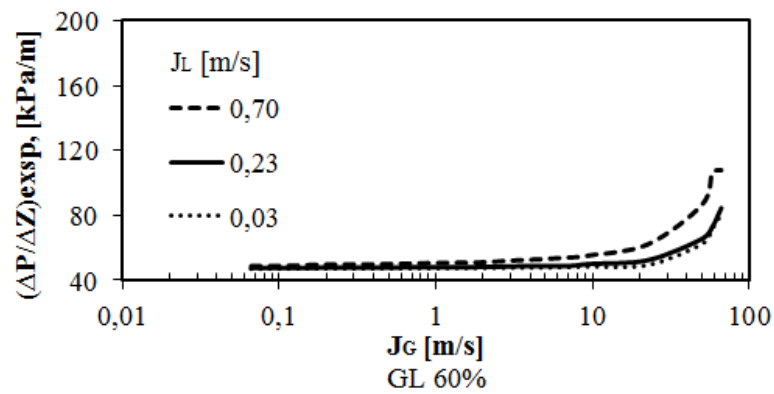


(a)

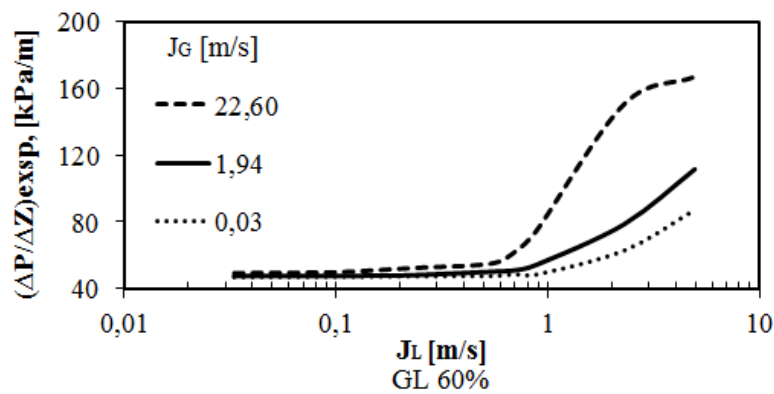


(b)

Gambar 3. Gradien tekanan pada (a) $J_G = 0-66,3$ [m/s] dengan rentang 3 J_L (0,70; 0,23; dan 0,03 [m/s]), (b) $J_L = 0,033-4,935$ [m/s] dengan rentang 3 J_G (22,60; 1,94; dan 22,60 [m/s]), campuran gliserin 50%

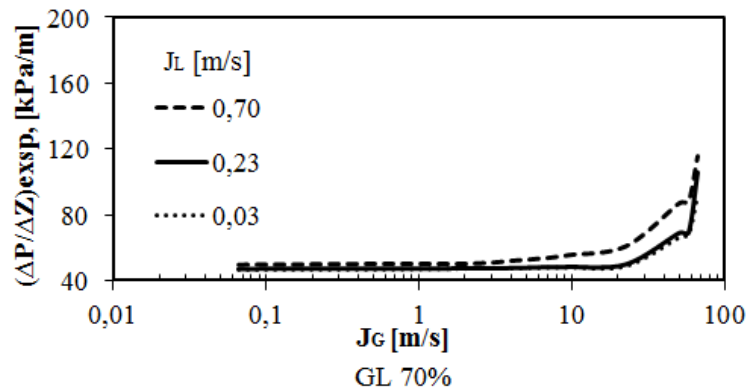


(a)

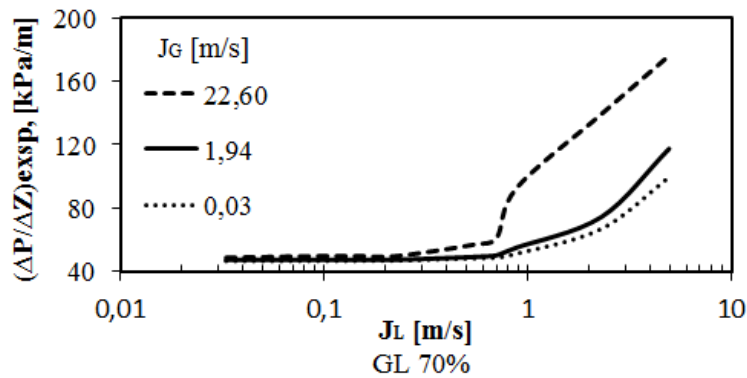


(b)

