

INVESTIGASI GRADIEN TEKANAN DUA FASE UDARA AIR DAN GLISERIN (0-30%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 5° TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Sukamta^{1,a}, Arif Kurniantoro^{2,b}, Sudarja^{3,c}

Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamatirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

msukamta@gmail.com, arifkurniantoro81@gmail.com, sudarja_msn@yahoo.com

Abstract

Two-phase flow is a stream of the most simple of multiphase flow. Multiphase Flow simultaneous flow is flowing in a pipe more than one phase (form/shape) fluid (liquid-gas, solid-liquid, solid-liquid-gas). The basic characteristics of the flow of the two phases include flow pattern, flow pattern maps, the fraction vacuum, and pressure gradient. This research discusses the investigation of pressure gradient flow in two phases. In the medical field, a pressure gradient is used to know the system pressure difference the flow of blood and sperm.

In doing this research the used fluid air-water mixture and Glycerin with concentrations of 0%, 10%, 20% and 30% in the capillary pipe with a diameter of 1.6 mm. This research was conducted to find out the influence of superficial gas velocity (JG) = 0-66.3 m/s or superficial velocity of liquid (JL) = 0,033-4,935 m/s and the influence of the viscosity of the mixture against the pressure gradient. To get the data pressure gradient using a pressure transducer (PT) connected with the side in and out on the side of the test section. Then PT is connected with a number of data acquisition on the channel change the analog data into digital data in the form of graphs.

On the results of the investigation, the pressure gradient is influenced by the amount of superficial gas velocity (JG) and liquid superficial velocities (JL). Experience increased pressure gradient due to the influence of the JL on the range 0.091; 0.539 and 0.879 m/s by varying the JG (0 – 66.3) m/s and experience increased pressure gradient due to the influence of JG at 0.066 range; 3 and 22.6 m/s by varying the JL (0.033 – 4.935) m/s. Viscosity also affects the pressure gradient, from data research results on GL 0%, 10%, 20%, and 30% by varying the JG = 0.066 m/s and JL = 0.149 m/s pressure gradient value increases due to the increase in the viscosity of the mixture of water and Glycerin.

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

1. Pendahuluan

Sifat-sifat fluida suatu hal yang menarik untuk diteliti, baik fluida statik maupun dinamik, sebagai contoh aliran satu fase dan aliran multifase. Aliran dua fase merupakan aliran yang paling sederhana dari aliran multifase. Aliran dua fase pada saluran kecil sangat luas aplikasinya, misalnya reaktor nuklir skala riset, proses kimia, sistem refrigerasi berukuran kecil dan dalam bidang medis digunakan untuk aliran darah dan sperma. Karakteristik dasar aliran dua fase terdiri dari: pola aliran (*flow pattern*), peta pola aliran (*flow pattern map*), fraksi hampa (*void fraction*) dan gradien tekanan (*pressure gradient*). Kecepatan superfisial dan viskositas campuran sangat berpengaruh terhadap gradien tekanan.

Fukano dan Kariyasaki (1993) melakukan penelitian tentang karakteristik aliran dua fase gas-air pada pipa kapiler dengan diameter 1 mm, 2,4 mm dan 4,9 mm. Pada penelitian ini menginvestigasi dengan memperhatikan pada pola aliran, variasi waktu fraksi hampa dan penurunan tekanan. Hal ini mendapatkan hasil bahwa semakin kecil diameter dalm pipa maka semakin mudah pembentukan slug dan penurunan tekanan.

Badie dkk. (2000) telah meneliti tentang gradien tekanan dan *holdup* dengan aliran dua fase udara-air dengan muatan cair rendah pada posisi horizontal. Dalam meneliti dengan menggunakan pipa berdiameter 0,079 mm. Kemudian melakukan perbandingan menggunakan prediksi dari “*apparent rough surface*” (ARS) dan model “*double-circle*”. Kecepatan superfisial sangat berpengaruh terhadap gradien tekanan. Dalam hal tersebut pernah dilakukan penelitian tentang penurunan tekanan per satuan panjang.

Pada penelitian Lee dan Lee (2010) mengusulkan korelasi baru untuk *pressure drop* dua fase melalui saluran persegi panjang posisi horizontal dengan celah kecil berdasarkan 305 titik data. Jarak antara sisi atas dan bawah setiap saluran berkisar antara 0,4 hingga 4 mm sementara lebar saluran menjadi 20 mm. Air dan udara digunakan sebagai cairan uji. Rentang kecepatan superficial air dan udara masing-masing adalah 0,03-2,39 dan 0,05-18,7 m / s.

Kawahara dkk. (2002) melakukan penelitian tentang penurunan tekanan pada aliran dua fase menggunakan saluran dengan diameter 100 mikrometer. Deionisasi air dan nitrogen yang diinjeksikan pada kecepatan superficial gas $J_G = 0,1-0,60$ m/s dan kecepatan superficial liquid $J_L = 0,02-4$ m/s. Faktor gesekan satu fase dan dua fase diperoleh dari data penurunan tekanan. Pada aliran satu fase menunjukkan kesesuaian terhadap korelasi laminar konvensional sedangkan pada aliran dua fase lebih diperkirakan pada model aliran homogen akan tetapi memiliki korelasi baik dengan model aliran terpisah Lochart dan Martinelli.

