

## STUDI EKSPERIMEN HUBUNGAN *MOTIVE FLOW* TERHADAP PROFIL TEKANAN PADA *LIQUID-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

email : daruengineering@gmail.com

### ABSTRAK

*Liquid gas ejector* adalah sebuah *ejector* yang menggunakan cairan sebagai *motive fluid* dan gas sebagai *entrained fluid*. Sistem ini bekerja berdasarkan transfer momentum antara *motive flow* dengan *entrained flow*. Proses transfer momentum terjadi pada daerah *mixing section*. Interaksi pada daerah *mixing section* mengakibatkan terjadinya fenomena transfer momentum pada ruang terbatas. Fenomena dapat diamati dengan melakukan pengukuran tekanan pada daerah tersebut. Data tekanan pada daerah tersebut disusun dalam bentuk profil tekanan yang menggambarkan distribusi tekanan. Penelitian ini bertujuan menemukan korelasi antara energi pembangkit yaitu *motive flow* terhadap bentuk profil tekanan yang dihasilkan dengan beberapa variasi *entrained flow*.

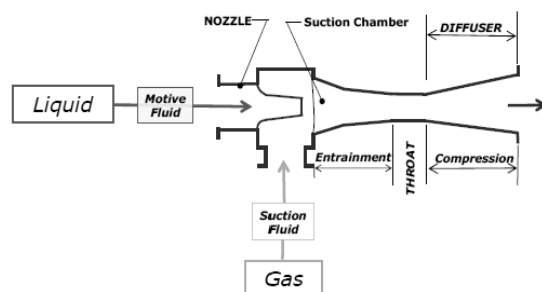
Eksperimen dilakukan dengan melakukan variasi debit *motive flow* 24 GPM, 32 GPM, 30 GPM dan 32 GPM untuk variasi debit *entrained flow* 20 scfh, 30 scfh, 40 scfh, 80 scfh. Pengukuran dilakukan sepanjang daerah dimana *motive flow* dan *entrained flow* berinteraksi, yaitu sepanjang *throat* dan *diffuser*. Data tekanan statis yang diperoleh dari pembacaan disusu dalam bentuk profil tekanan untuk masing-masing debit *entrained flow* dengan variasi debit *motive flow*.

Hasil pengujian menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara debit *motive flow* terhadap bentuk profil tekanan. Informasi yang diperoleh dari profil tekanan antara lain tekanan minimum, posisi awal *pressure jump*, gradien tekanan. Kenaikan debit *motive flow* memperlihatkan pengaruhnya terhadap penurunan tekanan, peningkatan gradien tekanan, sedangkan untuk perubahan posisi awal *pressure jump* tidak signifikan dibandingkan dengan perubahan debit *entrained flow*.

Kata kunci : *Liquid-gas ejector*, profil tekanan, *motive flow*, *entrained flow*, transfer momentum

### PENDAHULUAN

Sistem *liquid-gas ejector* terdiri dari komponen *nozzle*, *suction chamber*, *throat*, dan *diffuser* (Gambar 1). *Nozzle* berfungsi sebagai pengubah head tekanan menjadi head kecepatan untuk *motive flow*, sehingga pada *outlet nozzle* terbentuk jet. *Suction chamber* adalah daerah dimana awal dari jet berinteraksi dengan *entrained fluid*. *Throat* digunakan untuk membatasi berkembangnya jet. *Diffuser* berfungsi untuk menurunkan gradien tekanan antara tekanan discard dan outlet throat.



