Korelasi Signifikan antara Kecepatan Superfisial dan Viskositas Cairan Menggunakan Pola Aliran Dua Fase pada Pipa Mini dengan Kemiringan 30o

by Sukamta, Sudarja

Submission date: 17-Jan-2020 09:31AM (UTC+0700)
Submission ID: 1242890311
File name: 917-1861-1-PB (431.46K)
Word count: 3198
Character count: 18842

TURBO Vol. 8 No. 1. 2019
Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro

p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X
URL: http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo

Korelasi Signifikan antara Kecepatan Superfisial dan Viskositas Cairan Menggunakan Pola Aliran Dua Fase pada Pipa Mini dengan Kemiringan 30°

Sukamta[1], Sudarja[2]

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamatirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
Email: sukamta@umy.ac.id[1], sudarja@umy.ac.id[2]

Abstract

This paper present a novel result of significant correlation between superficial velocity and viscosity on two-phase flow pattern in mini channel with slope of 30° against horizontal. This research used glass mini pipe 1.6 mm diameter and 130 mm length with a slope of 30° to the horizontal position. The working fluid used is air - water with glycerin of 40 %, 50 %, 60 %, 70% concentration. Liquid superficial velocity J_L = 0.033 - 4.935 m/s and gas superficial velocity J_G = 0.025 - 66.3 m/s. High-speed Camera was used to visualize the flow pattern. Summing up the result, it can be concluded that gas/water superficial velocity and viscosity of liquid effected significantly to form a flow patterns. In this paper, flow pattern of plug, bubbly, slug annular, annular, and churn were successfully found. Flow pattern maps showed that the distribution of different flow patterns due to the increased viscosity. Comparing with previous studies showed that there is a good agreement result.

***Keywords**: high-speed, superficial velocity, viscosity, flow pattern*

Abstrak

Makalah ini menyajikan hasil baru dari korelasi yang signifikan antara kecepatan superfisial dan viskositas pada pola aliran dua fase dalam saluran mini dengan kemiringan 30°. Penelitian ini menggunakan pipa kaca mini berdiameter 1,6 mm dan panjang 130 mm dengan kemiringan 30°. Fluida yang digunakan adalah udara-air gliserin dengan konsentrasi 40 %, 50%, 60%, 70%. Kecepatan superfisial cair JL = 0,033 - 4,935 m/s dan kecepatan dangkal gas JG = 0,025 - 66,3 m/s. Kamera berkecepatan tinggi digunakan untuk memvisualisasikan pola aliran. Hasilnya, dapat disimpulkan bahwa kecepatan superfisial gas/air dan viskositas cairan berpengaruh secara signifikan untuk membentuk pola aliran. Dalam makalah ini, pola aliran *plug, bubbly, slug annular, annular,* dan *churn* berhasil ditemukan. Peta pola aliran menunjukkan bahwa distribusi pola aliran berbeda karena peningkatan viskositas. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ada kesesuaian hasil.

Kata kunci: kecepatan tinggi, kecepatan superfisial, viskositas, pola aliran.

Pendahuluan

Aliran dua fase (khususnya pada saluran mini) masih sangat luas pengaplikasiannya khususnya pada dunia industri maupun dalam kehidupan manusia sehari-harinya. Aplikasi aliran dua fase pada pipa mini antara lain *micro-electro-mechanical-system* (MEMS) dan sistem pendinginan mikroelektronik (*microelectronic cooling system*). Di dalam kehidupan sehari-hari manusia aliran dua fase atau lebih tepatnya aliran banyak komponen pada saluran mini diaplikasikan secara alamiah yaitu pada sistem peredaran darah manusia, dimana darah yang mengandung oksigen, karbohidrat, protein (dalam bentuk asam amino) serta nutrisi yang didapat dari makanan dialirkan melalui pembuluh darah yang kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.