Pehlivan dkk. (2006) melakukan penelitian tentang studi eksperimental pada aliran dua fase dan penurunan tekanan pada pipa mini. Dalam melakukan penelitian menggunakan model aliran homogen, model Freidel dan model Chisholm dan dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian dari Ekberg (1997) pada saluran berukuran 3 mm, 1 mm dan 0,8 mm. Dalam penelitiannya mendapatkan hasil perbandingan pada rezim-peta pola aliran menunjukkan perbedaan yang umum antara data eksperimen yang dikumpulkan selama percobaan dengan data yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya. Setelah dilakukan perbandingan dengan penelitian sebelumnya didapat bahwa garis transisi yang disederhanakan memberikan perkiraan yang baik dari transisi rezim dengan rentan peta yang diperbolehkan.

Saisorn dan Wongwises (2008) meneliti tentang karakteristik aliran udara-air, termasuk pola aliran dua fase, fraksi hampa, dan *pressure drop* menggunakan saluran melingkar berbahan silika leburan dengan panjang 320 mm dan memiliki diameter dalam 0,53 mm. Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan superficial gas dan cairan berkisar 0,37-16 dan 0,005-3,03 m/s. Penelitian tersebut dilakukan dengan tujuan menyelidiki karakteristik aliran dua fase aliran gas-cair penurunan tekanan total melalui saluran mikro melingkar horizontal dengan diameter 0,53 mm. Penurunan tekanan akibat gesekan sebagai fungsi dari kecepatan superficial gas (J_G) dan *liquid* (J_L). Hal ini menjelaskan bahwa nilai penurunan tekanan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan superficial gas maupun *liquid*.

Awaludin dkk. (2014). Melakukan penelitian tentang analisis aliran dua fase udara-air pada belokan 45° dengan posisi horizontal ke arah atas dengan diameter pipa 26,64 mm menunjukkan bahwa terjadi perbedaan *pressure drop* eksperimental dan teoritis disebabkan karena perhitungan secara teoritis menggunakan beberapa asumsi tidak memperhitungkan keadaan di lapangan, misalnya sambungan pipa, belokan pipa dan kerugian aliran lainnya. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa penurunan tekanan aliran dua fase melalui belokan 45° mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya gas volume fraction (β).

Barreto dkk. (2015) melakukan penelitian dengan fluida adiabatik udara-air pada pipa melingkar arus ke atas dengan diameter 1,2 mm. Pada penelitian ini dengan kecepatan superficial gas (J_G) = 0,1-34,8 m/s dan kecepatan superficial *liquid* (J_L) = 0,1-3,5 m/s. Korelasi pada tabung kecil dengan udara-air menunjukkan data prediksi penurunan tekanan terbaik pada pola anular dengan kecepatan superficial gas lebih dari 18,6 m/s.

Penurunan tekanan per satuan panjang disebut gradien tekanan (*pressure gradient*). Hal yang mempengaruhi gradien tekanan adalah viskositas, tetapi secara signifikan hal yang mempengaruhi gradien tekanan adalah kecepatan superficial gas maupun cairan. Terkait hal ini telah dilakukan studi eksperimental oleh Sudarja dkk. (2016) untuk gradien tekanan pada aliran dua fase udara campuran air dan gliserin 20% dalam pipa berdiameter 1,6 mm posisi horizontal. Kecepatan superficial gas pada rentang 0,025-66,3 m/s, sedangkan kecepatan superficial pada cairan 0,033-4,935 m/s, data hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan prediksi pada model homogen dan model terpisah mendapatkan kesimpulan bahwa kecepatan superficial gas maupun kecepatan superficial cairan mempengaruhi besarnya gradien tekanan secara signifikan. Semakin besar kecepatan superficial gas ataupun cairan, semakin besar gradien tekanan. Sedangkan perbandingan data hasil eksperimen dan prediksi pada model homogen yang menggunakan korelasi empiris viskositas dua fase dari Owens (1961), Dukler dkk. (1964), Beattie dan Whalley (1982) dan Lin dkk. (1991) secara umum kesesuaiannya kurang baik (*over predicted*). Hal ini karena pola aliran yang terbentuk kebanyakan bukan merupakan aliran homogen.

