

Investigasi Gradien Tekanan Dua – Fase Udara – Air dan Gliserin (0-30%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 30° Terhadap Posisi Horizontal

Aufa Rosihan Nazarudien^a, Sukamta^b, Sudarja^c

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

^anazarudien.aufa@gmail.com, ^bmsukamta@gmail.com, ^csudarja@umy.ac.id

Abstrak

Aliran dua fase adalah aliran aliran multifase yang paling sederhana. Karakteristik dasar dari aliran dua fase meliputi pola aliran dan peta pola aliran, fraksi hampa, dan gradien tekanan. Pada penelitian ini akan dibahas tentang investigasi gradien tekanan pada aliran dua fase. Gradien tekanan digunakan pada dunia industri perpipaan untuk mengetahui perbedaan tekanan fluida pada pipa. Penelitian ini pada pipa kapiler dengan diameter 1,6 mm pada kemiringan 30° terhadap posisi horzintal. Cairan yang digunakan adalah campuran air dan gliserin dengan presentasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan superfisial gas (J_G) dan *liquid* (J_L) dan pengaruh viskositas terhadap gradien tekanan. Untuk mendapatkan gradien tekanan data menggunakan pressure transducer yang terhubung pada sisi masuk dan keluar seksi uji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai gradien tekanan dipengaruhi oleh kecepatan superfisial gas dan *liquid*. Peningkatan gradien tekanan terjadi karena pengaruh J_L pada kisaran 0,879; 2,297 dan 4,935 m/s dengan memvariasikan J_G (0 - 66,3) m/s dan mengalami peningkatan gradien tekanan karena pengaruh J_G pada kisaran 1,941; 9,62 dan 50 m/s dengan memvariasikan J_L (0,033 - 4,935) m/s. Viskositas juga mempengaruhi gradien tekanan, dari hasil penelitian data pada gliserin 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan memvariasikan $J_G=4,935$ m/s dan $J_L = 0,207$ m/s. Ini menunjukkan peningkatan viskositas maka gradien tekanan yang dihasilkan akan meningkat..

Kata Kunci: kecepatan superfisial, viskositas, penurunan tekanan, pipa mini

1. PENDAHULUAN

Aliran dua fase merupakan bagaian dari aliran multi fase yang paling sederhana karena terdapat dua jenis fase yang secara bersama mengalir, baik antara padat - cair, cair - gas atau gas - padat. Berdasarkan arahnya, aliran dua fase dapat dikelompokan menjadi aliran satu arah dan aliran berlawanan arah. Sedangkan berdasarkan posisi salurannya, aliran dua fase dapat dibedakan menjadi aliran horizontal, aliran vertical dan arah aliran miring. Interaksi antar fase dapat membentuk karakteristik, antara lain pola aliran (*flow pattern*) dan peta pola aliran (*flow pattern map*), fraksi hampa (*void fraction*) dan gradien tekanan (*pressure gradient*). [1]

Graden tekanan adalah penurunan tekanan per satuan panjang. Gradien tekanan banyak digunakan pada dunia industri perpipaan yang digunakan untuk mengetahui perbedaan tekanan fluida pada pipa. Pipa yang digunakan dalam penelitian aliran dua fase bermacam - macam, diantaranya saluran pipa berukuran nano (*nano channel*), mikro (*micro channel*), mini (*mini channel*), normal (*normal channel*) dan pada saluran pipa berukuran besar (*large channel*). Saluran aliran dua fase berukuran mini mempunyai sifat fluida yang unik, yaitu tegangan permukaan dominan terjadi sehingga hukum Newton untuk fluida tidak berlaku. [2]

Salah satu yang memengaruhi gradien tekanan adalah viskositas. Selain itu, kecepatan superfisial gas maupun cairan juga berpengaruh terhadap gredien tekanan

secara signifikan. Penelitian gradien tekanan sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti Dutkowski [3] meneliti penurunan tekanan aliran dua fase pada pipa berukuran mini. Passos [4] meneliti karakteristik pola aliran dua fase karena adanya gradien tekanan. Penelitian masih banyak terfokuskan pada pola aliran, sedangkan penelitian mengenai gradien tekanan dengan variasi viskositas fluida yang lebih besar dari air masih sangat kurang.

2. METODE

2.1 Bahan Penelitian

2.1.1 Fluida Gas

Fluida gas dihasilkan dari kompresor yang dilengkapi watetrap sehingga didapatkan udara dengan kelembaban rendah. Sifat fisik dari fluida gas yang digunakan adalah massa jenis (ρ), viskositas dinamik (μ) dan viskositas kinematik (ν). Properti udara pada suhu kamar (27 oC) dan tekanan 1 atm adalah sebagai berikut :

Massa jenis (ρ) : 1,163 kg/m³
 Viskositas dinamik (μ) : 1,85 x 10⁻⁵ N.s/m²
 Viskostas kinematic (ν) : 1,579 x 10⁻⁵ m²/s