Gambar 1. Skema *liquid-gas ejector*

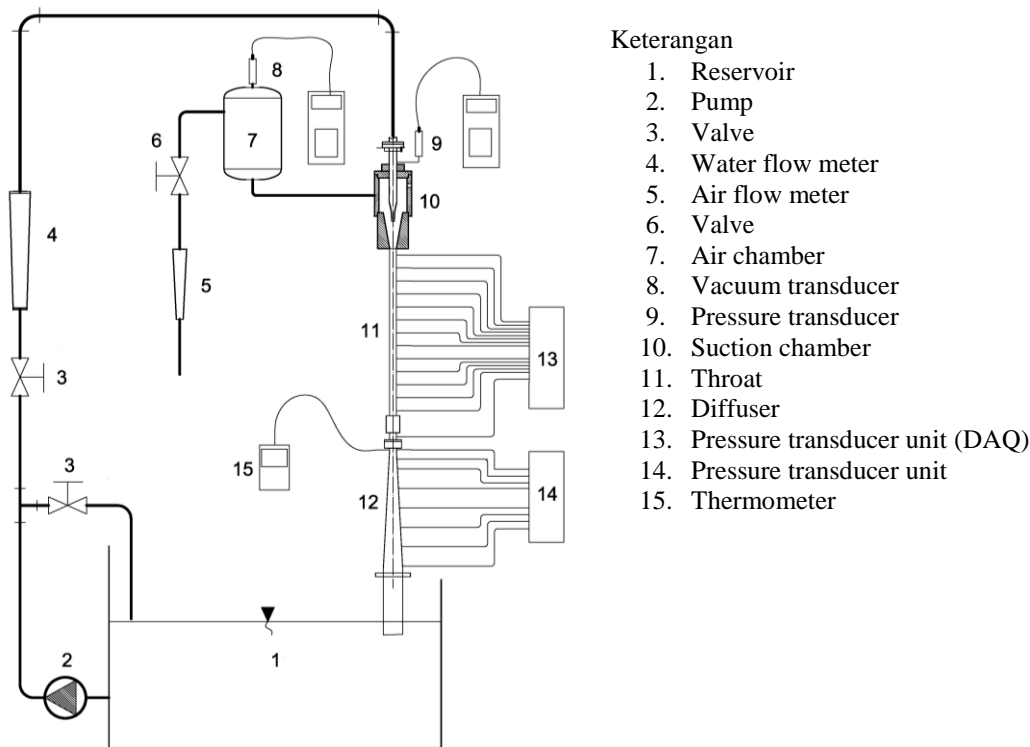
*Ejector* merupakan sistem yang bekerja berdasarkan transfer momentum. Transfer momentum berlangsung pada daerah *mixing section*, yang terdiri dari *suction chamber* dan *throat*. Transfer momentum terjadi antara *motive flow* dengan *entrained*

*flow*. *Motive flow* yang keluar dari *nozzle* berkecepatan tinggi memancar membentuk jet pada *suction chamber* menyebabkan terjadinya induksi *entrained flow*. *Entrained flow* dan *motive flow* bergerak bersama. Proses transfer momentum terjadi pada daerah ini dan kedua fluida bergerak menuju *throat*. Jet akan mengalami peningkatan diameter akibat adanya instabilitas permukaan jet dan ada bagian *entrained flow* masuk kedalam *body jet*. Berkembangnya diameter jet dibatasi oleh diameter *throat*, sehingga proses interaksi menjadi lebih kompleks.

Interaksi antara *motive flow*, *entrained flow* dan dinding *throat* mengakibatkan terjadinya fenomena kenaikan tekanan dan perubahan pola aliran. Kenaikan tekanan ini berdasarkan Witte (1969) disebabkan adanya *mixing shock* sebagai akibat perubahan kecepatan aliran dari supersonik menjadi subsonik. Pada aliran yang lebih rendah kenaikan tekanan sebagai akibat dari plugging jet yang menciptakan sirkulasi aliran diantara jet dan dinding *throat* (Evan, 1996).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan instalasi diperlihatkan pada Gambar 2


**Keterangan**

1. Reservoir
2. Pump
3. Valve
4. Water flow meter
5. Air flow meter
6. Valve
7. Air chamber
8. Vacuum transducer
9. Pressure transducer
10. Suction chamber
11. Throat
12. Diffuser
13. Pressure transducer unit (DAQ)
14. Pressure transducer unit
15. Thermometer

