

PENGARUH SPASI NOSEL TERHADAP UNJUK KERJA EJEKTOR POMPA JET

Nurmuntaha Agung Nugraha, Marwan Effendy, Ade Faris Robbany

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

ABSTRAK

Masalah yang sering muncul bagi daerah yang sumurnya dalam adalah cara mengangkat air dari sumur. Pada sisi lain kinerja pompa dibatasi oleh tinggi tekan (head) untuk daya tertentu. Dari permasalahan ini akhirnya dikembangkan pompa jet atau sering dikenal “jet pump”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik ejektor jet pump dengan melakukan variasi terhadap spasi nosel untuk memperoleh nilai spasi nosel yang optimal dari kinerja ejektor.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sistem instalasi perpipaan yang dihubungkan dengan ejektor yang dirancang sesuai dengan cara kerja pompa jet, untuk fluida kerja yang digunakan adalah air. Spasi nosel yang divariasikan masing – masing 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 mm. Data yang didapat merupakan hasil dari pengukuran debit aliran keluar ejektor (Q_3) dan tekanan pada aliran primer masuk ejektor (P_1), tekanan sekunder (P_2), dan tekanan keluar ejektor (P_3), dan kemudian digunakan untuk menghitung kinerja dari ejektor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spasi nosel yang menghasilkan efisiensi yang optimal adalah antara 5 – 10 mm, sedangkan penurunan efisiensi terjadi seiring dengan bertambahnya nilai spasi nosel.

Kata-kata kunci: pompa jet, ejektor, spasi nosel, efisiensi

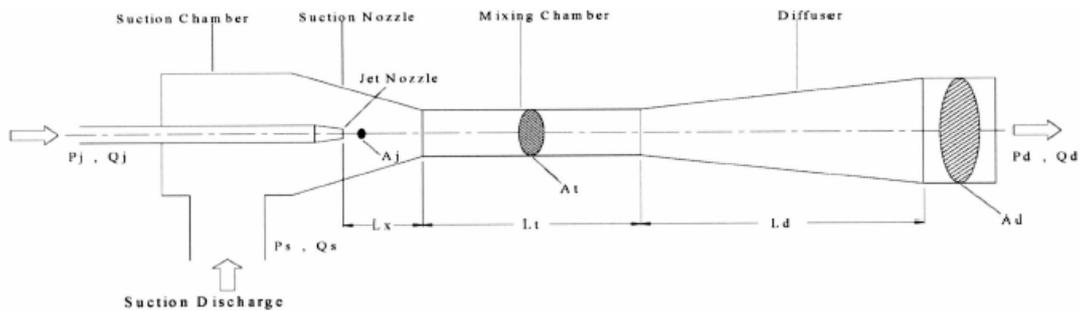
PENDAHULUAN

Dalam kehidupan, air memegang peranan yang sangat penting. Air selain untuk keperluan minum, mandi juga dimanfaatkan untuk irigasi. Bagi daerah yang belum terjangkau jaringan PDAM, air diperoleh dengan cara menimba atau memompa air dengan membuat sumur. Lubang sumur terkadang dapat mencapai kedalaman lebih dari 10 meter untuk mendapatkan sumber air yang mencukupi, lebih – lebih saat musim kemarau di mana sumber mata air dari sumur mengalami penurunan atau air menjadi dalam bila dibandingkan dengan musim penghujan. Problem yang muncul bagi lokasi yang sumurnya dalam adalah cara mengangkat air dari sumur. Kinerja

pompa dibatasi oleh head untuk daya tertentu. Dari kasus ini akhirnya dikembangkan pompa jet atau sering dikenal “jet pump”.

Pompa jet adalah pompa yang mempunyai prinsip kerja dimana sebagian debit pompa yang keluar dikembalikan ke saluran isap. Konstruksi seperti ini dibuat untuk mengangkat fluida pada saluran isap dengan mempergunakan ejektor, sehingga head isap meningkat. Pada pompa jet terdapat empat bagian utama yang mempengaruhi unjuk kerja ejektor yakni: nosel, spasi nosel, *throat*, dan difuser.