Gambar 4. Gradien tekanan pada (a) $J_G = 0-66,3$ [m/s] dengan rentang 3 J_L (0,70; 0,23; dan 0,03 [m/s]), (b) $J_L = 0,033-4,935$ [m/s] dengan rentang 3 J_G (22,60; 1,94; dan 22,60 [m/s]), campuran gliserin 60%



(a)

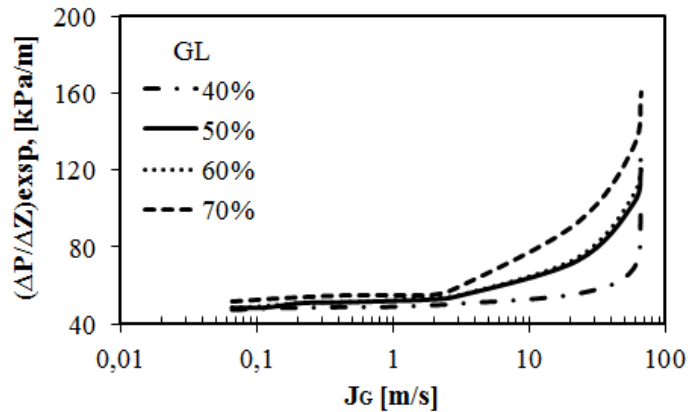


(b)

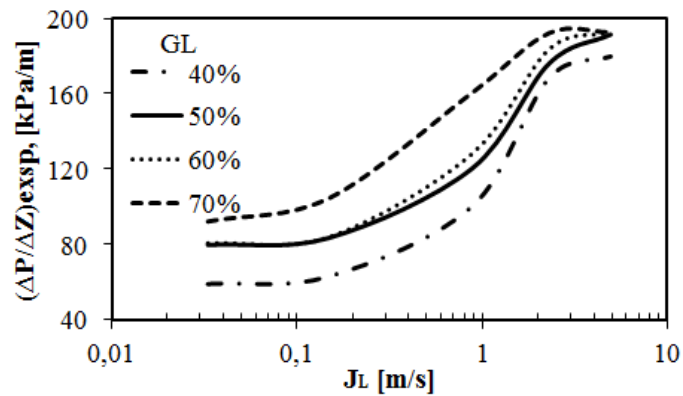
Gambar 5. Gradien tekanan pada (a) $J_G = 0-66,3$ [m/s] dengan rentang 3 J_L (0,70; 0,23; dan 0,03 [m/s]), (b) $J_L = 0,033-4,935$ [m/s] dengan rentang 3 J_G (22,60; 1,94; dan 22,60 [m/s]), campuran gliserin 70%

Pengaruh viskositas terhadap gradien tekanan ditunjukkan pada Gambar 6. Pada Gambar 6a menunjukkan pengaruh viskositas terhadap gradien tekanan pada J_L tetap dan variasi J_G . Untuk pengaruh viskositas terhadap gradien tekanan pada J_G tetap dan variasi J_L ditunjukkan pada Gambar 6b. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa viskositas mempengaruhi gradien tekanan. Semakin besar viskositasnya maka gradien tekanan yang dihasilkan akan bertambah besar. Jika dilihat dari persamaan bilangan Reynolds dan persamaan faktor gesek, bilangan Reynolds memiliki perbandingan terbalik dengan *friction factor*. Dari perbandingan terbalik itu dapat diketahui bila viskositas semakin besar, maka akan membuat bilangan Reynolds menjadi lebih kecil. Jika bilangan Reynoldsnya mengecil maka gesekan yang ditimbulkan akan semakin besar sehingga menimbulkan naiknya gradien tekanan.

Jika dibandingkan dengan (Sudarja dkk., 2018) yang menggunakan sudut 0° , pengaruh yang ditunjukkan tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan pada aliran dua fase yang menggunakan pipa mini pengaruh dari gaya grafitasi itu sangat kecil.



