

## PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP AIR-LIFT-PUMP

### *EFFECT OF AIR FLOW RATE ON AIR-LIFT- PUMP*

Amat Agus Salim<sup>1</sup>, Edi Susanto<sup>2</sup>, Daru Sugati<sup>3\*</sup>, Harianto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta,  
Jalan Ahmad Yani Tromol Pos I, Surakarta, 57102, Indonesia  
Email: u100220001@student.ums.ac.id*

<sup>2</sup>*Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia  
Email: susantoedi255@gmail.com*

<sup>3</sup>*Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia  
\*Email: daru.tm@itny.ac.id*

<sup>4</sup>*Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia  
Email: harianto@itny.ac.id*

**Cara sitasi :** A. A. Salim, E. Susanto, D. Sugati, Harianto, "Pengaruh laju aliran udara terhadap air-lift-pump", *Kurvatek*, vol. 7, no. 2 (*Special Issue*), pp. 47 - 56, 2022, doi: 10.33579/krvtk.v7i2.3777 [Online].

**Abstrak**— *Air-lift-pump* merupakan suatu rangkaian alat yang digunakan untuk memindahkan air dan air campuran (berlumpur) dari suatu tempat ke titik yang lain. Sistem kerja *air-lift-pump* melalui media pipa dengan cara menginjeksi udara pada saluran bawah pipa yang terendam. Tekanan udara dari aerator akan mendorong air bergerak ke atas menuju arah yang sama melewati pipa. Cairan kental atau lumpur dapat dinaikan menggunakan *air-lift-pump*. Gaya apung dari udara dapat menyebabkan berat hidrostatik cairan menjadi lebih kecil karena udara yang digunakan pada *air-lift-pump* di injeksikan pada bawah pipa. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mevariasikan rasio debit udara dan menggunakan injektor udara yang terletak di dinding pipa. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi rasio debit injeksi terhadap kinerja pompa untuk ukuran diameter lubang injektor dan menemukan efisiensi terbaik dari setiap variasi yang dilakukan. Pengujian dilakukan dengan 3 pipa injector yang berbeda yaitu 0,80 mm, 0,54 mm, 0,31 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio debit udara sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan laju aliran air. Efisiensi terbaik terjadi pada injector dengan diameter 0,8 mm sebesar 4,1 % dan efisiensi terendah terjadi pada injector dengan diameter 0,31 mm sebesar 1,3%. Variasi debit udara dengan nilai yang semakin besar maka nilai efisiensinya akan menurun. Pada laju aliran air juga mengalami perubahan karena semakin besar debit udara yang diberikan maka nilai laju aliran air juga akan semakin besar.

**Kata kunci :** airlift pump, *efficiency*, variasi rasio debit udara, injector

**Abstract**— *Airlift pump is a series of tools used to transport water and air cargo (muddy) from one place to another. The Airlift pump work system through the pipe media by injecting air into the channel under the submerged pipe. The air pressure from the aerator will push the air to move upward in the same direction through the pipe. Viscous liquids or sludge can be raised using an air-lift-pump. The buoyant force from the air can cause the heavy hydrostatic liquid to become smaller because the air used in the air-lift-pump is injected at the bottom of the pipe. This study used an experimental method by varying the air discharge ratio and using different air injectors. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the injection discharge ratio on pump performance and to find the best efficiency for each variation made. The test was carried out with 3 different injector pipes (0.80 mm, 0.54 mm, 0.31 mm). The results showed that variations in the air discharge ratio greatly affect the efficiency and flow rate of water. The highest efficiency occurred in an injector with a diameter of 0.8 mm by 4.1% and the highest efficiency occurred in an injector with a diameter of 0.31 mm by 1.3%. Variation of air discharge with a greater value then the efficiency value will decrease. The water flow rate also changes because the greater the air discharge given, the greater the value of the water flow rate.*