Pompa jet merupakan suatu pompa non positif *displacement* dengan efek khusus yang dapat digunakan untuk memindahkan suatu fluida



Gambar 1. Bagian Ejektor

dengan memanfaatkan kevakuman nosel, kevakuman tersebut dapat dicapai karena adanya fluida penggerak yang mengalir pada nosel.

Dengan menggunakan pompa jet, pemindahan fluida tidak hanya dalam satu fase saja, tetapi mampu memindahkan fluida dalam dua fase dengan memanfaatkan kevakuman yang terjadi. Kevakuman itu sendiri dapat terjadi karena adanya *motive fluid* yang melewati *vacuum chamber*. Namun demikian inovasi maupun penelitian tetap harus dilakukan terus-menerus mengingat efisiensi pompa ini masih relatif kecil.

Untuk mengetahui lebih lanjut tentang karakteristik dari pompa jet maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi spasi nosel terhadap kinerja pompa jet. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan spasi nosel dengan nilai 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 mm.

TINJAUAN PUSTAKA

Aspek penting yang mempengaruhi efisiensi *jet pump* yaitu rasio luas penampang nosel dan throat (R), angka Reynolds, spasi nosel, rasio panjang dan diameter throat (Stepanoff, 1957).

Irsyad (2002), yang meneliti penggunaan nosel bersudut 15° dan 30° . Ejektor yang digunakan memiliki saluran pengarah dengan rasio (L/d_n) 0, 1.67, 2.33 dan rasio spasi nosel (S/d_n) masing – masing 0.83, 1.67, 2.5, 3.33 dan 4.17. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja ejektor terbaik pada rasio panjang saluran pengarah 1.67, sedangkan rasio spasi nosel akan optimal pada rasio 0.83 ~ 1.67.

Winoto (2000), optimisasi tentang efisiensi *jet pump* dilakukan dengan penelitian yang memvariasikan rasio luas penampang nosel dan throat (R) serta bentuk penampang nosel (lingkaran, bujur sangkar, dan segi tiga). Hasil yang didapatkan adalah efisiensi terbesar yang didapatkan adalah $R = 0.3$ untuk bentuk penampang lingkaran.

Aji (2003), dalam penelitiannya, menguji tiga buah nosel yang berbeda dan dari eksperimen itu dihasilkan suatu kondisi yang maksimal di mana tercapai efisiensi tertinggi (10,72 %) yaitu pada penggunaan nosel dengan diameter 0.013 – 0.004 m dan panjang nosel 0.04 m.

Indarto (2004), dalam penelitiannya menggunakan pompa dengan debit 16.8 L/min dengan menitikberatkan variasi nosel 4 mm, 6 mm, 8 mm dengan menggunakan variasi debit *motive fluid* yang berbeda pula. Hasil dari eksperimen yang dilakukan terjadi banyak variasi tekanan *suction* di mana tekanan *suction* maksimal sebesar 102605,45 Pa didapat dengan menggunakan diameter ujung nosel 0.008 m pada *bypass motive fluid* sebesar 30 %.

Kurniawan (2004), percobaan dilakukan menggunakan debit pompa 16,8 L/min dengan menitikberatkan pada variasi *bypass motive fluid* sebesar 30%, 50% dan 60% dan menggunakan variasi diameter nosel yang berbeda pula, dengan adanya nosel didapatkan peningkatan tekanan isap jika dibandingkan tanpa menggunakan nosel. Dari eksperimen yang dilakukan diperoleh banyak variasi tekanan *suction* dimana tekanan *suction* maksimal sebesar 102605, 45 Pa didapat dengan menggunakan diameter ujung nosel 0,008 m pada *bypass motive fluid* sebesar 30%.

DASAR TEORI

Prinsip Kerja Pompa Jet

Pada ejektor, fluida dialirkan melalui nosel dimana arus mengecil karena perubahan penampang nosel, difuser yang membesar secara perlahan ditempatkan didekat mulut nosel dalam ruang isap, karena kecepatan arus yang meninggalkan mulut nosel bertambah besar maka tekanan dalam arus akan turun, demikian pula didalam ruang isap. Pada difuser kecepatan berkurang sehingga tekanan naik kira-kira mendekati tekanan atmosfer (apabila fluida dibuang menuju atmosfer). Akibat kejadian tersebut maka tekanan dalam ruang isap juga menurun dibawah tekanan atmosfer, istilahnya terbentuk sedikit vakum yang menyebabkan zat cair dari bejana bawah tersedot naik kedalam ruang isap dan terjebak oleh arus fluida yang menyemprot dari mulut nosel.

