

Kinerja *Liquid-Gas Ejector*: Efek dari *Diffuser Ratio*

Daru Sugati^{1,a*}, Indarto^{2,b}, Purnomo^{2,c}, Sutrisno^{2,d}

¹ Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
Jl. Babarsari Depok Yogyakarta 55281, Indonesia

² Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM Yogyakarta, Indonesia
Jl. Grafika 2. Bulaksumur Yogyakarta 55281

email: daru.tm@sttnas.ac.id, Indarto@ugm.ac.id, purnomo_tm@yahoo.com, mrsutrisno2010@gmail.com

Abstrak

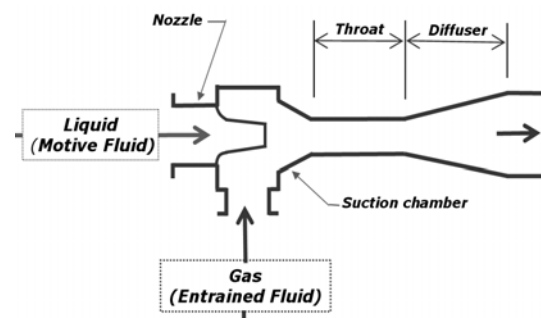
Liquid-gas ejector adalah salah satu jenis mesin fluida yang paling sederhana. Komponen utama yang hanya terdiri dari *nozzle*, *suction chamber*, *throat*, dan *diffuser* memperlihatkan kesederhanaan tersebut. Komponen utama tersebut memberikan efek saling mempengaruhi, sehingga kinerja sistem sensitif terhadap kinerja komponen tersebut. Salah satu komponen itu adalah *diffuser*, komponen ini berfungsi sebagai pengubah head dinamis menjadi head statis. Kinerja *diffuser* ini dipengaruhi oleh dimensinya, sehingga perlu dilakukan investigasi. Serangkaian variasi pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja sistem. Variasi *diffuser ratio* (L/d_i) memperlihatkan adanya pengaruh yang signifikan *diffuser ratio* terhadap kinerja sistem. *diffuser ratio* yang besar memperlihatkan kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan dengan *diffuser ratio* yang lebih kecil.

Kata kunci : *ejector*, *diffuser ratio*, *pressure recovery*, *downward flow*, *two-phase flow*, *void fraction*.

Latar belakang

Liquid-gas ejector adalah salah satu jenis mesin fluida dengan prinsip kerja transfer momentum antara *motive flow* dengan *entrained flow*. *Ejector* terdiri dari beberapa komponen utama yaitu: *nozzle*, *suction chamber*, *throat*, dan *diffuser*. Skema konfigurasi komponen-komponen tersebut diperlihatkan pada Gambar 1. Pada bidang industri *ejector* digunakan untuk proses-proses antara lain: Sebagai *vacuum pump* pada proses destilasi *vacuum*, pembentukan *micro bubble*, *mixer*, *booster*, *scrubber*, kompresor, dan pompa. *Ejector* mempunyai beberapa keunggulan dibanding pompa dan kompresor jenis sentrifugal dan *positive displacement*, yaitu: *ejector* tidak ada bagian yang bergerak, mampu bekerja dengan energi tingkat rendah, mudah dan murah dalam hal pengadaan, operasional dan perawatan.

Liquid-gas ejector bekerja berdasarkan pada prinsip transfer momentum antara *motive flow* (Q_m) terhadap *entrainment flow* (Q_e). Proses transfer ini mengakibatkan terjadinya perubahan pola aliran *jet flow* menjadi *froth flow* [3]. Proses perubahan ini idealnya terjadi pada *throat*, sehingga aliran yang mengalir pada *diffuser* adalah *froth flow*. Pengaruh pola aliran terhadap kinerja *diffuser* dilaporkan oleh [6] bahwa untuk aliran dua fase *liquid-gas*, pola aliran selain *froth flow* mengakibatkan penurunan kinerja *diffuser*.



Gambar 1. Konstruksi *liquid-gas ejector*

Diffuser adalah komponen pelengkap pada unit *ejector* yang berfungsi sebagai pengubah head dinamik menjadi bentuk head statis. Proses perubahan kecepatan dilakukan dengan memperluas penampang alirannya.

Kinerja *diffuser* idealnya adalah fungsi dari luas penampang yaitu:

$$C_{pi} = 1 - \left(\frac{A_2}{A_3} \right)^2 \quad (1)$$

C_{pi} adalah *pressure recovery coefficient*, A_2 dan A_3 adalah luas penampang *diffuser* pada sisi *inlet* dan *outlet*.