2. Metode

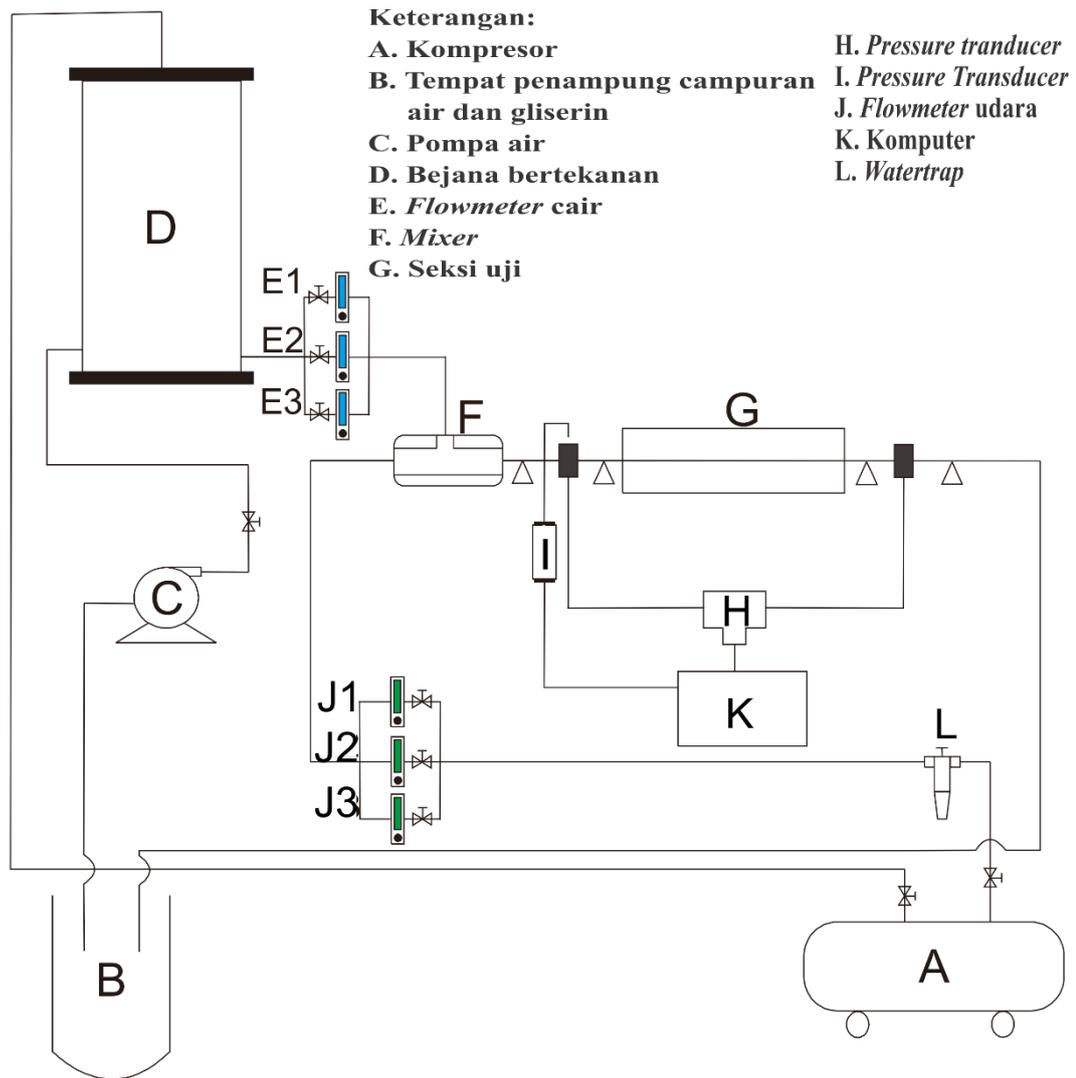
Dalam melakukan penelitian menggunakan instalasi peralatan seperti Gambar 1. Komponen utama dalam peralatan tersebut yaitu: seksi uji, kompresor, bejana tekan, flowmeter cairan, flowmeter gas, kamera berkecepatan tinggi, *pressure transducer* (PT), komputer, data akuisisi. Seksi uji berupa pipa kaca transparan berdiameter 1,6 mm.

Untuk mendapatkan *pressure drop* menggunakan alat *pressure transducer* (PT). Alat ini merupakan sensor beda tekanan dari validyne yang dihubungkan sisi in dan sisi out pada seksi uji. Data yang didapatkan dari alat tersebut masih berupa analog yang kemudian di ubah menjadi data digital menggunakan akuisisi data “*advantech*” yang disambungkan ke komputer dengan aplikasi data logger. Sebelum digunakan PT dilakukan kalibrasi dengan menggunakan manometer vertikal (kalibrasi kolom air). Pengambilan data dilakukan selama 50 detik dengan sempel frekuensi 1000 data/detik.

Fluida kerja yang digunakan adalah udara dan campuran air dan gliserin 0-30%, dengan *properties* pada tabel 1. Penelitian ini dilakukan dengan kecepatan superfisial gas (J_G) = 0-66,3 m/s dan kecepatan superfisial liquid (J_L) = 0,033-4,935 m/s

Tabel 1 Sifat Fisik Cairan

Fluida	<i>Specific gravity</i>	<i>Kinematic viscosity</i> [mm ² /s]	<i>Surface tension</i> [N/cm ²]	Index
Air+0% gliserin	1,0021	0,842	71,3	G0
Air+10% gliserin	1,0358	1,331	68,0	G10
Air+20% gliserin	1,0619	2,315	61,9	G20
Air+30% gliserin	1,0839	2,361	60,9	G30

