

INVESTIGASI GRADIEN TEKANAN DUA FASA UDARA-AIR DAN GLISERIN (0%, 10%, 20%, 30%) PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 15⁰ TERHADAP POSISI HORIZONTAL

Nalar Wiardi¹, Sudarja², Sukamta²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul Yogyakarta 55183

nalarwiardi02@gmail.com

Abstract

Two-phase flow is often found both in everyday life and in industrial processes, such as in boiler systems, heat exchangers, nuclear reactors. The two phase flow has a variety of mixtures, and can be classified into a gas-solid, gas-liquid, liquid-solid mixture. Two phases are divided into two streams, downward flow, upward direction and can be distinguished position of the channel to be upright, sloping and horizontal. The pressure gradient in the liquid polymer is a decrease in pressure per unit length along the flow path.

This research uses a test equipment in the form of capillary tube with diameter 1,6 mm in slope of 15⁰, with material in the form of air-aquades and glycerin 0%, 10%, 20%, and 30%. This research measured the viscosity and speed of superficial gas (J_G) and liquid (J_L) and pressure gradient. Pressure gradient data is obtained by using a pressure transducer.

From the research of two-phase air-water and glycerin flow pressure gradients (0%, 10%, 20%, 30%) on the slope of 15⁰ capillary pipe to the horizontal position with variations that have been done, the results are obtained. The influence of J_G and J_L on the pressure gradient, the greater J_G and J_L , the higher the value of pressure gradient. For superficial velocity, it can be concluded that mixing glycerin GL 0%, 10%, 20%, 30% affects the viscosity value and influences the pressure gradient value which will increase the value produced, and the angle greatly affects the value that occurs in the pressure gradient. Whereas for the viscosity the pressure gradient is obtained with the J_G variation taken randomly on J_L 0,149 m/s. Mixing variation of GL 0%, 10%, 20%, 30% increases the pressure gradient value but it is not significant because the J_L value is still low, so that the pressure gradient value is stable and on the pressure gradient with J_L there was a significant increase due to the data taken at the large J_G namely J_G 4,238 m/s, the increase in pressure gradient was strongly influenced by the size of J_G and J_L .

Keywords: pressure gradient, superficial velocity, capillary pipe, two phases, glycerin.

1. Pendahuluan

Fase adalah kondisi dari suatu zat, yang berupa cair, padat, dan gas. Aliran multi fase (*multifase flow*) adalah aliran simultan dari beberapa fase dari sebuah zat. Aliran dua fase banyak dijumpai baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam proses-proses industri, seperti pada sistem *boiler*, *heat exchanger*, dan *nuclear reactor*. Aliran dua fase mempunyai berbagai macam campuran, dan dapat diklasifikasikan menjadi campuran gas-padat, gas-cair, cair-padat. Dua fase dibedakan menjadi dua aliran, aliran kebawah, searah keatas dan dapat dibedakan kedudukan salurannya menjadi tegak, miring dan mendatar. Aliran dua fase terbagi menjadi tiga bagian, pola aliran, fraksi hampa, dan gradien tekanan.

Gradien tekanan dalam polimer cair adalah penurunan tekanan per satuan panjang sepanjang jalur aliran. Penurunan tekanan dari satu lokasi ke lokasi lain adalah kekuatan yang mendorong polimer cair mengalir selama pengisian. Polimer selalu

bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, mirip dengan air yang mengalir dari sudut lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Pada penelitian ini dilakukan karena untuk mengetahui tekanan pada suatu aliran, untuk mengetahui pengaruh viskositas dan kecepatan superfisial terhadap nilai gradien tekanan pada pipa kapiler dengan diameter dalam 1,6 mm, sehingga bisa diaplikasikan untuk aliran darah pada manusia dikarenakan pada pembuluh darah manusia mempunyai diameter yang sangat kecil. Studi eksperimental pada penelitian ini sangat penting untuk mengetahui dan mengenal aliran dua fase udara-akuades dan gliserin pada pipa miring, karena belum banyak yang melakukan penelitian ini sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk kedepannya.

Wicks dan Dukler (1960) memprediksi model viskositas data kondensasi yang memuaskan, tetapi gagal memprediksi data penguapan. Semua model viskositas yang diuji cenderung sedikit menyimpang dari garis tengah pada kualitas uap tinggi, dan memprediksi gesekan untuk saluran makro sudah dibandingkan dengan data gradien tekanan eksperimental. Fridel, Muller-Steinhagen dan Heck sesuai dengan R134a dan data gradien tekan eksperimental R32 untuk multiport tabung diuji dalam proses evaporasi dan kondensasi. Souza dan Pimenta memperkirakan tekanan eksperimental data gradien sangat baik dengan tabung multiport dan diameter hidrolik dari 1,16 mm, tetapi gagal memprediksi data eksperimental dalam tabung diameter hidrolik 0,715 mm, dengan R134a dan R32, sehingga tujuh model gesekan mini/mikro-saluran dibandingkan dengan data gradien tekanan gesekan eksperimental dalam aliran dua fase. Perbandingan ini menunjukkan model yang diusulkan Cavallini dkk menyajikan kemampuan memperkirakan data tekanan gradien eksperimental untuk kedua proses dengan tinggi nilai kecepatan massa ($>955 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$) dan fluks panas rendah ($<3,5 \text{ kw/m}^2$), sedangkan model gesekan lain yang diuji bekerja sangat baik dibawah keadaan tertentu. Zang dan Webb telah menunjukkan kinerja yang sangat wajar dengan data eksperimen R32 dan diameter hidrolik 0,715 mm, dan belum bekerja dengan baik dalam tabung multiport 1,16 mm. Model Zang dan Webb menghasilkan hasil yang baik dengan kedua refrigeran. Koyama dkk (2003) korelasi tidak mampu menangkap kecenderungan diantara percobaan dua fase data gradien tekanan, namun korelasi data menghasilkan data yang memuaskan dari tabung hidrolik diameter 1,1 mm. Korelasi lainnya seperti Sun dan Mishima telah memberikan hasil yang sangat baik untuk kedua tabung multiport, geometri dan cairan yang berbeda harus diuji eksperimental dalam rangka meningkatkan data base dan mengembangkan model prediksi yang lebih umum untuk penurunan gradien tekanan di mini-channel.

