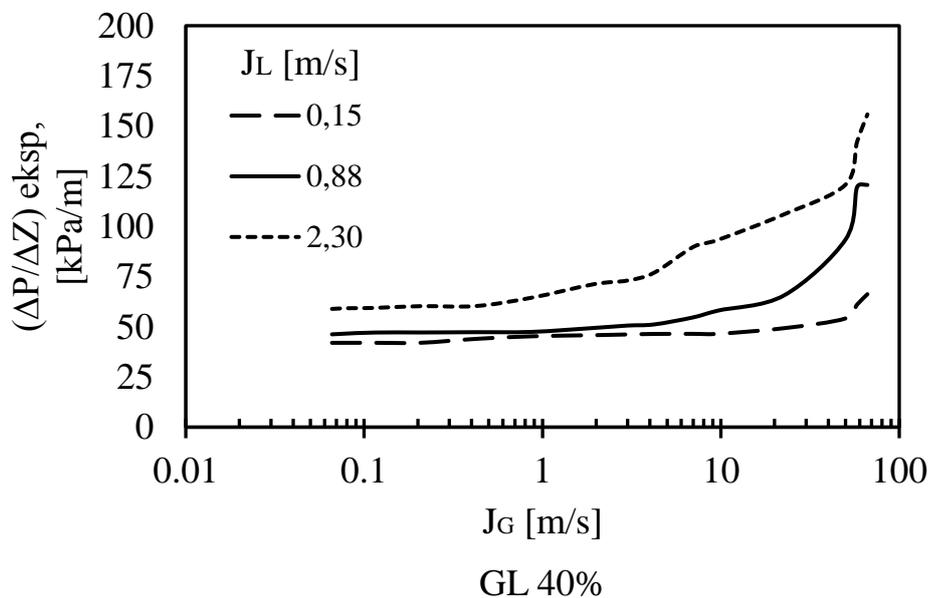


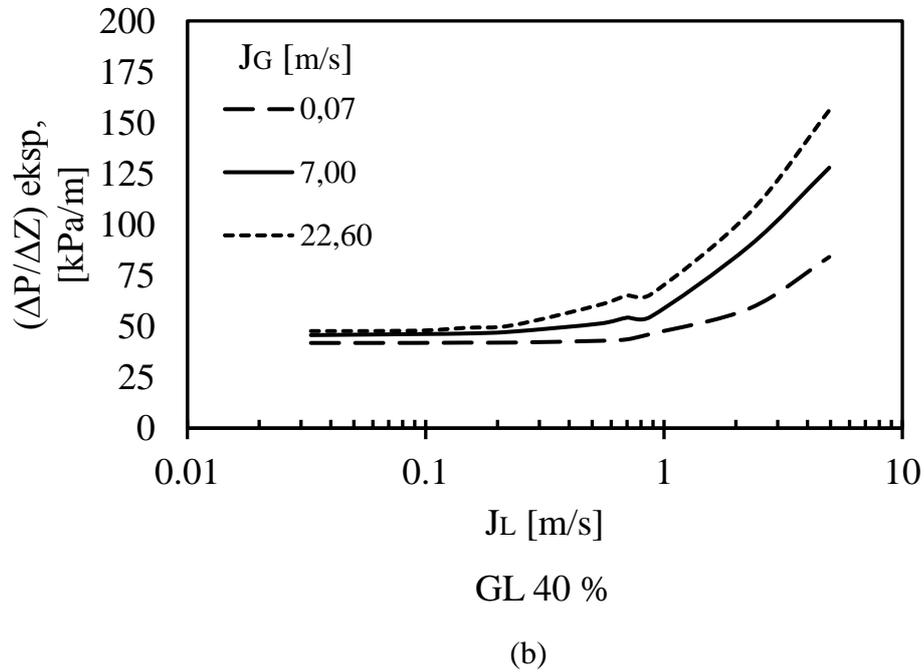
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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 yang diambil pada penelitian ini yaitu penurunan tekanan tiap satuan panjang (gradien tekanan). 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.

