

## Pengaruh *Flowrate* dan Diameter *Exit Nozzle* terhadap Kemampuan *Vacuum* Pada *Ejector Pump*

Willyanto Anggono<sup>1</sup>, Ronaldo Febrian<sup>1</sup>, Ivan Christian Hernando<sup>1\*</sup>, Teng Sutrisno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

\* Penulis korespondensi; E-mail: [ivan.hernando@petra.ac.id](mailto:ivan.hernando@petra.ac.id)

---

### ABSTRAK

Ejector pump merupakan salah satu jenis alat/mesin fluida yang banyak digunakan di penindustrian yang membutuhkan fluida bertekanan tinggi. Tujuan yang ingin dicapai dalam penggunaan ejector adalah kemampuan hisap yang tinggi pada *secondary flow* (inlet suction flow). Bagian bagian utama pada ejector adalah *nozzle*, *secondary flow/inlet suction flow*, ruang pencampuran dan diffuser. Adapun faktor lain yang berpengaruh dalam kemampuan hisap ejector dalam menvakum/menghisap yaitu, *flowrate* dan diameter *exit nozzle* pada *primary flow* (injection motive fluid). Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh seberapa besar pengaruh yang diberikan dari perbedaan ukuran atau level pada *primary flow*, meliputi *flowrate* sebesar 15 L/min, 20 L/min dan 25 L/min, dan diameter *exit nozzle* 5 mm, 6 mm dan 7mm terhadap *pressure vacuum* dan *flowrate vacuum* pada *secondary flow*. Penelitian ini dilakukan secara langsung dengan menggunakan *ejector pump*. Hasil dari pengujian ini menunjukan bahwa *flowrate* (25 L/min) menghasilkan *flowrate vacuum* dan *pressure vacuum* paling besar. Kemudian diameter *exit nozzle* 7 mm menghasilkan *flowrate vacuum* paling besar dan diameter *exit nozzle* 5 mm menghasilkan *pressure vacuum* paling besar.

**Kata kunci:** *Ejector pump, flowrate, exit nozzle, pressure vacuum, flowrate vacuum.*

### ABSTRACT

*Ejector pumps are an instrument commonly used by industries that deal with high-pressure fluid. The objective of ejectors is to obtain a high suction capability in secondary flow (inlet suction flow) The purpose of using ejectors is to obtain a high suction capability in the inlet suction flow (secondary flow). The main components of the ejector include the nozzle, secondary flow/inlet vacuum flow, mixing chamber, and diffuser. Other factors, such as the flow rate and the diameter of the exit nozzle on the primary flow (injection motive fluid), affect the ejector's suction capability during vacuuming/sucking. This research aims to determine the extent to which different sizes or levels in primary flow, such as flowrates of 15 L/min, 20 L/min, and 25 L/min, and exit nozzle diameters of 5 mm, 6 mm, and 7 mm, affected vacuum pressure and vacuum flow rate in the secondary flow. This study was conducted using an ejector pump. The test findings showed that the flow rate (25 L/min) generated the highest vacuum flow rate and pressure. The highest vacuum flow rate was produced by an exit nozzle diameter of 7 mm, and the highest vacuum pressure was generated by an exit nozzle diameter of 5 mm.*

**Keywords:** *Ejector pump, flowrate, exit nozzle, vacuum pressure, vacuum flowrate.*

---

### PENDAHULUAN

*Ejector* adalah satu dari beberapa mesin fluida yang banyak digunakan untuk mendukung proses perindustrian yang membutuhkan fluida dengan tekanan tinggi. Pengertian sederhananya *ejector* yaitu alat yang biasanya digunakan untuk mempercepat dan memperbesar aliran fluida yang rendah menjadi berkecepatan tinggi [1]. Alat atau perangkat ini sering digunakan sebagai *compressor*, *mixer*, pemanas dan pompa [2][3]. *Ejector* yang difungsikan

untuk dijadikan pompa memiliki karakteristik kemampuan hisap (*vacuum*) yang tinggi pada *secondary flow*. Hal tersebut dipengaruhi dari karakteristik dari geometri dari komponen utamanya yaitu ruang pencampur, *diffuser* dan *nozzle* [4]. *Nozzle* memiliki peran bertindak sebagai perubah energi potensial pengubah energi potensial menjadi energi kinetik. *Nozzle* adalah tempat pertama aliran utama melewati dan terjadi ekspansi cepat. Itu juga berfungsi untuk mengubah aliran primer tekanan tinggi kecepatan rendah menjadi aliran tekanan rendah

kecepatan tinggi, biasanya supersonik. Selain itu *nozzle* bertujuan menciptakan turbulensi tertentu dalam jet [5].