Taitel dan Barnea. (1990) mengusulkan pendekatan konsisten untuk menghitung penurunan tekanan dalam aliran *slug steady-state* dalam 0,5m dan 0,05m diameter pipa. Penurunan tekanan dihitung dengan menggunakan keseimbangan momentum keseluruhan atas aliran *slug*. Metode ini hanya mempertimbangkan penurunan tekanan gravitasi dan gesekan dalam aliran *slug* horizontal. Mereka mempelajari dan membandingkan penurunan tekanan dengan menggunakan model ketebalan variabel dengan sub-model *slug flow* yang disederhanakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang disarankan untuk perhitungan penurunan tekanan menggunakan volume kontrol global lebih dekat ke solusi yang tepat. Demikian juga, Petalas dan Aziz (2000) menyarankan model mekanistik yang tersedia untuk perhitungan pola aliran dapat meningkatkan kemampuan memprediksi gradien tekanan sepanjang pipa dan penumpukan cairan dalam pipa. Kolerasi empiris baru diterapkan pada semua sifat fluida dan geometri pada pipa. Cairan/dinding dan gesekan antar muka cair/gas dalam rezim bertingkat, fraksi volume cairan dan gesekan antar muka dalam aliran intermiten dan koefisien distribusi diperhitungkan selama pengembangan model korelasi ini. Kemudian, model mekanistik dan sub-model Taitel dan Barnea (1990) dirumuskan kembali oleh Orell (2005) untuk meningkatkan bilangan Reynolds untuk menghitung faktor gesekan dan penurunan tekanan *slug* dalam pipa horizontal. Model yang diusulkan dikembangkan untuk menguji secara ekstensif terhadap 12 penurunan tekanan dan delapan cairan data *hold up* untuk aliran *slug* udara-air dan minyak-udara horizontal melalui rentang luas kondisi operasi dan diameter pipa.

Badie dkk. (1999) dalam pengukuran dua fase *gas-liquid* gradien tekanan yang diperoleh di *Imperial College WASP*, menunjukkan bahwa penambahan hasil cair yang sangat rendah menghasilkan peningkatan gradien tekanan yang signifikan dibandingkan dengan nilai yang diukur untuk gas fase tunggal. Perbandingan dengan model ARS dari Heart dkk (1989) dan model *double-circle* dari Chen dkk (1997) menunjukkan bahwa kedua model setuju dengan cukup baik.

Kawahara dkk. (2005) menyampaikan hasil penelitiannya mengenai aliran dua fase di dalam saluran berdiameter 530, 250, 100, dan 50 μm . Untuk saluran dengan $\text{DH} > 250 \mu\text{m}$, faktor pengali dua fase Lockhart dan Martinelli (1949) menunjukkan ketergantungan pada fluks massa, dan satu harga C umum yang menggambarkan seluruh data dengan baik.

Ujang dkk. (2006) masing-masing menggunakan fase cairan yang berbeda pengaruh dari tekanan operasi pada panjang *slug* hidrodinamik didekat aliran pipa horizontal untuk gas dan simulasi rezim aliran dua fase, cairan diamati oleh Kadri dkk (2010). Operasi dilakukan dengan panjang pipa 103m dan diameter dalam 0,069m. Air atau *sulfur hexafluoride* (SF_6) gas dan minyak (*ExxsolD80*) digunakan untuk cairan dalam pekerjaan eksperimental. Air digunakan ketika beroperasi pada kondisi atmosfer, sedangkan SF_6 digunakan dalam percobaan tekanan tinggi. SF_6 adalah gas padat dengan densitas sekitar 5,5 kali udara. Oleh karena itu, simulasi kondisi tekanan tinggi (gas alam hingga 65 bar). Studi ini mengidentifikasi tiga jenis *slug* berdasarkan perbedaan kadar cairan antara *slug* bagian depan dan *slug* bagian belakang, ditemukan bahwa hanya *slug* pendek yang ada pada tekanan tinggi.