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

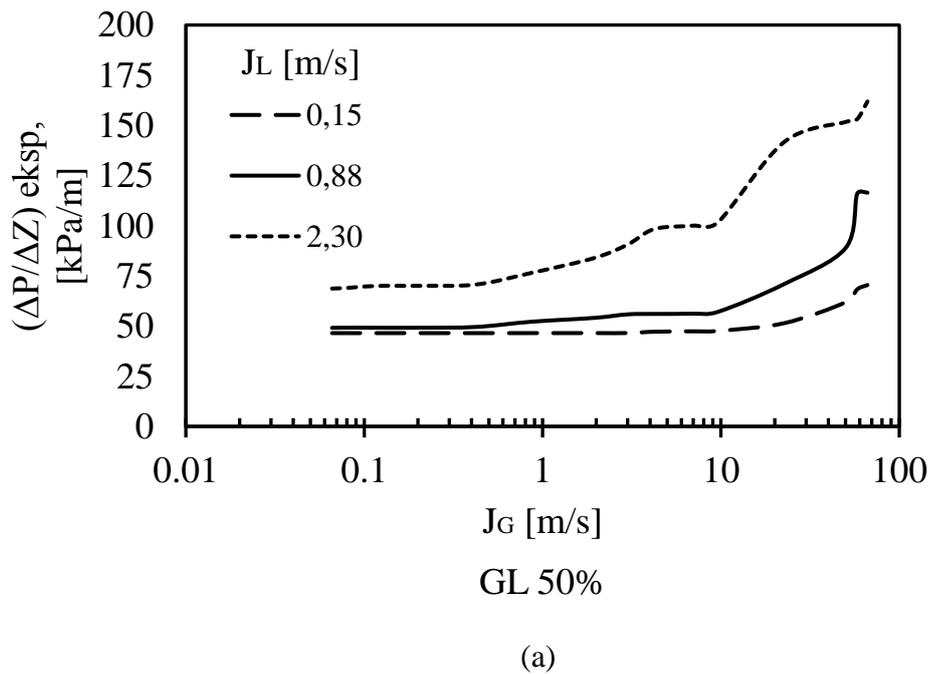


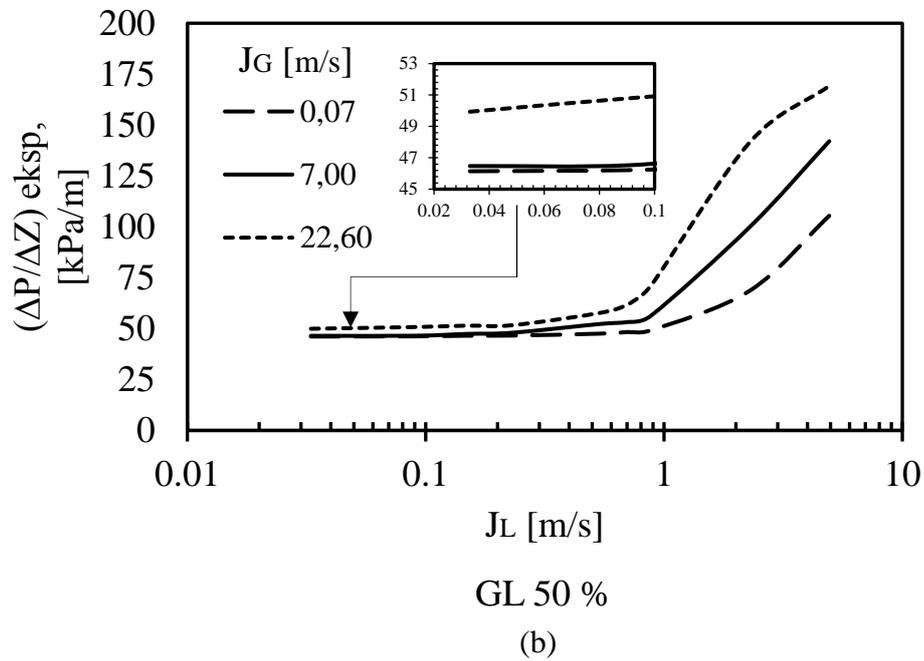
(a)



Gambar 4.1 (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 %

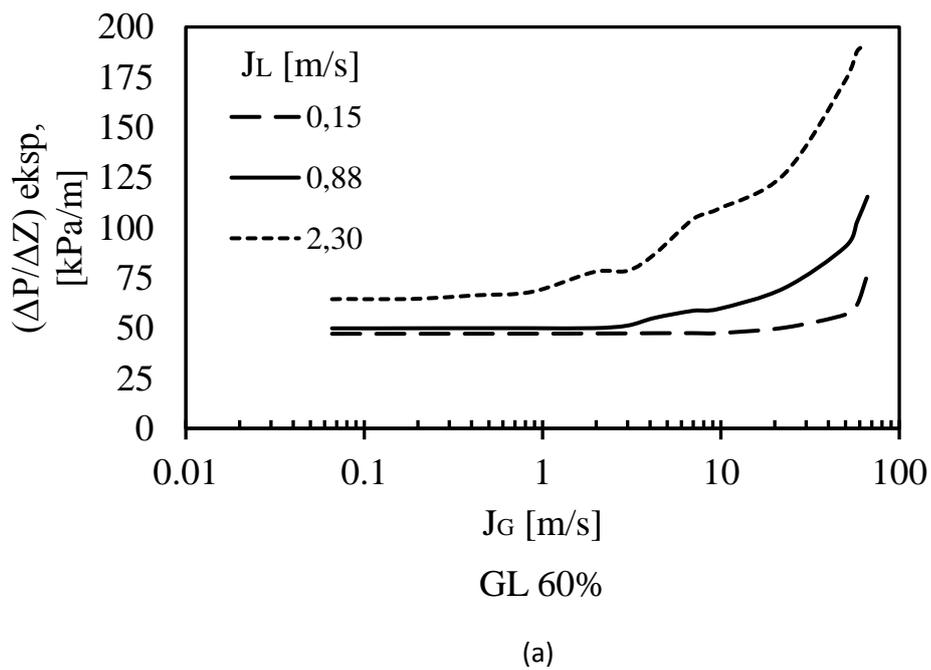
4.2. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Campuran Air dan Gliserin 50%

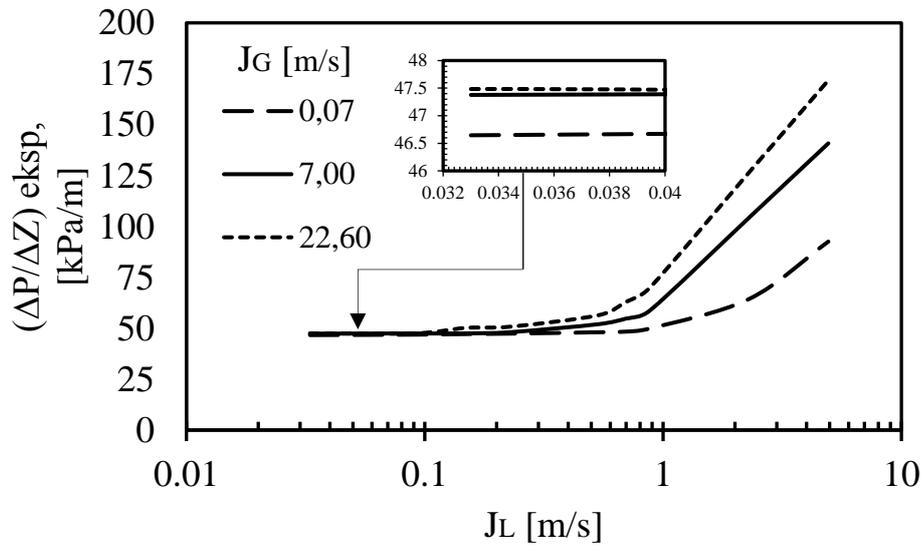




Gambar 4.2 (a) Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G , (b) Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 50 %