Karakteristik Pompa Jet

Untuk mengetahui karakteristik dari pompa jet dapat ditentukan dengan persamaan-persamaan dibawah ini :

Nilai *head ratio* (M)

$$M = \frac{Q_2}{Q_1} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai *capacity Ratio* (N)

$$N = \frac{P_3 - P_2}{P_1 - P_3} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai efisiensi pompa jet (η)

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot \left(\frac{P_3 - P_2}{P_1 - P_3} \right) = M \cdot N \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- Q_1 : Debit aliran primer (m^3/s)
- Q_2 : Debit aliran sekunder (m^3/s)
- P_1 : Tekanan aliran primer (kPa)
- P_2 : Tekanan aliran sekunder (kPa)
- P_3 : Tekanan aliran keluar ejektor (kPa)

METODE PENELITIAN

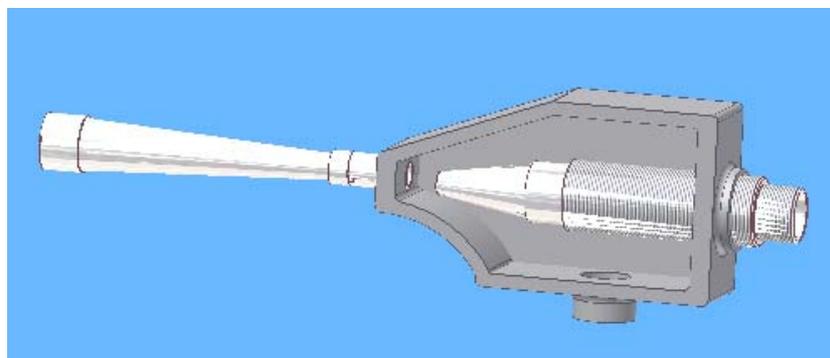
Rancangan penelitian

Dalam pemilihan pompa dengan berbagai macam jenis fluida kerja, efisiensi merupakan pertimbangan tersendiri dalam pemilihan. Khususnya pompa jet untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan dengan memvariasikan spasi nosel. Untuk membuktikan bahwa spasi nosel dapat mempengaruhi efisiensi maka dibuatlah ejektor yang dapat diubah – ubah nilai spasi noselnya dengan menganut prinsip kerja dari pompa jet. Adapun untuk meningkatkan efisiensi dalam penelitian ini akan divariasikan spasi nosel pada jarak 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 mm dengan mengabaikan komponen ejektor yang lain.

Bahan dan Alat

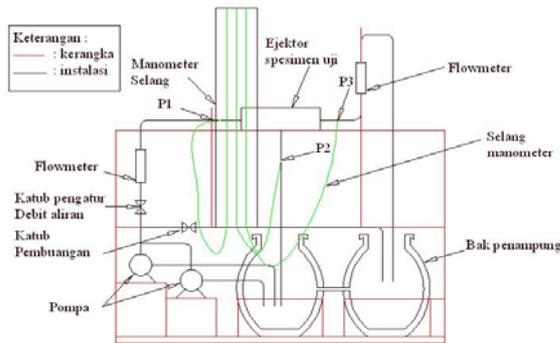
Spesimen uji

Komponen dari ejektor yang terdiri *vacuum chamber*, *throat*, nosel, dan difuser,



Gambar 2. komponen spesimen uji dan penunjukan spasi nosel

sebagian besar di kerjakan dengan proses permesinan, tetapi pada komponen tertentu seperti nosel dengan penampang persegi dikerjakan dengan proses pengecoran. Sedangkan bahan yang digunakan untuk ejektor adalah aluminium.



Gambar 2. komponen spesimen uji dan penunjukan spasi nosel

Instalasi Penelitian

Instalasi yang di gunakan dalam penelitian ini adalah instalasi sistem perpipaan yang di hubungkan dengan spesimen uji atau ejektor. Jenis fluida yang di pilih adalah air dengan suhu antara 26 – 36,5°C yang dialirkan kedalam instalasi dengan menggunakan pompa. Adapun model dari instalasi yang di gunakan dalam penelitian ini dapat di lihat pada gambar 3.