Gambar 2. Instalasi Penelitian

Air sebagai *motive fluid* disirkulasikan dengan menggunakan pompa (2). Pengaturan debit aliran menggunakan katub (3), debit aliran diukur dengan flow meter (4). Tekanan statis *motive flow* diukur dengan *pressure meter* merk LUTRON™ (9). Udara digunakan sebagai *entrained fluid*. Debit aliran diatur melalui katub (6) dan debitnya diukur dengan flow meter (5). Tekanan *entrained flow* diukur dengan *vacuum meter* LUTRON™ (8). Pengukuran tekanan statis pada *throat* dan *diffuser* digunakan data akuisisi (13) dan (14) dengan 20 titik pengukuran.

Proses pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan debit *motive flow* untuk debit *entrained flow* dijaga tetap. Pengujian dilakukan untuk debit *motive flow* 24 GPM, 26 GPM, 28 GPM, 30 GPM. Untuk masing-masing perubahan debit *motive flow* tersebut diperlakukan pada debit *entrained flow* 20 scfh, 30 scfh, 40 scfh dan 80 scfh.

**DATA DAN PEMBAHASAN**

Berturut-turut Gambar 3 hingga Gambar 6 memperlihatkan profil tekanan pada debit *entrained flow* 20 scfh, 30 scfh, 40 scfh, 80 scfh untuk variasi debit *motive flow* 24 GPM, 26 GPM, 28 GPM, 30 GPM.

Pada Gambar 3 memperlihatkan pengaruh debit *motive flow* pada debit *entrained flow* 20 scfh. Pada Gambar ini tampak bahwa perubahan *motive flow* dari 24 GPM hingga 32 GPM menunjukkan

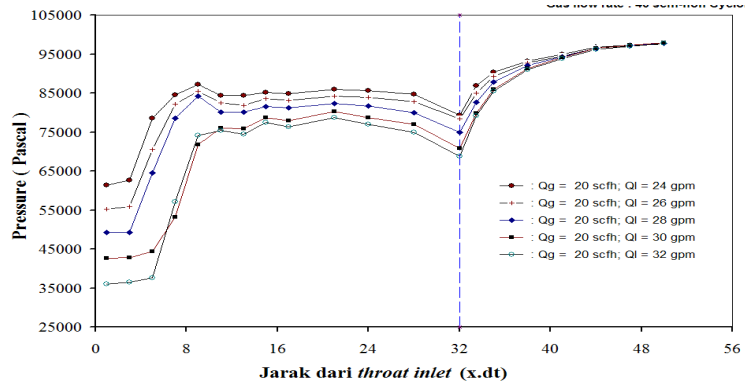
adanya korelasi dengan penurunan tekanan pada *inlet throat*, gradien tekanan, dan posisi awal kenaikan tekanan. Perubahan tekanan pada *inlet throat* disebabkan oleh menurunnya tekanan pada *suction chamber*. Penurunan tekanan pada *suction chamber* ini disebabkan oleh peningkatan kecepatan jet yang keluar dari outlet *nozzle*. Gradien tekanan tidak tampak perbedaan yang signifikan. Posisi awal kenaikan tekanan tampak menjauh dari *inlet throat* untuk debit *motive* yang lebih besar.

Pada Gambar 4 memperlihatkan adanya pengaruh perubahan debit *motive flow* untuk debit *entrained flow* dijaga pada 30 scfh. Tampak ada kemiripan profil tekanan dengan Gambar 3, meskipun kemiripan profil tekanan namun ada beberapa perbedaan yaitu: tekanan terendah yang dicapai, gradien tekanan, posisi awal kenaikan tekanan. Secara keseluruhan tekanan terendah yang mampu dicapai untuk debit *motive flow* 32 GPM lebih tinggi dibandingkan dengan debit *entrained* 20 scfh. Demikian juga untuk gradien tekanan tampak lebih rendah dan posisi awal kenaikan tekanan lebih menjauhi *inlet throat* dibandingkan dengan debit 20 scfh.