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

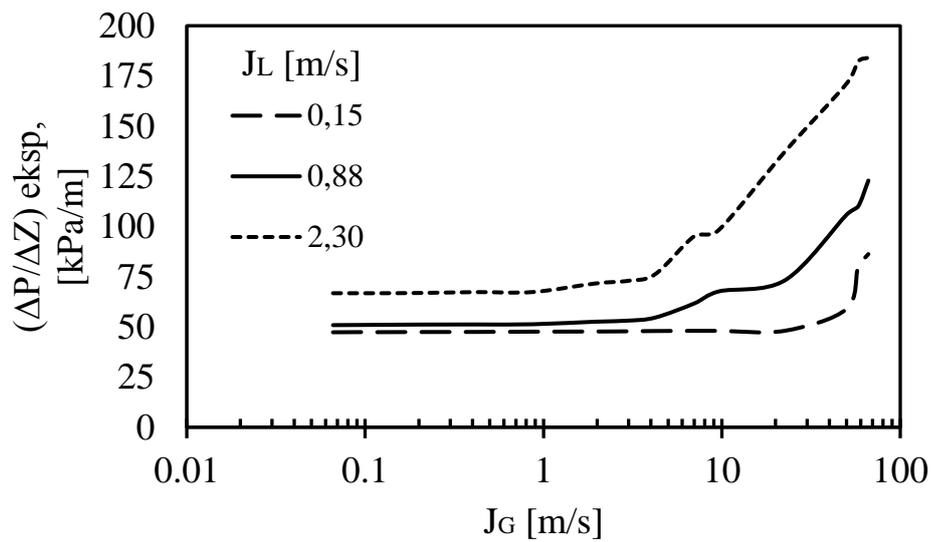




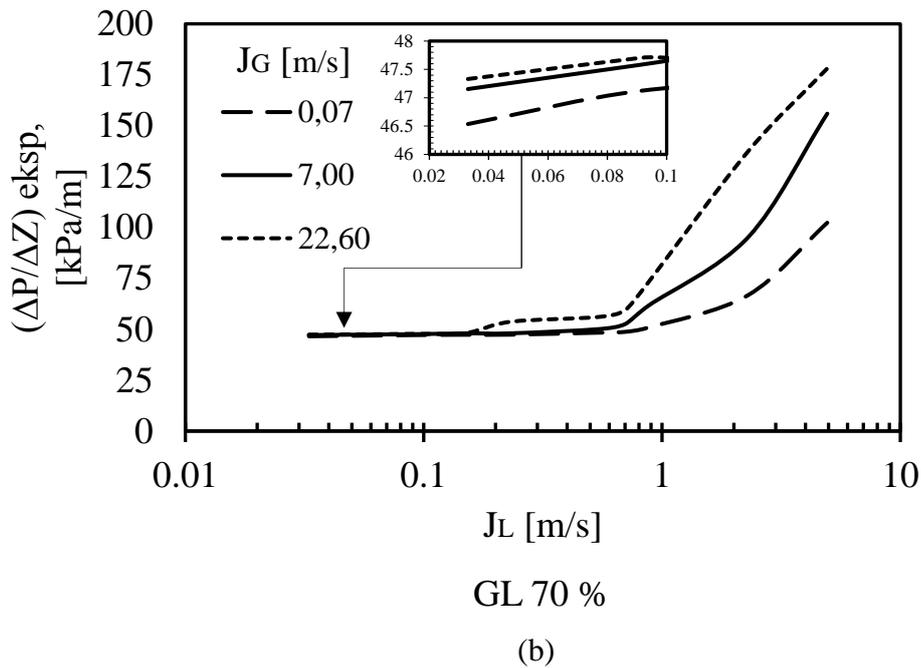
(b)

Gambar 4.3 (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 %

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



(a)



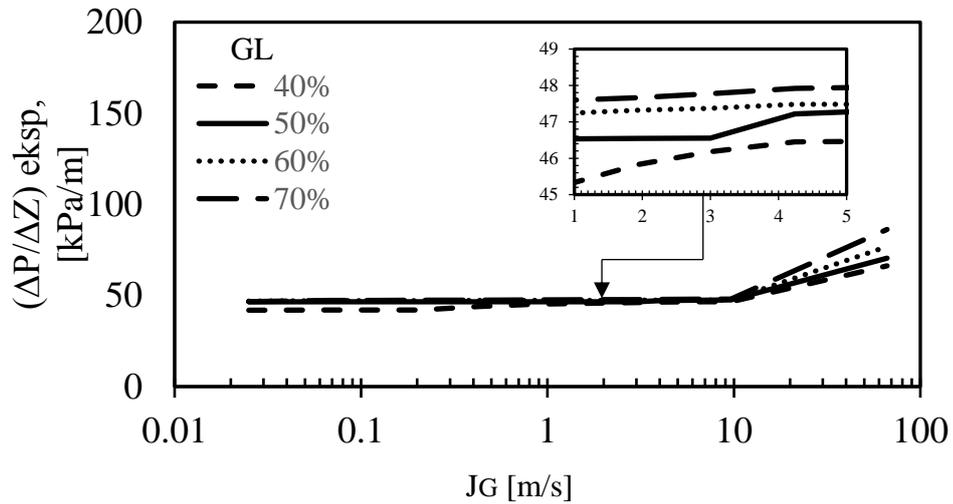
Gambar 4.4 (a) Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G , (b) Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada viskositas GL 70 %

Pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan variasi 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 cairan. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan pengaruh dari perubahan kecepatan superfisial terhadap nilai gradien tekanan pada pipa kapiler dengan diameter 1,6 mm.

