

PERBANDINGAN DIAMETER LUBANG INJEKTOR TERHADAP DIAMETER PIPA SALURAN PADA AIR-LIFT PUMP

Agus Dwi Korawan

Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe
Ad_korawan@yahoo.co.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 10 Januari 2022

Disetujui : 20 Mei 2022

Kata Kunci :

Air lift pump, diameter pipa saluran,
diameter lubang injektor, pola
aliran.

ABSTRAK

Air lift pump adalah salah satu jenis pompa yang cara kerjanya dengan menginjeksikan udara ke bagian bawah pipa saluran yang berisi air, posisi pipa saluran adalah vertikal, karena udara mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada air, maka udara akan bergerak ke atas membentuk gelembung, gelembung tersebut mengangkat air sehingga air mengalir bersamanya. Penelitian ini menggunakan unit *air lift pump*, diameter lubang injektor yang digunakan adalah 6 mm, 8 mm, dan 10 mm. Variasi diameter pipa saluran yang digunakan adalah 21 mm, 31 mm, dan 41 mm. Panjang pipa saluran adalah 500 mm, pipa saluran yang terendam air adalah 150 mm. laju aliran udara adalah 5 lt/menit. Lama waktu penelitian untuk masing-masing variasi adalah 1 menit. Media penelitian adalah air dan udara. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar nilai d/D berakibat semakin besar pula volume air yang dihasilkan. Pola aliran yang terjadi adalah pola aliran gelembung (bubble) dan pola aliran sumbat (slug), dengan bertambahnya nilai d/D -pola aliran yang terjadi mengalami perubahan dari pola aliran gelembung menjadi pola aliran sumbat

ARTICLE INFO

Article History :

Received : 10 January 2022

Accepted : 20 May 2022

Keywords:

Air lift pump, channel diameter,
injector diameter, flow pattern.

ABSTRACT

An air lift pump is a type of pump that works by injecting air into the bottom of the channel containing water, the position of the channel is vertical, because air has a specific gravity smaller than water, the air will move upwards to form bubbles, the bubbles lift the water. so the water flows with it. This study uses an air lift pump unit, the injector diameters used are 6 mm, 8 mm, and 10 mm. Variations in the diameter of the channel used are 21 mm, 31 mm, and 41 mm. The length of the channel is 500 mm, the submerged channel is 150 mm. the air flow rate is 5 lt/min. The research time for each variation is 1 minute. The media in the research are water and air. The results show that the greater the value of d/D , the greater the volume of water produced. The flow pattern that occurs is the bubble flow pattern and the slug flow pattern, with the increase in the value of d/D . The flow pattern that occurs changes from a bubble flow pattern to a slug flow pattern.

1. PENDAHULUAN

Air lift pump adalah salah satu jenis pompa yang cara kerjanya dengan menginjeksikan udara ke bagian bawah pipa penghantar yang berisi air, posisi pipa penghantar adalah vertikal, karena udara mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada air, maka udara akan bergerak ke atas membentuk gelembung, sambil bergerak ke atas, udara tersebut mengangkat air sehingga air mengalir bersamanya. Berdasar kondisi operasional ini maka *air lift pump* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pompa lainnya. Pompa ini memiliki desain yang sederhana, dapat digunakan di lingkungan yang korosif, mudah digunakan di sumur yang bentuknya tidak beraturan, biaya perawatan lebih rendah, dan keandalan yang lebih tinggi (Kassab et al., 2009).

Bagian dari *air lift pump* antara lain berupa *reservoir* air, *injector* udara, dan pipa saluran. *Reservoir* digunakan untuk menampung air yang akan diangkat, *injector* udara digunakan untuk memasok udara terkompresi, pipa saluran adalah pipa tempat air dan udara mengalir (Catrawedarma et al., 2020).

Banyak faktor yang mempengaruhi kinerja *air lift pump*, tetapi secara garis besar dibagi menjadi dua faktor, yaitu faktor parameter operasional dan faktor geometri (W. H. Ahmed et al., 2016). Pada kelompok faktor geometri, penelitian yang telah dilakukan antara lain tentang pengaruh diameter pipa terhadap pola aliran dan kinerja *air lift pump* (Kim et al., 2014), pada penelitian ini menggunakan diameter pipa sebesar 8, 11, 18, dan 24 mm, dengan panjang 500 mm, Rasio perendaman yang digunakan adalah 0,8, 0,9, dan 1. Dengan melakukan pengamatan pada berbagai laju aliran udara, hasilnya menunjukkan empat pola aliran yang berbeda tergantung pada laju aliran udara, pola aliran tersebut berturut turut adalah *bubble*, *slug*, *churn*, dan *annular*. Sedang kinerja pompa berupa debit air meningkat seiring dengan kenaikan rasio perendaman dan penurunan diameter pipa.