2.1.2 Fluida Cair

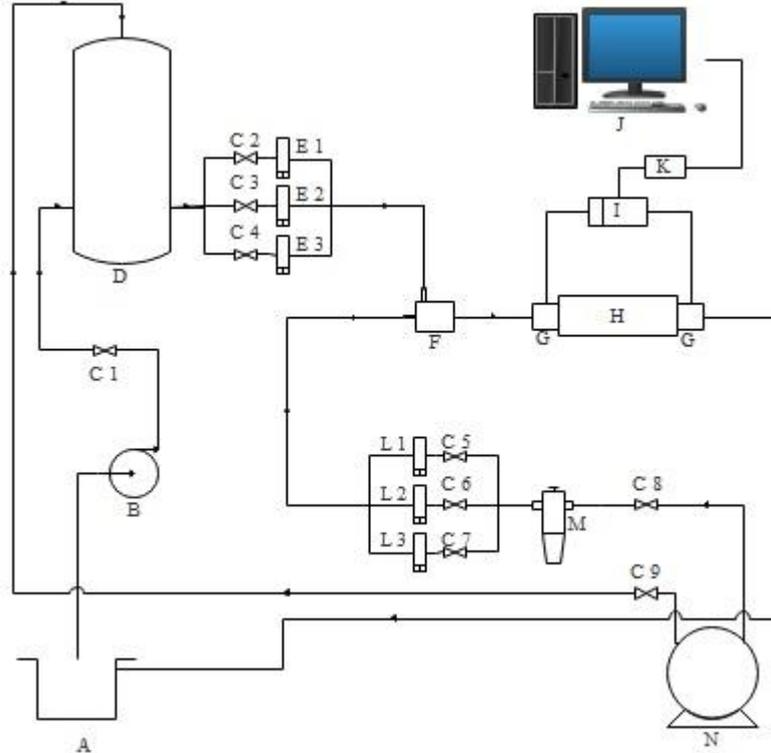
Untuk fluida cair menggunakan air (akuades atau destiled water) yang dicampur gliserin dengan persentase 0%, 10%, 20% dan 30% sebanyak 15 liter. Sifat fisik fluida cair dari campuran antara air dan gliserin adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Sifat fisik cairan

Fluida	Specific gravity	Kinematic	Surface	index
		viscosity [mm ² /s]	tension [N/cm ²]	
Air+0% gliserin	1,0021	0,842	71,3	GL0
Air+10% gliserin	1,0358	1,331	68,0	GL10
Air+20% gliserin	1,0619	2,315	61,9	GL20
Air+30% gliserin	1,0839	2,361	60,9	GL30

2.2 Skema Alat

Gambar 2.1 adalah skema instalasi peralatan yang digunakan untuk penelitian.



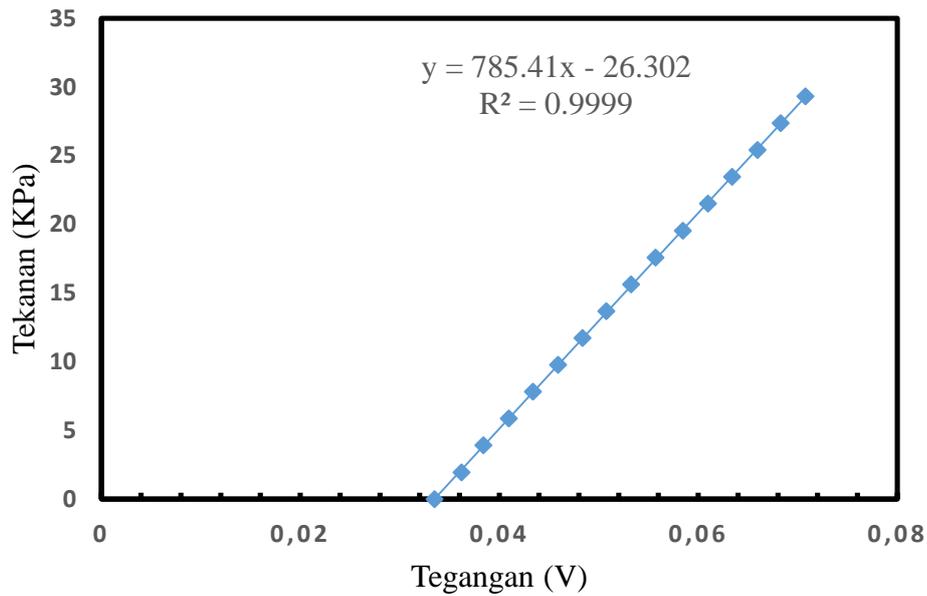
Gambar 2.1 Skema instalasi penelitian

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| A. Penampung fluida cair | H. Seksi uji |
| B. Pompa fluida cair | I. <i>Pressure Transducer</i> |
| C. <i>Valve</i> | J. Komputer |
| D. Bejana tekan | K. Data Akuisisi |
| E. <i>Flowmeter</i> cair | L. <i>Flowmeter</i> Udara |
| F. <i>Mixer</i> | M. <i>Watertrap</i> |
| G. <i>Flange</i> | N. Kompresor |