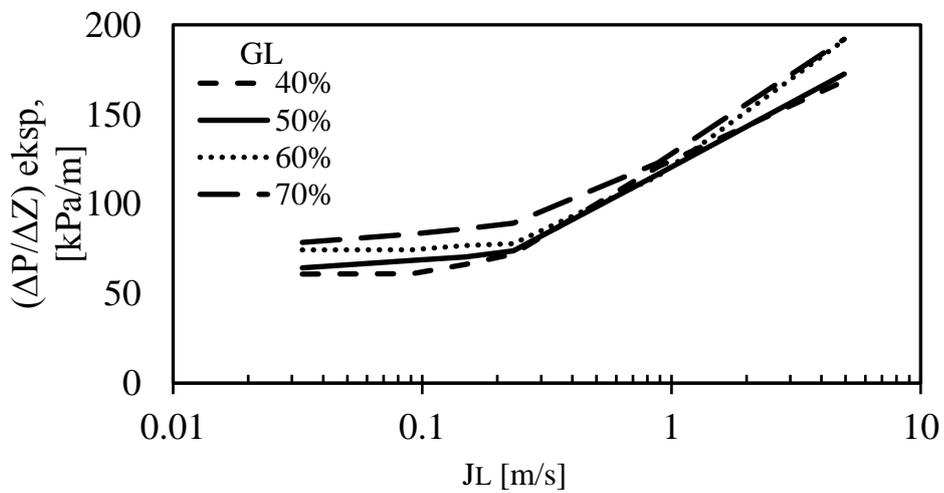
Gambar 4.1(a) - 4.4(a) menunjukkan pengaruh dari kecepatan superfisial *liquid* (J_L) pada variasi kecepatan superfisial gas (J_G). Kecepatan superfisial diukur dengan menggunakan rotameter udara dan *liquid* dengan tiga rentang J_L (0,149; 0,879 dan 2,297 [m/s]) dan dengan mevariasikan J_G (0-66,3 [m/s]) pada setiap J_L , sedangkan Gambar 4.1(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.

4.5. Pengaruh Viskositas Cairan Terhadap Gradien Tekanan

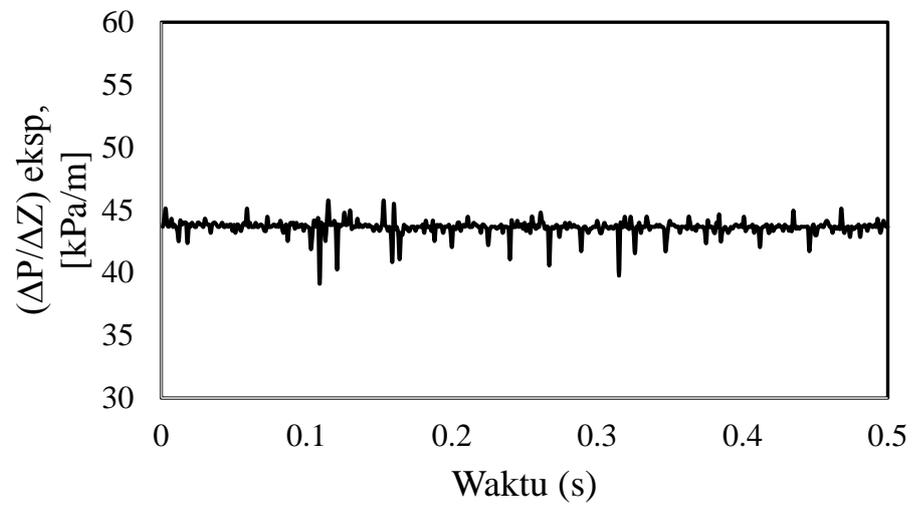


(a)

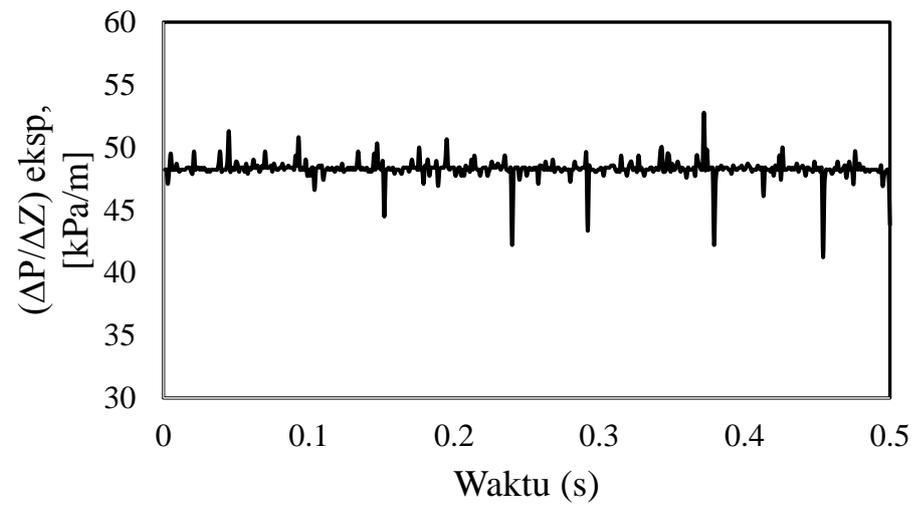


(b)