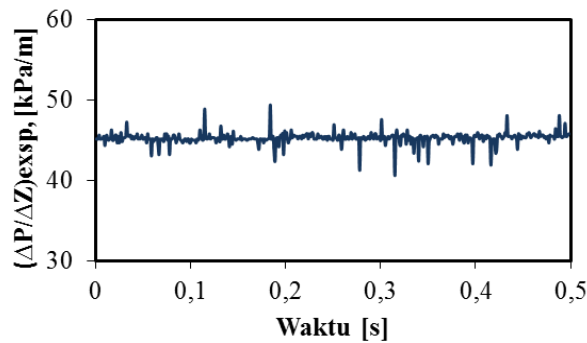
(a)



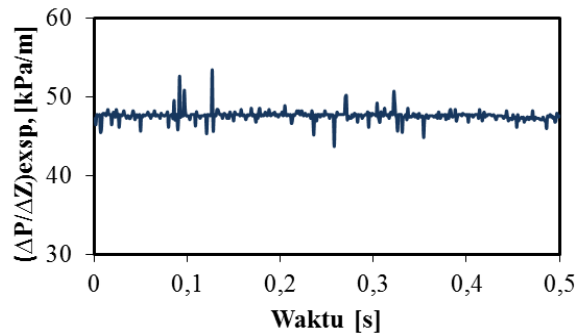
(b)

Gambar 6. Pengaruh viskositas terhadap gradien tekanan pada (a) $J_L = 0,879$ m/s dan J_G bervariasi, (b) $J_G = 66,3$ m/s dan J_L bervariasi

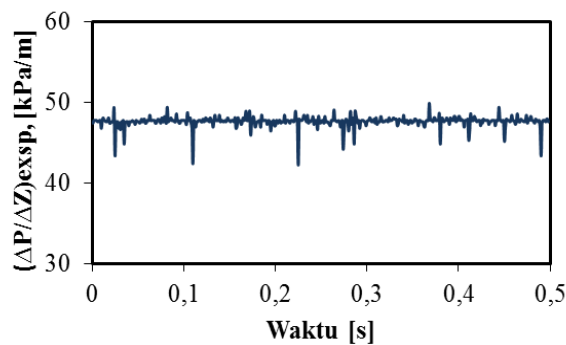
Dari grafik *time-series* terlihat bahwa viskositas berpengaruh terhadap gradien tekanan yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dilihat dari naiknya gradien tekanan rata-rata pada persentase gliserin yang diperbesar. Dapat dilihat gradien rata-rata pada persentase gliserin 40%, 50%, 60%, dan 70% berturut-turut adalah 45,24; 47,59; 47,61; dan 47,75 [kPa/m]. Gradien tekanan tersebut diambil pada $J_G = 0,116$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s dengan waktu selama 0,5 detik. Untuk data *time-series* gradien tekanan ditunjukkan pada Gambar 7. Kegunaannya dari grafik *time-series* ini adalah untuk membuktikan bahwa data yang didapat adalah valid.



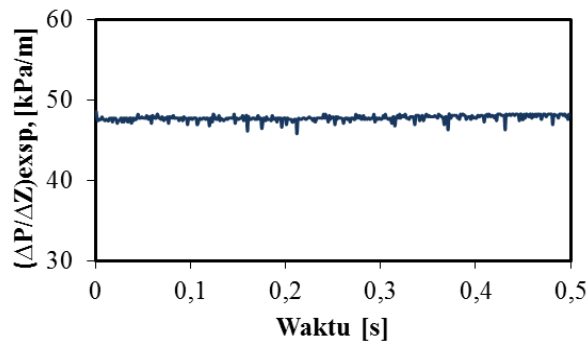
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 7. *Time-series* gradien tekanan pada $J_G = 0,116$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s (a) GL 40%, (b) GL 50% (c) GL 60%, dan (d) GL 70%

4. Kesimpulan

Telah dilakukan penelitian tentang investigasi gradien tekanan aliran dua fase udara-campuran air dengan 40%, 50%, 60%, dan 70% gliserin. penelitian dilakukan di dalam pipa kaca berdiameter 1,6 mm dengan kemiringan 5° terhadap posisi horisontal. Kecepatan superficial gas pada rentang 0-66,3 [m/s], dan superfisial *liquid* pada 0,033-4,935 [m/s]. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut::

- a. Gradien tekanan pada $J_G = 0-66,3$ [m/s] dengan rentang 3 J_L (0,70; 0,23; dan 0,03 [m/s]) mengalami peningkatan, karena semakin besarnya J_G maka gradien tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Hal yang sama juga terjadi pada $J_L = 0,033-4,935$ [m/s] dengan rentang 3 J_G (22,60; 1,94; dan 0,03 [m/s]).