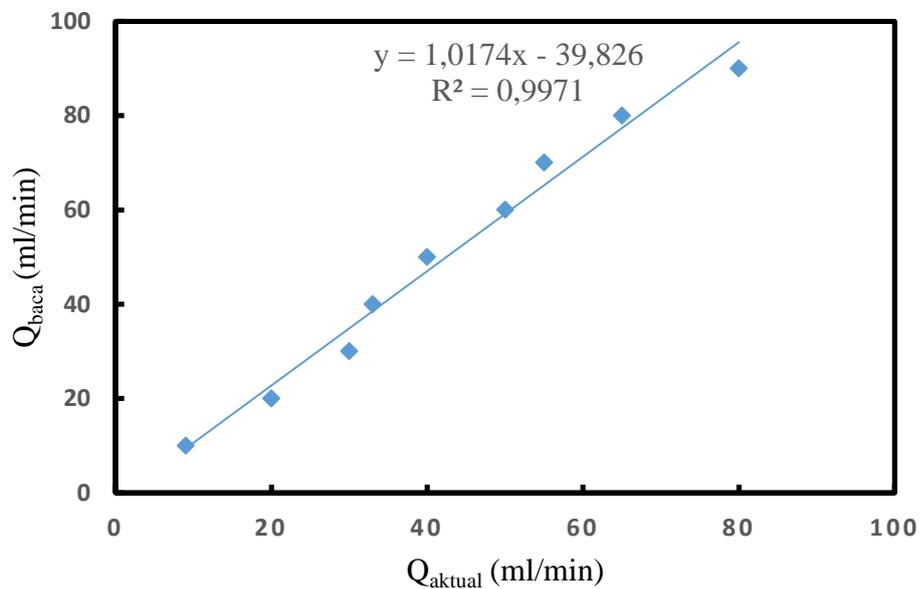
2.3 Kalibrasi

Setelah instalasi alat perlu dilakukan kalibrasi pada alat ukur penelitian. Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa alat ukur memiliki nilai yang akurat dan konsisten dengan instrument lain. Alat yang dikalibrasi yaitu *pressure transducer* dan *flowmeter* cair. Kalibrasi *pressure transducer* dilakukan dengan metode manometer kolom air (manometer vertikal) pada kondisi statis. Bacaan *pressure transducer* akan dikonversi menjadi tekanan yang dibuat grafik pada gambar 3.16. sebagai acuan dalam mencari gradient tekanan.

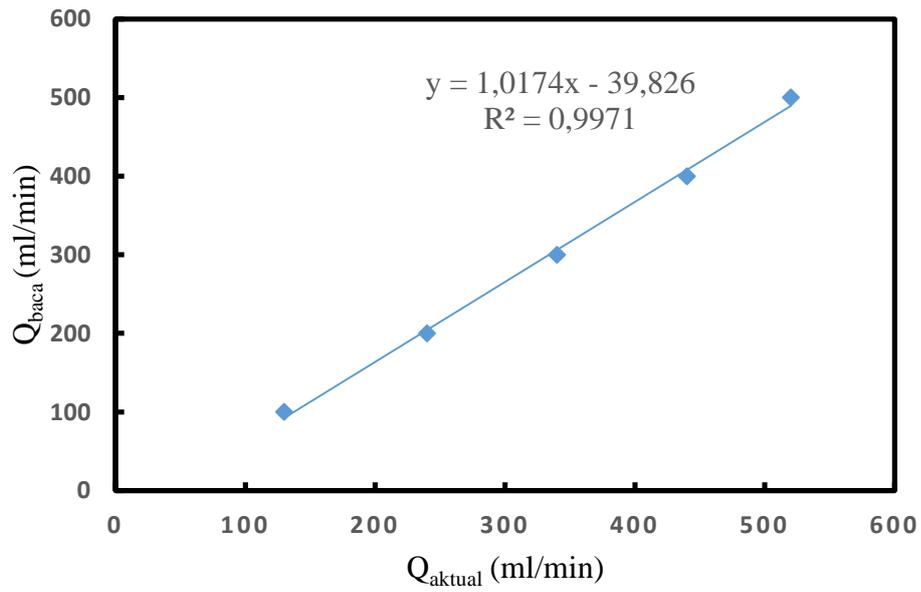


Gambar 2.2 Grafik hasil kalibrasi *pressure transducer*

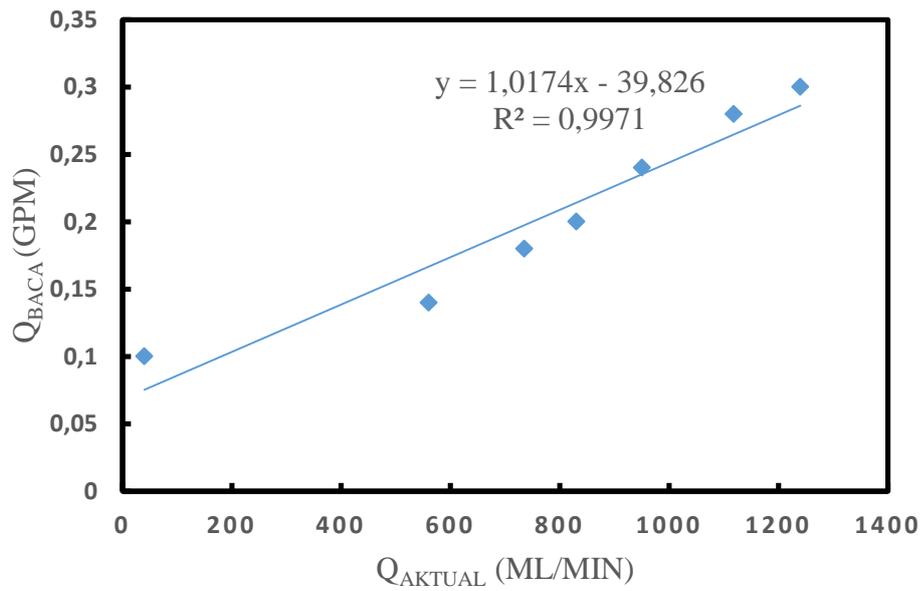
Untuk kalibrasi *flowmeter* cair dilakukan dengan membandingkan debit keluaran dengan pengukuran volume fluida cair dalam waktu 1 menit yang ditampung dalam gelas ukur.