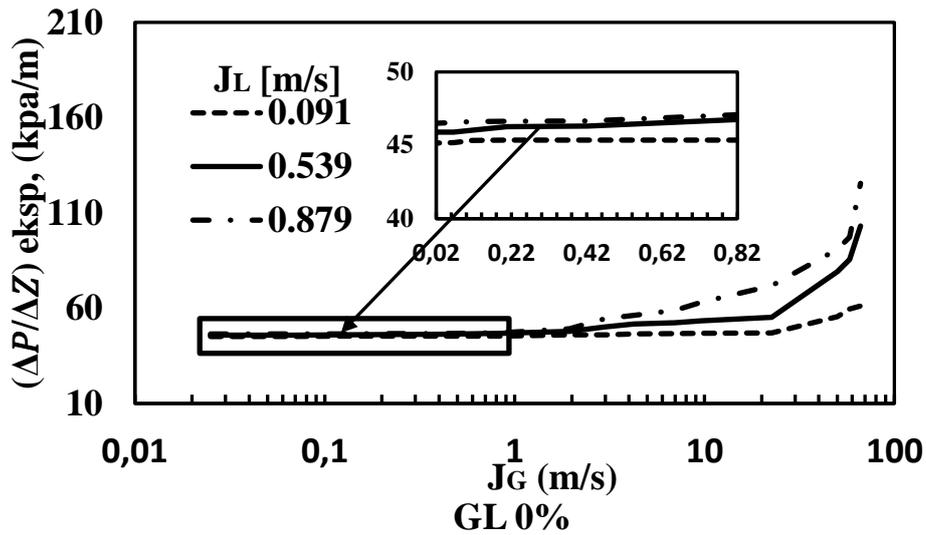


Gambar 1. Skema Instalasi Penelitian

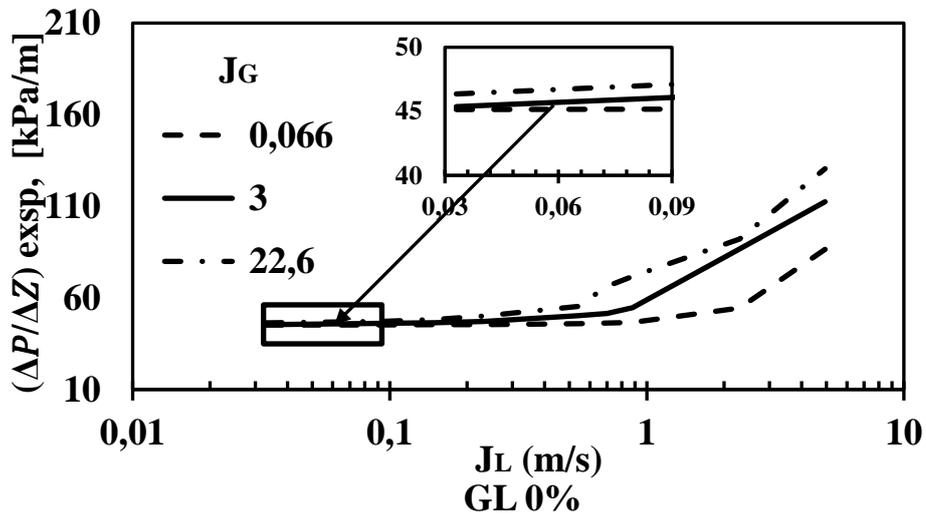
3. Hasil Penelitian

Penelitian aliran dua fase pada pipa kapiler dengan diameter dalam 1,6 mm dan diameter luar 8 mm pada kemiringan sudut 5° terhadap posisi horizontal dengan memvariasikan kecepatan superfisial gas (J_G) = 0-66,3 m/s maupun kecepatan superfisial liquid (J_L) = 0,033-4,935 m/s dan pengaruh viskositas campuran dengan konsentrasi gliserin 0-30%.

3.1. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan Pada Aliran Dua Fase Udara-campuran air dan gliserin 0%



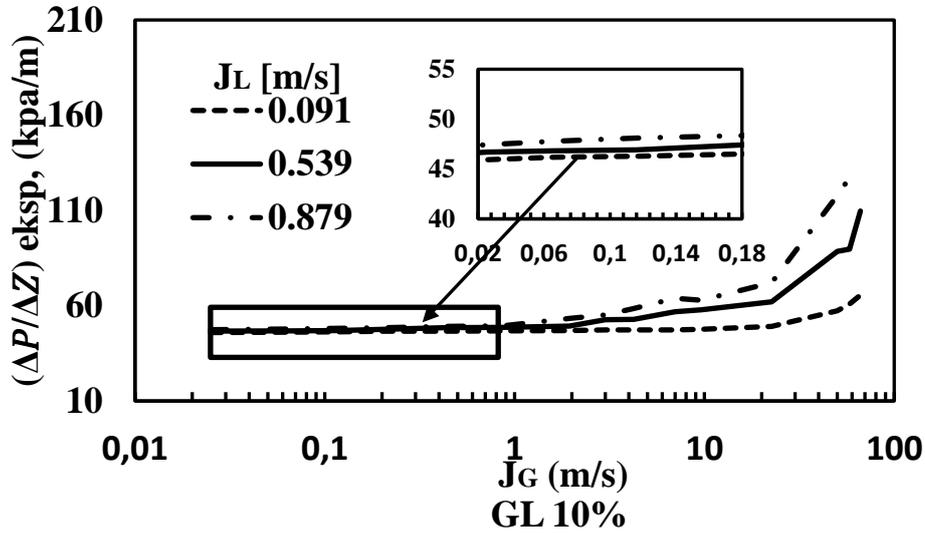
(a)