Lee dkk. (2010) sangat penting untuk mengevaluasi tekanan lokal secara akurat dalam multidimensi perhitungan aliran dua fase karena aliran dua fase sangat sensitif terhadap tekanan lokal. Salah satu istilah dalam dua fase persamaan momentum, yang memiliki efek yang saling terkait pada perhitungan tekanan lokal, istilah gradien tekanan. Menyarankan skema numerik iteratif baru berdasarkan rekonstruksi frink untuk node batas. Kami membandingkannya dengan berbagai metode perhitungan gradien dalam literatur dengan menggunakan fungsi uji sederhana, rongga yang digerakkan oleh gravitasi, dan dinding yang mendidih mengalir. Hasil perhitungan jelas menunjukkan bahwa skema evaluasi gradien tekanan bekerja berulang dengan baik untuk sel berubah-ubah tidak terstruktur dalam kondisi aliran satu dan dua fase. Skema baru membutuhkan waktu komputasi tambahan, tetapi penambahannya kecil karena jumlah node batas biasanya lebih kecil dari node netral.

Kim dan Mudawar. (2014) penelitian ini meninjau metode untuk menentukan gesekan gradien tekanan dalam adiabatik, mengembun dan mendidih di aliran mini/saluran mikro. Menunjukkan bahwa dua kunci kesulitan dalam memilih model atau korelasi yang sesuai adalah validitas terbatas pada beberapa fluida kerja dan rentang kondisi operasi yang sempit. Keterbatasan itu diatasi dengan pengembangan dua konsolidasi mini/mikro-channel data base, untuk adiabatik dan kondensasi mengalir, dan yang lainnya untuk aliran mendidih. Ada perbedaan mendasar dalam struktur aliran antara adiabatik dan kondensasi mini/mikro-channel mengalir pada satu tangan dan aliran mendidih di sisi lain. Perbedaan-perbedaan ini, yang berasal dari efek entra tetesan cairan, membutuhkan penggunaan metobik prediktif yang berbeda untuk adiabatik dan aliran kondensasi dibandingkan aliran mendidih. Dua data base mini/mikro-saluran konsolidasi terpisah, yang pertama adalah untuk aliran adiabatik dan kondensasi, dan terdiri dari 7115 titik data gradien tekanan friksi dari 36 sumber, dan yang kedua untuk aliran mendidih, dan rentang kondisi operasi yang sangat luas. Data base terkonsolidasi terbukti menjadi alat yang efektif untuk meneliti keakuratan model dan korelasi sebelumnya sebagai pengembangan korelasi "*universal*" yang berlaku untuk sejumlah besar cairan dan rentang yang sangat luas kondisi operasi.

Barreto dkk. (2015) adiabatik air-air arus ke atas diukur dalam lingkaran pipa dengan diameter dalam 1,2 mm. Kecepatan superfisial air (J_L) berkisar antara 0,1 hingga 3,5 m/s, dan kecepatan superfisial udara (J_G) dari 0,1 hingga 34,8 m/s. Kualitas gas diperoleh 0,38 m/s. Penurunan tekanan dan hasil fraksi dikumpulkan untuk berbagai aliran pola (*annular*, *bubbly*, *slug*, dan *churn*) serta untuk transisi antara konfigurasi aliran dua fase. Transisi *churn/annular* ditemukan terjadi pada superfisial dengan kecepatan gas hingga 6 m/s, sedangkan nilai yang diprediksi adalah 1,4 m/s