Pada instalasi diatas pompa diletakkan pada posisi bawah pompa diikat dengan baut pada dudukan, diantara pompa dan dudukan diberi peredam yang bisa dibuat dari karet atau sejenisnya. Pada pipa sebelum masuk ke ejektor di beri dua buah katub pada jalur yang berbeda, hal ini bertujuan untuk katup pertama digunakan mengatur debit aliran fluida yang akan melewati ejektor. Sedangkan katup ke dua digunakan untuk membuang fluida yang berada di instalasi setelah instalasi tersebut dioperasikan.

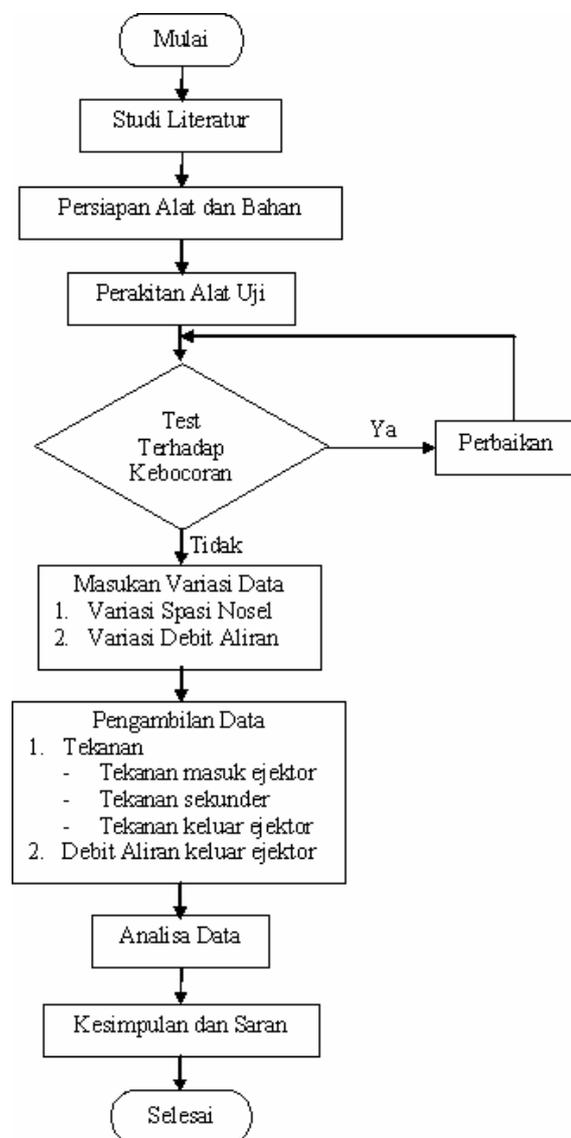
Pengukuran debit aliran menggunakan dua buah rotameter yang dipasang pada sisi masuk ejektor dan keluar ejektor dengan posisi tegak. Pada sisi aliran masuk primer, sekunder dan aliran keluar ejektor terpasang selang yang dihubungkan dengan *pressure gauge* yang digunakan untuk pembacaan tekanan.

Lokasi Penelitian

Eksperimen tentang pompa jet dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Waktu Pengambilan data penelitian pengaruh ejektor akibat variasi spasi nosel dilakukan mulai Senin 2 November 2006 sampai Senin 30 Desember 2006.

Metode Penelitian

Prosedur eksperimen untuk pengambilan data pada variasi spasi nosel terhadap pengaruh



Gambar 4. Diagram alir penelitian

unjuk kerja pompa jet kurang lebih sebagai berikut :