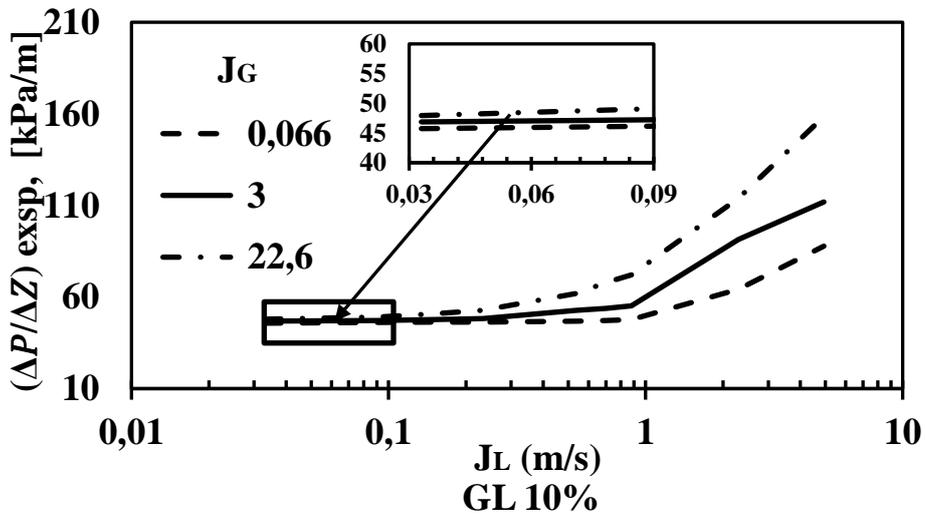
(b)

Gambar 3.1 (a) Pengaruh J_L terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_G . (b) Pengaruh J_G terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_L pada viskositas GL 0%.

3.2. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan Pada Aliran Dua Fase Udara-campuran air dan gliserin 10%



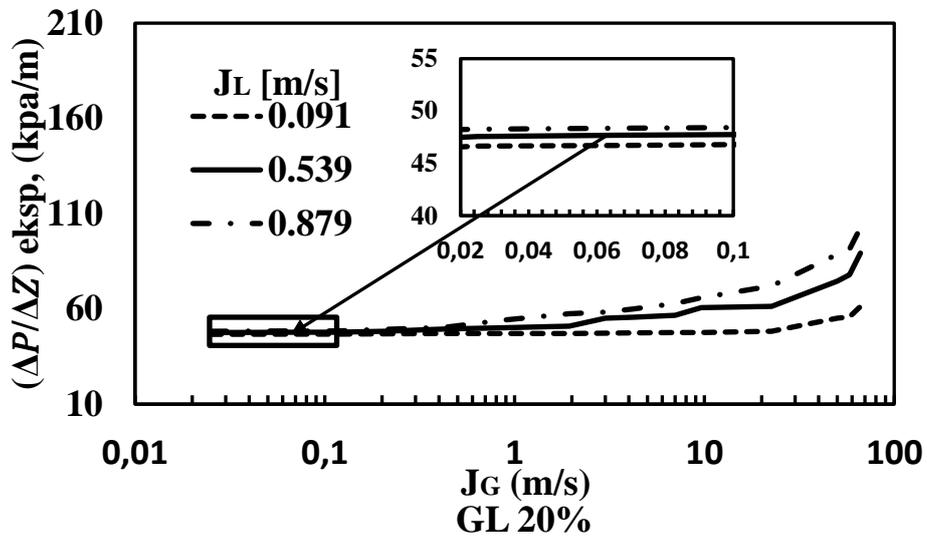
(a)



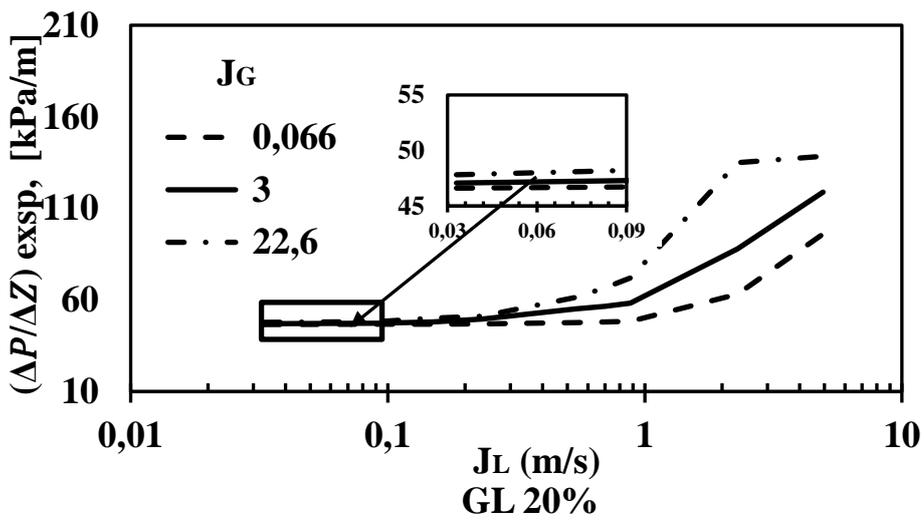
(b)

Gambar 3.2 (a) Pengaruh J_L terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_G . (b) Pengaruh J_G terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_L pada viskositas GL 10%.