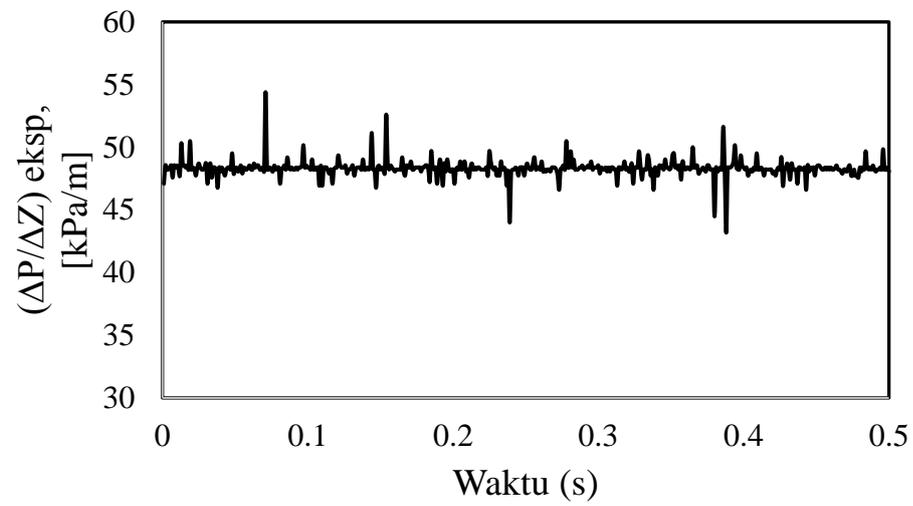
Gambar 4.5 (a) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_L 0,149 m/s dan J_G bervariasi, (b) Pengaruh viskositas fluida terhadap gradien tekanan pada J_G 66,3 m/s dan J_L bervariasi



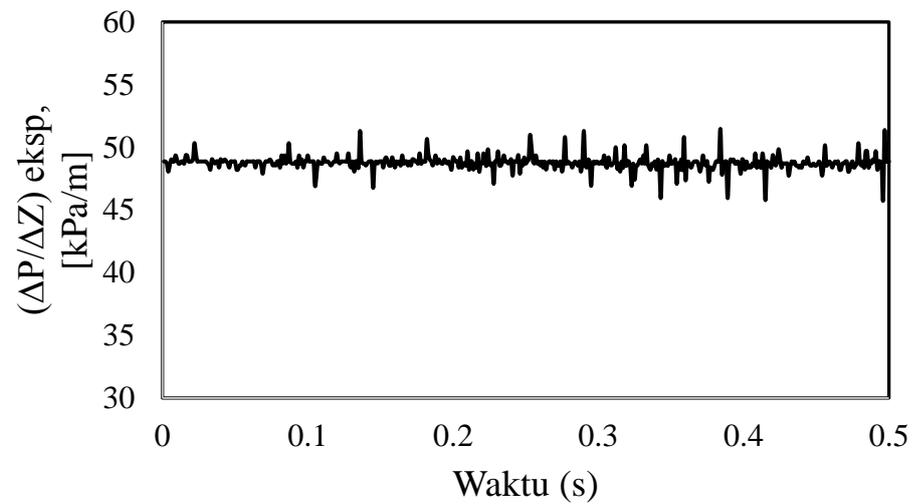
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.6 *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%

Selain variasi kecepatan superfisial variasi viskositas juga menjadi acuan untuk mengetahui nilai dari gradien tekanan. Pada penelitian ini 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%. Viskositas merupakan ukuran daya hambat aliran fluida yang dapat juga dinyatakan sebagai keengganan fluida untuk mengalir. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin kecil nilai viskositas maka semakin mudah suatu fluida untuk bergerak. Begitu pula sebaliknya, fluida akan sulit untuk bergerak apabila viskositas semakin tinggi. Viskositas fluida secara tidak langsung memiliki hubungan dengan bilangan Reynold. Bilangan Reynold digunakan untuk menentukan *friction factor* (persamaan 4.2) pada aliran dua fasa *gas-liquid*. Bilangan Reynold ditunjukkan pada persamaan (4.1) dibawah ini

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \quad (4.1)$$

$$f_f = \frac{0,079}{Re^{0,25}} \quad (4.2)$$

dimana :

Re = bilangan Reynold

f_f = *friction factor*

ρ = massa jenis (kg/m^3)

D = diameter (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

μ = viskositas (N.s/m^2)

Untuk menentukan nilai dari penurunan tekanan, maka pengukuran dikonversi ke *friction factor* dengan menggunakan persamaan (4.3),

$$f_f = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2} \quad (4.3)$$

$$\Delta P = f_f \frac{1}{2}\rho v^2 \quad (4.4)$$

dimana :

f_f = *friction factor*

ΔP = perbedaan tekanan, $P_{in} - P_{out}$ (Pa)

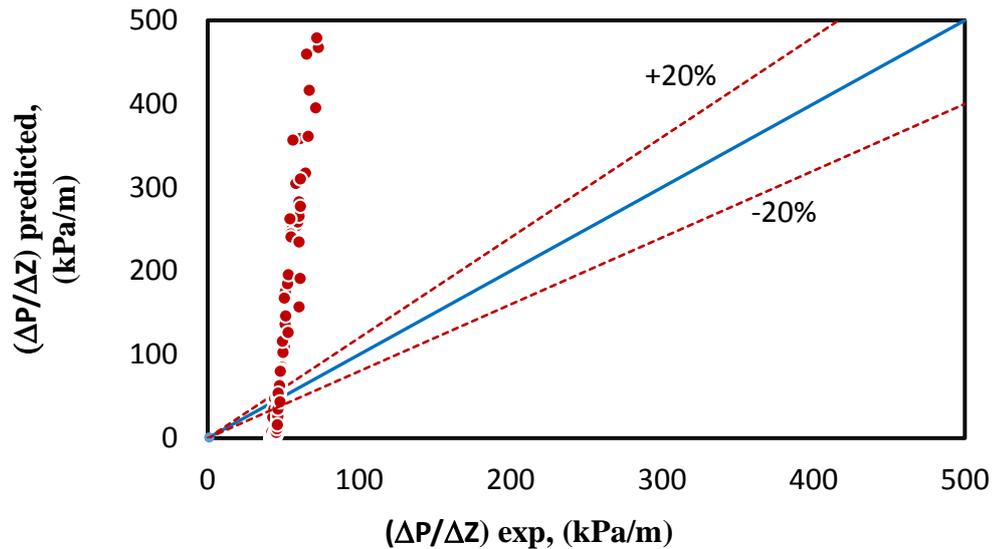
ρ = massa jenis (kg/m^3)

v = kecepatan aliran (m/s)