**Keywords :** airlift pump, *efficiency*, variasi rasio debit udara, injector

## I. PENDAHULUAN

*Air-lift-pump* merupakan suatu rangkaian alat yang digunakan untuk memindahkan air dan air campuran (berlumpur) dari suatu tempat ke titik yang lain. Sistem kerja *air-lift-pump* melalui media pipa dengan cara menginjeksi udara pada saluran bawah pipa yang terendam. Tekanan udara dari *aerator* akan mendorong air bergerak ke atas menuju arah yang sama melewati pipa. Sifat cairan yang memiliki kekentalan seperti sifat abrasif dan korosif dapat dinaikan atau dipompa dengan bantuan dari *air-lift-pump* [1]. *Air-lift-pump* pernah digunakan dalam pencarian sampel dari bawah laut dan penambangan. Parameter operasi dan geometris sangat berpengaruh terhadap kinerja dari *air-lift-pump* [2]. Sistem injeksi udara, diameter pipa, dan tinggi pompa termasuk kedalam parameter geometris. Sedangkan kondisi udara yang disuntikkan dan rasio perendaman merupakan parameter operasional [3]. Fenomena aliran yang terjadi pada *air-lift-pump* karena adanya variabel operasi, efek ini menimbulkan penurunan tekanan, pola aliran, ukuran dan bentuk gelembung. Pola aliran antara gas dan cair pada pipa vertikal adalah *slug flow*, *mist flow*, *bubbly flow*, dan *semi-annular flow*, *annular flow* [4].

*Air-lift-pump* merupakan pompa yang bekerja dengan bantuan udara yang bertekanan dalam memompa sebuah cairan dengan kekentalan yang tinggi [5]. Sistem kerjanya yaitu menginjeksikan udara pada ujung bawah pipa, dengan demikian membuat berat hidrostatis antara udara dan air didalam pipa akan jauh lebih kecil diantara udara sekitarnya [6]. *Air-lift-pump* bekerja dengan gaya apung yang terjadi pada udara. Pengoperasian *air-lift-pump* didasarkan pada pengaruh gaya apung yang terjadi akibat gelembung dan perbedaan tekanan antara titik injeksi udara dan titik keluar fluida di pompa [7]. Saat udara diinjeksikan dibagian bawah pipa riser yang terendam, maka akan muncul gelembung-gelembung udara didalam pipa yang mendorong air keatas menuju *output* pipa [8]. Gaya gravitasi, inersia, dan gaya apung merupakan gaya dominan yang bekerja pada campuran udara-air pada *air-lift-pump* [9]. Gaya apung bekerja sebagai gaya angkat pada campuran udara-air sedangkan gaya gravitasi menentangnya. Perbedaan tekanan dari titik injeksi udara dengan titik *output* air pada airlift pump yang menyebabkan fluida mampu mengalir ke titik *output* pipa *air-lift-pump* [10].

Variasi diameter pipa 16 mm, 19 mm, dan 24 mm, efek diameter pipa pada debit dan aliran yang dihasilkan *air-lift-pump*, bahwa besar diameter pipa penghantar fluida berpengaruh terhadap besar debit air yang dihasilkan [11]. Pola aliran yang menghasilkan debit terbesar ada pada aliran *slug flow* aliran untuk pengoperasian *air-lift-pump* yang efisien [12]. Penelitiannya ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *air-lift-pump* dan mengoptimalkan parameter geometri yaitu laju injeksi udara, rasio terendam, dan diameter pipa penghantar. Meningkatkan efisiensi pompa dapat dilakukan dengan menambah nilai rasio terendam dan diameter pipa penghantar. Efisiensi maksimum pada *air-lift-pump* juga akan mempengaruhi pola aliran, efisiensi maksimum diamati selama aliran *slug*. Pada penelitian sebelumnya debit air dan efisiensi yang dihasilkan airlift pump cukup rendah [13]. Upaya memperbaiki efisiensi *air-lift-pump* harus dilakukan modifikasi pada sistem perpipaan dan mengatur kapasitas aliran udara yang akan diinjeksikan [14]. Variasi yang digunakan yaitu variasi rasio debit udara. Udara akan dialirkan dari aerator dengan aliran konstan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio debit injeksi terhadap kinerja pompa dan menemukan efisiensi terbaik dari setiap variasi yang dilakukan.