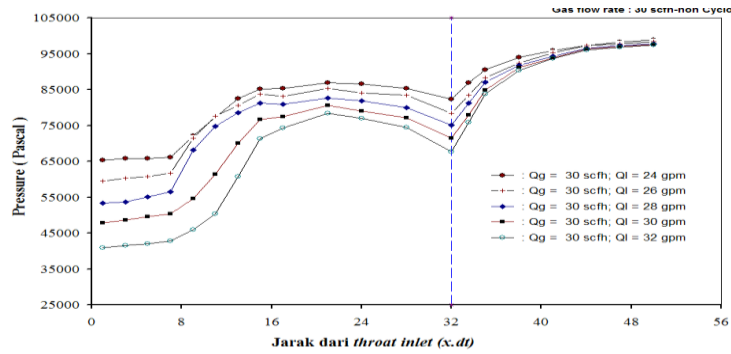
Pada Gambar 5, diperlihatkan profil tekanan untuk debit *entrained flow* 40 scfh dengan variasi debit *motive flow* 24 GPM, 26 GPM, 28 GPM, 30 GPM, 32 GPM. Pola profil tekanan yang dibentuk dari tekanan statis sepanjang *throat* menunjukkan kesamaan dengan pola yang dibentuk oleh debit

*entrained flow* 20 scfh, 30 scfh dan 80 scfh. Meskipun ada kemiripan pola namun untuk gradien

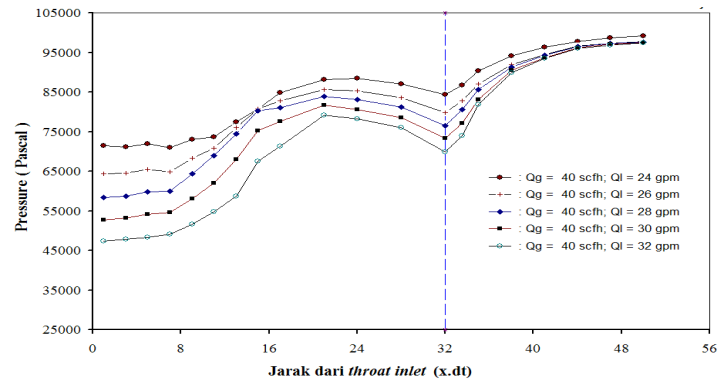
tekanan, tekanan minimum dan posisi awal kenaikan tekanan tidak sama.



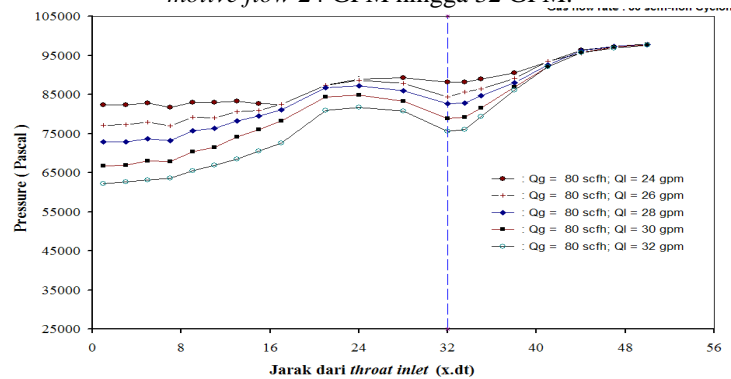
Gambar 3. Profil tekanan akibat variasi laju *entrained flow* 20 scfh pada laju *motive flow* 24 GPM hingga 32 GPM.



Gambar 4. Profil tekanan akibat variasi laju *entrined flow* 30 scfh pada laju *motive flow* 24 GPM hingga 32 GPM



Gambar 5. Profil tekanan akibat variasi laju *entrined flow* 40 scfh pada laju *motive flow* 24 GPM hingga 32 GPM.