Perubahan kecepatan aliran fluida dipengaruhi oleh perbedaan volume pipa venturi yang dapat menimbulkan peningkatan kecepatan aliran fluida yang menghasilkan kemampuan hisap sangat tinggi, alat ini sering digunakan dalam banyak aplikasi peralatan yang membutuhkan atau menggunakan kevakuman [6]. Fungsi utama yang dicari dan dibutuhkan pada alat ini adalah kemampuan hisap yang tinggi pada *secondary flow (inlet suction flow)*. Pada *ejector* terdapat dua aliran masuk (*primary flow* dan *secondary flow*) dan pelepasan. Kedua aliran tersebut memiliki tekanan yang berbeda, aliran utama bertekanan tinggi dan aliran kedua bertekanan rendah. Kedua aliran (*primary flow* dan *secondary flow*) tercampur di dalam perangkat dan dibuang pada tekanan menengah. Dengan demikian, vakum yang diperlukan untuk membuat hisap disediakan oleh *ejector* melalui percepatan aliran primer melalui *nozzle* [7]. Salah satu penggunaan atau pengaplikasian teknologi *ejector*, adalah alat fresh water generator yang sering ditemui didunia maritim dalam merubah air laut menjadi air tawar di atas kapal [8].

Diameter *exit nozzle* dapat memberikan kinerja yang baik, dikarenakan tingkat kevakuman *ejector* pada bagian *mixing chamber* meningkat dan menyebabkan massa pada *secondary flow* juga ikut meningkat dan nilai *entrainment ratio* juga ikut meningkat [9]. *Entrainment ratio* adalah perbandingan laju massa dari fluida sekunder (*secondary flow*) dengan fluida primer (*primary fluid*) yang masuk kedalam *ejector* dengan melalui *nozzle* [10]. Pada penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Khaeroman, yang membahas mengenai pengaruh terhadap variasi diameter *exit nozzle* terhadap lamanya proses *vacuum* dengan analisa numerik dengan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Pada penelitian ini, bagian pada *ejector* yang divariasi hanya pada diameter *exit nozzle* saja. Ukuran diameter *exit nozzle* yang digunakan berukuran 4 mm, 6 mm dan 8 mm. Berdasarkan hasil analisa *ejector* dengan menggunakan CFD, hasilnya perbedaan ukuran dari diameter *exit nozzle* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju aliran massa atau *flowrate* hisap pada sisi sekunder. Dari hasil pengujian tersebut, diameter *exit nozzle* yang berukuran 8 mm menghasilkan nilai laju aliran yang paling tinggi (4.6838048 kg/s) sedangkan dengan diameter *exit nozzle* yang berukuran 6 mm (2.327544 kg/s) [6].

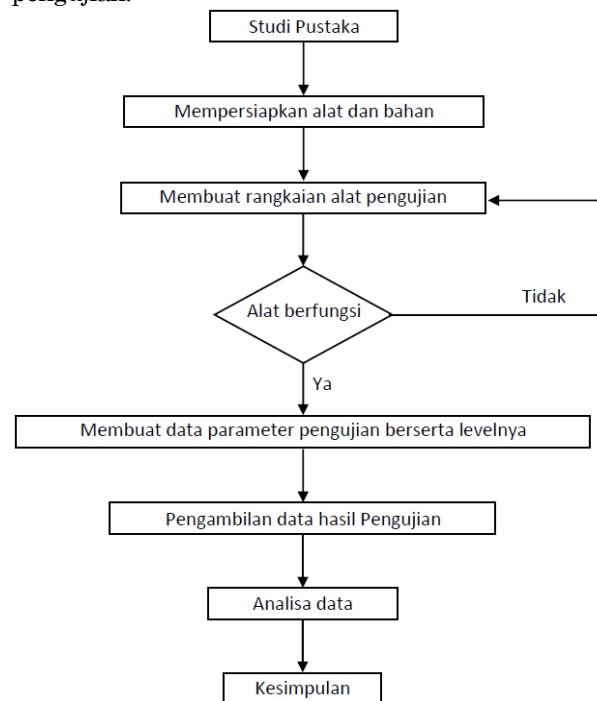
Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mohammad Fahris, penelitian tersebut juga membahas tentang *ejector* yang dianalisa menggunakan CFD. Penulis melihat variasi panjang bagian *throat* terhadap rasio *entrainment* pada *steam ejector* refrigerasi. Penelitian tersebut menemukan bahwa panjang bagian *throat* mempengaruhi kinerja *steam ejector* dan pada titik tertinggi apabila panjang