Dalam suatu studi aliran dua fase hal yang sangat penting untuk dipelajari adalah tentang pola aliran. Pola aliran ini menjadi suatu poin penting dikarenakan adanya penggabungan karateristik yang berbeda antar fase yang bergabung dalam suatu saluran. Dalam penelitiannya Fukano dan Kariyasaki (1993) menyatakan bahwa pada saluran mini maka gravitasi tidak mempengaruhi pola aliran [1]. Artikel ini mempresentasikan tentang hubungan antara kecepatan superfisial dan viskositas terhadap pola aliran. Namun demikian, disingggung pula tentang pengaruh sudut kemiringan terhadap pola aliran. Penelitan mengenai aliran dua fase pada pipa kecil dan sedang sudah sering dilakukan, tetapi pada pipa dengan saluran mini (*minichannel)* dan pipa mikro (*microchannel*) masih sedikit. Ada beberapa penelitian yang pernah dilakukan pada pipa saluran mini dan mikro yaitu Fukano dkk. (1993), Triplet dkk. (1999), Serizawa dkk. (2002), Kawahara dkk.(2002), Chung dan Kawaji (2004), dan Wegman dkk. (2007).

Dalam penelitian aliran dua fase pada saluran mini dan mikro pengaruh dari gravitasi diabaikan, dianggap tidak berpengaruh pada aliran. Pola aliran yang terbentuk hanya dipengaruhi oleh viskositas, kecepatan superfisial cair dan gas, tegangan permukaan fluida cair. Peta pola aliran yang dihasilkan pada pipa mini dan mikro akan berbeda dengan pola dan peta pola aliran pada pipa konvensional. Pola dan peta pola aliran menjadi parameter penting untuk menunjukan karakteristik dari aliran dua fase. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan tiga ukuran diameter pipa sirkular masing-masing 1 mm, 2,4 mm, dan 4,9 mm. Media yang digunakan yaitu fase cair menggunakan air, sedangkan untuk fase gasnya menggunakan udara, untuk arah alirannya divariasikan menjadi tiga arah yaitu arah horizontal, vertikal ke bawah dan vertikal ke atas. Secara umum pada penelitian ini, pola aliran yang terbentuk diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu aliran *bubble,* aliran *intermittent* dan aliran *annular* [2].

Serizawa dkk. (2002) [3] melakukan penelitian aliran dua fase menggunakan pipa silika dan kuarsa dengan arah horizontal menggunakan empat variasi diameter yaitu 20, 25, 50, dan 100 µm. Udara dan uap air digunakan sebagai fase gas sedangkan untuk fase cair menggunakan air. Variasi untuk kecepatan superfisial gas berkisar antara 0,0012–295,3 m/s dan kecepatan superfisial cairan mulai dari 0,003–7,52 m/s. Dari hasil visualisasi penelitian ini didapat jenis aliran langka yang dapat dijelaskan karakteristik serta dapat divisualisasikan dengan baik menggunakan fotografi. Pola aliran yang di dapat diantaranya yaitu : *dispersed bubbly, gas slug, liquid ring, liquid pump, annular, frothy, wishphy-annular, rivulet, liquid drplet bubbly,* dan *droplet.* Selanjutnya, penelitian aliran dua fase dilakukan oleh Kawahara dkk. (2002) [4] menggunakan fase nitrogen-air yang sudah terionisasi menggunakan saluran sirkular yang terbuat dari *fused silica* dengan diameter 100 µm. Kecepatan superfisial udara yang digunakan 0,1–60 m/s sedangkan untuk kecepetan superfisial airnya 0,002–4 m/s. Pola aliran yang berhasil diamati pada penelitian ini adalah aliran *liquid alone (liquid slug), gas core with smooth-thin liquid film, gas core with smooth-thick liquid film, gas core with a ring-shaped liquid film,* dan a*gas core with deformed interface*. Sementara aliran *bubbly* dan *churn* pada penelitian ini tidak teramati karena saluran yang sangat kecil yang berakibat memperkecil nilai bilangan *Reynolds*, memperbesar tegangan permukaan.

Efek diameter pada aliran dua fase diinvestigasi oleh Chung dan Kawaji (2004) [5] untuk mengidentifikasi fenomena yang membedakan *microchannel* dari *minichannel*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan gas nitrogen dan air pada saluran berdiameter 530, 250, 100, dan 50 µm. Pada pipa berdiameter 530 µm dan 250 µm, karakteristik aliran dua fase