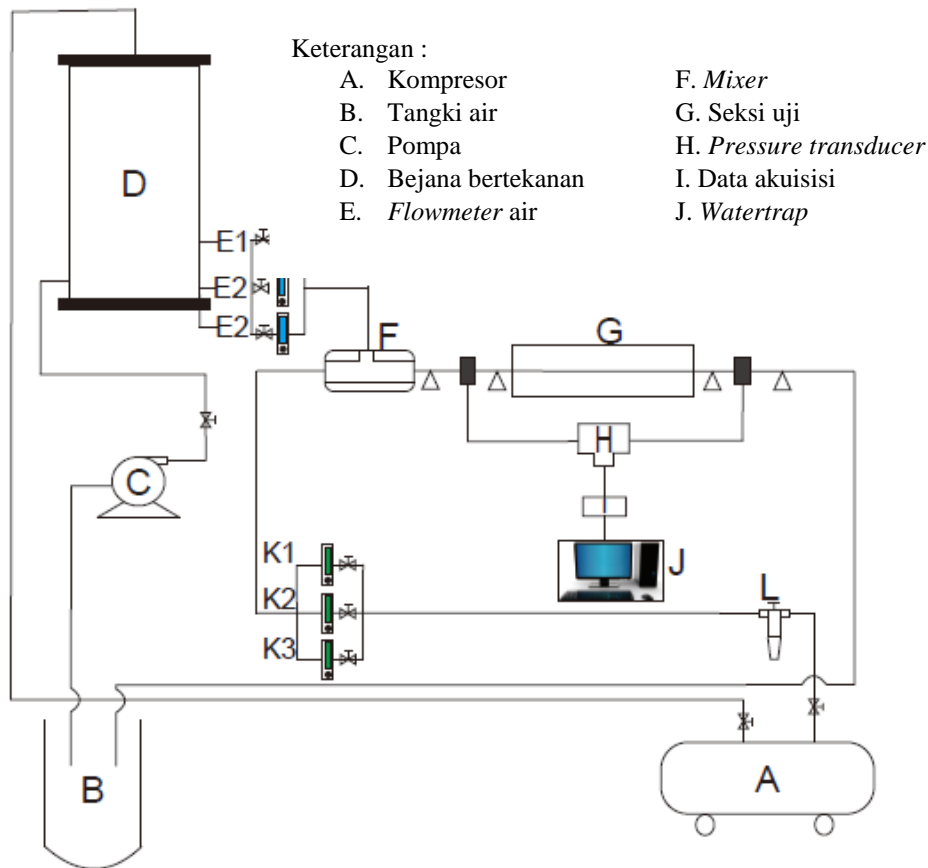
(sebagaimana diindikasikan oleh Mishima dan Ishii), sesuai kesepakatan dengan Barnea dkk (1983). *Bubbly/slug, slug/churn dan slug/annular* transisi konsisten dengan peta Mishima dan Ishii. Korelasi penurunan tekanan dibuat secara eksklusif dengan refrigeran fluida data (misalnya, Yang dan Webb, Lee dan Mudwar, Tran dkk, Zang dan Kwon) tampaknya tidak sesuai untuk air-udara mengalir. Kolerasi tabung kecil yang dibuat dengan data air-udara (yaitu, Kawahara dkk, Lee dan Lee, Mishima dan Hibiki) menunjukkan kinerja adiabatik dalam memprediksi penurunan tekanan ΔP untuk *annular* mengalir dengan kecepatan superfisial gas tinggi, $J_G > 18,6$ m/s. Tradisional kolerasi (model homogen, Chisholm dan Muller-Steinhagen dan Heck), umumnya digunakan untuk pipa besar, disajikan kinerja terbaik untuk pola *bubbly, slug, churn dan annular* dengan $J_G < 14,5$ m/s. Kolerasi yang diusulkan oleh Lockhart-Martinelli dan lainnya berdasarkan studi mereka tidak ditemukan efisiensi untuk prediksi ΔP untuk $Re_p > 2000$. Pola aliran dan rezim aliran cairan (diberikan Re_p) tampaknya mempengaruhi prediksi penurunan tekanan. Parameter Chisholm C untuk tabung kecil terlalu tinggi untuk $Re_p > 2000$. Kolerasi fraksi Lockhart-Martinelli mampu memprediksi data eksperimen dan hasil ini sesuai dengan temuan Bao dkk (1994) model homogen pada umumnya gagal untuk mewakili fraksi kekosongan rata-rata meningkat dari sekitar 1 untuk aliran *bubbly* ke nilai sekitar 16 dimana pola *annular* ditemukan. Di *microchannels*, tidak ada slip yang memberikan prediksi wajar hanya untuk aliran *bubbly* dengan kualitas yang sangat rendah dari fraksi hampa. Hasil ini tidak sesuai dengan temuan Oliveira dkk (2008) untuk pipa besar. Analisis *fraksi void* seketika dapat berguna untuk pemantauan tujuan atau untuk meningkatkan prediksi penurunan tekanan. Standar deviasi dari fraksi kekosongan rata-rata, σ_m sekitar sepuluh kali lebih besar untuk pola *slug* dibandingkan dengan pola aliran *bubbly*, konfigurasi aliran *churn* dan *annular* disajikan antara nilai σ_m .

Garcia dkk, (2015) penurunan aliran dua fase telah dilakukan secara eksperimental diukur dalam evaporasi dan proses kondensasi menggunakan dua multiport diekstrusi pada sebuah tabung aluminium hidrolik yang berdiameter 0,715 dan 1,16 mm, refrigeran R134a dan R32 telah diuji. Kondisi eksperimental mulai kecepatan massa 200e 1229 $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ panas flux 70-2,55 kw/m^2 , suhu-suhunya yaitu (5, 7,5, 12,5, 30, 35, 40, 45, 50, 55) $^{\circ}\text{C}$ dari total 396 data. Aliran dua fase gradien tekanan meningkat dengan meningkatnya nilai kecepatan massa dan kualitas uap mendidih dan proses kondensasi, namun gradien tekan menurun ketika jenuh tekanan meningkat. Metode campuran homogen memberikan hasil yang baik ketika dikombinasikan dengan Cicchitti dkk, dan Owens dkk. Kekentalan model untuk kedua refrigeran pada evaporasi dan proses kondensasi.

Sudarja dkk, (2016) melakukan penelitian aliran dua fase air-udara pada pipa yang memiliki ukuran diameter dalam 1,6 mm. Gradien tekanan, $(\Delta P/\Delta Z)$, bahwa kecepatan superfisial gas maupun cairan berpengaruh terhadap gradien tekanan secara signifikan, semakin tinggi J_G menyebabkan semakin tingginya gradien tekanan, dan sebaliknya. Demikian juga halnya dengan J_L . Hal ini karena kenaikan J_G maupun J_L akan menaikkan kecepatan superfisial total dari aliran fluida (*total volumetric flux*), yang secara teoritis berpengaruh pada kenaikan gradien tekanan secara signifikan..

2. Metode Penelitian

Instalasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. terdiri dari komponen utama: 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, dan data digital masih beupa tegangan harus diubah menjadi tekanan agar didapatkan hasil gradien tekanan. 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.