bagian *throat* empat kali diameternya, yaitu 28.48 mm [11]. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ren, dkk telah menunjukkan analisa optimasi geometri pada *liquid-gas vacuum ejector* [12]. Penelitian oleh Tang, dkk menunjukkan bahwa sistem *ejector vacuum* dapat digunakan untuk mengaktuasi logam cair [13]. Penelitian oleh Mittal, dkk melakukan penelitian lanjutan terkait dengan kondisi transien pada *vacuum ejector* [14]. Penelitian serupa oleh Raju, dkk juga melihat bagaimana karakteristik *vacuum ejector* dari kondisi transien [15].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan menggunakan analisa numerik dengan menggunakan CFD. Penelitian yang dilakukan secara numerik perlu untuk dibuktikan secara langsung. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian secara langsung pada alat *ejector*. Tujuan utama dari berlangsungnya penelitian ini adalah memperoleh seberapa besar pengaruh *flowrate* dan diameter *exit nozzle* terhadap kemampuan *vacuum* pada *ejector pump* Dengan penelitian ini dapat memperoleh besarnya *flowrate* dan diameter *exit nozzle* yang tepat untuk memperoleh kevakuman (*flowrate vacuum* dan *pressure vacuum*) *ejector pump* dengan maksimal.

## METODE

Berikut ini pada gambar 1 merupakan metode penelitian yang digunakan penulis dalam melakukan pengujian.

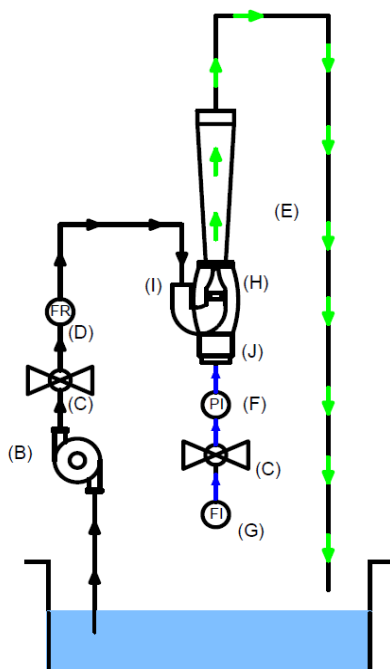


Gambar 1. Metode Penelitian

Setelah mempelajari beberapa materi yang berada pada studi pustaka, langkah selanjutnya yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian ini. Pengujian ini menggunakan *ejector pump* keluaran dari pabrikan Wasser.

Kemudian merangkai alat pengujian sesuai dengan skema pengujian yang berada pada gambar 2. Komponen-komponen dari alat yang digunakan terdapat pada keterangan setelah gambar 2. Cara kerja dari pompa injector adalah air dipompa naik ke atas dari bak penampungan. Setelah itu aliran mengalir ke *ejector pump* yang kemudian akan membuat vakum pada daerah *secondary flow*.