- b. Gradien tekanan pada $J_G = 0,116$ m/s $J_L = 0,149$ m/s dengan viskositas 40%, 50%, 60%, dan 70% berturut-turut menghasilkan rata-rata gradien tekanan 45,24; 47,59, 47,61, dan 47,75 [kPa/m]. Hal itu menunjukkan semakin besarnya viskositas maka gradien tekanan yang dihasilkan akan semakin besar.

Daftar Pustaka

- Abubakar, A., Al-Wahabi, Y., Al-Wahaibi, A., Al-Hashmi, A., Al-Ajmi, A., & Eshtrati, M. (2015). Effect of Low Interfacial Tension on Flow Patterns, Pressure Drop, and Holdups of Medium-viscosity Oil/Water Flow in Horizontal Pipe. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 68, 58–67.
- Badie, S., Hale, C. P., Lawrence, C. J., & Hewitt, G. F. (2000). Pressure Gradient and Holdup in Horizontal Two-Phase Gas-Liquid Flows with Low Liquid Loading. *International Journal of Multiphase Flow*, 26, 1525–1543.
- Hassan, I., Pehlivan, K., & Vaillancourt, M. (2006). Experimental Study on Two-Phase Flow and Pressure Drop in Milimeter-Size Channels. *Applied Thermal Engineering*, 26, 1506–1514.
- Ismail, A. S. I., Ismail, I., Zoveidavianpoor, M., Mohsin, R., Piroozian, A., Mohd Shahir Misnan, & Mior Zaiga Sariman. (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.
- Kawahara, A., Chung, P. M.-Y., & Kawaji, M. (2002). Investigation of Two-Phase Flow Pattern, Void Fraction and Pressure Drop in A Microchannel. *International Journal of Multiphase Flow*, 28, 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.
- Lee, S. Y., & Lee, C. Y. (2010). Pressure Drop of Two-Phase Dry-Plug Flow in Round Mini-Channels: Effect of Moving Contact Line. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34, 1–9.
- Mukhaimer, A., Al-Sarkhi, A., El Nakla, M., Ahmed, W. H., & Al-Hadhrami, L. (2015). Pressure Drop and Flow Pattern of Oil–Water Flow for Low Viscosity Oils: Role of Mixture Viscosity. *International Journal of Multiphase Flow*, 73, 90–96.
- 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. *American Institute of Physics*, (1), 1–10.
- Sudarja, Jayadi, F., Indarto, & Deendarlianto. (2016). Karakteristik Gradien Tekanan pada Aliran Dua-Fase Udara-Campuran Air dan 20% Gliserin Dalam Pipa Horizontal Berukuran Mini. *National Symposium on Thermofluids*, 8, 264–269.
- Wongwises, S., & Saisorn, 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, 748–760.

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Investigasi Gradien Tekanan Dua Fase Udara-Air dan Gliserin (40-70%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 5° Terhadap Posisi Horizontal

Judul Naskah Publikasi: Investigasi Gradien Tekanan Dua Fase Udara-Air dan Gliserin (40-70%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 5° Terhadap Posisi Horizontal

Nama Mahasiswa: Irvandi Eka Setyawan

NIM: 20140130025

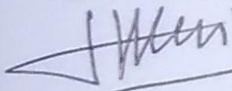
Pembimbing 1: Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM.

Pembimbing 2: Dr. Ir. Sudarja, M.T.

Hal yang dimintakan persetujuan *:

- | | | | |
|---|--|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

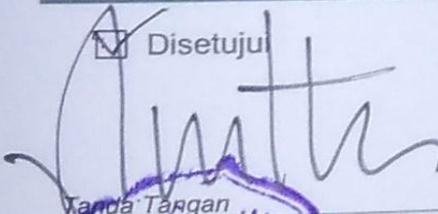
*beri tanda \checkmark di kotak yang sesuai


Tanda Tangan
Irvandi Eka Setyawan

19 Desember 2018

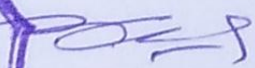
Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui



19 Desember 2018

Tanda Tangan
Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM.


Tanda Tangan
Berli Baripurna Kamuel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D.

19 Desember 2018

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.