## II. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan dilaboratorium Aerohidrodinamika Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta dengan metode eksperimen. Debit air yang dihasilkan dapat diperoleh dengan persamaan (1):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

dimana : Q = Debit aliran air yang dapat dihasilkan (lpm)

v = Volume air ( $m^3$ )

t = Waktu (s)

Efisiensi yang dihasilkan *air-lift-pump* dapat dihitung menggunakan persamaan (2):

$$\eta = \frac{Q_w L_l \rho g}{Q_G P_a \ln\left(\frac{P_m}{P_a}\right)} \quad (2)$$

Dimana :  $Q_w$  = Debit aliran air yang dapat dihasilkan ( $m^3/s$ ).

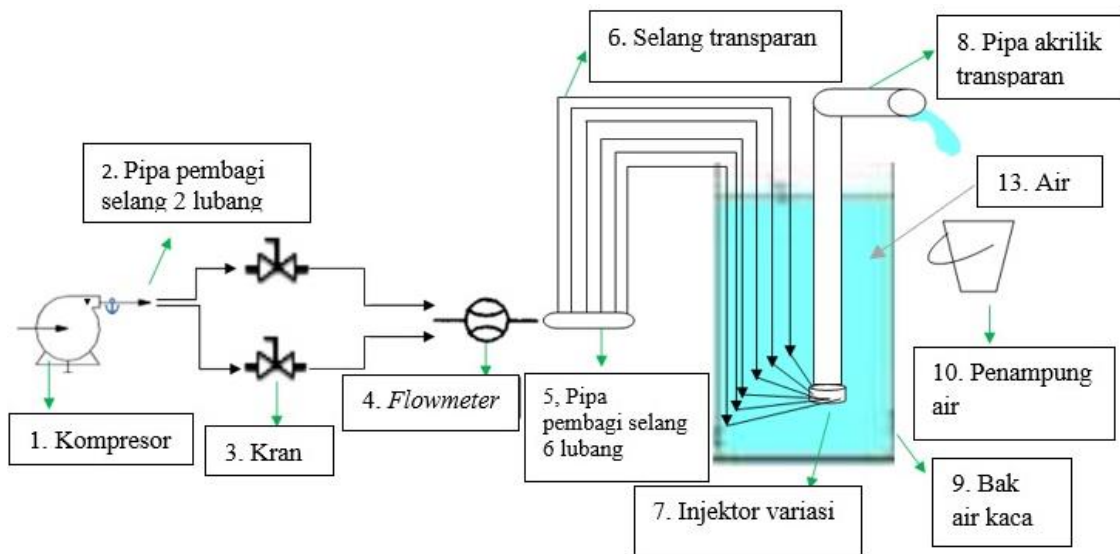
$L_l$  = Tinggi lifting / tinggi pengangkatan (m).

$Q_G$  = Debit aliran udara yang diinjeksikan ( $m^3/s$ )

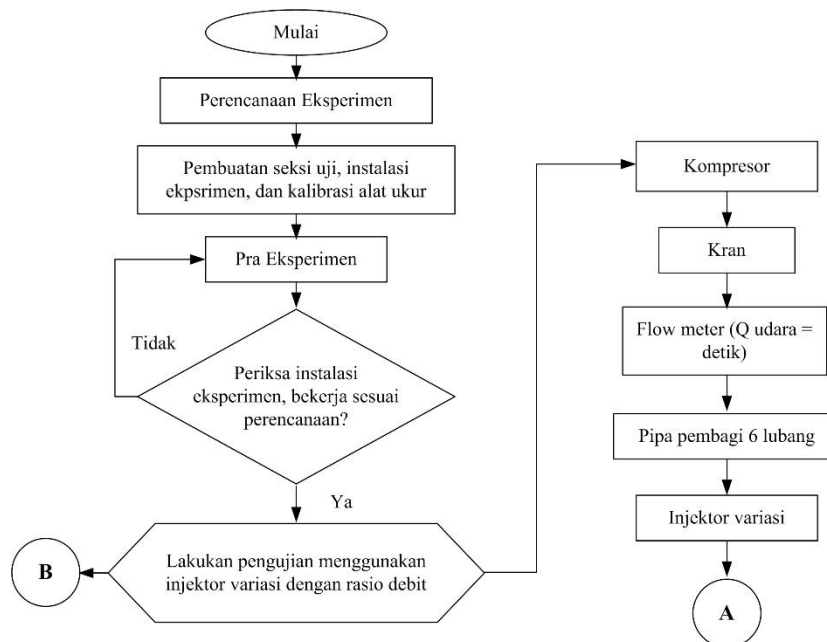
$P_a$  = Tekanan Atmosfer (Pa)

