

## Studi Ekperimental Pengaruh Posisi Nozzle-Throat Terhadap Kinerja Liquid Jet Gas Ejector

Daru Sugati<sup>1,3</sup>, Indarto<sup>2</sup>, Purnomo<sup>2</sup>, Sutrisno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Kandidat Doktor Teknik Mesin FT UGM Yogyakarta.

<sup>2</sup>. Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM Yogyakarta

Jl.Grafika 2. Bulaksumur Yogyakarta 55281

<sup>3</sup>. Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Jl.Babarsari Depok Yogyakarta 55281

[daruengineering@gmail.com](mailto:daruengineering@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan pengaruh jarak antara *nozzle* terhadap *throat* pada *liquid jet gas ejector* yang terkonfigurasi vertikal. Fluida *motive flow* adalah air dan fluida *secondary flow* adalah udara. *Motive flow* memancar melalui *nozzle* menuju *throat* kearah bawah. Parameter yang digunakan sebagai indikator adalah kinerja dari sistem pada berbagai kondisi operasional untuk berbagai variasi jarak *nozzle* terhadap *throat*. Kinerja dituangkan dalam grafik *pressure ratio* terhadap *flow ratio* dan efisiensi. *Nozzle* yang digunakan adalah jenis *conical* berdiameter 13 mm. Diameter *throat* yang digunakan adalah 19 mm dengan panjang *throat* 20 kali diameternya. *Diffuser* dengan sudut total 6° dan rasio luas penampangnya 9. Unit *ejector* ini terangkai dalam sistem dengan siklus aliran *motive flow* tertutup. Kinerja dari sistem dinyatakan dalam kurva-kurva yang merepresentasikan kinerja *liquid jet gas ejector*. Hasil eksperimen menunjukkan korelasi antara kecepatan jet terhadap jarak *nozzle* terhadap *throat* dan efisiensi. Efisiensi puncak diperoleh pada jarak *nozzle* terhadap *throat* sebesar 4 kali diameter *throat*.

**Keywords:** *Liquid jet, Ejector, Nozzle–throat, Efisiensi, Pressure ratio, Flow ratio.*

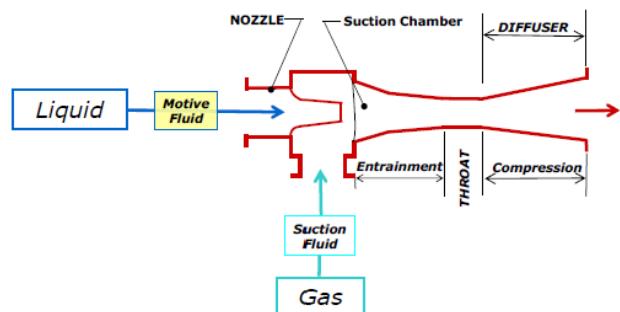
### Pendahuluan

*Ejector* adalah peralatan yang menggunakan prinsip transfer momentum sebagai metode untuk melakukan konversi energi. Bagian utama dari *ejector* adalah *nozzle*, *suction chamber*, *throat* dan *diffuser* ( Gambar 1). *Nozzle* digunakan sebagai konverter fluida diam menjadi fluida berkecepatan. *Suction chamber* berfungsi sebagai daerah pertemuan antara jet dengan *suction fluid*. Pada daerah ini terjadi interaksi yang terus menerus antara *free jet* yang dibangkitkan *nozzle* dengan fluida yang melingkupinya. *Throat* digunakan sebagai pembatas agar terjadi *mixing* antara fluida *motive* dan fluida *suction*. *Mixing* yang terjadi pada *throat* mengakibatkan perlambatan aliran dan kenaikan tekanan(Witte,1969). *Diffuser* difungsikan sebagai pencegah terjadinya gradien tekanan yang besar antara *throat* dan *downstream ejector*.