1. Perakitan ejektor sesuai dengan variasi yang akan diambil datanya.
2. Merakit instalasi sesuai dengan rencana seperti pada gambar 3.
3. Memasang rotameter pada posisi sebelum fluida masuk ke ejektor dan setelah keluar dari ejektor dengan posisi tegak.
4. Memasang pressure gauge pada tiga titik, yaitu pada aliran masuk, aliran keluar, dan pada aliran sekunder.
5. Mengisi air pada bak penampungan.
6. Pengetesan instalasi terhadap kebocoran, dengan menjalankan pompa.
Jika tidak terjadi kebocoran maka langkah selanjutnya pompa dimatikan terlebih dahulu kemudian dilakukan penyetelan terhadap variasi spasi nosel, yang dimulai dengan jarak spasi 5 mm (0.005 m)
7. Pemasangan kembali ejektor pada instalasi dengan posisi spasi nosel 5 mm.
8. Menjalankan pompa untuk tes kebocoran pada instalasi.
9. Apabila tidak ada kebocoran maka pompa dibiarkan terus hidup dan ditunggu beberapa saat untuk mencapai kondisi stedi.
10. Pemasukan variasi debit aliran mulai dari 20, 25, 30, 35 LPM (liter per menit) dan pencatatan tekanan pada titik-titik pengukuran, juga pencatatan pada debit aliran keluar setelah ejektor.
11. Untuk memperoleh data yang akurat pengambilan data diulangi sebanyak 3 kali dalam tiap spasi nosel.
12. Untuk variasi yang selanjutnya setelah penyetelan terhadap spasi nosel maka ulangi prosedur 7 sampai 11.

Analisis data

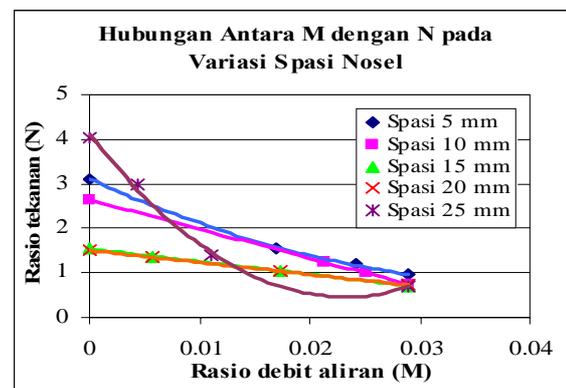
Setelah dilakukan pengujian terhadap ejektor dengan variasi spasi nosel maka didapat data-data antara lain : debit aliran keluar ejektor (Q_3) dan pengukuran tekanan pada tiga titik yaitu tekanan pada aliran masuk primer ejektor (P_1), tekanan masuk sekunder (P_2), dan tekanan keluar ejektor (P_3). Dari data pengukuran

tersebut dapat kita gunakan untuk menghitung karakteristik dari ejektor dengan cara menentukan nilai *capacity ratio* (M), *head ratio* (N), dan efisiensi (ζ). Sedangkan ketiga nilai tersebut dapat kita hitung dengan persamaan (1), (2), dan persamaan (3).

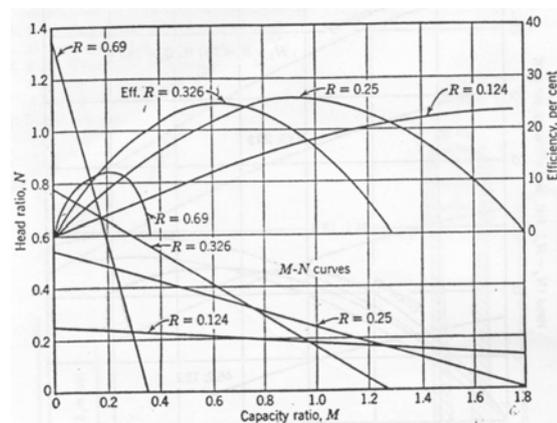
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 5 diperlihatkan grafik perbandingan M dengan N pada variasi spasi nosel 5, 10, 15, 20, dan 25 mm didapatkan nilai *capacity ratio* (M) tertinggi 0.029 hampir pada tiap variasi spasi nosel dengan nilai *head ratio* (N) tertinggi pada variasi spasi nosel 25 mm dengan nilai 4.043.