Penelitian lain tentang pengaruh diameter pipa saluran juga pernah diteliti (Pougatch & Salcudean, 2008) menggunakan diameter pipa 30.48 cm dan 17.78 cm, hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi pengangkatan meningkat dengan bertambahnya diameter pipa karena

pengurangan pengaruh gesekan dinding pada aliran.

Penelitian lain yang melakukan modifikasi geometri adalah pengaruh diameter pipa hisap pada *air lift pump* (Al-Maliky, 2014), menggunakan 5 variasi diameter pipa hisap, yaitu 0,021, 0,027, 0,033, 0,048, dan 0,063 m dengan panjang 0,3 m. sedangkan pipa dorong menggunakan diameter 0,021 m dan panjang 1,25 m. Ruang pencampur menggunakan pipa diameter 0,063 m sepanjang 0,3 m, pada tengah pipa ini (antara pipa hisap dan pipa dorong) dipasang pipa inlet untuk injeksi udara dari kompresor. Hasilnya menunjukkan bahwa laju pemompaan meningkat seiring dengan bertambahnya diameter pipa hisap untuk rasio perendaman tetap.

Penelitian tentang *injector* juga sudah diteliti, antara lain dengan menggunakan dua *injector*, yaitu *axial* dan *radial injector* (Wael H. Ahmed & Badr, 2012), dilakukan dengan membagi persentase udara yang melewati kedua *injector*, pada set pertama hanya memasukkan udara lewat *axial injector*, pada set kedua hanya memasukkan udara lewat *radial injector*, pada set ketiga memasukkan lewat dua *injector* dengan perbandingan persentase 25%:75%, 50%:50%, dan 75%:25%. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi meningkat dengan nilai mulai dari 30% hingga 90%. Juga perlu diperhatikan bahwa efisiensi maksimum terjadi ketika operasi pompa menghasilkan pola aliran *slug* atau *slug-churn* pada pipa penghantar.

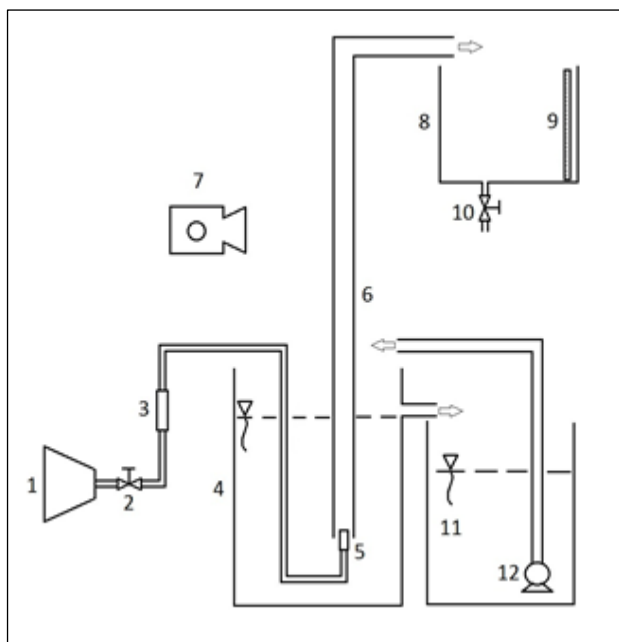
Penelitian lain menggunakan diameter pipa yang berbeda juga pernah dilakukan (Hanafizadeh et al., 2010), menggunakan pipa sepanjang 914 mm dan diameter yang berbeda (6, 8, dan 10 mm) menggunakan tujuh variasi sudut lancip pipa, yaitu 0°, 0,25°, 0,5°, 1°, 1,5°, 2°, dan 3°. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan sudut pipa upriser yang meruncing dapat meningkatkan efisiensi pompa pada laju aliran udara yang sama, namun, di sekitar sudut lancip 3° laju peningkatan debit outlet menurun. jumlah air maksimum yang diangkat jika beroperasi dalam pola aliran *bubble-slug*. Titik efisiensi terbaik untuk jenis pompa ini selalu terletak pada pola aliran *bubble-slug*.