Kinerja *ejector* dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu : *fluid properties*, dimensi, kondisi operasional, dan konfigurasi (Brahim, 1984; Balamurungan, 2007; Kandakure, 2005) . Konfigurasi adalah kedudukan komponen utama terhadap komponen utama yang lain. Posisi *nozzle* terhadap *throat* merupakan konfigurasi yang terpenting dan perlu dilakukan pengujian. Jarak yang diakibatkan kedua komponen ini adalah daerah dimana proses transfer momentum berlangsung, sehingga merubah posisi komponen ini

akan berakibat perubahan kinerja *ejector*. Jarak antara *nozzle* dan *throat* dikenal dengan *nozzle exit position* disingkat *NXP*.

*Liquid jet gas ejector* adalah *ejector* dengan fluida cairan sebagai fluida pembangkit atau *motive flow*, sedangkan gas dalam eksperimen ini digunakan udara sebagai *fluida entrained* atau *suction fluid*.



Gambar 1. Skema *ejector*.

Parameter yang merujuk kepada kinerja pada *liquid gas ejector* disusun dalam bentuk bilangan tak berdimensi sebagai berikut ( Cunningham,1995):

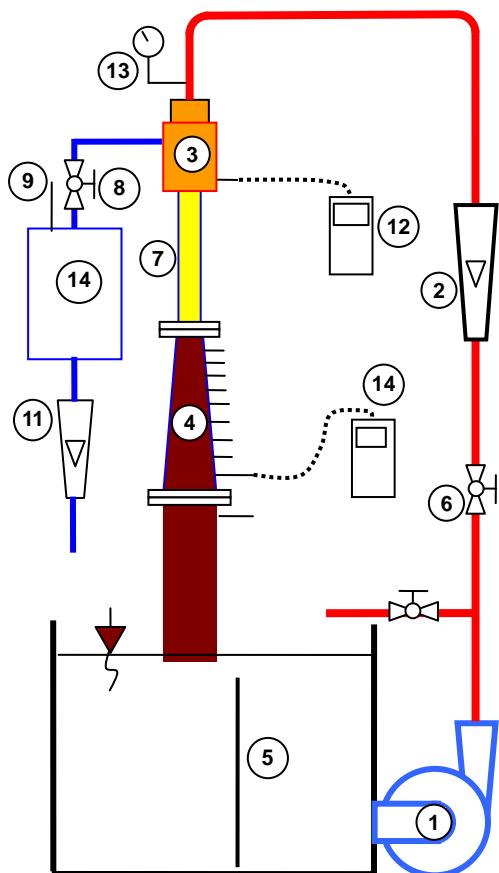
$$\text{Presure ratio} \quad : \quad r = \frac{P_m - P_d}{P_d - P_s} \quad (1)$$

$$\text{Flow ratio} : \phi = \frac{Q_g}{Q_l} \quad (2)$$

$$\text{Efisiensi} : \eta = \frac{P_s \phi \ln(P_d / P_s)}{(P_m - P_d)} \quad (3)$$

### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Eksperimen ini menggunakan skema seperti tersaji pada Gambar 2. Air disirkulasikan secara tertutup menggunakan pompa (1). Laju aliran diatur dengan katub (6) dan diukur dengan rotameter (2). Tekanan statis sisi masuk nozzle diukur dengan manometer bourdon (13). Jet melintas suction chamber (3) menuju throat (7) untuk selanjutnya menuju diffuser (4) dan kembali ke tangki (5). Tekanan sisi suction diukur dengan digital vacuum transducer (12) dan untuk sisi discard menggunakan pressure transducer (14) dengan jenis lutron PS100-2 bardan PS 9332. Laju aliran sekunder diukur dengan rotameter udara (11). Temperatur udara diukur dengan termometer digital (9). Laju aliran sekunder diatur dengan katub (8).