(peta pola aliran, fraksi hampa, *pressure drop*) mirip dengan karakteristik aliran pada *minichannel* (diameter ~ 1 mm). Kecepatan superfisial fase cair diatur mulai 0,01–5,77 m/s sementara fase gas pada rentang 0,02–72,98 m/s. Dalam penelitian ini dilakukan visualisasi dengan fotografi terhadap pola aliran yang terbentuk. Hasil eksperimen menunjukan bahwa pipa dengan ukuran 530 dan 250 µm memiliki karakteristik berbeda dengan pipa dengan ukuran 100 dan 50 µm. Pada pipa berdiameter 100 dan 50 µm, karakteristik aliran menyimpang dari karakteristik pada *minichannel*, yaitu terjadinya dominasi dari aliran *slug*. Pola aliran *bubbly, churn, slug-annular*, dan *annular* pada saluran dengan DH < 100 µm disebabkan karena viskositas dan tegangan permukaan yang lebih besar. Jadi, jelas bahwa pengaruh diameter pipa yang diinvestigasi, memberikan pengaruh pada karakteristik aliran dua fase. Pada tahun berikutnya, dilakukan penelitian aliran dua fase dengan fase cair digunakan air dan parafin, sedangkan untuk fase gas digunakan udara sehingga membentuk aliran air-udara dan paraffin-udara. Penelitian ini menggunakan dua variasi ukuran diameter pipa yaitu 5,6 mm dan 7 mm. Dengan dua jenis variasi diameter ini didapat perbedaan pola aliran yang terbentuk. Pada pipa dengan diameter 5,6 mm secara garis besar pola aliran yang diperoleh adalah aliran *intermittent* dan *annular,* sedangkan untuk aliran *stratified* sama sekali tidak ditemukan baik pada aliran air-udara maupun paraffin-udara. Aliran *stratified* ditemukan pada pipa diameter 7 mm yaitu pada saat kecepatan superfisial air 0,003 m/s dan paraffin 0,06 m/s hal ini disebabkan tegangan permukaan air lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan permukaan paraffin [6].

Biksono (2006) [7] melakukan penelitian pada pipa spiral untuk mengetahui karakteristik dan visualisasi aliran dua fase. Pengujian menggunakan media air dan udara bertekanan pada pipa dengan diameter luar 52 mm, diameter dalam 27 mm, serta Panjang 1120 mm. Hasil penelitian menunjukan nilai koefisien gesek pada aliran dua fase lebih besar, serta kecepatan aliran transisi jauh lebih cepat aliran dua fase jika dibandingkan dengan aliran satu fase dengan nilai (1600–1700) pada bilangan Reynold (R*e*). Besarnya nilai koefisien gesek terjadi karena adanya penambahan variasi kecepatan udara. Sementara itu, Sudarja dkk. (2016) [8] melakukan penelitian tentang pola aliran di dalam pipa berukuran m pada aliran horizontal. Penelitian ini dilakukan pada seksi uji berupa pipa kaca berdiameter dalam 1,6 mm posisi horizontal menggunakan fluida gas dan cairan berupa udara kering dan air. Kecepatan superfisial gas yaitu 0,08 - 64,42 m/s dan kecepatan superfisial cairan yaitu 0,02 – 3,09 m/s. penelitian ini dilakukan pada suatu instalasi alat yang terdiri dari: tangki air, pompa air, planum, kompresor udara, *water trap*. Hasil dari penelitian ini didapat peta pola aliran n pola aliran yang terdeteksi yaitu *bubbly, slug, churn, slug-annular, wavy-annular dan annular*.

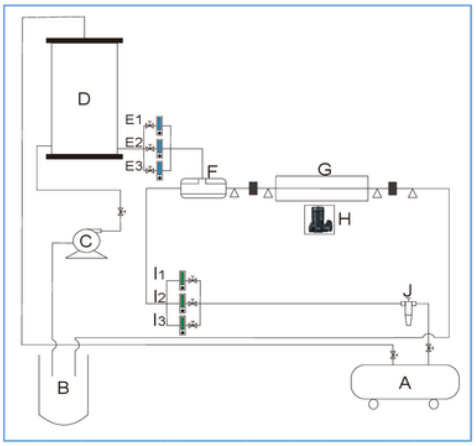
Wibowo dkk. (2015) [9] melakukan penelitian pada pipa *acrylic* berdiameter 26 mm serta panjang 10 m, untuk mengamati visualisasi pola aliran *stratified* serta beda tekanan. Al yang digunakan untuk mengamati sub-sub pola aliran secara visual adalah dengan kamera video berkecapatan tinggi, sedangkan untuk mengetahui fluktuasi beda tekanan dilakukan pengukuran *pressure drop*. Dari hasil pengamatan secara visual pola aliran yang berhasil diamati dapat dibagi menjadi sub-sub pola aliran yaitu *stratified smooth two dimensional wave, atomization,* serta *roll wave*. Sulitnya pengamatan secara visual terhadap sub-sub pola aliran disebabkan oleh sinyal beda tekanan yang tidak bisa menggambarkan morfologi pola aliran secara langsung. Hal ini yang menjadi kelemahan jika pengamatan visual hanya dilakukan menggunakan fluktuasi beda tekanan. Wiryanta [10] menghasilkan penelitian yang menunjukkan bahwa untuk kecepatan superfisial liquid rendah, maka pola aliran *bubbly* dari arah vertikal akan