Persamaan 1 tersebut adalah persamaan dengan asumsi aliran inviscid dan ideal, sehingga terdapat penyimpangan terhadap nilai C_p riil. Perbandingan antara nilai riil (C_p) terhadap nilai C_{pi} merupakan

parameter yang dikenal dengan efisiensi *diffuser* yaitu:

$$\eta_d = \frac{C_p}{C_{pi}} \quad (2)$$

Penelitian [1,2,7] memperlihatkan pengaruh pengaruh pola aliran pada *diffuser inlet* dan *void fraction* terhadap C_p . Kondisi ini berlaku pada orientasi arah aliran horisontal [7] dan arah aliran kebawah [1,2]. Secara keseluruhan memperlihatkan bahwa untuk aliran kebawah, C_p lebih rendah. Salah satu penyebabnya adalah gaya apung fraksi gas. Semakin banyak jumlah fraksi gas didalam *diffuser* maka tahanan aliran semakin meningkat, sehingga C_p mengalami penurunan.

Pada *diffuser* dengan orientasi aliran kebawah, tahanan aliran akibat gaya apung dari gas semakin besar dengan meningkatnya panjang *diffuser*. Hal ini perlu dikaji seberapa besar pengaruhnya terhadap C_p dan efisiensi sistem menyeluruh.

Kinerja *liquid-gas ejector* dapat dinyatakan dengan efisiensi. Efisiensi ini didefinisikan sebagai rasio energi yang dihasilkan untuk mengalirkan gas terhadap energi cairan yang digunakan untuk membangkitkan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi adalah [5]:

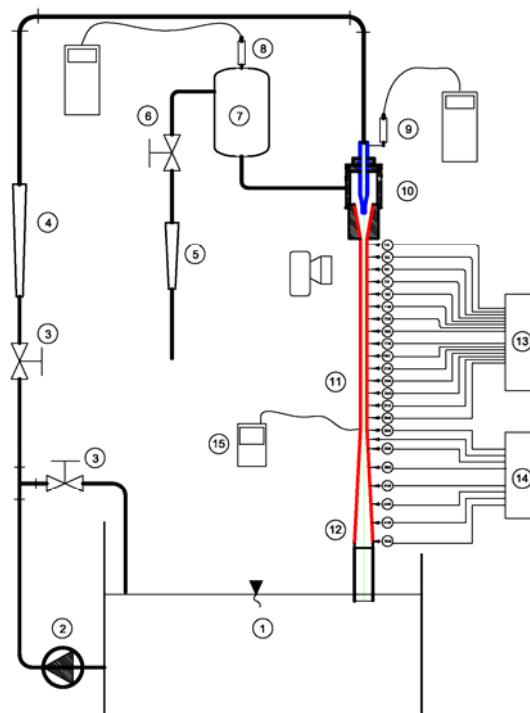
$$\eta = \frac{P_e \phi_1 \ln(P_d / P_s)}{(P_m - P_d)} \quad (3)$$

dengan

$$\phi = \frac{Q_e}{Q_m} \quad (4)$$

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Pengujian dilakukan untuk menemukan jawaban tentang pengaruh *diffuser ratio* terhadap kinerja *liquid gas ejector*. Serangkaian pengujian dilakukan pada instalasi pengujian yang secara skematis diperlihatkan pada Gambar 2. Dimensi *nozzle*, *suction chamber*, *throat* dan *diffuser ratio* yang digunakan sama dengan dimensi pada pengujian yang telah dilakukan oleh [2].



No	Deskripsi	No	Deskripsi
1	Bak air	9	Pressure gauge
2	Pompa air	1	Suction chamber
		0	
3	Katub	1	Throat
		1	
4	Flow meter air	1	Diffuser
		2	
5	Flow meter udara	1	Data aquisition
		3	
6	Katup	1	Data aquisition
		4	
7	Tangki penenang	1	Thermometer
		5	
8	Vacuum gauge	1	Kamera
		6	

Gambar 2. Instalasi pengujian

Pada skema diatas dapat digolongkan menjadi tiga bagian utama yaitu: sistem pengaturan aliran, seksi uji, dan sistem akuisisi data. Sistem pengaturan aliran meliputi pompa (2) yang mengalirkan air dari bak (1). Debit air diatur oleh katup (3) dan diukur oleh rotameter (4). Air membentuk *jet flow* di dalam (10) dan menginduksi udara, maka tercipta aliran karena beda tekanan. Udara sebelum masuk (10) melintasi (5) untuk diukur debit alirannya. Katup (6) digunakan untuk mengatur debit udara. Terbatasnya debit udara yang terinduksi mengakibatkan tekanan didalam (10) dan (7) turun. Tekanan pada (7) yang diukur oleh *vacuum gauge* (8). *Jet flow* ketika melintas *throat* (11)

mengalami proses *mixing* yang berdampak perubahan tekanan. Perubahan tekanan ini diukur dengan *pressure transducer* yang terangkai dengan data akuisisi (13). Aliran selanjutnya masuk *diffuser* (12) untuk memperlambat kecepatan alirannya. Perubahan tekanan pada *diffuser* (12) diukur dengan *pressure transducer* yang terangkai dengan data akuisisi (14).