$p_{in}$  = Tekanan udara total yang diinjeksikan oleh aerator (Pa)

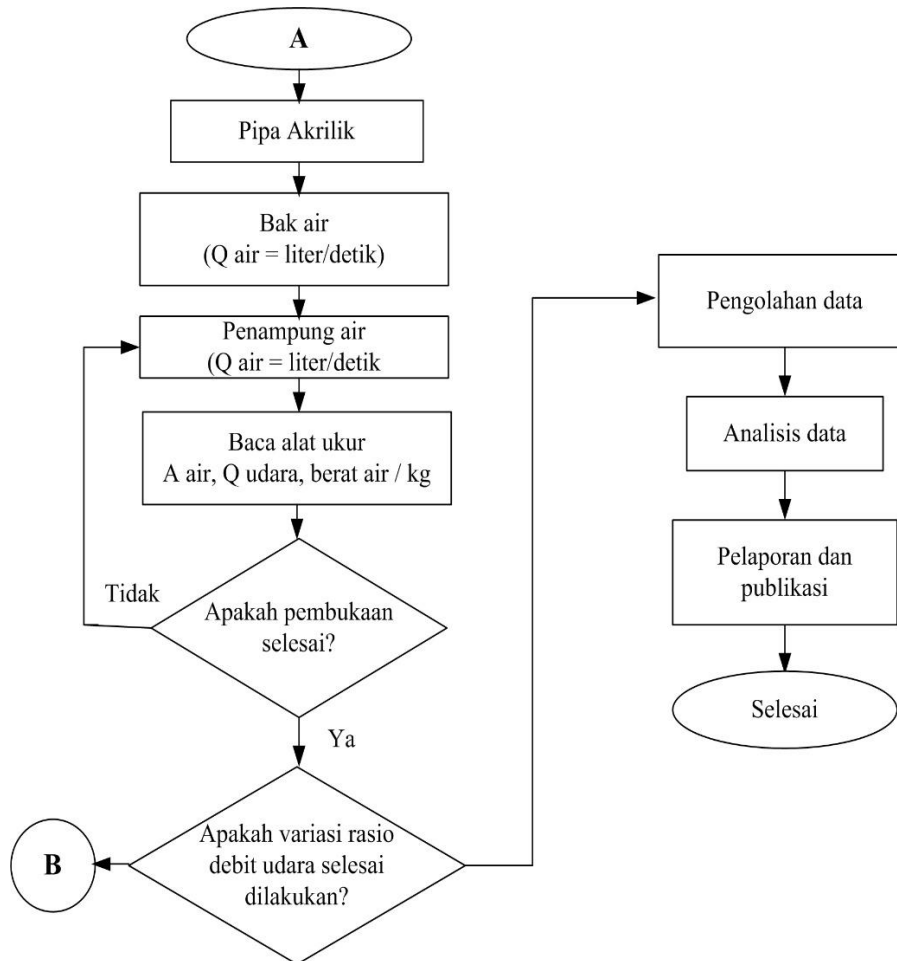
Pengujian dilakukan dengan instalasi eksperimen diperlihatkan pada Gambar 1 dan pelaksanaan penelitian mengikuti alur *flowchart* pada Gambar 2. Mulai dengan perencanaan eksperimen, dalam perencanaan eksperimen peneliti membuat seksi uji, pembuatan instalasi eksperimen, dan kalibrasi alat ukur. Selanjutnya dilakukan pra eksperimen untuk mengetahui seksi uji dan instalasi eksperimen apakah sesuai dengan perencanaan, jika sudah sesuai maka dapat dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *injector* dengan variasi rasio debit dapat dilakukan dengan menggunakan *valve*, kemudian baca alat ukur *flowmeter* udara dan *flowmeter* air. Setelah selesai pembacaan data maka dapat dilakukan pengujian lagi dengan variasi rasio debit udara yang berbeda. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis, dan akhirnya sebuah kesimpulan dapat ditarik dari hasil eksperimen yang telah dilakukan.