cenderung bergerak ke atas pada *downstream* dari *elbow* pada jarak 2D dari *outlet elbow*. Sedangkan pada kecepatan superficial liquid yang sangat tinggi, fase gas akan terkonsentrasi pada *inner* dari *elbow* akibat adanya tekanan yang tinggi pada *outer elbow*, sehingga pola aliran yang teramati pada pipa miring adalah *slug-bubbly flow* atau *plug-bubbly flow*.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan mengenai aliran dua fase pada pipa mini dan mikro bahwa gaya gravitasi tidak mempengaruhi pada terbentuknya pola aliran, sedangkan hal yang mempengaruhi adalah kecepatan superfisial, viskositas, dan tegangan permukaan. Pendalaman lebih lanjut mengenai pengaruh viskositas pada aliran dua fase pada pipa saluran mini mikro masih sedikit. Maka dari itu penelitian aliran dua fase saluran mini dengan pengaruh viskositas masih dibutuhkan untuk menambah pengetahuan mengenai karaketristik aliran dua fase.

Metode Penelitian

Instalasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ditunjukan pada Gambar 1, yang terdiri dari komponen utama meliputi: tangki air, pompa air, kompresor udara, bejana bertekanan, *test section, water trap, mixer*, dan konektor. Peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *optical correction box*, kamera, komputer. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian, antara lain: *flowmeter* air, *flowmeter* udara. Untuk pengambilan gambar/video aliran digunakan kamera berkecepatan tinggi merk Nikon tipe J4, dengan kecepatan 1200 fps dan resolusi 640 x 480 pixel. Kondisi penelitian dianggap adiabatik, 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

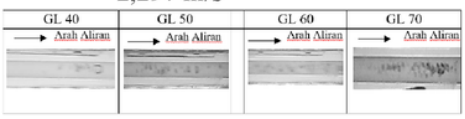
Keterangan:

A. Kompresor
B. Tempat penampung campuran air dan gliserin
C. Pompa air
D. Bejana bertekanan
E. *Flowmeter* cair
F. *Mixer*
G. Seksi uji
H. Kamera

Hasil dan Pembahasan

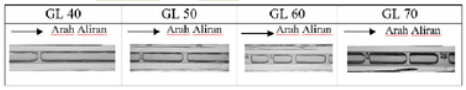
Artikel ini mempresentasikan pengaruh kecepatan superfisial gas dan cairan serta viskositas terhadap pola aliran seperti ditunjukkan pada table 1-5 dan gambar 2-4.

Tabel 1. Pola aliran udara-air+gliserin 40-70% dengan J_G= 0,025 m/s dan J_L = 2,297 m/s



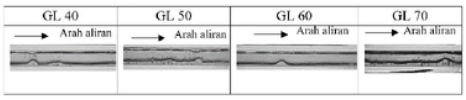
Pengaruh viskositas pada aliran *bubbly* terlihat jelas yaitu melambatnya kecepatan *bubble* dengan meningkatnya konsentrasi gliserin pada kecepatan superfisial cairan dan gas yang sama seperti ditunjukkan pada tabel 1. Hal ini disebabkan karena udara yang mendorong cairan semakin mengalami hambatan dengan meningkatnya viskositas cairan yang digunakan.

Tabel 2. Pola aliran udara-air+gliserin 40-70% dengan J_G = 0,025 m/s dan J_L = 0,89 m/s



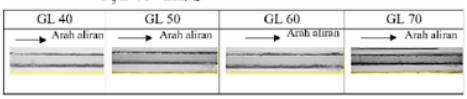
Pengaruh kenaikan viskositas cairan pada pola aliran plug yaitu semakin mengecilnya bentuk plug yang terjadi dengan meningkatnya viskositas cairannya seperti diperlihatkan pada tabel 2. Hal ini disebabkan karena gaya kohesivitasnya meningkat dengan meningkatnya viskositas.