Pengujian dilakukan dengan matrik tes yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matrik tes pengujian

Q_e (liter/detik)	Q_m (liter/detik)		
	1,514	1,767	2,019
<i>Flow ratio</i>			
0,157	0.104	0.089	0.078
0,236	0.156	0.134	0.117
0,314	0.208	0.178	0.156
0,393	0.260	0.223	0.195
0,472	<u>0.312</u>	0.267	0.234
0,557	0.363	<u>0.312</u>	0.273
0,629	0.415	0.356	<u>0.312</u>
0,708	0.467	0.401	0.351
0,786	0.519	0.445	0.389

Matrik tes pada Tabel 1. digunakan untuk menguji tiga variasi *diffuser ratio* yaitu 9, 12, dan 18.

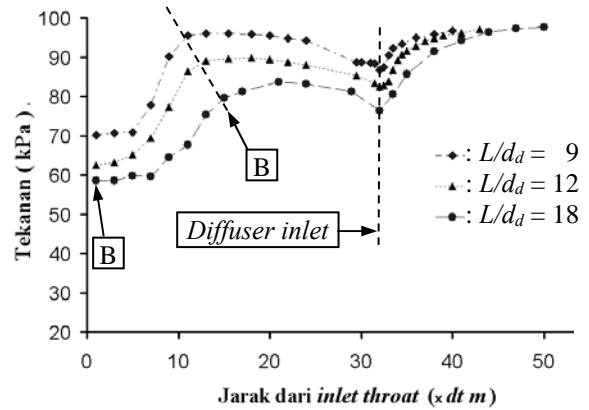
Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan perlakuan kondisi operasional berdasarkan matrik tes pada Tabel 1 untuk variasi *diffuser ratio* 9, 12, dan 18. Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 3 hingga Gambar 6.

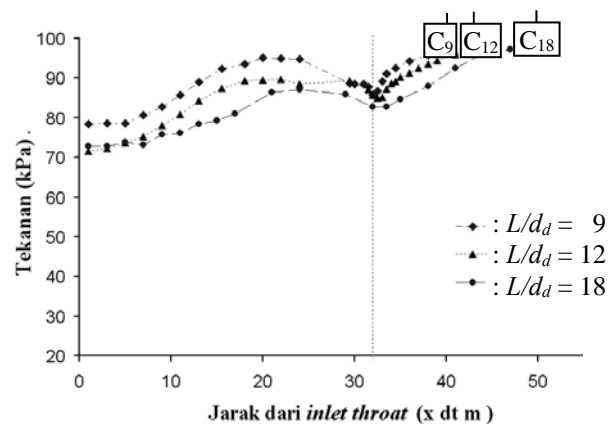
Pada Gambar 3 diperlihatkan profil distribusi tekanan untuk variasi *diffuser ratio* 9, 12, dan 18. Tampak pada Gambar ini, tekanan pada sisi *throat inlet* (titik A) pada *throat ratio* bernilai 18 menghasilkan tekanan terendah dibandingkan dengan *throat ratio* 12 dan 9.

Puncak tekanan yang dihasilkan ketika terjadi pada akhir proses *mixing* tampak pola yang dihasilkan identik untuk ketiga variasi *diffuser ratio*. Puncak tekanan tertinggi dihasilkan pada *diffuser ratio* 9.

Meningkatnya tekanan ini disebabkan oleh tahanan aliran pada *diffuser*



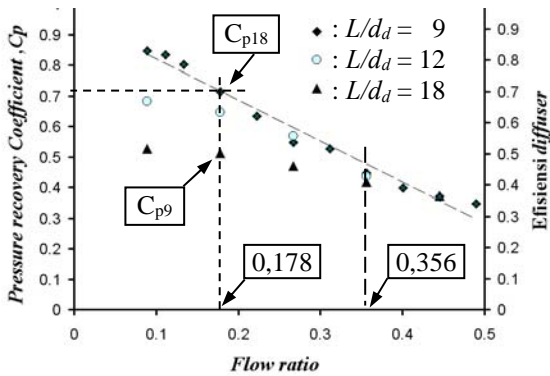
Gambar 3. Profil distribusi tekanan pada $Q_m = 1,767$ liter/detik, $Q_e = 0,314$ liter/detik.