Gambar 1. Skema Pengujian



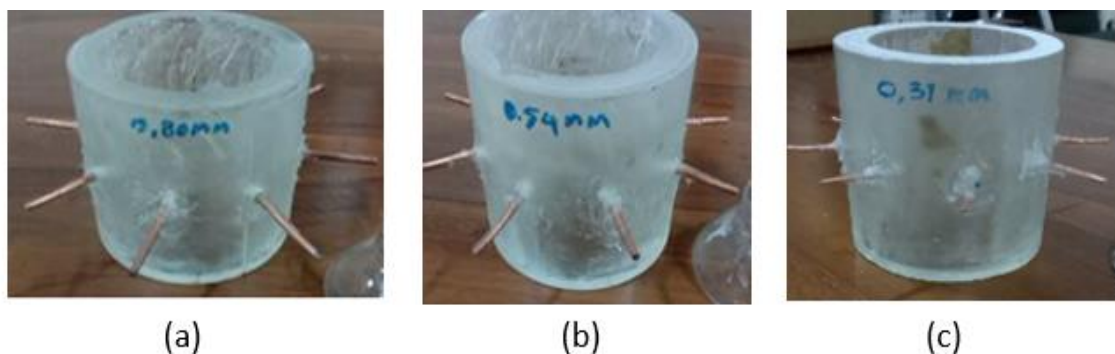
Gambar 2. (a) Flowchart penelitian (tahap 1)



**Gambar 2.** (b) Flowchart penelitian (tahap 2 dan akhir)

### III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengujian dengan memvariasikan rasio debit udara dimulai dari debit udara terbesar sampai debit udara terkecil diperoleh data pengujian yang dilakukan 3 kali kemudian diperoleh hasil rata-rata debit udara ( $Q$  udara) dan debit air ( $Q$  air) dengan Injektor diperlihatkan pada Table 1. Gambar 3a menunjukkan Injektor  $\Theta$  0,80 mm dan untuk gelembung udara yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4a kemudian untuk hasil pengujian debit udara ( $Q$  udara) dan debit air ( $Q$  air) dengan  $\Theta$  0,54 mm Gambar 3b menunjukkan Injektor dengan pipa tembaga  $\Theta$  0,54 mm dan untuk gelembung udara yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4b dan untuk hasil pengujian debit udara ( $Q$  udara) dan debit air ( $Q$  air) dengan Injektor  $\Theta$  0,31 mm Gambar 3c menunjukkan Injektor dengan pipa tembaga  $\Theta$  0,31 mm dan untuk gelembung udara yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4c [15].



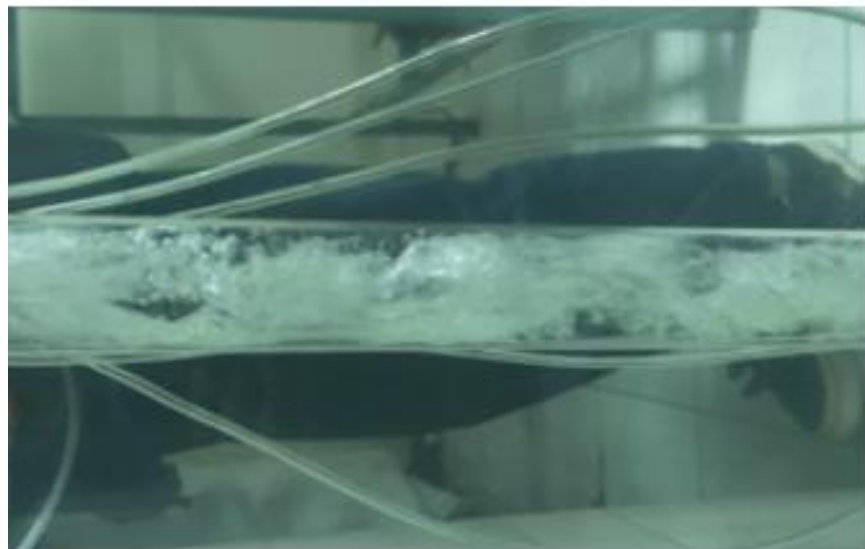
**Gambar 3.** (a) Injektor  $\Theta$  0,80 mm, (b) Injektor  $\Theta$  0,54 mm, (c) Injektor  $\Theta$  0,31 mm