Pada penelitian ini dilakukan dengan variasi diameter lubang injektor dan diameter pipa saluran, menggunakan air dan udara sebagai

fluida kerja. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui volume air yang dihasilkan dan pola aliran yang terjadi.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan satu unit *air lift pump* seperti pada gambar 1. Media penelitian berupa air dan udara. Variasi diameter lubang injektor yang digunakan adalah 6 mm, 8 mm, dan 10 mm, dan 12 mm. Variasi diameter pipa saluran yang digunakan adalah 21 mm, 31 mm, dan 41 mm. Panjang pipa saluran adalah 500 mm, pipa saluran yang terendam air adalah 150 mm. laju aliran udara adalah 5 lt/menit. Lama waktu penelitian untuk masing-masing variasi adalah 1 menit. Penelitian dilakukan sebanyak 9 kali dengan variasi diameter lubang injektor dan diameter pipa saluran seperti ditunjukkan pada tabel 1. Hasil yang akan diukur adalah volume air dan bagaimana pola aliran yang terjadi pada setiap variasi.



Gambar 1. Unit *air lift pump*; 1: kompresor, 2 : katup pengatur, 3 : rotameter, 4 : bak air, 5 : lubang injektor, 6 : pipa saluran, 7 : kamera, 8 : bak penampung hasil, 9 : skala, 10 : katup pembuangan, 11 : bak suplai air, 12 : pompa air.

Langkah pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

- a. Atur unit penelitian menggunakan variasi diameter lubang injektor 6 mm terhadap diameter pipa saluran 21 mm.

- b. Nyalakan pompa air sehingga air di dalam bak air tumpah menuju ke bak suplai air.
- c. Nyalakan kompresor dan atur rotameter pada laju aliran udara sebesar 5 lt/menit.
- d. Hidupkan stopwatch selama 1 menit bersamaan dengan menutup katup pembuangan, ambil data berupa foto pola aliran di pipa saluran, bila sudah selesai maka ambil data volume air di bak penampung hasil.
- e. Ulangi penelitian untuk variasi diameter lubang injektor yang lain terhadap diameter pipa saluran yang lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran volume air di bak penampung hasil pada masing-masing variasi penelitian diperoleh seperti pada table 1. d/D adalah perbandingan diameter lubang injektor terhadap diameter pipa saluran.

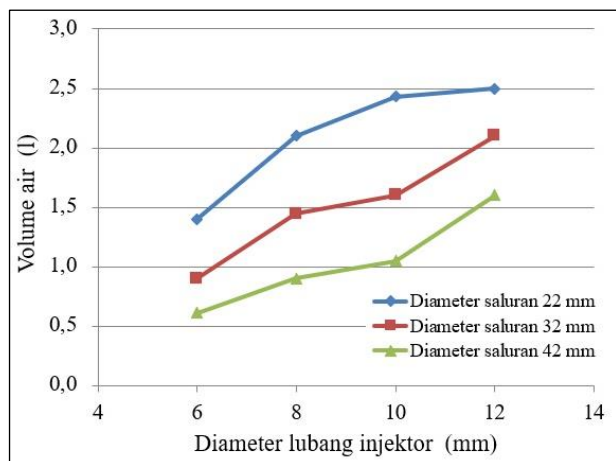
Tabel 1. Volume air hasil penelitian pada tiap variasi

Variasi Penelitian	Diameter lubang injektor (d) (mm)	Diameter pipa saluran (D)(mm)	d/D	Volume air (l)
1	6	21	0,28	1,40
2	6	31	0,19	0,90
3	6	41	0,15	0,61
4	8	21	0,38	2,10
5	8	31	0,26	1,44
6	8	41	0,19	0,90
7	10	21	0,47	2,43
8	10	31	0,32	1,60
9	10	41	0,24	1,05
10	12	21	0,57	2,50
11	12	31	0,39	2,10
12	12	41	0,29	1,60

Dari tabel 1 bila disajikan dengan grafik untuk masing-masing diameter pipa saluran diperoleh seperti pada gambar 2.

Berdasarkan gambar 2, bisa kita lihat bahwa penggunaan diameter lubang injektor yang berbeda pada diameter pipa saluran yang sama menghasilkan volume air yang berbeda, dimana semakin besar diameter lubang injektor akan menghasilkan volume air yang semakin besar pula, hal ini bisa dijelaskan karena semakin besar diameter lubang injektor akan

menghasilkan gelembung dengan ukuran yang semakin besar, akibat semakin besar gelembung yang terjadi akan semakin besar gaya apungnya, ini mengakibatkan gaya angkat terhadap air yang ada di atasnya menjadi semakin besar pula.