Gambar 2. Skema instalasi eksperimen

Dimensi seksi uji dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Liquid gas ejector

No	Komponen	Desain
1	Nozzle	Model Conical, diameter 13 mm (Sanger, 1969)
2.	Suction Chamber	Projection ratio = 5.d <sub>t</sub> , Sudut Konvergen = 10°, D <sub>s</sub> /d <sub>n</sub> = 6,6 (Yadav, 2008)
3.	Throat	d <sub>t</sub> = 19 mm, area ratio (d <sub>n</sub> /d <sub>t</sub> ) <sup>2</sup> = 0,4
4.	Diffuser	Sudut Divergen = 7°; (A <sub>t</sub> /A <sub>d</sub> ) = 1:9 (Neve, 1991)

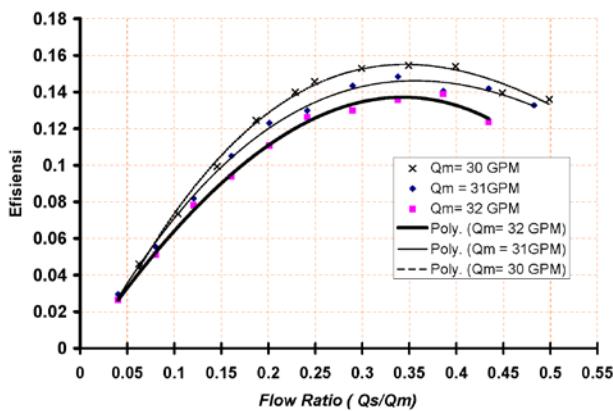
### Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian yang dilakukan dengan berbagai variasi pada *ejector* ditampilkan pada Gambar 3 hingga Gambar 6. Gambar 3. adalah Gambar yang menunjukkan korelasi antara *flow ratio* terhadap efisiensi untuk jarak *nozzle-throat* dua kali diameter *throat*. Demikian berturut turut untuk Gambar 4. Gambar 5 dan Gambar 6 untuk *NXP* bernilai 3, 4, 5, 6. Gambar 7 menunjukkan perbandingan efisiensi maksimum yang mampu dicapai dengan variasi *NXP*.

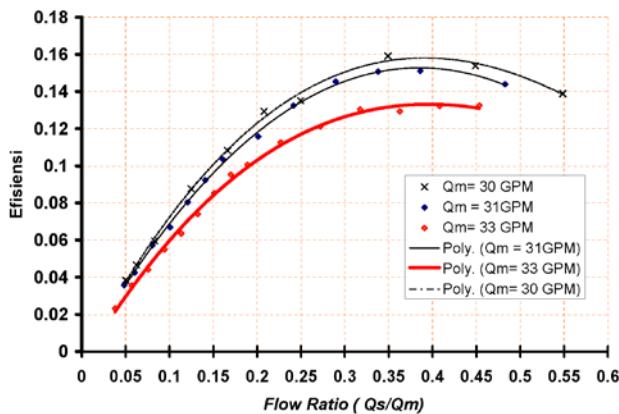
Gambar 3 hingga Gambar 6 menunjukkan kecenderungan yang sama untuk perubahan laju aliran *motive flow* terhadap efisiensi. Efisiensi menunjukkan penurunan dengan peningkatan kecepatan *motive flow*. Fenomena ini menunjukkan bahwa energi kompresi yang terjadi pada daerah *suction chamber* hingga *diffuser* yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk membangkitkannya.

Pengaruh yang tampak signifikan dengan peningkatan debit *motive flow* adalah peningkatan *pressure ratio*. Gambar 5. menampilkan korelasi *pressure ratio* dan efisiensi terhadap perubahan *flow ratio*. Tampak pada Gambar 5 peningkatan kecepatan jet atau peningkatan debit *motive flow* cenderung meningkatkan maksimum *pressure ratio*, hal ini menunjukkan kompresi meningkat dengan bertambahnya kecepatan jet.