Tabel 3. Pola aliran udara-air+gliserin dengan J_G = 3 m/s dan J_L = 0,091 m/s



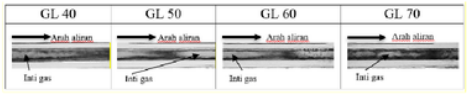
Tabel 3 menunjukkan hasil pengamatan terhadap pola aliran *slug annular* dimana tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari pola aliran ini yang disebabkan oleh peningkatan viskositas, hanya ketebalan lapisan cairan bagian bawah jauh lebih tebal dan jauh lebih bergelombang dibandingkan dengan lapisan atas saluran. Ketika viskositas dinaikkan ketebalan lapisan air yang timbul akan semakin menebal pula. Perbedaan konsentrasi gliserin pada pola *slug annular,* ketika viskositas dinaikkan menunjukan gas inti yang berada di bagian tengah tidak tercekik, hal ini diakibatkan karena cairan memiliki viskositas besar sehingga tidak mudah digerakkan oleh aliran gas/udara. Perbedaan konsentrasi gliserin pada pola *slug annular* tidak begitu terlihat secara jelas pengaruhnya, tidak ada perbedaan bentuk yang bisa diamati secara detail.

Tabel 4. Pola aliran udara-air+gliserin 40-70% dengan J_G = 50 m/s dan J_L = 0,149 m/s



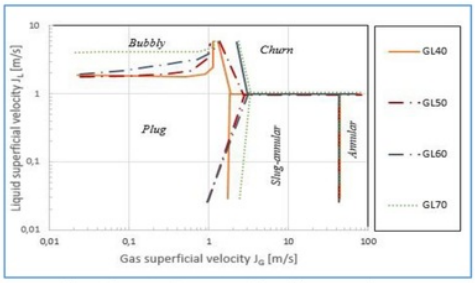
Demikian pula perbandingan pola aliran *annular* untuk tiap konsentrasi larutan gliserin dengan nilai J_G = 50 m/s dan J_L = 0,149 m/s terlihat pada tabel 4. Pengaruh kenaikan viskositas pada pola aliran *annular* terlihat bahwa semakin besarnya viskositas cairan mengakibatkan riak air yang timbul semakin berkurang. Berdasarkan rekaman video terlihat kecepatan aliran lebih lambat terjadi ketika viskositas cairan semakin meningkat secara signifikan.

Tabel 5. Pola aliran udara-air+gliserin dengan J_G = 22,6 m/s dan J_L = 0,7 m/s

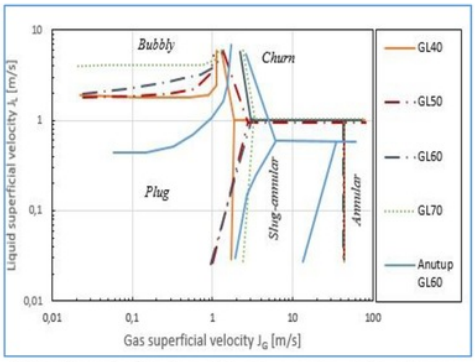


Dari tabel 5 pola aliran *churn* terlihat seperti *plug* yang memiliki ekor hancur atau acak yang kemudian diikuti aliran gelembung-gelembung kecil. Inti dari aliran ini memiliki kecepatan yang sangat cepat sesuai dengan nilai J_G dan J_L nya. Pada konsentrasi gliserin 40 dan 70% aliran *churn* bagian gas yang menyerupai aliran *annular* terdapat gelembung-gelembung kecil yang melekat dan mengikuti aliran udara pada aliran *churn* yang muncul. Pengaruh viskositas yang dinaikkan dengan nilai J_G dan J_L yang tetap terlihat kecepatan aliran yang timbul lebih lambat daripada viskositas yang lebih rendah.

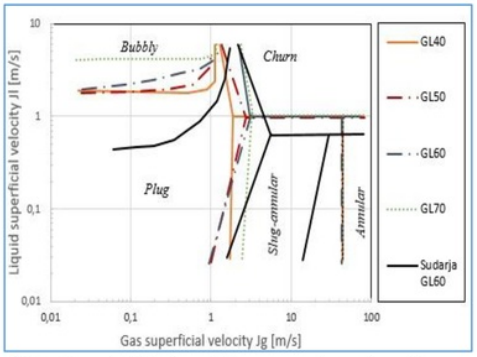
Meningkatnya viskositas pada peta pola aliran terlihat pada luas garis transisi yang terjadi antar tiap pola aliran dengan konsentrasi gliserin yang berbeda. Pada Gambar 2. Disajikan hasil peta pola aliran udara-air+gliserin dengan konsentrasi 40%, 50%, 60%, dan 70% pada diameter pipa 1,6 mm dan sudut kemiringan pipa 30º.