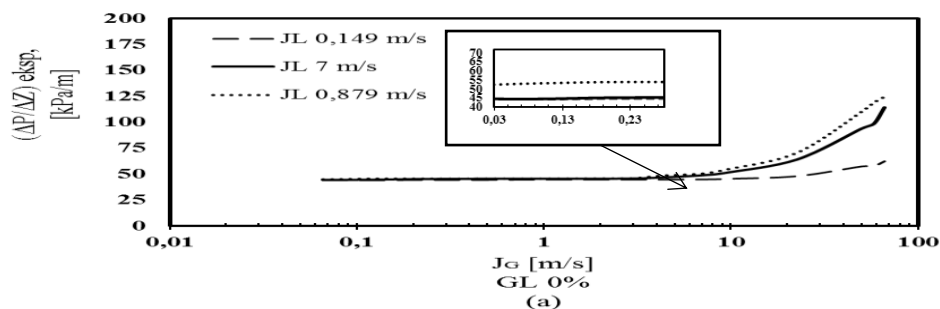


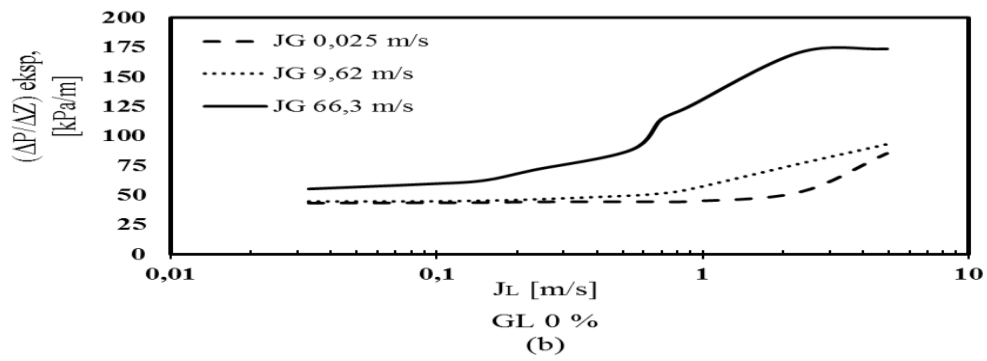
Gambar 1. Skema instalasi penelitian (Sudarja dkk, 2018)

3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan aliran dua fasa pada pipa mini berukuran 1,6 mm dengan variasi viskositas dan variasi J_G dan J_L , variasi viskositas dengan memberikan campuran akuades-gliserin 0%, 10%, 20%, 30%, penurunan tekanan persatuan panjang (*pressure gradient*). Data *pressure gradient* diambil menggunakan sensor *pressure transducers* (PT), data yang dihasilkan *pressure transducer* masih berupa data analog diubah menjadi data digital menggunakan data akuisisi dan tekanan terbaca pada komputer, data yang dihasilkan komputer masih berupa tegangan (v), pengambilan data dilakukan selama 50 detik dengan frekuensi 1000 data/detik (Hz/channel).

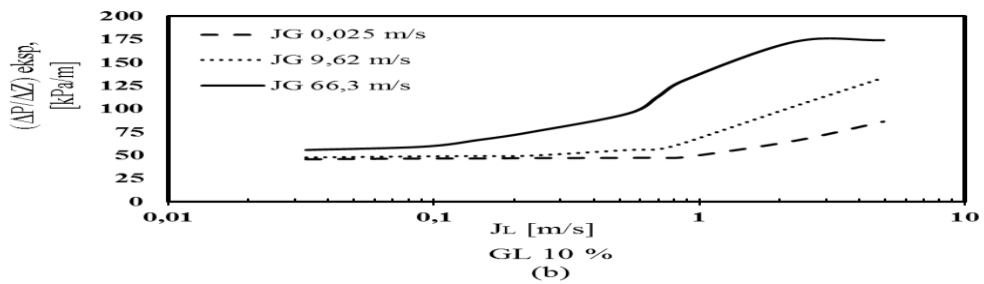
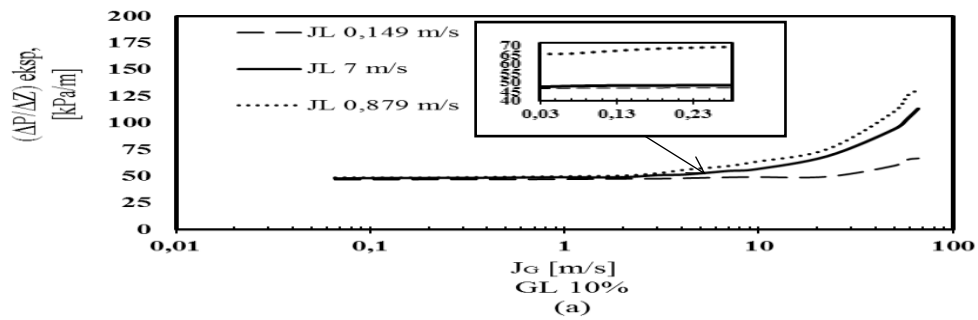
3.1. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fasa Udara-Campuran Air dan Gliserin (GL 0%)