3.3. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan Pada Aliran Dua Fase Udara-campuran air dan gliserin 20%



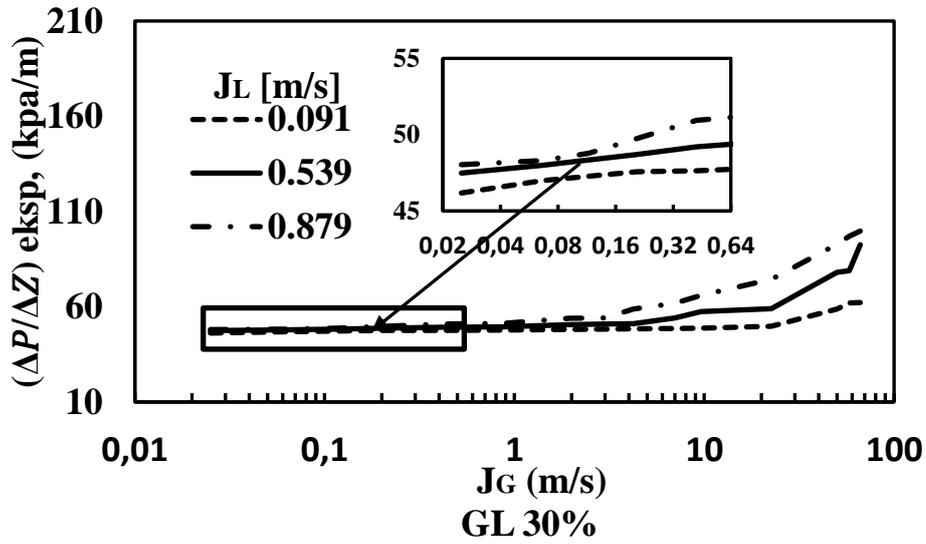
(a)



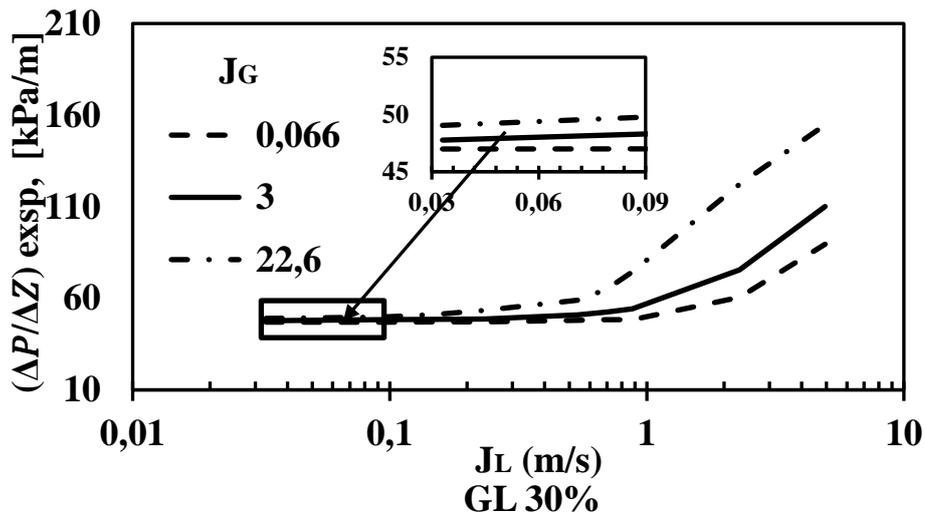
(b)

Gambar 3.3 (a) Pengaruh J_L terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_G . (b) Pengaruh J_G terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_L pada viskositas GL 20%.

3.4. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan Pada Aliran Dua Fase Udara-campuran air dan gliserin 30%



(a)

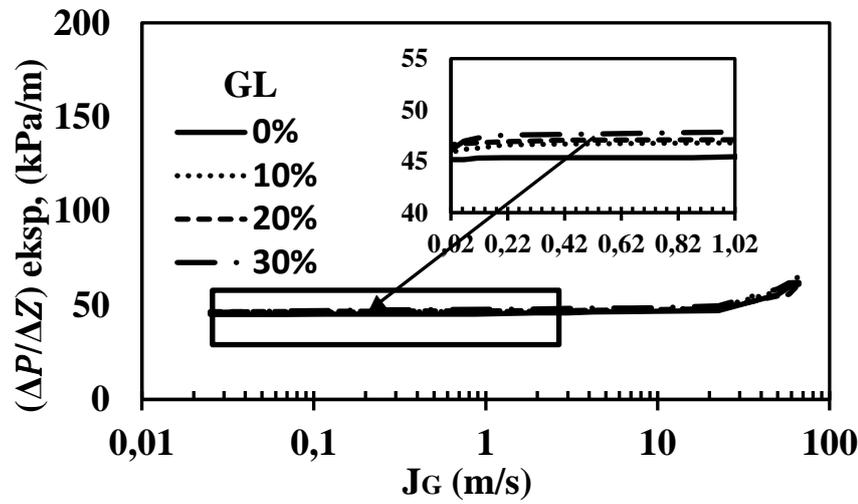


(b)