Gambar 2.3 Grafik hasil kalibrasi *flow meter Tokyo keiso*



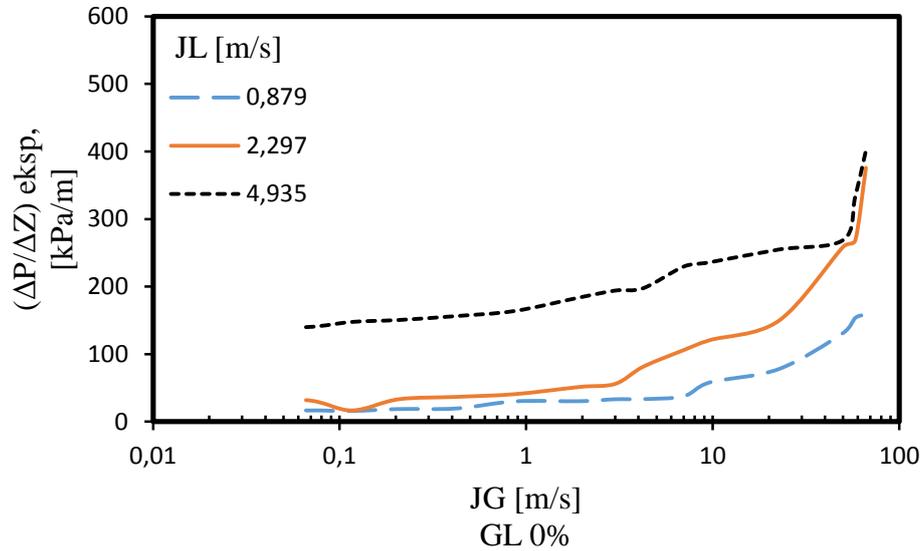
Gambar 2.4 Grafik hasil kalibrasi *flow meter Weibrock*



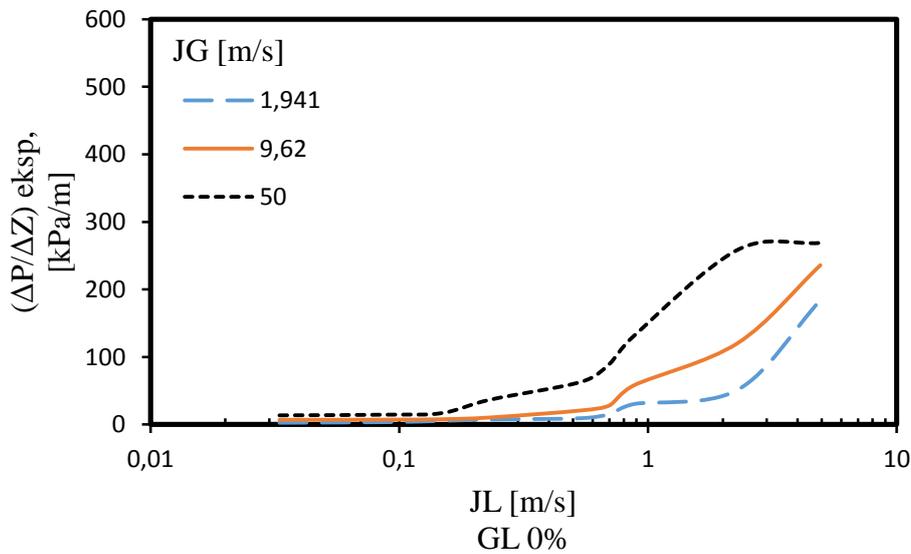
Gambar 2.5 Grafik hasil kalibrasi *flow meter Dwyer*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

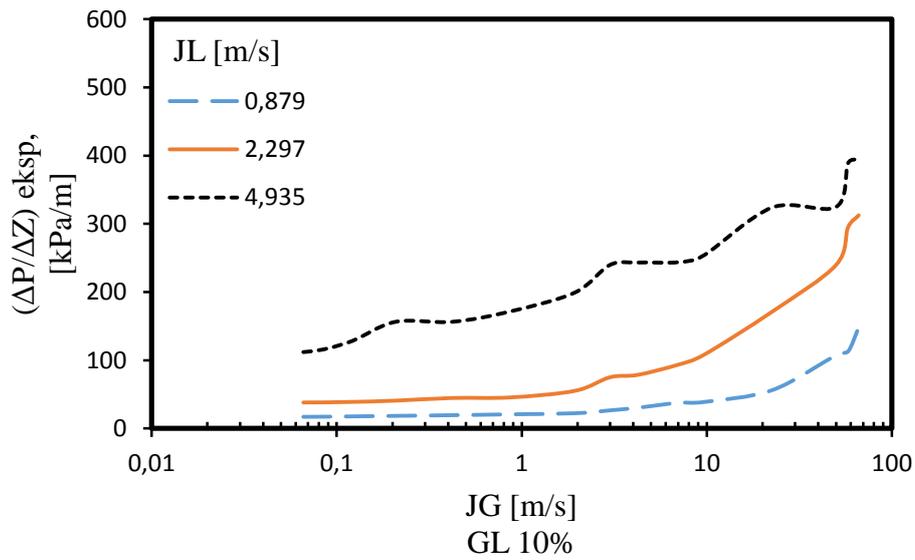
Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial liquid (J_L). Hal ini dilakukan untuk menunjukkan pengaruh (J_G) dan (J_L) terhadap *pressure gradient* pada pipa kapiler dengan diameter 1,6 mm pada sudut 30° dengan posisi horizontal.