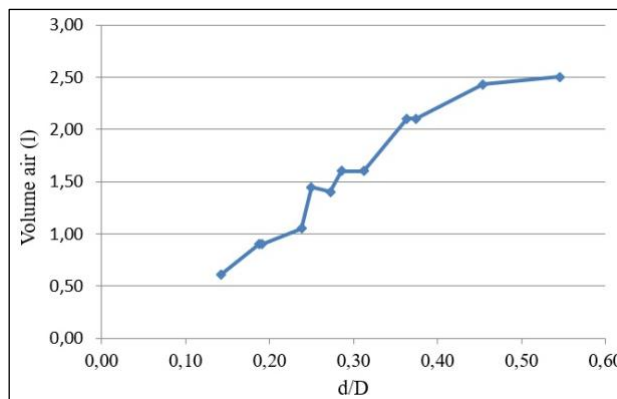


Gambar 2. Pengaruh diameter lubang injektor terhadap volume air

Berbanding terbalik dengan penggunaan pipa saluran, dimana penggunaan diameter pipa saluran yang semakin besar pada diameter lubang injektor yang sama akan menghasilkan volume air yang semakin kecil. Hal ini karena semakin besar diameter pipa saluran maka penampang pipa saluran menjadi semakin besar sementara ukuran lubang injektor sama, hal ini memberi ruang yang lebih luas untuk pergerakan udara ke atas tanpa disertai air.

Fenomena perubahan volume air yang semakin kecil bila diameter pipa saluran semakin besar juga sesuai dengan penelitian sebelumnya (Kim et al., 2014), dimana pada penelitian sebelumnya, ditunjukkan laju aliran air sebagai fungsi laju aliran gas pada berbagai rasio perendaman dan berbagai diameter pipa saluran, hasilnya menunjukkan grafik yang nilainya semakin besar.

Berdasarkan fenomena pada gambar 2 maka dilakukan perubahan cara penyajian data hasil penelitian, dilakukan dengan cara membandingkan antara diameter lubang injektor (d) terhadap diameter pipa saluran (D), yaitu d/D yang nilainya seperti pada tabel 1, setelah dilakukan pengurutan nilai d/D dari nilai terkecil sampai terbesar dan disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh d/D terhadap volume air

Berdasarkan gambar 3, diperoleh bahwa semakin besar nilai d/D berakibat semakin besar pula volume air yang dihasilkan. Dengan nilai d/D yang semakin besar berarti perbandingan diameter lubang injektor semakin besar dibanding diameter pipa saluran, artinya luas area lubang injektor semakin besar dibanding luas area pipa saluran, maka udara yang keluar dari lubang injektor lebih menyebar memenuhi penampang saluran, karena celah antara dinding saluran dengan gelembung udara semakin kecil, maka gelembung udara akan mengangkat air secara merata. Artinya celah untuk air kembali turun menjadi semakin kecil.

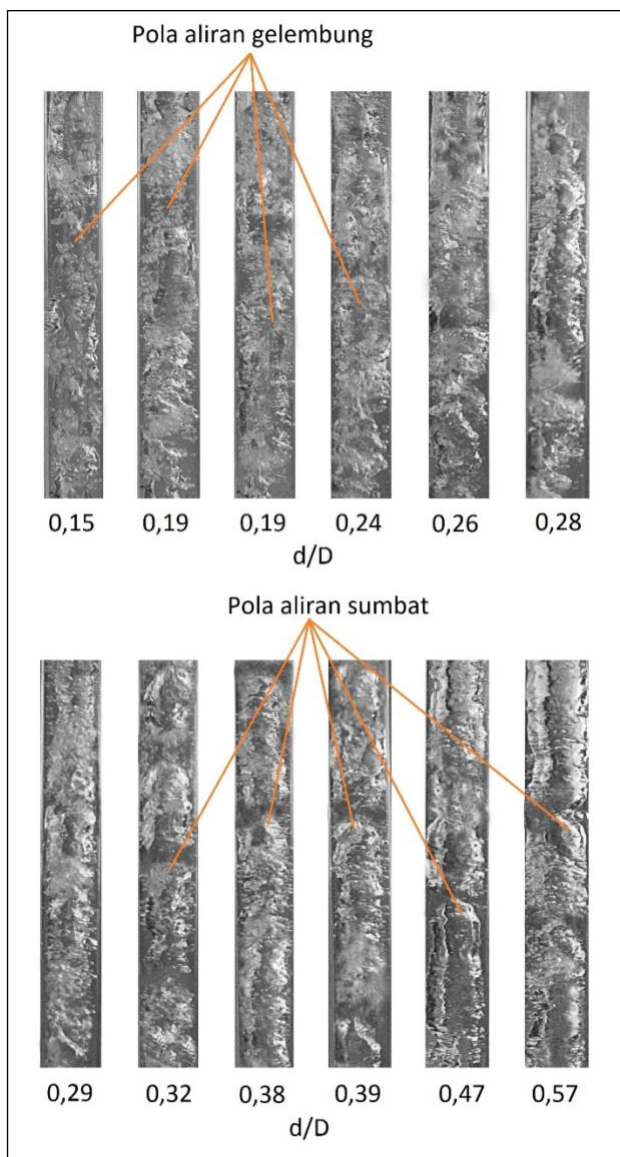
Akan tetapi pada nilai d/D sebesar 0,47 dan di atasnya, ada kecenderungan volume air yang dihasilkan mulai konstan. Hal ini bisa dijelaskan dengan mengamati pola aliran yang terjadi seperti pada gambar 4.