Gambar 2. Peta pola aliran udara-air+gliserin 40-70%



Gambar 3. Perbandingan peta pola aliran udara-air+40-70% terhadap Anutup (2016)



Gambar 4. Perbandingan peta pola aliran udara-air+40-70% terhadap Sudarja (2018)

Sebelumnya, D. Anutup (2016) [11] telah melakukan penelitian tentang karakteristik pola aliran pada pipa mini 1,6 mm dengan variasi air gliserin dan udara (20%, 40%,dan 60%). Pada penelitian ini pola aliran yang didapat yaitu *bubbly, plug, slug-annular, annular* dan *churn.* Dari hasil terlihat ada kesesuaian kecenderungan pola aliran yang terjadi walau terdapat pergeseran nilai J_G dan J_L seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Sudarja dkk. (2018) [12] tentang aliran dua fase menggunakan pipa dengan diameter 1,6 mm yang dipasang secara horizontal. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah udara dan air+gliserin dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh viskositas terhadap terbentuknya pola aliran dua fase. Kecepatan superfisial gas pada penelitian ini adalah 0,008–64,42 m/s, sedangkan untuk kecepatan superfisial cairannya adalah 0,002–3,09 m/s. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pola yang berhasil teramati adalah *bubbly, plug, slug annular, annular,* dan *churn.* Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu Anutup (2016) dan Sudarja (2018) seperti ditunjukkan paa gambar 3 dan 4, area transisi aliran *bubbly* pada konsentrasi gliserin 70% terlihat memiliki luas yang jauh lebih kecil daripada konsentrasi 40% dan 50%, namun hampir memiliki kesamaan luas dengan konsentrasi 60%. Pergeseran garis transisi juga terjadi pada daerah *slug-annular* dan *churn* dimana setiap kenaikan konsentrasi gliserin garis transisi *slug-annular* dan *churn* semakin bergeser ke arah kanan. Sedangkan garis transisi pada daerah annular tidak mengalami perubahan posisi di setiap kenaikan konsentrasi gliserin.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan superfisial gas/cairan berpengaruh secara signifikan terhadap terbentuknya pola aliran. Disamping itu, viskositas juga memiliki pengaruh yang berarti terhadap tipe pola aliran yang terjadi. Namun jika dibandingkan antara kecepatan superfisial gas/cairan dan viskositas, maka kecepatan superfisial gas/cairan lebih dominan pengaruhnya terhadap terbentuknya jenis pola aliran yang terjadi. Artikel ini mempresentasikan lima jenis pola aliran yaitu *plug, bubbly, slug annular, annular,* dan *churn.* Hasil perbandingan peta pola aliran ini dengan penelitian terdahulu menunjukan hasil yang signifikan berbeda

namun masih memiliki kecenderungan bentuk peta yang relatif sama, khususnya pada garis transisi pola aliran *bubbly, slug-annular dan churn.*

Ucapan Terima Kasih

Kementerian Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi Republik Indonesia melalui Skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) dan Jaka Sabiq M yang telah membantu mengambil data.

Referensi

[1]. Fukano, T., & Kariyasaki, A. (1993). Characteristics of gas-liquid two-phase flow in a capillary tube, *141*, 59–68.

[2]. Triplett, K. A., Ghiaasiaan, S. M., Abdel-Khalik, S. I., & Sadowski, D. L. (1999). Gas-liquid two-phase flow in microchannels Part I: two-phase flow patterns K.A., *25*, 395–410.

[3]. Serizawa, A., Feng, Z., & Kawara, Z. (2002). Two-phase flow in microchannels Akimi, 26, 703–714.

[4]. 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*, Vol. 28, pp. 1411-1435.

[5]. Chung, P. M. Y., & Kawaji, M. (2004). The effect of channel diameter on adiabatic two-phase flow characteristics in microchannels. *International Journal of Multiphase Flow*, (7–8 SPEC. ISS.), 735–761. https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2004.05.002

[6]. Wegmann, A. (2005). Multiphase Flows in Small Scale Pipes, (16189).