Sesudah alat tersebut dirangkai, langkah selanjutnya mengecek apakah alat tersebut berfungsi dengan baik. Alat dikatakan berfungsi dengan baik, apabila *ejector pump* dapat memvakum, *pressure gauge vacuum* dan *flow meter* pada *secondary flow* dapat membaca atau bekerja dengan baik serta tidak ada kebocoran pada sambungan sambungan pipa. Kemudian membuat data parameter pengujian beserta levelnya, yang nantinya berguna untuk sebagai acuan besarnya level *flowrate input* dan diameter *exit nozzle* yang digunakan dalam penelitian ini, agar dapat memperoleh kemampuan *vacuum ejector*. Kemampuan *ejector* yang dimaksud adalah *pressure vacuum* dan *flowrate vacuum*. Selanjutnya melakukan pengambilan data sesuai dari pembacaan *pressure gauge vacuum* dan *flow meter* pada *secondary flow*. Kemudian langkah terakhir, melakukan analisa data dan mengambil kesimpulan dari penulisan ini.



Gambar 2. Skema Alat Pengujian

Berikut ini adalah keterangan dari gambar 2:

- (A) *Water tank*
- (B) *Water pump*
- (C) *Ball valve*
- (D) *Water flow meter (flow recorder)*
- (E) *Ejector pump*
- (F) *Pressure gauge vacuum (pressure indicator)*
- (G) *Air flow meter (flow indicator)*

- (H) *Nozzle*
- (I) *Input channel (injection motive fluid)*
- (J) *Secondary flow (inlet suction flow)*

Keterangan warna anak panah pada gambar 2:

- = Aliran air bertekanan yang berasal dari *water pump*
- = Aliran udara yang dihisap atau divakum oleh *ejector*
- = Campuran aliran air bertekanan dan udara yang divakum

*Water pump* (pompa air) ini merupakan sumber utama untuk memberikan air bertekanan pada *primary flow (injection motive fluid)* atau aliran utama pada *ejector*. *Water pump* yang digunakan bermerek Shimizu, model PS-135E yang spesifikasinya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Spesifikasi pompa

*Flow meter* gas ini terbuat dari mika berwarna bening dengan spesifikasi 0 – 10 LPM (Liter Per Menit). Bentuk dari *flow meter* tersebut dapat dilihat pada gambar 4. Resolusi dari *flow meter* ini sebesar 1 LPM. *Flow meter* ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar *flowrate vacuum* yang dapat dilakukan *ejector* selama proses pengujian.



Gambar 4. *Flow meter* gas



*Flow meter* air yang digunakan merupakan keluaran dari pabrikan Itron yang memiliki drat *input* maupun *output* sebesar  $\frac{3}{4}$  dim dengan satuan  $m^3$ , dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar tersebut terdapat penanda jarum a dan b, jarum a menunjukkan dalam sekali putaran/rotasi, memperoleh volume air sebanyak 10 liter. Dan jarum b dalam sekali putaran memperoleh volume air sebanyak 1 liter.



Gambar 5. *Flow meter* air

*Pressure gauge vacuum* atau minus ini diperuntukan untuk mengukur seberapa besar tekanan hisap yang mampu dilakukan oleh *ejector pump*. *Pressure gauge vacuum* ini merupakan keluaran dari pabrikan Wipro. Resolusi dari *pressure gauge* ini adalah 0.02 bar. *Pressure gauge vacuum* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 6 memiliki *range* tekanan hisap atau *vacuum* dari 0 bar sampai (-1) bar dengan memiliki drat ulir pada bagian tengah sebesar  $\frac{1}{4}$  dim.



Gambar 6. *Pressure gauge vacuum*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian pengaruh *flowrate* dan diameter *exit nozzle* terhadap kemampuan *vacuum* pada *ejector pump* telah memperoleh hasil berupa *pressure vacuum* dan *flowrate vacuum* pada setiap pengujian. Berdasarkan seluruh pengujian tersebut memperoleh pengaruh dari perbedaan *level* atau ukuran pada besarnya *flowrate* dan diameter *exit nozzle* terhadap *flowrate vacuum* dan *pressure vacuum*. Berikut ini merupakan hasil percobaan pemvakuman.