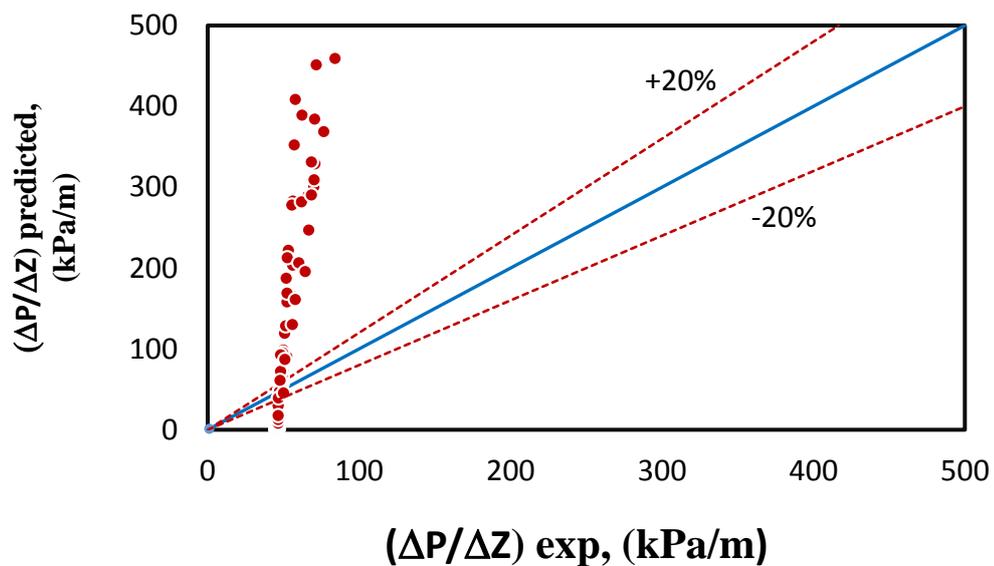
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa viskositas gliserin sangat berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan. Dari gambar tersebut dapat diketahui apabila viskositas mengalami kenaikan, maka nilai gradien tekanan juga akan mengalami peningkatan. Hal tersebut sesuai dengan teori yang terdapat pada persamaan 4.1-4.3. Dari persamaan 4.1 dapat dijelaskan bahwa viskositas berbanding terbalik dengan angka Reynold. Persamaan 4.2 juga menjelaskan hubungan antara angka Reynold dengan *friction factor*, sedangkan persamaan 4.3 menjelaskan hubungan antara *friction factor* dengan perbedaan tekanan. Dari ketiga persamaan tersebut didapat kesimpulan bahwa viskositas berpengaruh terhadap angka Reynold, kemudian angka Reynold juga dapat berpengaruh pada *friction factor*, sedangkan nilai dari *friction factor* mempengaruhi perbedaan tekanan, selain dengan menggunakan persamaan, gradien tekanan juga dapat dilihat dari data *time series*. Gambar 4.6 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 4.6 (a) menunjukkan grafik *time series* pada GL 40%, 4.6(b) grafik *time series* pada GL 50%, 4.6(c) pada GL 60% dan 4.6(d) pada GL 70% dengan nilai gradien tekanan rata-rata masing-masing 43,62661; 48,28149; 48,3075 dan 48,78016 kPa/m. Gambar 4.6(a) – 4.6(d) dapat dilihat bahwa seiring dengan meningkatnya viskositas gliserin, maka nilai gradien tekanan yang dihasilkan akan mengalami kenaikan.

4.6. Perbandingan Hasil Gradien Tekanan Terhadap Model Aliran Homogen

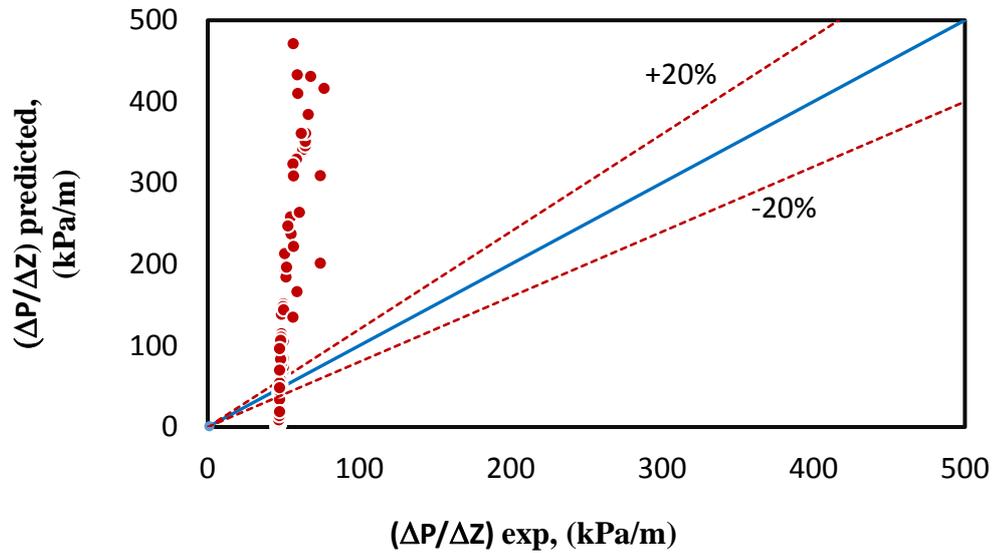
Perbandingan dilakukan terhadap model homogen yang dilakukan oleh (Dukler dkk., 1964). Nilai gradien tekanan didapatkan dari nilai rata-rata hasil gradien tekanan selama 3 detik, kemudian dikumpulkan untuk dibandingkan dengan gradien tekanan teoritis.