[7]. Biksono, D. (2006). Karakteristik dan Visualisasi Aliran Dua Fasa pada Pipa Spiral. *Jurnal Teknik Mesin*, *8*(1), 69–74.

[8]. Sudarja, Indarto, Deendarlianto, *and* Aqli Haq (2016) Experimental study on the void fraction of air-water two-phase flow in a horizontal circular minichannel. AIP Conference Proceedings 1737, 040014; https://doi.org/10.1063/1.4949302

[9]. Wibowo, R., Hudaya, A. Z., & Kabib, M. (2015). Studi Eksperimen Mengenai Sub-Sub Pola Aliran Stratified Pada Aliran Dua Fasa Searah Berdasar Fluktuasi Beda Tekanan Pada Pipa Horisontal, *6*(2), 385–390.

[10]. Wiryanta, I. K. E. H. (2015). Void Fraction Dan Pemetaan Pola Aliran Dua Fase (Air-Udara) Melewati Elbow 75 ° Dari Pipa Vertikal Menuju Pipa Miring 15°, *15*(2), 82–89.

[11]. Anutup D., (2016). Studi Visualisasi Pola Aliran dan Peta Pola Aliran Dua Fase Udara-Aquades/Gliserin pada Saluran Mini Horizontal Berukuran 1,6 mm. Electronics Theses and Dissertations, Gadjah Mada University, 2016.

[12]. 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. *AIP Conference Proceedings*, *2001*.

Korelasi Signifikan antara Kecepatan Superfisial dan Viskositas Cairan Menggunakan Pola Aliran Dua Fase pada Pipa Mini dengan Kemiringan 30o

ORIGINALITY REPORT

16%	13%	12%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Kemas Ridhuan, Dwi Irawan, Rizki Inthifawzi. "Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2019 Publication	3%
2	unsri.portalgaruda.org Internet Source	1%
3	cdn.intechopen.com Internet Source	1%
4	Submitted to Chonnam National University Student Paper	1%
5	www.tandfonline.com Internet Source	1%
6	docplayer.info Internet Source	1%
7	hal.univ-savoie.fr	

Internet Source

1%

---

8 eng.umy.ac.id
Internet Source

1%

---

9 Muhammad I. Ali, Michio Sadatomi, Masahiro Kawaji. "Adiabatic two-phase flow in narrow channels between two flat plates", The Canadian Journal of Chemical Engineering, 1993
Publication

1%

---

10 Andika Wisnujati, Chirtian Sepriansyah. "ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADUAN ALUMINIUM DENGAN VARIABEL SUHU CETAKAN LOGAM (DIES) 450 DAN 500 DERAJAT CELCIUS UNTUK MANUFAKTUR POROS BERULIR (SCREW)", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2018
Publication

1%

---

11 media.neliti.com
Internet Source

<1%

---

12 Hideo Ide, Ryuji Kimura, Masahiro Kawaji. "Optical Measurement of Void Fraction and Bubble Size Distributions in a Microchannel", Heat Transfer Engineering, 2007
Publication

<1%

---

13 pt.scribd.com

Internet Source

<1%

14	Eko Nugroho, Kemas Ridhuan, Suraya Suraya. "PENGARUH JENIS PAHAT DAN VARIABEL PEMOTONGAN DENGAN MENGGUNAKAN TOOLPOST SEGMENTASI PADA MESIN BUBUT MERK KNUTH TIPE TURNADO 230 TERHADAP EFISIENSI PEMBUBUTAN", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2017 Publication	<1%
15	v-scheiner.brunel.ac.uk Internet Source	<1%
16	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1%
17	juliwi.com Internet Source	<1%
18	Submitted to Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Student Paper	<1%
19	core.ac.uk Internet Source	<1%
20	Submitted to IIT Delhi Student Paper	<1%
21	publikationen.bibliothek.kit.edu Internet Source	<1%

22	Submitted to Universitas Indonesia Student Paper	<1%
23	repository.unisba.ac.id:8080 Internet Source	<1%
24	vdocuments.site Internet Source	<1%
25	Ahmad Yani, Dedi Mustafa, Taqwa Taqwa. "RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP MINI SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM MAHASISWA", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2018 Publication	<1%
26	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1%
27	repository.tudelft.nl Internet Source	<1%
28	Submitted to Brunel University Student Paper	<1%

Exclude quotes	On	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	On		