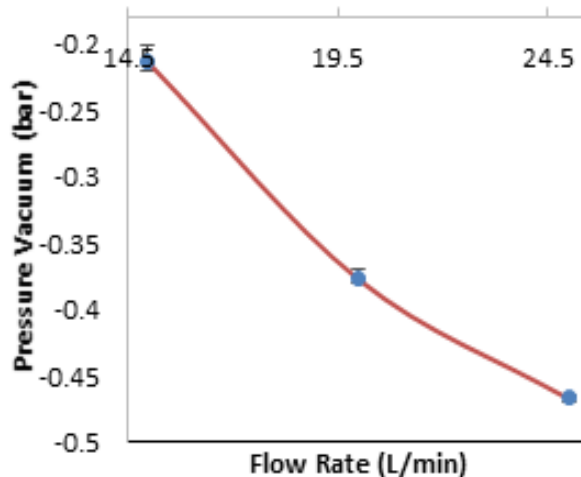
### Pengaruh *Flowrate Input* Terhadap *Pressure Vacuum*

Berikut ini pada tabel 1 merupakan hasil pengujian untuk melihat besarnya pengaruh dari *flowrate input* terhadap *pressure vacuum*. Pada pengujian ini menggunakan besar diameter *exit nozzle* yang sama yaitu 7 mm.

Tabel 1. Pengaruh *flowrate input* terhadap *pressure vacuum*

<i>Flowrate</i> (L/min)	<i>Pressure Vacuum</i> (bar)			Rata-rata (bar)
15	-0.22	-0.22	-0.2	-0.2133
20	-0.38	-0.38	-0.37	-0.3767
25	-0.47	-0.46	-0.47	-0.4667

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa *flowrate input* yang paling besar (25 L/min) menghasilkan *pressure vacuum* yang paling besar yaitu, -0.4667 bar. Kemudian dilanjutkan dengan gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengaruh *Flowrate Input* Terhadap *Pressure Vacuum*

Dari gambar grafik pada gambar 7, dapat diketahui bahwa semakin besar *flowrate* air yang masuk pada *primary flow* maka *pressure vacuum* pada *secondary flow* juga semakin besar, sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya *pressure vacuum* akan mengikuti atau berbanding lurus dengan besarnya *flowrate* yang mengalir pada *primary flow*.

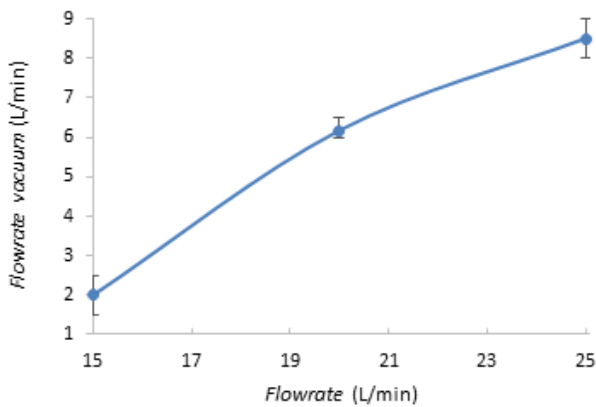
### Pengaruh *Flowrate Input* Terhadap *Flowrate Vacuum*

Berikut ini pada tabel 2 merupakan hasil pengujian untuk melihat besarnya pengaruh dari *flowrate input* terhadap *flowrate vacuum*. Pada pengujian ini menggunakan besar diameter *exit nozzle* yang sama yaitu 7 mm.

**Tabel 2.** Pengaruh *flowrate input* terhadap *flowrate vacuum*

<i>Flowrate (L/min)</i>	<i>Flowrate Vacuum (L/min)</i>			<i>Rata-rata (L/min)</i>
15	2.5	2	1.5	2.00
20	6	6.5	6	6.17
25	8.5	8	9	8.50

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa *flowrate input* yang paling besar (25 L/min) menghasilkan *flowrate vacuum* yang paling besar yaitu, 8.50 L/min. Kemudian dilanjutkan dengan gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Pengaruh *Flowrate Input* Terhadap *Flowrate Vacuum*

Dari gambar grafik pada gambar 8, dapat diketahui bahwa semakin besar *flowrate* air yang masuk *primary flow* maka *pressure vacuum* pada *secondary flow* juga semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya *flowrate vacuum* akan mengikuti atau berbanding lurus dengan besarnya *flowrate* yang mengalir pada *primary flow*.