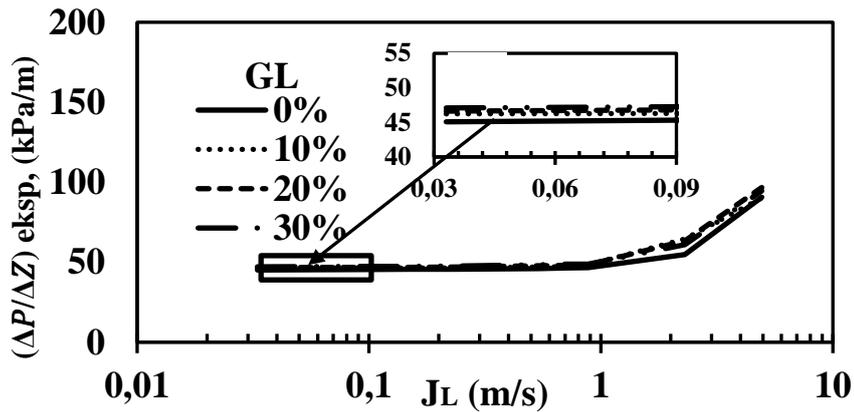
Gambar 3.4 (a) Pengaruh J_L terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_G . (b) Pengaruh J_G terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_L pada viskositas GL 30%.

Gambar 4.1 (a) - 4.4. (a) dengan udara-campuran air dan gliserin 0% - 30% menunjukkan pengaruh kecepatan superfisial *liquid* (J_L) terhadap *pressure gradient* dengan variasi kecepatan superfisial gas (J_G). Untuk mendapatkan kecepatan superfisial diukur dengan menggunakan rotameter udara dan *liquid* dengan tiga rentang untuk J_L (0,091; 0,539, dan 0,879) m/s dengan memvariasikan J_G (0-66,3) m/s pada setiap J_L . Pada Gambar 4.1 (b) – 4.4 (b) dengan udara-campuran air dan gliserin 0% - 30% menunjukkan pengaruh kecepatan superfisial gas (J_G) terhadap *pressure gradient* dengan variasi kecepatan superfisial *liquid* (J_L) dengan tiga rentang J_G (0,066; 3 dan 22,6) m/s dengan memvariasikan J_L (0,033-4,935) m/s pada setiap J_G . Dari data tersebut dapat diketahui bahwa *pressure gradient* merupakan fungsi dari J_G dan J_L . Berdasarkan penelitian diatas dapat diketahui bahwa apabila kecepatan superfisial gas (J_G) mengalami peningkatan maka nilai *pressure gradient* meningkat begitu juga pada kecepatan superfisial *liquid* (J_L) apabila kecepatannya mengalami peningkatan maka nilai gradien tekananya meningkat.