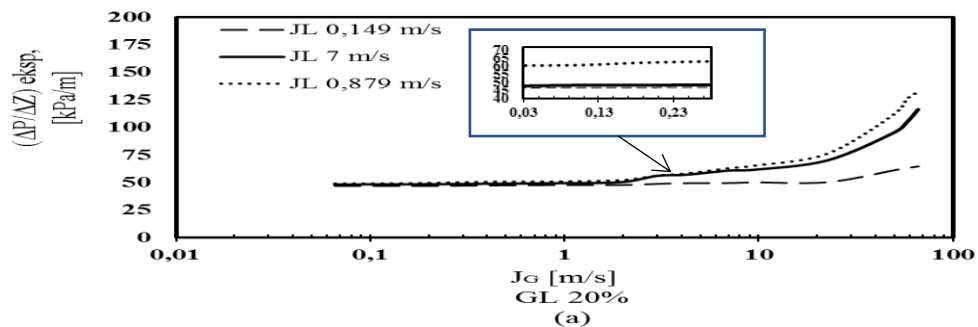
Gambar 2 (a) J_G tetap J_L variasi pada pencampuran gliserin 0%. (b) J_L tetap J_G variasi pada pencampuran gliserin 0%.

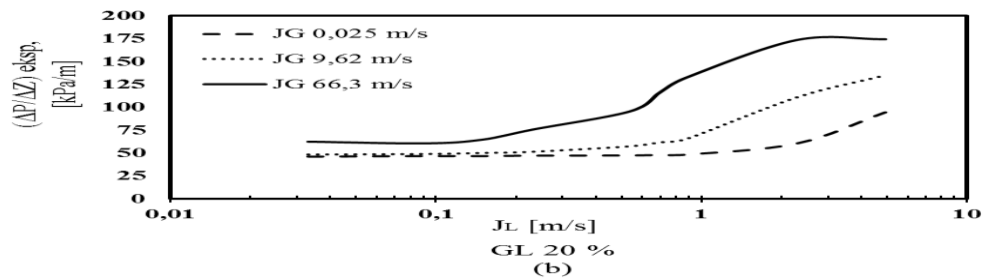
3.2. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fasa Udara-Campuran Air dan Gliserin (GL 10%)



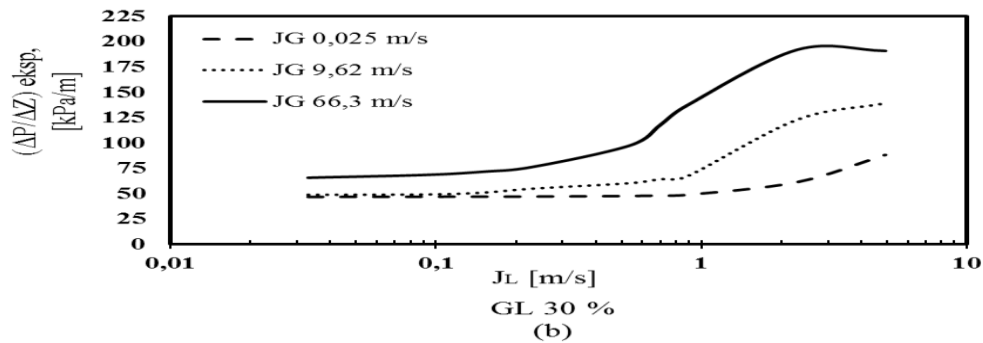
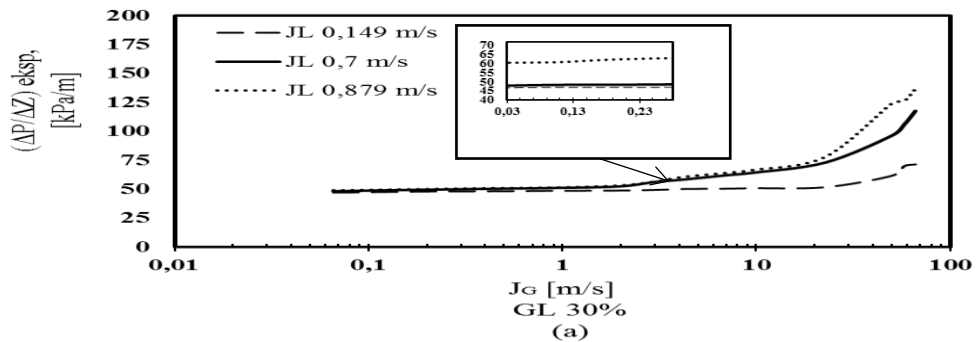
Gambar 3. (a) J_G tetap J_L variasi pada pencampuran gliserin 10%. (b) J_L tetap J_G variasi pada pencampuran gliserin 10%.

3.3. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fasa Udara-Campuran Air dan Gliserin (GL 20%)





Gambar 4. (a) J_G tetap J_L variasi pada pencampuran gliserin 0%. (b) J_L tetap J_G variasi pada pencampuran gliserin 20%.
3.4. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fasa Udara-Campuran Air dan Gliserin (GL 30%)