Pola aliran yang terjadi untuk semua variasi d/D adalah pola aliran gelembung dan pola aliran sumbat seperti ditunjukkan pada gambar 4. Pada d/D kecil terlihat pola aliran gelembung, di mana gelembung besar dan kecil menyebar ke seluruh permukaan saluran. Pola aliran ini bertahan sampai pada kenaikan nilai d/D menjadi 0,24.

Sedangkan pola aliran pada d/D 0,25 sampai 0,29 pola aliran adalah transisi, mulai ditemukan aliran sumbat tapi belum kelihatan secara jelas. Pada daerah ini mulai terjadi koalisi antar gelembung kecil menjadi gelembung yang lebih besar.

Pada nilai d/D 0,32 sampai 0,57 ditemukan pola aliran sumbat, dimana gelembung-gelembung besar ditemukan, gelembung-gelembung besar ini memenuhi luas permukaan saluran, gelembung-gelembung ini menyerupai sumbat yang akan mengangkat air di atasnya.

Tetapi bersamaan dengan itu masih ditemukan juga pola aliran gelembung yang terdistribusi diantara pola aliran sumbat.



Gambar 4. Pola aliran pada variasi d/D

Bila dikorelasikan antara kapasitas air dan pola aliran, maka terlihat bahwa pola aliran gelembung dan sumbat berpengaruh terhadap kapasitas air, hal ini senada dengan penelitian sebelumnya (Hanafizadeh et al., 2010) yang juga memperoleh hasil air maksimal yang diangkat jika beroperasi di rezim bergelembung-siput. Demikian juga dengan penelitian tentang *air lift pump* yang lain (Kassab et al., 2009) juga menemukan bahwa pompa mengangkat cairan dalam jumlah maksimum jika dioperasikan dalam pola aliran sumbat atau pada pola aliran *slug-churn*.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas air yang dihasilkan bertambah banyak dengan bertambahnya nilai d/D .
- Pola aliran yang terjadi mengalami perubahan dari pola aliran gelembung menjadi pola aliran sumbat seiring dengan bertambahnya nilai d/D .

4.2. Saran

Untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh tentang pengaruh d/D terhadap kinerja dan pola aliran, maka bisa dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah variasi rasio pencelupan dan juga variasi laju aliran udara.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, W. H., Aman, A. M., Badr, H. M., & Al-Qutub, A. M. (2016). Air injection methods: The key to a better performance of airlift pumps. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 70, 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2015.09.022>
- Ahmed, Wael H., & Badr, H. M. (2012). Dual-injection airlift pumps: An enhanced performance. *Particulate Science and Technology*, 30(6), 497–516. <https://doi.org/10.1080/02726351.2011.604396>
- Al-Maliky, S. J. B. (2014). Effect of suction pipe diameter and submergence ratio on air lift pumping rate. *Advanced Materials Research*, 1036, 703–707. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1036.703>
- Catrawedarma, I. G. N. B., Deendarlianto, & Indarto. (2020). The performance of airlift pump for the solid particles lifting during the transportation of gas-liquid-solid three-phase flow: A comprehensive research review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 2. <https://doi.org/10.1177/0954408920951728>
- Hanafizadeh, P., Saidi, M. H., Karimi, A., &

- Zamiri, A. (2010). Effect of bubble size and angle of tapering upriser pipe on the performance of airlift pumps. *Particulate Science and Technology*, 28(4), 332–347. <https://doi.org/10.1080/02726351.2010.496300>
- Kassab, S. Z., Kandil, H. A., Warda, H. A., & Ahmed, W. H. (2009). Air-lift pumps characteristics under two-phase flow conditions. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 30(1), 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2008.09.002>
- Kim, S. H., Sohn, C. H., & Hwang, J. Y. (2014). Effects of tube diameter and submergence ratio on bubble pattern and performance of air-lift pump. *International Journal of Multiphase Flow*, 58, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2013.09.007>
- Pougatch, K., & Salcudean, M. (2008). Numerical modelling of deep sea air-lift. *Ocean Engineering*, 35(11–12), 1173–1182. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2008.04.006>