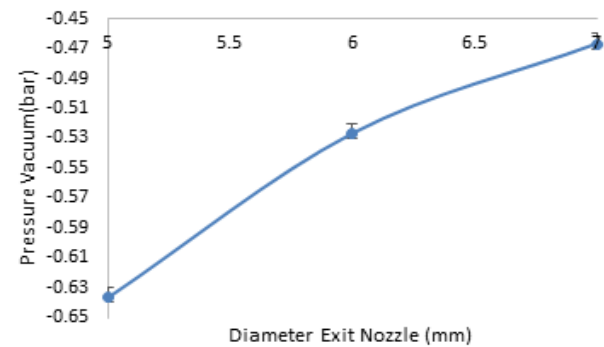
### Pengaruh Diemater *Exit Nozzle* Terhadap *Pressure Vacuum*

Berikut ini pada tabel 3 merupakan hasil pengujian untuk melihat besarnya pengaruh dari diameter *exit nozzle* terhadap *pressure vacuum*. Dengan *flowrate water input* pada *secondary flow*, *constant* sebesar 25 L/min.

**Tabel 3.** Pengaruh diameter *exit nozzle* terhadap *pressure vacuum*

<i>Diameter Exit Nozzle (mm)</i>	<i>Pressure Vacuum (bar)</i>			<i>Rata-rata (bar)</i>
5	-0.64	-0.64	-0.63	-0.6367
6	-0.53	-0.53	-0.52	-0.5267
7	-0.47	-0.46	-0.47	-0.4667

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa diameter *exit nozzle* yang paling kecil (5 mm) menghasilkan *pressure vacuum* yang paling besar yaitu, -0.6367 bar. Kemudian dilanjutkan dengan gambar 9.



**Gambar 9.** Grafik Pengaruh Diameter *Exit Nozzle* Terhadap *Pressure Vacuum*

Dari gambar grafik pada gambar 9, dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter *exit nozzle* yang diaplikasikan pada *ejector* maka *pressure vacuum* pada *secondary flow* juga semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya *pressure vacuum* bertolak belakang atau berbanding terbalik dengan diameter *exit nozzle* pada *ejector*.

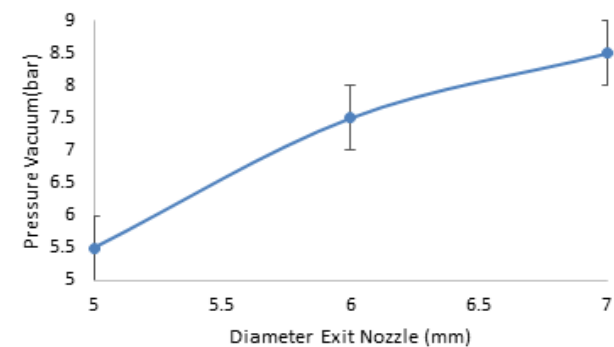
### Pengaruh Diemater *Exit Nozzle* Terhadap *Flowrate Vacuum*

Kemudian Berikut ini pada tabel 4 merupakan hasil pengujian untuk melihat besarnya pengaruh dari diameter *exit nozzle* terhadap *flowrate vacuum*. Dengan *flowrate water input* pada *secondary flow*, *constant* sebesar 25 L/min.

**Tabel 4.** Pengaruh diameter *exit nozzle* terhadap *flowrate vacuum*

<i>Diameter Exit Nozzle (mm)</i>	<i>Flowrate Vacuum (L/min)</i>			<i>Rata-rata (L/min)</i>
5	5.5	5	6	5.50
6	7	8	7.5	7.50
7	8.5	8	9	8.50

Dari tabel 4 dapat diketahui bahwa diameter *exit nozzle* yang paling besar (7 mm) menghasilkan *flowrate vacuum* yang paling besar yaitu, 8.50 L/min. Kemudian dilanjutkan dengan gambar grafik 10.



**Gambar 10.** Grafik Pengaruh Diameter *Exit Nozzle* Terhadap *Flowrate Vacuum*

Dari gambar grafik pada gambar 10, dapat diketahui bahwa semakin besar diameter *exit nozzle* yang diaplikasikan pada *ejector* maka *flowrate vacuum* pada *secondary flow* juga semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya *flowrate vacuum* akan mengikuti atau berbanding lurus dengan besarnya diameter *exit nozzle* yang di aplikasikan pada *ejector*.