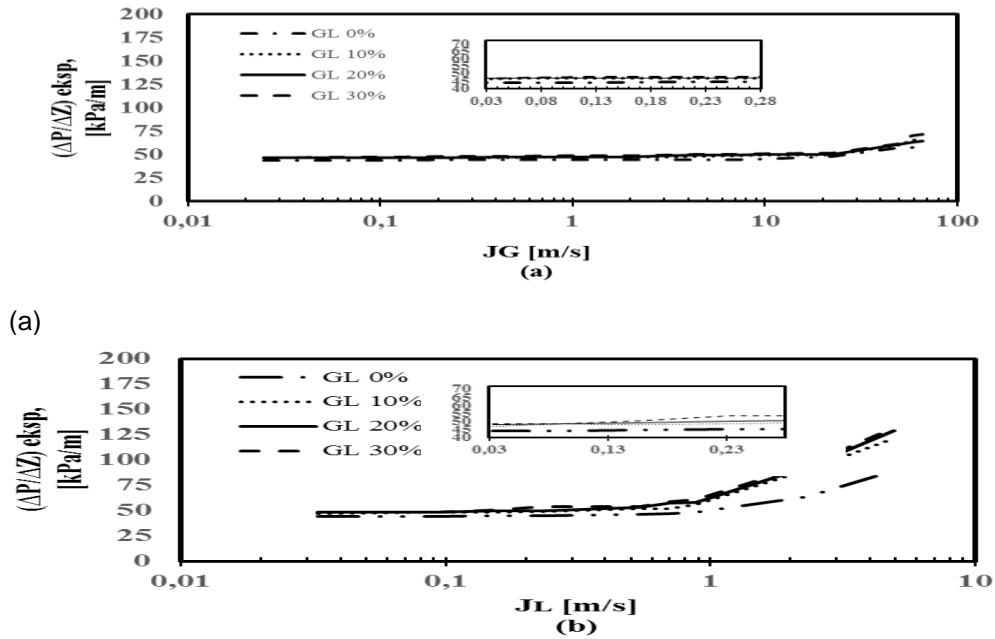
Gambar 5. (a) J_G tetap J_L variasi pada pencampuran gliserin 0%. (b) J_L tetap J_G variasi pada pencampuran gliserin 30%.
Dari gambar 3.1- 3.4. (a) dapat dilihat pada pencampuran gliserin 0%, 10%, 20%, 30% (GL) semakin besar J_G maka semakin besar *pressure gradient* yang terjadi, dan pada nilai J_L juga terjadi kenaikan terhadap *pressure gradient*. Pada J_G tetap J_L 2,297 terjadi kenaikan *pressure gradient* yang sangat signifikan diantara dua J_L lainnya dikarenakan pengaruh dari J_G besar, dan kemiringan juga mempengaruhi nilai *pressure gradient*

Dari gambar 3.1 – 3.4 (b) dapat dilihat pada pencampuran gliserin 0%, 10%, 20%, 30% (GL) semakin besar J_G maka semakin besar *pressure gradient* yang terjadi, dan pada nilai J_L juga terjadi kenaikan terhadap *pressure gradient*.

Dari grafik 3.1 s/d 3.4 dapat disimpulkan pencampuran gliserin GL 0%, 10%, 20%, 30% mempengaruhi nilai kekentalan serta mempengaruhi nilai *pressure gradien* yang akan semakin besar nilai yang dihasilkan, dan sudut sangat mempengaruhi nilai yang terjadi pada *pressure gradient*.

3.5. Pengaruh Viskositas Cairan Terhadap Gradien Tekanan

Variasi viskositas kecepatan superfisial untuk mengetahui nilai dari setiap viskositas pada gradien tekanan. Penelitian ini dilakukan pada viskositas 0%, 10%, 20% dan 30%, setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil variasi viskositas seperti pada grafik 4.5.

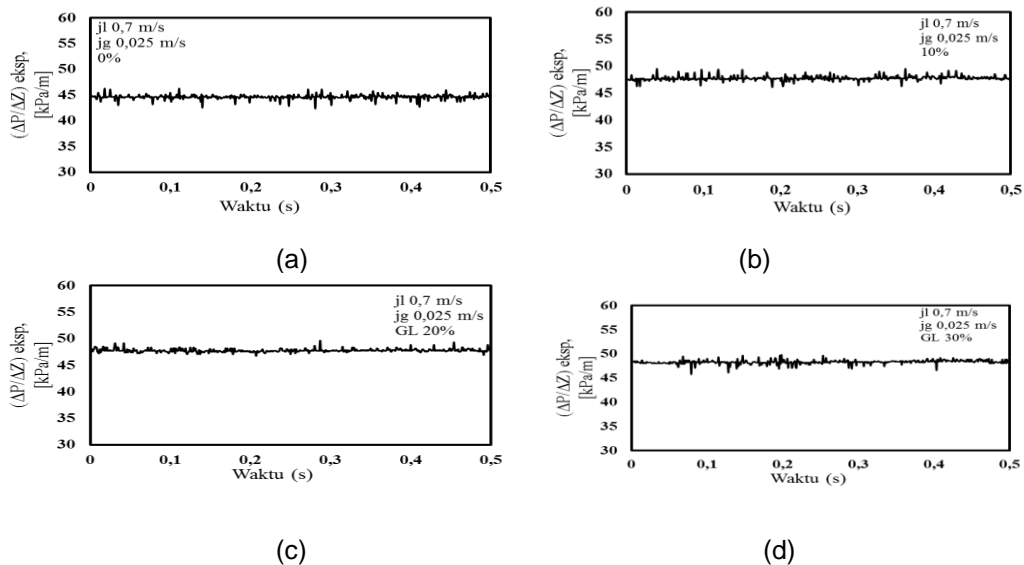


Gambar 6. (a) Variasi viskositas pada J_G tetap terhadap gradien tekanan. (b) Variasi viskositas pada J_L tetap terhadap gradien tekanan.