Gambar 6. Profil tekanan akibat variasi laju *entrained flow* 80 scfh pada laju *motive flow* 24 GPM hingga 32 GPM.

Secara keseluruhan pengaruh perubahan debit *motive flow* untuk berbagai variasi debit *entrained flow* memberikan pola profil tekanan yang identik. Perbedaan yang tampak adalah besarnya gradien tekanan, tekanan minimum, posisi awal kenaikan tekanan. Peningkatan debit *motive flow* pada seluruh variasi debit *entrained flow* memperlihatkan penurunan tekanan *inlet throat*, peningkatan gradien tekanan, posisi awal kenaikan tekanan mendekati *inlet throat*.

Perubahan tekanan *inlet throat* merupakan efek yang diakibatkan oleh ekspansi jet pada *suction chamber*. Tekanan pada *suction chamber* mempunyai korelasi dengan kecepatan jetnya. Kecepatan jet meningkat menghasilkan tekanan yang semakin rendah, demikian untuk sebaliknya. Demikian juga untuk gradien tekanan yang dihasilkan. Gradien tekanan yang tinggi dihasilkan oleh kecepatan jet yang tinggi, demikian untuk sebaliknya.

Pada debit *motive flow* dijaga tidak berubah dan debit *entrained flow* diperbesar maka posisi awal kenaikan tekanan menjauhi *inlet throat*, demikian berlaku sebaliknya jika debit *entrained flow* diperkecil. Pada akhirnya jika debit *entrained flow* sama dengan nol maka posisi kenaikan tekanan atau *pressure jump* ini melampaui *inlet throat*, maka terjadinya fenomena *floody* pada *suction chamber* dan proses *entrainment* menjadi terhenti (Cunningham, 1974; Neve, 1988; Neve, 1991; Cunningham, 1995;). Berdasarkan data tersebut maka debit minimum untuk *entrained flow* dicapai pada posisi awal *pressure jump* terdekat dengan *inlet throat*.

Fenomena ini oleh Evan G.M., dkk (1996) dinyatakan sebagai fenomena *gas entrainment* pada *confined jet*. Pada fenomena tersebut debit *entrained flow* berkorelasi dengan panjang lintasan jet bebas sebelum proses *plunging jet* terjadi. Semakin panjang lintasan jet bebas, semakin besar debit *entrained flow* mampu terinduksi

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pengolahan data, pengaruh debit *motive flow* terhadap profil tekanan pada *liquid-gas ejector* adalah:

1. Profil tekanan merupakan informasi yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik kinerja *ejector* dari terutama untuk mengetahui maksimum dan minimum debit *entrained flow*.
2. Debit *motive flow* berpengaruh signifikan terhadap gradien tekanan pada proses *mixing* yang terjadi pada *throat*.
3. Posisi awal kenaikan tekanan atau awal *pressure jump* lebih dominan disebabkan debit *entrained flow* dibandingkan dengan debit *motive flow*

## DAFTAR PUSTAKA

- Cunningham R.G, 1974, Jet Breakup and Mixing Throat Lengths for the Liquid Jet Gas Pump, ASME Journal Fluids Engineering. Vol.96, 216-227
- Cunningham R. G., 1995, Liquid Jet Pump for two Phase Flows, ASME Journal Fluids Engineering, 117, 309-316.
- Evans, G. M., Jameson, G. J. & Rielly, C. D, 1996, Free jet expansion and gas entrainment characteristics of a plunging liquid jet. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 12, 142-149
- Neve, R. S., 1988, The performance and modeling of liquid jet gas pumps. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 9, 156-164.
- Neve, R. S., 1991, Diffuser Performance in Two-Phase Jet Pumps. *International Journal of Multiphase Flow*, 17, 267-272
- Witte, J.H., 1969, Mixing shocks in Two Phase Flow, *J.Fluid.Mech.*, 36, 639-655