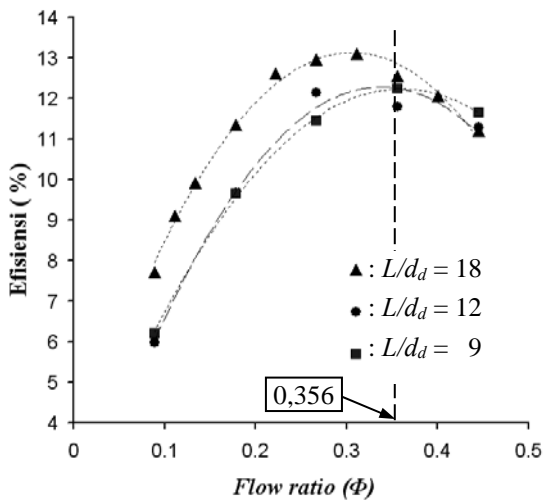
Gambar 4. Profil distribusi tekanan pada $Q_m = 1,767$ liter/detik, $Q_e = 0,629$ liter/detik, *flow ratio* = 0,356.

Tahanan aliran ini tampak dari C_p *diffuser* yang diperlihatkan pada Gambar 5. Pada *flow ratio* 0,178, penurunan C_p dari 0,72 pada $L/d_a = 18$ menjadi 0,5 pada $L/d_a = 9$ membuktikan adanya peningkatan tahanan aliran yang diakibatkan perubahan panjang *diffuser*.

Ditinjau dari kinerja *liquid-gas ejector* tampak efisiensi pada *diffuser ratio* = 18 memperlihatkan nilai tertinggi. Kondisi ini merupakan dampak dari tekanan pada *throat inlet*.



Gambar 5. Pengaruh flow ratio terhadap C_p dan efisiensi diffuser untuk variasi *diffuser ratio*.



Gambar 6. Pengaruh *flow ratio* terhadap efisiensi *liquid-gas ejector* dengan variasi *diffuser ratio*.

Perubahan panjang *diffuser* dengan mempertahankan *diffuser area ratio*, maka sudut *divergen* pada *diffuser* (2β) menjadi berubah. Semakin kecil L/d_d , maka semakin besar sudut 2β . Efek dari sudut ini untuk fluida satu fase mengakibatkan adanya separasi sehingga C_p menjadi turun [7].

Pada *diffuser* vertikal dengan arah aliran kebawah, semakin kecil *diffuser ratio* mengakibatkan separasi terjadi pada *flow ratio* yang rendah, sehingga C_p menjadi menjadi turun.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian ini adalah:

1. Pengaruh perubahan *diffuser ratio* berdampak pada C_p , efisiensi, dan tekanan pada *throat inlet*. semakin kecil *diffuser ratio* atau semakin pendek *diffuser* maka tahanan aliran semakin besar, sehingga C_p , efisiensi turun dan tekanan *throat inlet* naik.

2. Pengaruh sudut 2β *diffuser* lebih dominan mempengaruhi C_p dibandingkan *diffuser ratio*.

Diperlukan pengujian dengan menjaga sudut 2β *diffuser* tetap, untuk mengurangi tahanan aliran yang disebabkan oleh sudut tersebut.

Referensi

- [1] A.B. Brahim, M. Prevost., L. Bugarel, Momentum Transfer in Vertical Down flow Liquid Jet Ejector: Case of Self Gas Aspiration and Emulsion Flow, Int. J. Multiphase Flow Vol. 10, No. I, (1984), 79-94.
- [2] Daru Sugati, Indarto, Purnomo, Sutrisno, Performance of Conical Diffuser on Liquid Jet Gas Ejector, Applied Mechanics and Materials, 493, (2014), 145-150.
- [3] J.H. Witte, Mixing shocks in Two Phase Flow, J.Fluid.Mech., 36, (1969), 639-655
- [4] M.T. Kandakure, V.G. Gaikar, A.W. Patwardhan, Hydrodynamic aspects of ejectors, Chemical Engineering Science, 60, (2005), 6391 – 6402,
- [5] R.G. Cunningham, Liquid Jet Pump for two Phase Flows, ASME Journal Fluids Engineering, vol.117, (1995), 309-316
- [6] R.S. Neve, Diffuser Performance in Two-Phase Jet Pumps. International Journal of Multiphase Flow, 17,(1991), 267-272.
- [7] T.N. Thang, M.R. Davis, Pressure Distribution in Bubble Flow Through Venturis, International Journal of Multiphase Flow, 7, (1981), 191-210.