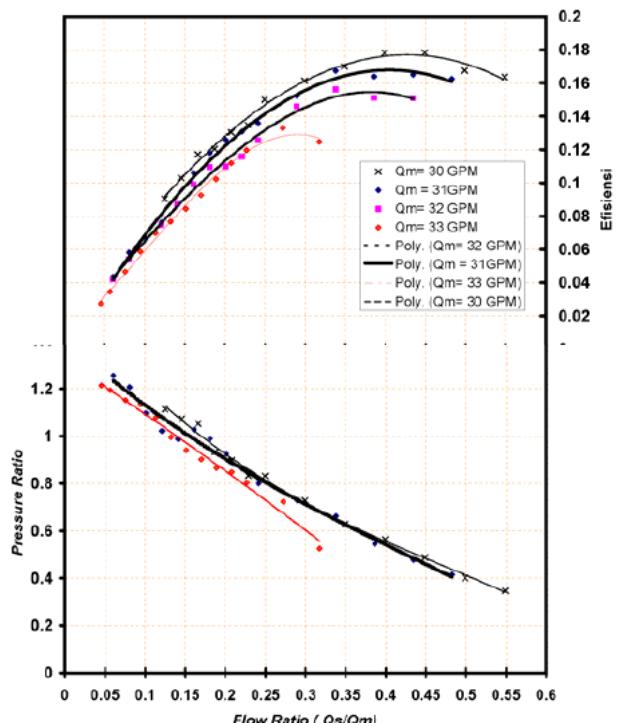
Kecenderungan yang terjadi pada peningkatan *motive flow* pada *pressure ratio* terhadap *flow ratio* adalah *gradient* kurva yang dibentuk. Pada *motive flow* yang lebih besar *gradient pressure ratio* cenderung lebih besar. Hal ini mengakibatkan membesarinya *flow ratio* diikuti dengan penurunan *pressure ratio* yang lebih besar, sehingga efisiensi yang diperoleh menjadi lebih rendah.



Gambar 3. Hubungan *flow ratio* terhadap Efisiensi untuk  $NXP = 2$ .

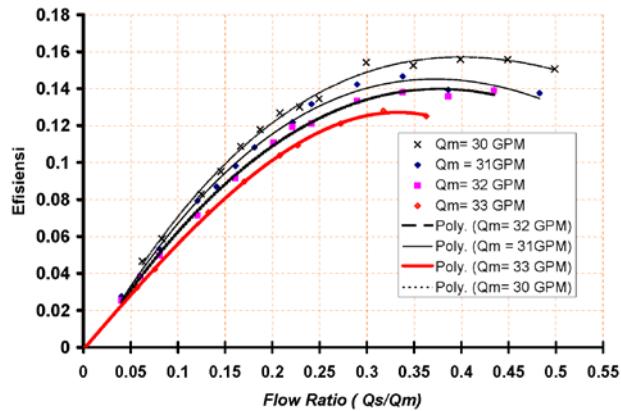


Gambar 4. Hubungan *flow ratio* terhadap Efisiensi untuk  $NXP = 3$



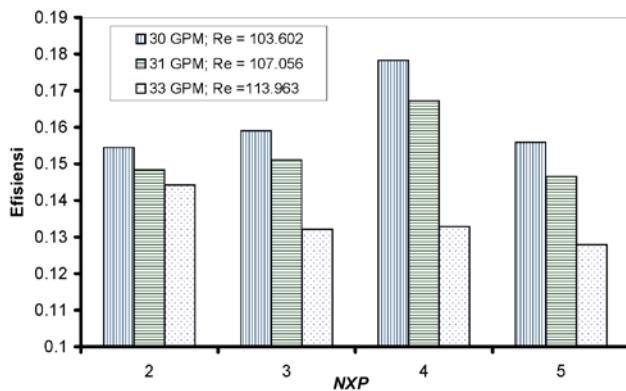
Gambar 5. Hubungan *flow ratio* terhadap Efisiensi untuk  $NXP = 4$ .

Secara keseluruhan pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya perubahan jarak *nozzle* terhadap *throat* untuk berbagai variasi *motive flow* menunjukkan efisiensi maksimum terbaik pada nilai  $NXP = 4$ , kecuali untuk kecepatan jet dengan angka Reynolds 113963. Pada kondisi ini  $NXP$  terkecil memberikan efisiensi maksimum.