Dapat dilihat pada grafik (a) antara gradien tekanan dengan J_G variasi, di grafik tersebut diambil secara acak pada J_L 0,149 m/s. Variasi pencampuran GL 0%, 10%, 20%, 30% terjadi kenaikan nilai gradien tekanan tetapi tidak signifikan dikarenakan nilai J_L yang masih kecil sehingga menyebabkan nilai gradien tekanan nya stabil. Dan pada grafik (b) antara gradien tekanan dengan J_L terjadi kenaikan yang cukup signifikan dikarenakan data yang diambil pada J_G besar yaitu J_G 4,238 m/s, kenaikan gradien tekanan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya J_G dan J_L .

3.6. Pengaruh Gradien Tekanan Terhadap Waktu (GL 0%, 10%, 20%, 30%)

Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu untuk melihat hasil dari gradien tekanan dari data 50.000 data 50 detik diambil 500 data 5 detik untuk mengetahui nilai gradien pada saat waktu 5 detik, dari hasil penelitian didapatkan hasil



Gambar 7. (a) Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu GL 0%. (b) Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu GL 10%. (c) Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu GL 20%. (d) Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu GL 30%

Pada grafik 7 menunjukkan pengaruh gradien tekanan terhadap waktu, data diambil pada J_G 0,066 m/s dan J_L 0,7 m/s terlihat bahwa kecepatan superficial gas

maupun viskositas gliserin sangat berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan, semakin tinggi J_G dan J_L semakin tinggi pula nilai gradien tekanan nya. Pada grafik (a) gradien tekanan GL 0% didapatkan nilai rata-rata 44,62 m/s, (b) gradien tekanan GL 10% didapatkan nilai rata-rata 47,77 m/s, (c) gradien tekanan GL 20% didapatkan nilai rata-rata 47,79 m/s, (d) gradien tekanan GL 30% didapatkan nilai rata-rata 48,32 m/s. Gambar 4.6 (a) – 4.6 (d) dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya viskositas gliserin, maka nilai gradien tekanan yang dihasilkan akan mengalami kenaikan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian investigasi gradien tekanan aliran dua fase udara – akuades dan gliserin (0%, 10%, 20%, 30%) pada pipa kapiler kemiringan 15° terhadap posisi horizontal, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial *liquid* (J_L) sangat berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan. Gradien tekanan mengalami kenaikan akibat pengaruh J_G 0,025 m/s, 9,62 m/s, dan 66,3 m/s variasi J_G 0-66,3 m/s sedangkan pada J_L nilai gradien tekanannya semakin meningkat akibat pengaruh J_L 0,149 m/s, 0,7 m/s dan 0,879 m/s dengan variasi J_L 0.03-4,94 m/s dan pengaruh sudut juga mempengaruhi nilai gradien tekanan.
2. Viskositas gliserin sangata berpengaruh terhadap nilai gradien tekanan, dari data hasil penelitian pada gliserin (GL) 0%, 10%, 20% dan 30% dengan J_G 4,238 m/s dan 0,149 m/s didapatkan nilai yang tertinggi pada GL 30% karena semakin kental viskositas semakin besar nilai gradien tekanan.

Daftar Pustaka

- 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(9), 1525–1543. [https://doi.org/10.1016/S0301-9322\(99\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0301-9322(99)00102-0)
- 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. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2015.01.008>
- Sudarja, Jayadi F., Indarto, & Deendarlianto. (2016). Karakteristik Gradien Tekanan Pada Aliran Dua-Fase Udara-Campuran Air dan 20 % Gliserin Dalam Pipa Horizontal Berukuran Mini, (November).
- Kim, S., & Mudawar, I. (2014). International Journal of Heat and Mass Transfer Review of databases and predictive methods for pressure drop in adiabatic , condensing and boiling mini / micro-channel flows. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 77, 74–97. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.04.035>
- Lee, H., Jun, J., Kyu, H., & Young, H. (2010). An improved numerical scheme to evaluate the pressure gradient on unstructured meshes for two-phase flow analysis ☆. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(9), 1273–1279. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.07.008>
- Taylor, P. (n.d.). Effects of Channel Diameter and Liquid Properties on Void Fraction in Adiabatic Two-Phase Flow Through Effects of Channel Diameter and Liquid Properties on Void Fraction in Adiabatic Two-Phase Flow, (May 2015), 37–41. <https://doi.org/10.1080/01457630590907158>
- Transfer, H. (1990). YEHUDA TAITEL and DVORA BARNEA, (5), 1199–1206.
- Ujang, P. M., Lawrence, C. J., Hale, C. P., & Hewitt, G. F. (2006). Slug initiation and evolution in two-phase horizontal flow, 32, 527–552. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2005.11.005>
- Vera-garcía, F., Ramírez-rivera, F., Alejandro, L., & Ill, F. (2015). International Journal of Thermal Sciences Two phase flow pressure drop in multiport mini-channel tubes using R134a and R32 as working fluids, 92. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2015.01.014>

Wicks, M., & Dukler, A. E. (1960). Entrainment and pressure drop in concurrent gas - liquid flow: I. Air - water in horizontal flow. *AIChE Journal*, 6(3), 463–468. <https://doi.org/10.1002/aic.690060324>