### KESIMPULAN

Setelah penulis melakukan pengujian dan analisa data dari *ejector pump*, penulis menemukan beberapa kesimpulan yaitu: (1) Pengaruh dari *flowrate input* adalah, semakin besar *flowrate input* yang masuk ke dalam *primary flow ejector*, maka *pressure vacuum* dan *flowrate vacuum* juga semakin besar; (2) Pengaruh dari diameter *exit nozzle* adalah, semakin besar diameter *exit nozzle*, *flowrate vacuum* semakin besar dan semakin kecil diameter *exit nozzle* maka *pressure vacuum* semakin besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra, V. V, and Ahmed, M. R, 2014, Experimental and computational studies on a steam jet refrigeration system with constant area and variable area ejectors, *Energy Conversion and Management*. vol. 79, pp. 377–386.
- [2] Chen, J., Li, Y., Chen, W., Luo, X., Chen, Y., Yang, Z. and Eames, I. W, 2018, Investigation of the ejector nozzle in refrigeration system. *Energy*. vol. 157, pp. 571-587.
- [3] Direk, M., Iskan, U., Ugudur, B., and Kahraman, M. C., 2023, Experimental performance analysis of ejector heat pump water heater under transient conditions. *Science and Technology for the Built Environment*. vol. 29(5), pp. 523-532.
- [4] Fahris, 2010, Analisa variasi panjang throat section terhadap entrainment ratio pada steam ejector refrigerasi dengan menggunakan cfd. *Jurnal Teknik Unisfat*. vol. 5(2), pp. 80-87.
- [5] Reis, L. B., and dos Santos Gioria, R, 2021, Optimization of liquid jet ejector geometry and its impact on flow fields. *Applied Thermal Engineering*. vol. 194(117132), pp. 1-14.
- [6] Fikran, S., Abdi, C. S., and Ridwan, E, 2017, Analisa pengaruh kinerja steam jet ejector terhadap kevakuman kondensor. *Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. pp. 579-585.
- [7] Khaeroman., Putranto, W. A., Susanto., Wiguna, R.A., and Nugroho, A., 2021, Variasi diameter nozzle terhadap lamanya proses vakum pada fresh water generator di laboratorium polimarin. *Jurnal Maritim Polimarin*. vol. 7(1), pp. 1-6.
- [8] Mustain, I., and Rahmanto, H., 2019, Studi Kinerja Fresh Water Generator Di Kapal AHTS PETEKA 5401. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*. vol. 1(2), pp. 7-12.
- [9] Lu, W. and Chen, H., 2018. Design of cylindrical mixing chamber ejector according to performance analyses. *Elsevier*. vol. 164, pp. 594-601.
- [10] Mustain, I., and Rahmanto, H., 2019. Studi Kinerja Fresh Water Generator Di Kapal AHTS PETEKA 5401. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*. vol. 1(2), pp. 7-12.
- [11] Putranto, W. A., and Hamid, A., 2022, Pengaruh Variasi Tekanan Primary Flow dan Diameter Exit Nozzle Terhadap Secondary Flow Pada Kinerja Ejector Fresh Water Generator. *Majalah Ilmiah Momentum*. vol. 18(1), pp. 12-18.
- [12] Ren, J., Miao, C., Wu, Y., Li, Q., Xu, J., and Zhang, L., 2022, Geometry dimension optimization of a liquid–gas vacuum ejector for MED-TVC system. *Applied Thermal Engineering*. vol. 214.
- [13] Tang, J., Zhou, Y., Liu, J., Wang, J., and Zhu, W., 2015, Liquid metal actuated ejector vacuum system. *Applied Physics Letters*. vol 106(3).
- [14] Mittal, A., Rajesh, G., Lijo, V., and Kim, H. D., 2014, Starting Transients in Vacuum Ejector-Diffuser System. *Journal of Propulsion and Power*. vol. 30(5).
- [15] Raju, M., Desikan, S. L. N., and Vaidyanathan A., 2022, Transient characteristics of a typical vacuum ejector—An experimental study. *Physics of Fluids*. Vol. 34(9).