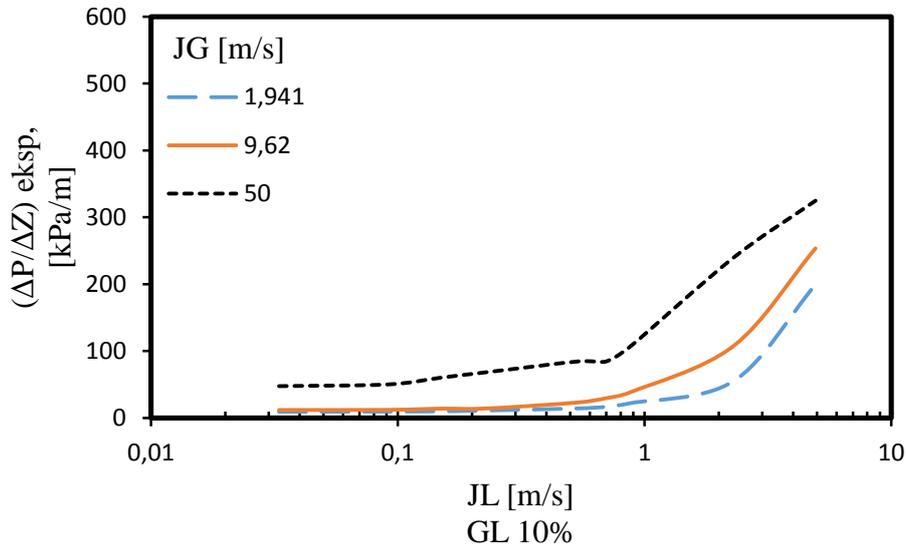
Gambar 3.1 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G pada viskositas GL 0%



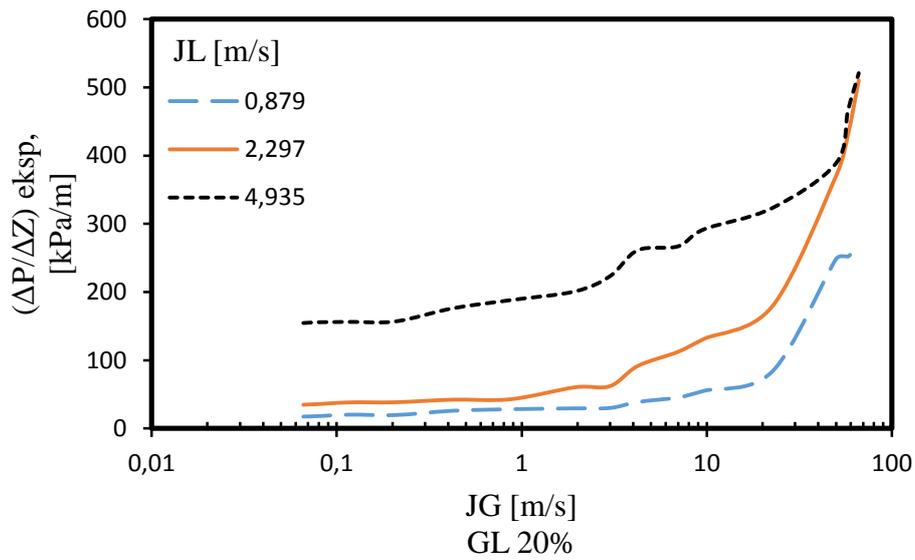
Gambar 3.2 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 0%



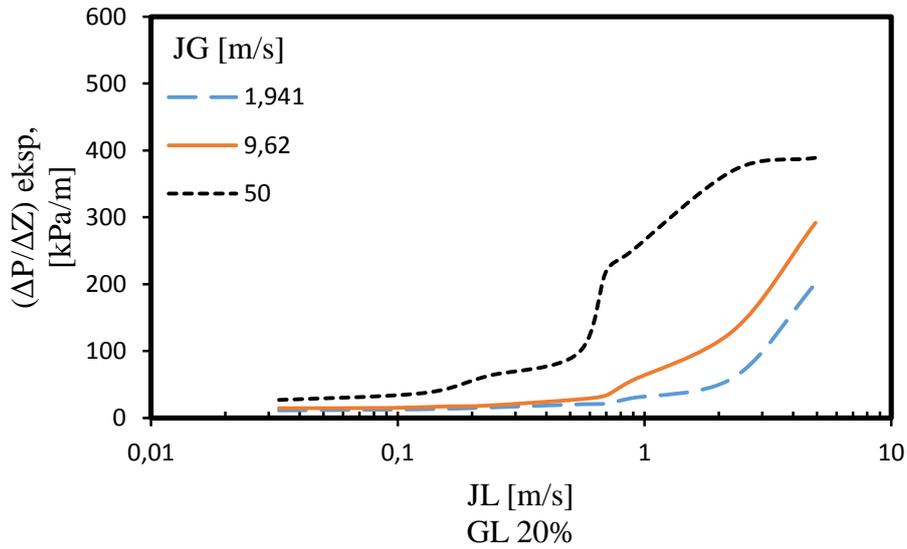
Gambar 3.3 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G pada viskositas GL 10%