**Table 1.** Debit udara ( $Q$  udara) dan debit air ( $Q$  air) dengan Injektor pipa tembaga

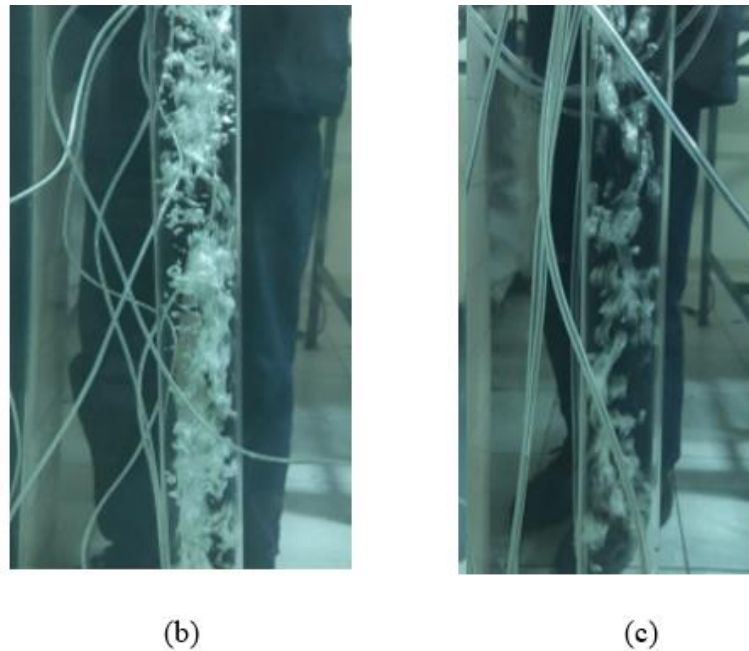
NO	$\bar{x} Q$ udara (SLPM)	$Q$ air (liter/detik)
1	4,3	0,17
2	4,6	0,177
3	5,6	0,183
4	6,6	0,188
5	8	0,19
6	8,6	0,21
7	9,6	0,22
8	10,6	0,23
9	11,6	0,24
10	12,6	0,26
11	13,6	0,28
12	14,6	0,29

Pola aliran yang dengan gelembung pada Gambar 4c menunjukkan bahwa pola aliran terjadi secara dua fase *bubble flow*, terlihat pada bagian tengah didominasi oleh udara dengan aliran udara yang hampir kontinu. Gelembung saling berdekatan dengan gelembung lainnya dan membentuk sebuah inti. Dibagian sela-sela gelembung air juga terdistribusi merata. Peningkatan laju aliran udara memperlihatkan peningkatan jumlah dan ukuran gelembung namun pola aliran masih dominan berbentuk *bubble flow* (Gambar 4b). Hal ini disebabkan karena diameter *injector* yang digunakan lebih kecil sehingga udara yang diinjeksikan semakin cepat. Perubahan aliran pun berubah lagi pada Gambar 4a dimana aliran yang tadinya membentuk inti sekarang berubah membentuk pola aliran dua fase *slug flow*, aliran yang sering disebut dengan aliran sumbat yang diperlihatkan dimana gelembung udara memenuhi seluruh penampang pipa dan air berada disekitarnya. Udara bergerak ke atas sehingga air yang terjebak diantara *slug* dengan *slug* yang lain juga akan ikut naik, dengan mekanisme ini aliran akan air akan lebih cepat naik.

(a)



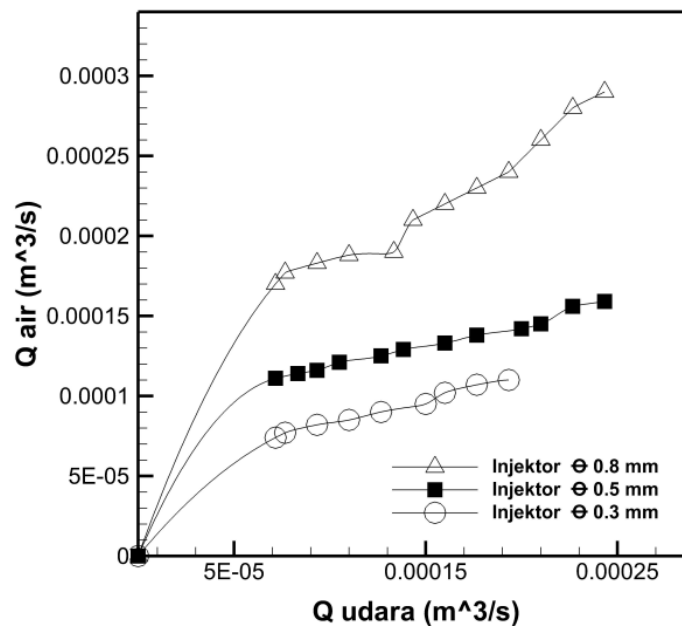
**Gambar 4.** (a) Gelembung Injektor  $\Theta$  0,80 mm