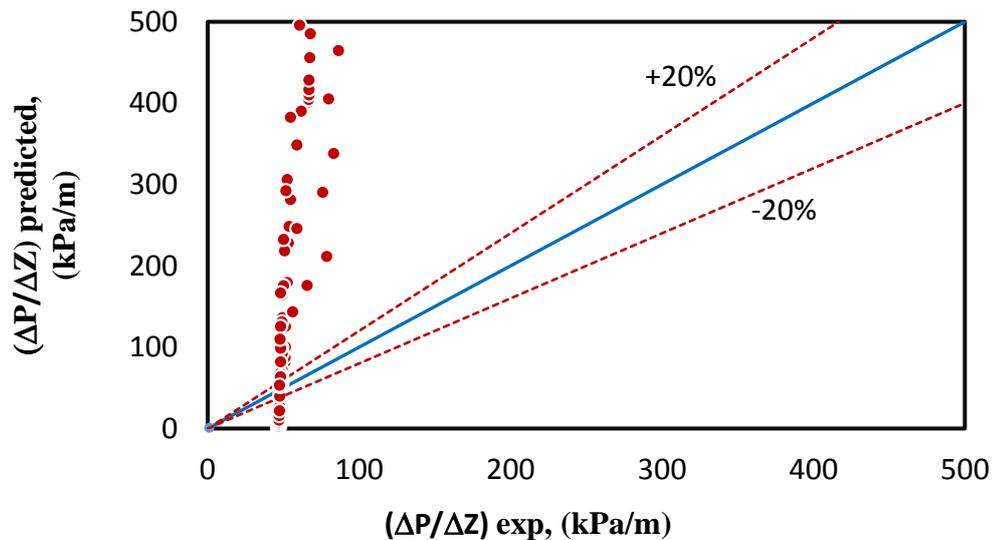
Gambar 4.7 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 40% terhadap nilai teoritis Dukler dkk. (1964)



Gambar 4.8 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 50% terhadap nilai teoritis Dukler dkk. (1964)



Gambar 4.9 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 60% terhadap nilai teoritis Dukler dkk. (1964)

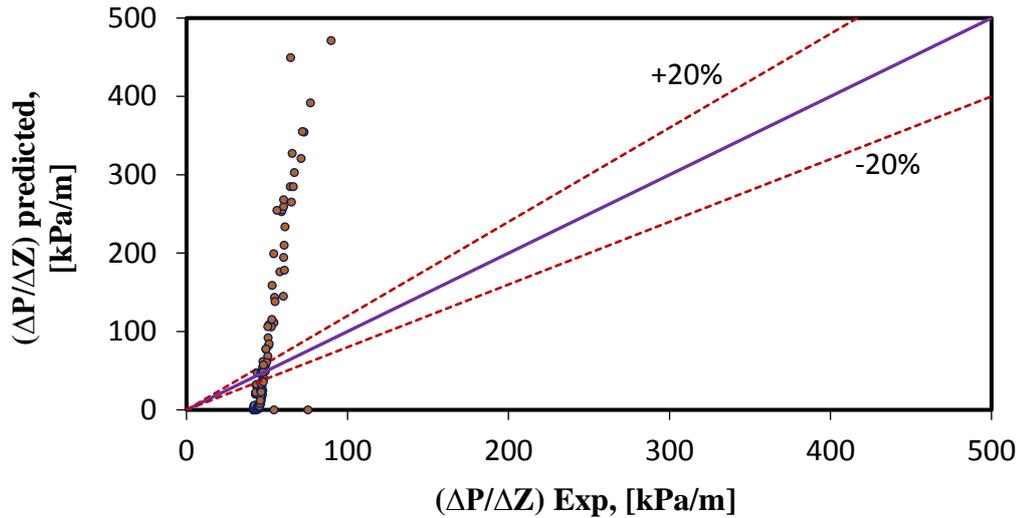


Gambar 4.10 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 70% terhadap nilai teoritis Dukler dkk. (1964)

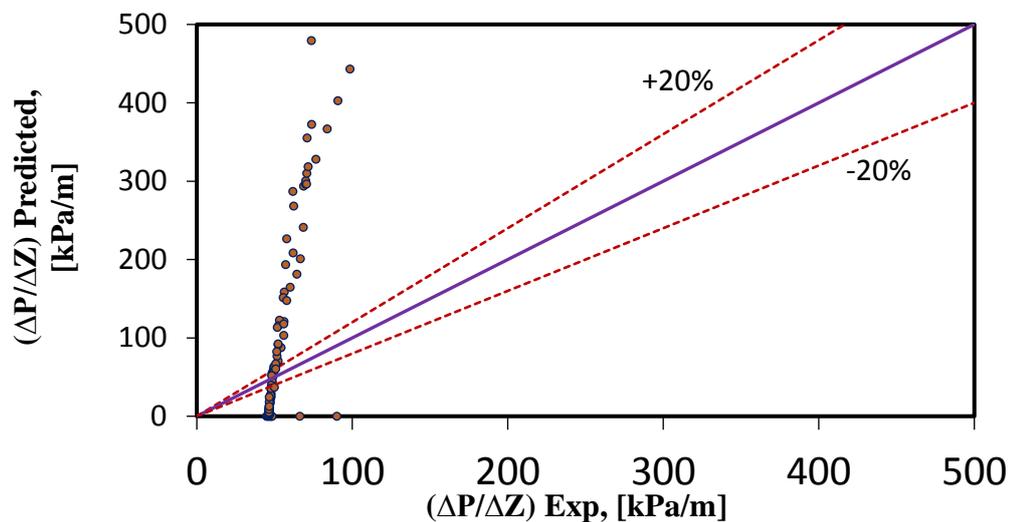
Berdasarkan Gambar 4.7-4.10, dapat diketahui bahwa hasil yang didapatkan menyimpang dari nilai teoritis yang diajukan oleh Dukler dkk. (1964). Hasil penelitian menunjukkan deviasi rata-rata terhadap nilai teoritis Dukler dkk. (1964) *over predicted* dimana hasil teoritis diatas 20%. Variasi viskositas campuran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap gradien tekanan teoritis Dukler dkk. (1964).