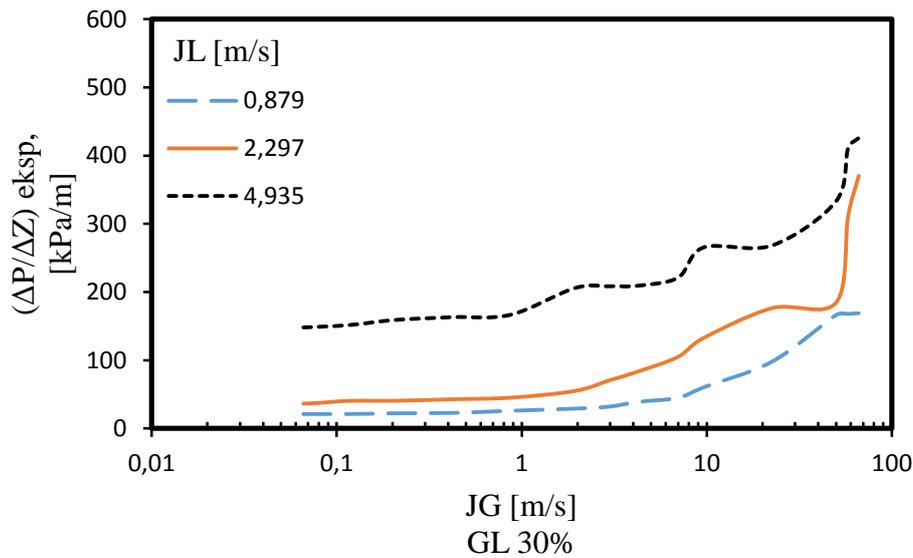
Gambar 3.4 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 10%



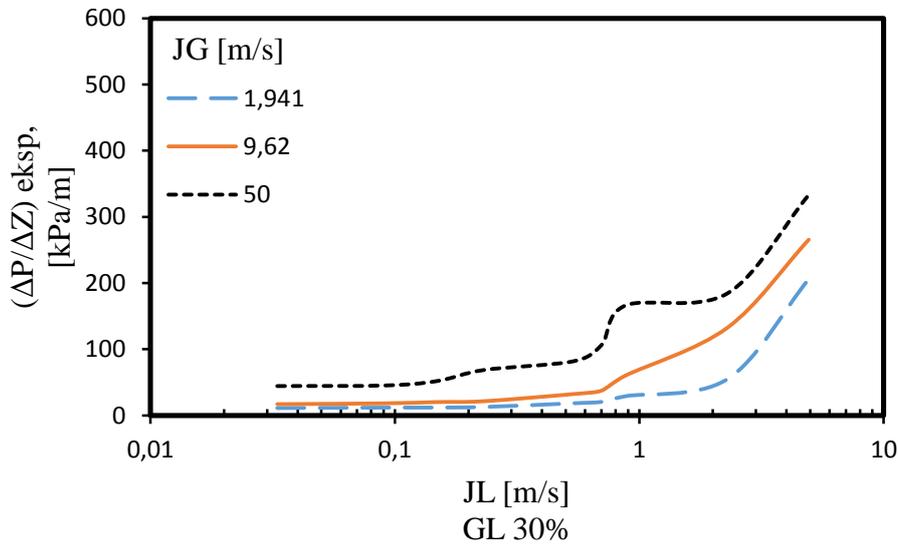
Gambar 3.5 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G pada viskositas GL 20%



Gambar 3.6 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 20%

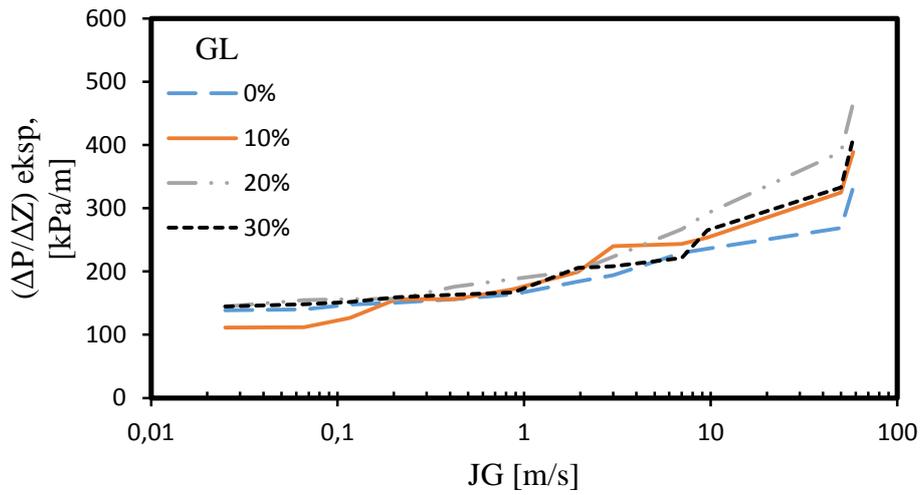


Gambar 3.7 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G pada viskositas GL 30%