Gambar 4. (b) Gelembung Injektor  $\Theta$  0,54 mm, (c) Gelembung Injektor  $\Theta$  0,31 mm

#### A. Hubungan antara laju aliran udara terhadap laju aliran air

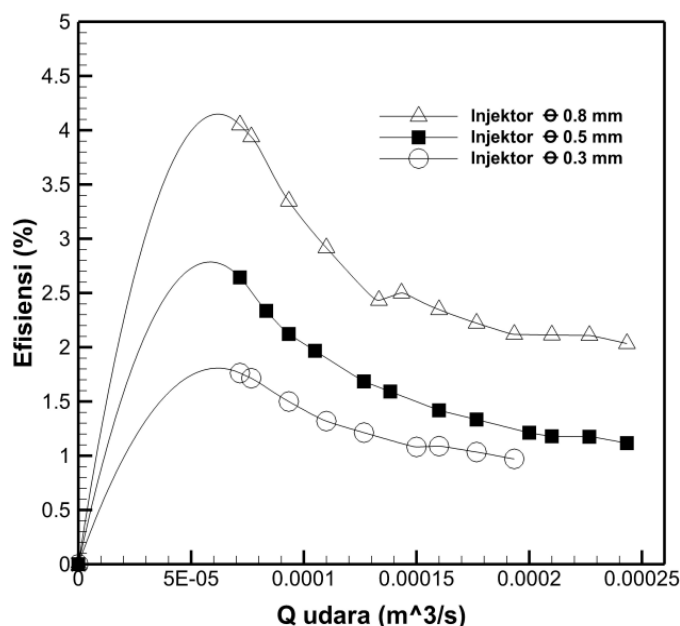
Pada Gambar 5 diperlihatkan grafik hubungan antara laju aliran udara terhadap laju aliran air. Dimana laju aliran air akan terus meningkat Ketika laju aliran udara juga meningkat. Pada *injector* diameter 0,8 mm mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan *injector* dengan diameter 0,5 mm dan 0,3mm. Pada *injector* diameter 0,8mm nilai terendah laju aliran air sebesar  $7,16667E-05 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,00017 \text{ m}^3/\text{s}$  dan untuk nilai tertinggi laju aliran air sebesar  $0,000243333 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,00029 \text{ m}^3/\text{s}$ . *Injector* dengan diameter 0,5mm nilai terendah laju aliran air  $7,16667E-05 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,000111 \text{ m}^3/\text{s}$  dan nilai tertinggi laju aliran air sebesar  $0,000243333 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,000159 \text{ m}^3/\text{s}$ . *Injector* diameter 0,3 mm nilai terendah laju aliran  $7,16667E-05 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,000074 \text{ m}^3/\text{s}$  dan nilai tertinggi laju aliran air sebesar  $0,000193333 \text{ m}^3/\text{s}$  pada laju aliran udara sebesar  $0,00011 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Gambar 5. Grafik hubungan antara laju aliran udara terhadap laju aliran air

## B. Hubungan antara laju aliran udara terhadap efisiensi

Laju aliran udara berpengaruh terhadap efisiensi yang diperlihatkan pada Gambar 6 yaitu grafik hubungan antara laju aliran udara terhadap efisiensi. Injektor dengan diameter 0,8 mm memiliki nilai efisiensi tertinggi dibandingkan injektor dengan diameter 0,5 mm dan 0,3 mm. Dari grafik tersebut laju aliran udara sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi, semakin tinggi nilai laju aliran udara maka semakin rendah pula nilai efisiensi.