3.5. Pengaruh Viskositas Campuran Terhadap Gradien Tekanan

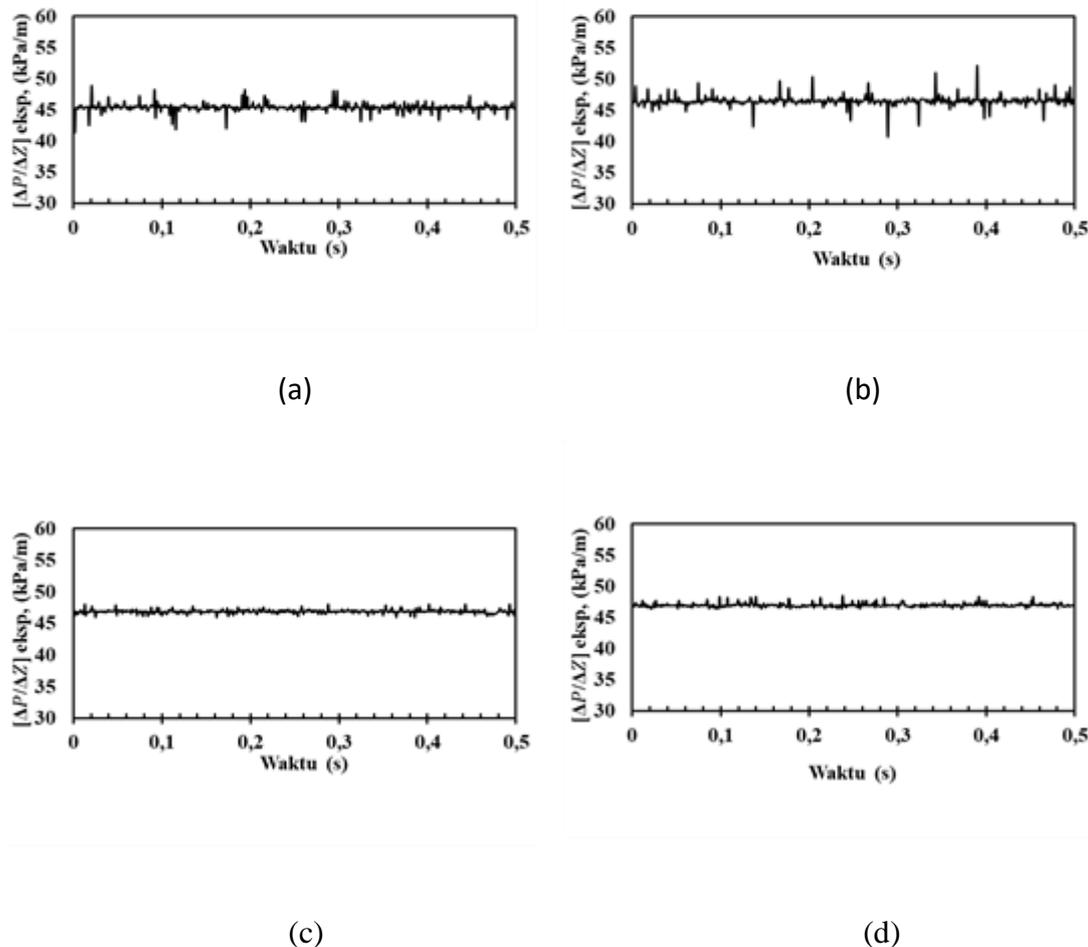


(a)



(b)

Gambar 3.5 (a) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_L 0,091 dengan J_G bervariasi. (b) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_G 0,116 dengan J_L bervariasi



Gambar 3.6. *Time series* gradien tekanan pada $J_G = 0.066$ m/s dan $J_L = 0.149$ m/s, (a) GL 0%, (b) GL 10%, (c) GL 20% dan (d) 30%

Gambar 4.5 (a) merupakan hasil penelitian pengaruh viskositas campuran terhadap gradien tekanan pada (J_L) 0,091 m/s dengan memvariasikan (J_G) (0 – 66.3) m/s pada setiap J_L sedangkan Gambar 4.5 (b) merupakan hasil penelitian pengaruh viskositas campuran terhadap gradien tekanan pada J_G (0.166) m/s dengan memvariasikan (J_L) (0,033 – 4,935) m/s pada setiap J_G . Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya J_G pada setiap J_L maka *pressure gradient* akan semakin meningkat, sama halnya dengan meningkatnya J_L pada setiap J_G . Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya viskositas berarti densitas atau jumlah partikel meningkat, sehingga *pressure gradient* menjadi meningkat karena gesekan fluida dengan dinding pipa semakin besar. Selain dengan menggunakan persamaan, gradien tekanan dapat dilihat menggunakan data *time series*. Gambar 4.6 menunjukkan grafik data *time series* pada $J_G = 0.066$ (m/s) dan $J_L = 0.149$ (m/s) yang membandingkan antara nilai gradien tekanan terhadap waktu yang diambil selama 0.5 detik. Gambar 4.6 (a) menunjukkan grafik *time series* pada GL 0% dengan rata-rata 45,379 kPa/m, 4.6 (b) *time series* pada GL 10% dengan rata-rata 46,477 kPa/m, 4.6 (c) *time series* pada GL 20% dengan rata-rata 46,873 kPa/m, 4.6 (d) *time series* pada GL 30% dengan rata-rata 46,978 kPa/m. Hal ini dapat dilihat jika viskositas fluida meningkat maka gradien tekanannya mengalami peningkatan.

4. Kesimpulan

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

1. Kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid*, mempengaruhi nilai gradien tekanan. Gradien tekanan mengalami peningkatan akibat pengaruh J_L dengan rentang 0.091; 0.539 dan 0.879 m/s dengan memvariasikan $J_G = 0 - 66,3$ m/s. Begitu juga dengan pengaruh J_G dengan rentang 0.066; 3 dan 22.6 m/s dengan memvariasikan J_L (0.033 – 4.935) m/s semakin meningkat kecepatan superfisial gas maupun *liquid* maka gradien tekanan juga meningkat.
2. Viskositas gliserin berpengaruh terhadap gradien tekanan. Hal tersebut dapat diketahui dari data hasil penelitian pada GL 0%, 10%, 20% dan 30% dengan memvariasikan kecepatan superfisial gas (J_G) 0.066 m/s dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) 0.149 m/s menunjukkan bahwa akibat dengan viskositas meningkat maka gradien tekanan juga meningkat. Hal ini dikarenakan semakin besar viskositasnya maka densitas dan jumlah partikelnya semakin meningkat sehingga gesekan dengan dinding pipa akan semakin besar yang mengakibatkan gradien tekanan meningkat.

Daftar Pustaka

- Awaludin, Wahyudi, S., & Widodo, A. S. (2014). Analisis Aliran Fluida Dua Fase (Udara-Air) melalui Belokan 45°. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(3), 217–224.
- 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.
- 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), 39–43.
- Fukano, T., & Kariyasaki, A. (1993). Characteristics of gas-liquid two-phase flow in a capillary tube. *Nuclear Engineering and Design*, 141, 59–68.
- K. Mishima and T. Hibiki. (1996). Some characteristics of air–water two-phase flow in small diameter vertical tubes. *International Journal Multiphase Flow*, 22(4), 703–712.
- 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.
- Lee, C. Y., & Lee, S. 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.
- Pehlivan, K., Hassan, I., & Vaillancourt, M. (2006). Experimental study on two-phase flow and pressure drop in millimeter-size channels. *Applied Thermal Engineering*, 26, 1506–1514.
- 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, 748–760.
- Sudarja, Farid Jayadi, Indarto, D. (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.