Gambar 6. Hubungan *flow ratio* terhadap Efisiensi untuk  $NXP = 5$

$NXP$  merupakan daerah dimana jet berkembang untuk melakukan proses entrainment. *Entrainment* terjadi pada permukaan *circumference* dari jet sepanjang lintasannya. Bertambahnya panjang lintasan jet berarti laju *entrainment* meningkat sehingga menghasilkan peningkatan efisiensi. Maksimum  $NXP$  akan tercapai pada kondisi dimana diameter perkembangan jet tidak melebihi diameter *throat*. Bila ini terjadi maka *circumference* jet membentur dinding masuk *throat* sehingga terjadi kerugian kecepatan jet. Fenomena ini tampak pada Gambar 7, dimana efisiensi akan naik dengan bertambahnya  $NXP$  puncaknya pada  $NXP$  bernilai 4, kemudian efisiensi turun dengan naiknya  $NXP$ . Pada *motive flow* atau angka Reynolds jet 113963 kondisi yang terjadi menunjukkan hal yang berbeda, dimana bertambahnya nilai  $NXP$  menurunkan efisiensi. Kondisi ini berkaitan dengan perkembangan diameter jet yang terbentuk pada *suction chamber*. Hal ini tampak pada  $NXP$  yang sama, peningkatan *motive flow* secara menyeluruh menurunkan efisiensi.



Gambar 7. Perbandingan efisiensi maksimum untuk berbagai variasi *NXP*.

## Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari eksperimen ini adalah

1. Adanya korelasi antara kecepatan jet dan jarak *nozzle-throat* atau *NXP* terhadap efisiensi pada *liquid jet gas ejector*.
2. Jarak *nozzle-throat* (*NXP*) yang mampu memberikan efisiensi terbaik adalah 4 kali diameter *throat*.

## Nomenklatur

<i>r</i>	Pressure ratio
<i>P</i>	Tekanan (Nm <sup>-2</sup> )
<i>Q</i>	Debit (m <sup>3</sup> /det)
<i>D, d</i>	Diameter (m)
<i>A</i>	Luas (m <sup>2</sup> )
<i>NXP</i>	Nozzle exit position

### Greek letters

$\phi$	Flow ratio
--------	------------

### Subscripts

<i>d</i>	diffuser
<i>g</i>	Gas
<i>l</i>	liquid
<i>n</i>	nozzle
<i>s</i>	Suction
<i>t</i>	Throat

## Referensi

Balamurugan. S., Mayank D. Lad, Vilas G. Gaikar, Patwardhan AW., Hydrodynamics and mass transfer characteristics of gas–liquid ejectors, Chemical Engineering Journal, 13,183–103, (2007)

Brahim.A.B., Prevost.M., Bugarel.L., 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, 79-94, (1984)

Cunningham R. G., Liquid Jet Pump for two Phase Flows, ASME Journal Fluids Engineering, vol.117, 309-316. (1995)

Kandakure, M.T., Gaikar, V.G., Patwardhan,A.W., Hydrodynamic aspects of ejectors, Chemical Engineering Science, 60, 6391 – 6402, (2005)

Neve, R. S., Diffuser Performance in Two-Phase Jet Pumps. *International Journal of Multiphase Flow*, 17, 267-272. (1991)

Sanger. N.L., Noncavitating and Cavitating Performance of Several Low Area Ratio Water Jet Pumps having Throat Length Of 3.54 Diameters, NASA TN D-5095, Washington. (1969)

Witte, J.H., Mixing shocks in Two Phase Flow, *J.Fluid. Mech.*, 36, 639-655 (1969)

Yadav, R.L., Patwardhan.A.W., Design aspects of ejectors: Effects of suction chamber geometry, Chemical Engineering Science, 63,3886 – 3897 (2008)