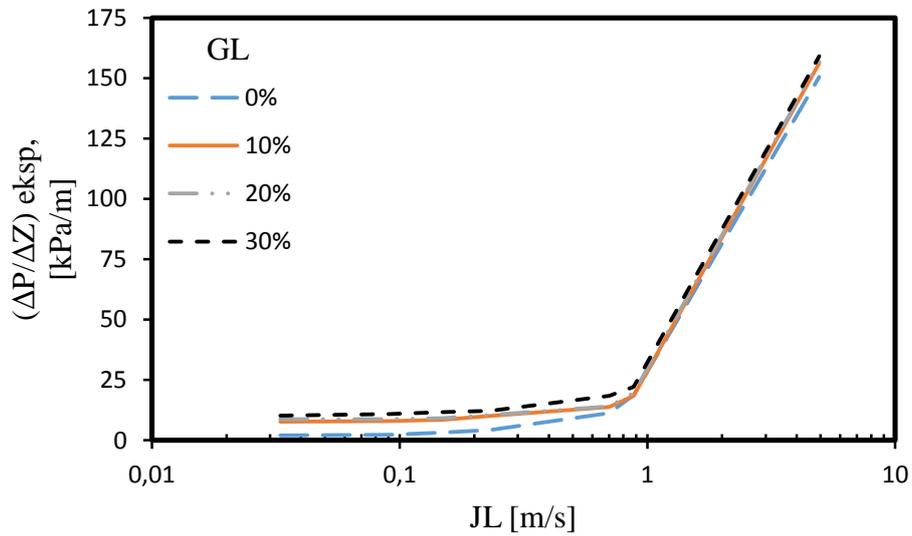


Gambar 3.8 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 30%

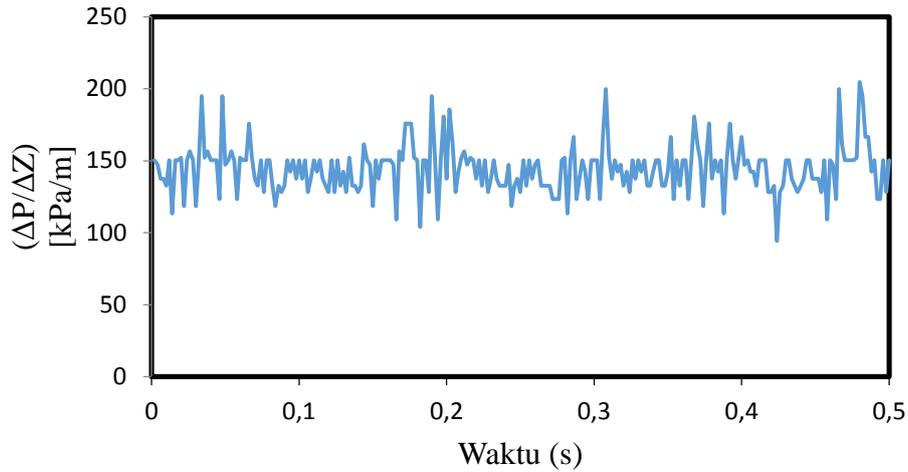
Gambar 3.1; 3.3; 3.5 dan 3.7 dengan udara - campuran air dan gliserin 0 - 30% menunjukkan pengaruh J_L terhadap *pressure gradient* dengan variasi kecepatan J_G . Untuk mendapatkan kecepatan superfisial diukur dengan menggunakan flowmeter udara dan *liquid* dengan tiga rentang untuk J_L (0,879; 2,297 dan 4,935) m/s dengan memvariasikan J_G (0 - 66,3) m/s pada setiap J_L . Gambar 3.2; 3.4; 3.6 dan 3.8 dengan udara - campuran air dan gliserin 0% - 30% menunjukkan pengaruh J_G terhadap *pressure gradient* dengan variasi J_L dengan tiga rentang J_G (1,941; 9,62 dan 50) 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 tekannya meningkat.



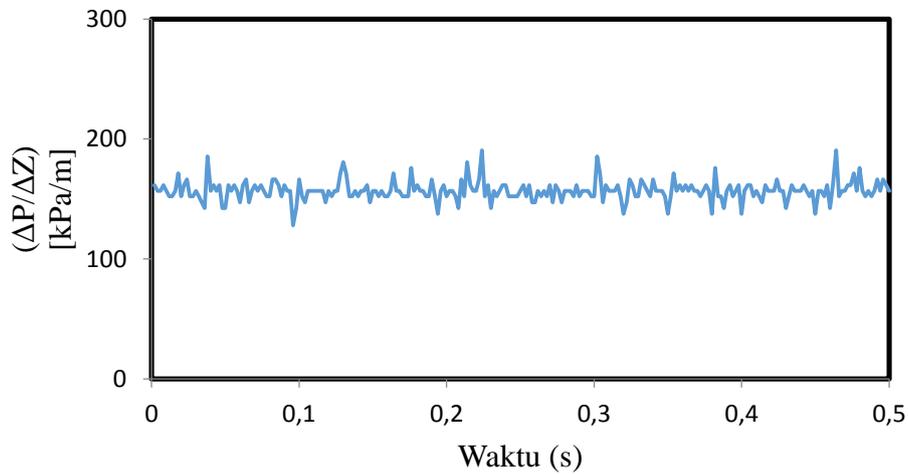
Gambar 3.9 Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_L 4,935 m/s dan J_G bervariasi



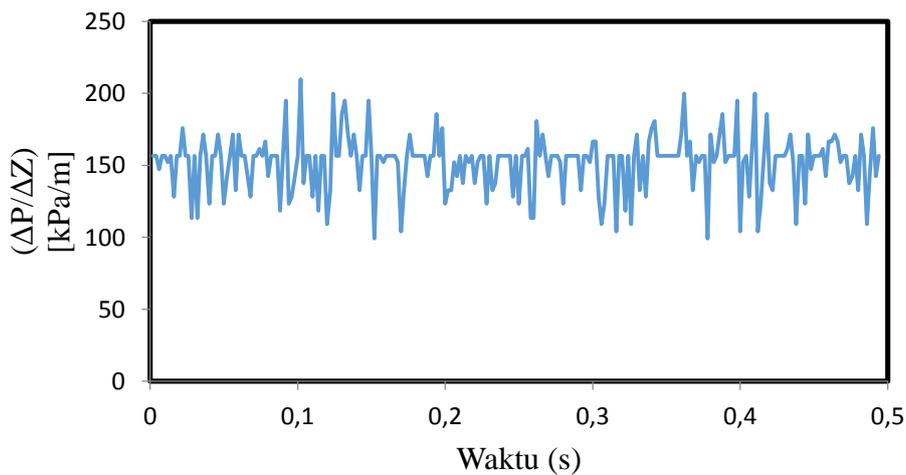
Gambar 3.10 Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_G 0,207 m/s dan J_L bervariasi