4.7. Perbandingan Hasil Gradien Tekanan Terhadap Model Aliran Terpisah

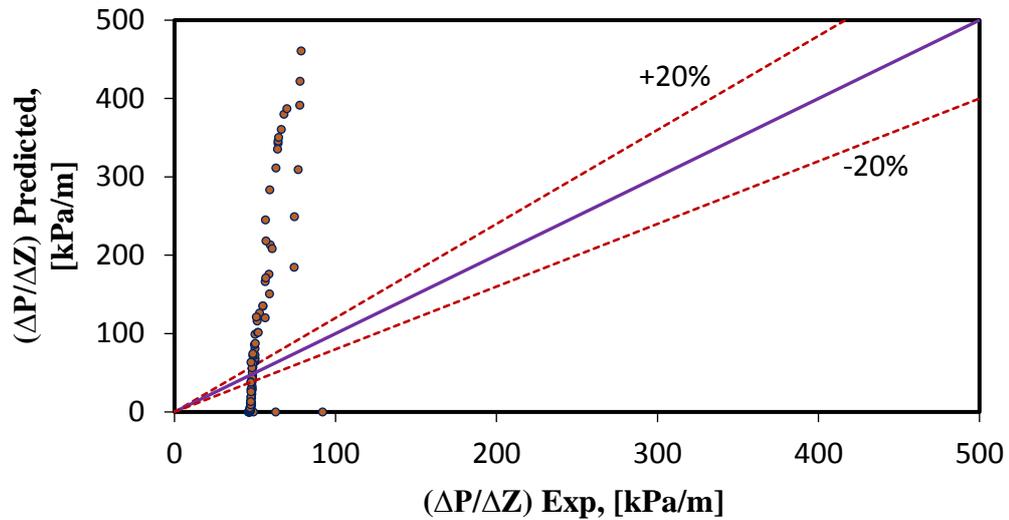
Perbandingan dilakukan terhadap model aliran terpisah yang dilakukan oleh (Mishima & Hibiki, 1996). Nilai gradien tekanan didapatkan dari nilai rata-rata hasil gradien tekanan selama 3 detik, kemudian dikumpulkan untuk dibandingkan dengan gradien tekanan teoritis.



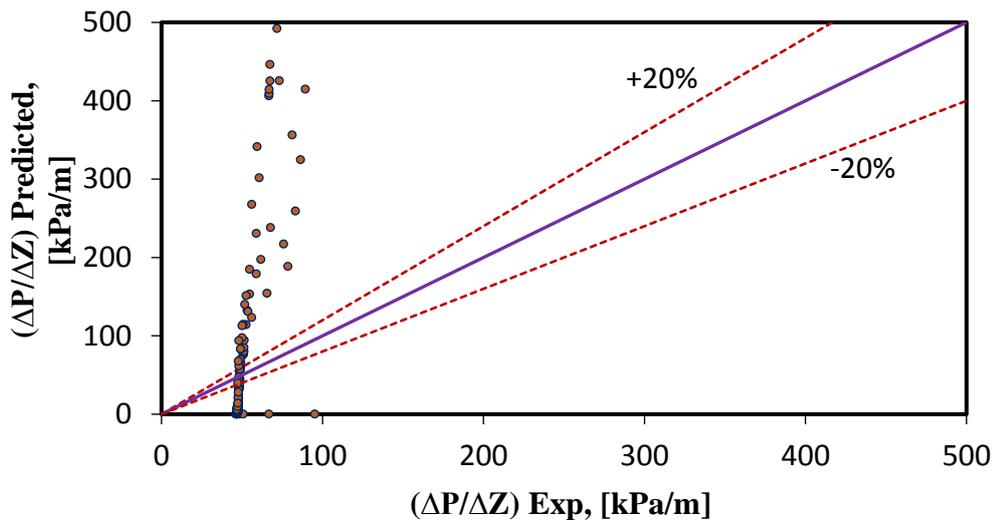
Gambar 4.11 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 40% terhadap nilai teoritis Mishima dan Hibiki (1996)



Gambar 4.12 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 50% terhadap nilai teoritis Mishima dan Hibiki (1996)



Gambar 4.13 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 60% terhadap nilai teoritis Mishima dan Hibiki (1996)



Gambar 4.14 Perbandingan hasil gradien tekanan eksperimen pada GL 70% terhadap nilai teoritis Mishima dan Hibiki (1996)

Berdasarkan Gambar 4.11-4.14, dapat diketahui bahwa hasil yang didapatkan menyimpang dari nilai teoritis yang diajukan oleh Mishima dan Hibiki (1996). Hasil penelitian menunjukkan deviasi rata-rata terhadap nilai teoritis Mishima dan Hibiki (1996) *over predicted* dimana hasil teoritis diatas 20%. Variasi viskositas campuran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap gradien tekanan teoritis Mishima dan Hibiki (1996).