Dari gambar 5 grafik hubungan M dengan N terdapat kemiripan dengan grafik karakteristik



Gambar 5. Grafik Hubungan antara (rasio tekanan) N dan (rasio debit aliran Q_2/Q_1) M pada variasi spasi nosel



Gambar 6. Grafik Karakteristik *jet pump* (Gosline dan O'Brein)

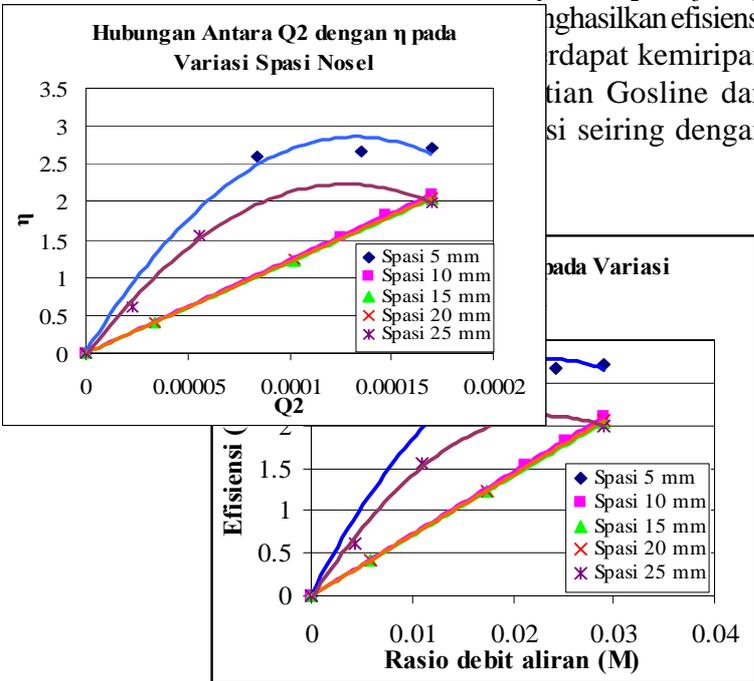
dari pompa jet yang dihasilkan dari penelitian Gosline dan O'Brein dan pencapaian nilai N yang tinggi tidak terjadi pada nilai M yang tinggi pula. Seperti dapat kita lihat dalam grafik pada gambar 6.

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa grafik hubungan M dan ζ pada variasi spasi nosel dari spasi 5-30 mm didapatkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada spasi nosel 5 mm dengan nilai 2.714 pada nilai $M = 0.029$.

Pada setiap spasi nosel dari penelitian ini sebenarnya mengalami peningkatan efisiensi namun efisiensi yang dihasilkan tidak begitu tinggi seperti efisiensi dari pompa jet yang dihasilkan dari penelitian Gosline dan O'brein yang menghasilkan efisiensi tertinggi dengan nilai 31 %.

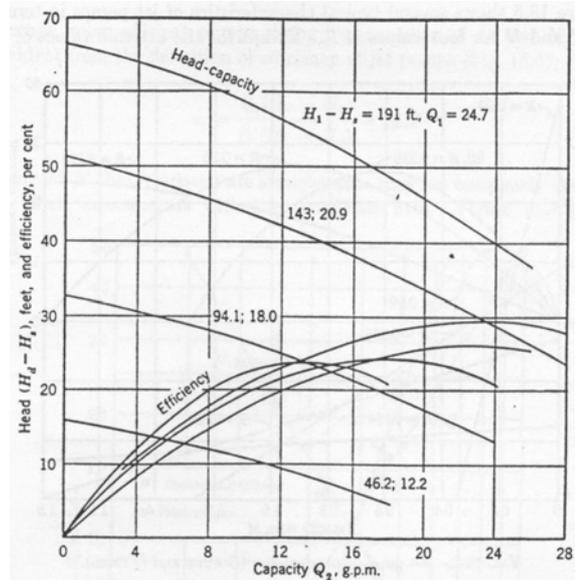
Pada gambar 8 dapat kita lihat bahwa perbandingan efisiensi dengan debit sekunder (Q_2) pada variasi spasi nosel mencapai efisiensi tertinggi pada spasi nosel 5 mm dengan nilai efisiensi sebesar 2.714 pada nilai $Q_2 = 0.00017 \text{ cm}^3/\text{s}$, sedangkan nilai Q_2 sendiri didapatkan dari nilai debit keluar *ejector* Q_3 dikurangi dengan nilai debit masuk *ejector* Q_1 atau $Q_2 = Q_3 - Q_1$.

menghasilkan efisiensi yang dapat kemiripan dengan penelitian Gosline dan O'brein seiring dengan