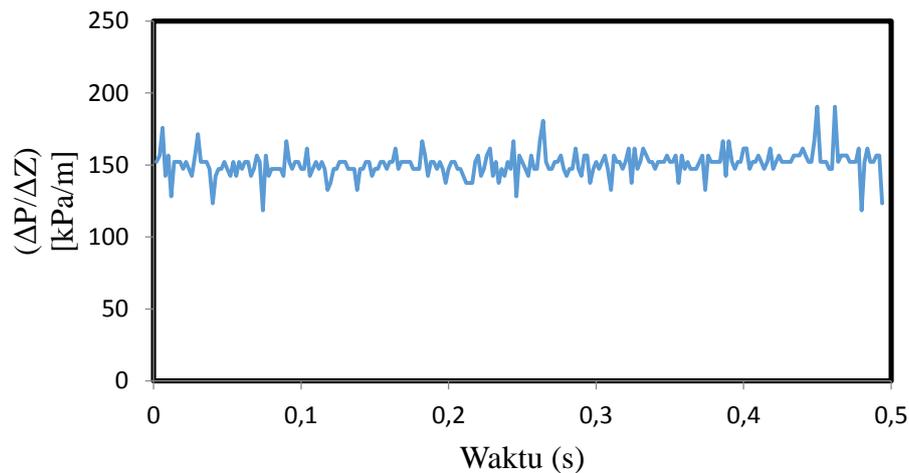
Gambar 3.11 Time series gradien tekanan pada $J_G = 4,935 \text{ m/s}$ dan $J_L = 0,207 \text{ m/s}$ pada GL 0%,



Gambar 3.12 Time series gradien tekanan pada $J_G = 4,935 \text{ m/s}$ dan $J_L = 0,207 \text{ m/s}$ pada GL 10%



Gambar 3.13 Time series gradien tekanan pada $J_G = 4,935 \text{ m/s}$ dan $J_L = 0,207 \text{ m/s}$ pada GL 20%



Gambar 3.14 Time series gradien tekanan pada $J_G = 4,935$ m/s dan $J_L = 0,207$ m/s pada GL 30%

Penelitian ini menggunakan gliserin dengan konsentrasi 0%, 10%, 20% dan 30% serta memvariasikan J_G dan J_L . Gambar 3.9 merupakan hasil penelitian pengaruh viskositas campuran terhadap gradien tekanan pada (J_L) 4,935 m/s dengan memvariasikan (J_G) (0 - 66.3) m/s pada setiap J_L sedangkan Gambar 3.10 merupakan hasil penelitian pengaruh viskositas campuran terhadap gradien tekanan pada J_G (0,207) 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. Grafik data time series pada $J_G = 4,935$ (m/s) dan $J_L = 0.207$ (m/s) yang membandingkan antara nilai gradien tekanan terhadap waktu yang diambil selama 5 detik. Gambar 3.11 menunjukkan grafik time series pada G_L 0% dengan rata - rata 150,507 kPa/m, 3.12 time series pada GL 10% dengan rata - rata 156,231 kPa/m, 3.13 time series pada GL 20% dengan rata -rata 156,864 kPa/m, 3.14 time series pada GL 30% dengan rata - rata 159,049 kPa/m. Hal ini dapat dilihat jika viskositas fluida meningkat maka gradien tekanannya mengalami peningkatan.

4. KESIMPULAN

Kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L), mempengaruhi nilai gradien tekanan. Gradien tekanan mengalami peningkatan akibat pengaruh J_L dengan rentang 0,879; 2,297 dan 4,935 m/s dengan memvariasikan $J_G = 0 - 66,3$ m/s. Begitu juga dengan pengaruh J_G dengan rentang 1,941; 9,62 dan 50 m/s dengan memvariasikan $J_L = 0.033 - 4.935$ m/s. Semakin meningkat kecepatan superfisial gas maupun *liquid* maka gradien tekanan juga meningkat. Viskositas gliserin berpengaruh terhadap gradien tekanan. Hal tersebut dapat diketahui dari data hasil penelitian pada GL 0-30% dengan memvariasikan kecepatan superfisial gas (J_G) 0.207 m/s dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) 4,935 m/s menunjukkan bahwa akibat dengan viskositas meningkat maka gradien tekanan juga meningkat. Hal ini dikarenakan semakin besar viskositasnya maka densitas semakin meningkat, sehingga gesekan fluida dengan dinding pipa akan semakin besar yang mengakibatkan peningkatan gradien tekanan.

REFERENCES

- [1] 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*, 395-410.
- [2] 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 VIII*, 264-269.
- [3] Dutkowsk, K. (2009). Two - Phase Pressure Drop of Air–Water in Minichannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 5185-5192.
- [4] Passos, J. (2015). Frictional Pressure Drop and Void Fraction Analysis in Air -Water Two - Phase Flow in a Microchannel. *International Journal of Multiphase Flow*.