Gambar 6. Grafik hubungan antara laju aliran udara terhadap efisiensi

## IV. KESIMPULAN

Variasi rasio debit udara mempengaruhi debit air, semakin besar laju aliran udara yang masuk ke flowmeter maka semakin banyak juga laju aliran air yang dihasilkan, namun semakin besar laju aliran udara juga berdampak terhadap penurunan efisiensi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *green technology research center* FTI- ITNY dan Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat dan Inovasi (LPPMI) Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) yang telah memfasilitasi publikasi artikel penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Hanafizadeh and B. Ghorbani, "Review study on airlift pumping systems," *Multiphase Science and Technology*, vol. 24, no. 4. pp. 323–362, 2012. doi: 10.1615/MultScienTechn.v24.i4.30.
- [2] J. C. Loyless and R. F. Malone, "Evaluation of air-lift pump capabilities for water delivery, aeration, and degasification for application to recirculating aquaculture systems," 1998.
- [3] N. C. Parker and M. A. Suttle, "Design of airlift pumps for water circulation and aeration in aquaculture," 1987.
- [4] G. Ligus, D. Zajac, M. Masiukiewicz, and S. Anweiler, "A new method of selecting the airlift pump optimum efficiency at low submergence ratios with the use of image analysis," *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 4, 2019, doi: 10.3390/en12040735.
- [5] R. Abed, E. Chadwick, and W. H. Ahmed, "Two-phase flow behaviour in airlift pumps," in *International Conference on Fluid Flow, Heat and Mass Transfer*, 2018, p. 168. doi: 10.11159/ffhmt18.168.
- [6] A. F. Mahrous, "Experimental study of airlift pump performance with S-Shaped Riser Tube Bend," *International Journal of Engineering and Manufacturing*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2013, doi: 10.5815/ijem.2013.01.01.

- [7] S. Z. Kassab, H. A. Kandil, H. A. Warda, and W. H. Ahmed, "Air-lift pumps characteristics under two-phase flow conditions," *Int. J. Heat. Fluid. Flow.*, vol. 30, no. 1, pp. 88–98, 2009, doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2008.09.002.
- [8] M. Shallouf, W. H. Ahmed, and S. Abdou, "Engineered-airlift pumps for aquaculture applications using multiphase flow analysis," *Aquac Eng.*, vol. 87, 2019, doi: 10.1016/j.aquaeng.2019.101998.
- [9] W. H. Ahmed and H. M. Badr, "Dual-injection airlift pumps: An enhanced performance," *Particulate Science and Technology*, vol. 30, no. 6, pp. 497–516, 2012, doi: 10.1080/02726351.2011.604396.
- [10] Deendarlianto, I. Supraba, A. I. Majid, M. R. Pradecta, Indarto, and A. Widyaparaga, "Experimental investigation on the flow behavior during the solid particles lifting in a micro-bubble generator type airlift pump system," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 13, 2019, doi: 10.1016/j.csite.2018.100386.
- [11] A. Dwi Korawan Jurusan Teknik Mesin and S. B. Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu Jl Kampus Ronggolawe Blok no, *Efek diameter pipa penghantar terhadap debit dan pola aliran dua fase pada air-lift-pump*, 2019.
- [12] W. A. Wurts, S. G. Mcneill, and D. G. Overhults, "Performance and design characteristics of airlift pumps for field applications Performance and design characteristics of airlift pumps for field applications Click here for Rectangular Airlift Design," 1994. Available: <https://www.researchgate.net/publication/306960735> [Online].
- [13] S. Z. Kassab, H. A. Kandil, H. A. Warda, and W. H. Ahmed, "Air-lift pumps characteristics under two-phase flow conditions," *Int J Heat Fluid Flow*, vol. 30, no. 1, pp. 88–98, 2009, doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2008.09.002.
- [14] E. M. Fayyadh, N. M. Mahdi, and A. F. Mohammed, "The effect of air injection system on airlift pump performance," *FME Transactions*, vol. 48, no. 4, pp. 800–807, 2020, doi: 10.5937/fme2004800F.
- [15] R. H. Dandung, R. S. Endik, and S. Daru, "Pengaruh diameter lubang injector terhadap kinerja airlift pump," pp. 051–057, 2021



©2022. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).