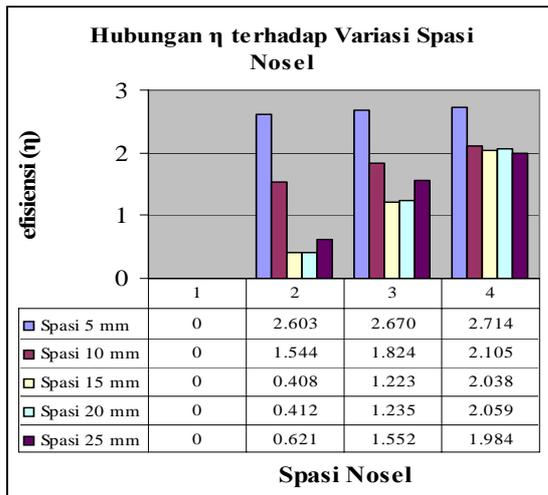
Gambar 7. Grafik hubungan antara rasio debit aliran (M) dan efisiensi (ζ) pada variasi spasi nosel

Gambar 8. Grafik Hubungan antara debit aliran sekunder (Q_2) dengan efisiensi (ζ) pada variasi spasi nosel



Gambar 9. Hubungan debit aliran (Q_2) dengan Efisiensi (ζ) (Gosline dan O'brein)

Dari gambar 10 dapat dilihat perbandingan efisiensi pada tiap – tiap variasi spasi nosel mulai dari 5 mm – 25 mm. Pada spasi 5 mm adalah spasi yang menghasilkan efisiensi tertinggi pada penelitian ini dengan nilai efisiensi 2.714, hal ini dikarenakan pada spasi 5 mm percampuran fluida dari fluida primer Q_1 dan fluida sekunder Q_2 akan segera terdorong keluar dari *vacuum chamber* menuju throat, dibandingkan dengan spasi nosel dengan jarak yang lebih panjang maka



Gambar 10. Grafik Hubungan antara efisiensi (ζ) terhadap variasi spasi nosel

fluida akan mengalami pusaran terlebih dahulu sebelum keluar dari *vacum chamber*. Pada spasi 30 mm tidak dimasukkan dalam pembahasan grafik ini karena semua nilai efisiensinya negatif. Penurunan efisiensi yang terjadi seiring dengan bertambahnya spasi nosel.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang di lakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antarlain sebagai berikut :

1. Dari beberapa spasi nosel yang di variasikan yang menghasilkan efisiensi optimum dalam penelitian ini adalah spasi antara 5 – 10 mm
2. Penurunan efisiensi yang terjadi seiring dengan bertambahnya nilai spasi nosel pada aliran primer tertentu disebabkan karena berkurangnya debit aliran sekunder yang terangkat kedalam *vacuum chamber*.
3. Spasi nosel berpengaruh terhadap luas penampang aliran di sisi masuk *throat*.

PERSANTUNAN

Dalam perjalanan kami selama melakukan penelitian ini, tak lupa kami sampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Marwan Effendy, ST. MT
 2. Bapak Nurmuntaha. A. Nugraha, ST
- Teman-teman satu team (Agung dan Erwin), serta teman – teman seluruh Mahasiswa Teknik Mesin khususnya Angkatan 2002.

DAFTAR PUSTAKA

- Irsad, M., Indarto dan Purnomo, *Pengaruh Saluran Pengarah pada Nosel Terhadap Kinerja Ejektor untuk Pompa Sentrifugal dengan Head Hisap Tinggi*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangna Riset dan Teknologi di Bidang Industri, Jogjakarta, 8 Mei 2002, hal: 116-121.
- Karassik, I.J, 1976, *Pump Hand Book*, Mc, Halaman 4.1 – 4.25 Graw Hill Book Company, New York
- Karassik, I.J, Carter. R, 1960, *Centrifugal Pumps Selection, Operation and Maintenance*, Mc, Graw Hill Book Company, New York
- Nouwen, Ing. A, 1994, *Pompa 1*, Edisi ke 2, Bhratara, Jakarta
- Sanger, N.L, 1970, “*An Experimental Investigation of Several Low-Are-Ratio Water Jet Pump*”, *Journal Of Basic Engineering*, 11-19
- Stepanoff, A.J, *Centrifugal and Axial Flow Pump*, 2ndedition, John Wiley & Sons, Inc, New York.