

ANALISIS TINGKAT EVAKUMAN PADA EJECTOR TERHADAP FUNGSI POMPA DAN PEMANAS

Suryanto, Abdul Rahman¹⁾, Akbar Muchtar, Andi Reno Aria Gumara²⁾

Abstrak: *Ejector* merupakan komponen atau alat yang memanfaatkan uap dalam kinerjanya baik dalam kinerja *pompadan* pemanasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan menganalisa kinerja dari *ejector* sebagai pompa dan pemanas. uap bertekanan dari boiler dialirkan menuju *ejector rig*. Untuk membuat efek vakum, maka katup input dibuka dengan variasi bukaan (25%-100%) demikian juga dengan variasi katup suction dan delivery dengan bukaan (25%-100%). Parameter-parameter yang diukur ialah tekanan inlet, tekanan *suction* (vakum), temperatur vakum, tekanan *delivery*, temperatur *delivery*, temperatur air kedua tangki, dan level air kedua tangki yang selanjutnya dimasukkan dalam tabel data pengamatan. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data bahwa *ejector* dapat bekerja sebagai pompa saat tekanan *vacum* dibawah tekanan atmosfer dan apabila *ejector* bekerja sebagai pemanas maka air dalam tangki *suction* yang terpompa akan tercampur dan terkondensasi dengan uap panas yang mengakibatkan naiknya temperatur air menuju tangki *delivery*. Grafik hubungan antara debit, temperatur air, dan tekanan vakum menunjukkan bahwa fluktuasi nilai debit tertinggi yakni 0,47 L/s tekanan vakum 0,85 bar serta temperatur air tertinggi yakni 33,24 °C tekanan *vacum* 0,9 bar. Sedangkan, efisiensi pompa dan pemanas terhadap tekanan *vacum* diperoleh nilai efisiensi pompa tertinggi sebesar 32,19 % dan efisiensi pemanas yakni 4,13 % tekanan vakum 0,82 bar.

Kata kunci: *ejector*, variasi bukaan katup, tingkat kevakuman, efisiensi pompa, efisiensi pemanas.

I. PENDAHULUAN

Ejector merupakan salah satu mesin yang cukup berperan penting pada sebuah pembangkit listrik. Pendapat seorang peneliti 2013 “Pusat Listrik Termal adalah pusat pembangkitan tenaga listrik yang melibatkan proses panas (*thermal*) dalam pembangkitan tenaga listriknya, umumnya tipe pembangkitan ini membutuhkan bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil.” (Syofuan, 2013). *Ejector* adalah salah satu jenis mesin fluida yang banyak di gunakan untuk mendukung salah satu proses pada industri antara lain proses pompa dan pemanas sesuai pernyataan peneliti sebelumnya “*Steam jet ejector* berfungsi untuk mengeluarkan gas atau uap dari suatu ruangan dan mempertahankan *kevakuman* yang tercapai. *Steam jet ejector* merupakan pompa yang tidak mempunyai bagian-bagian yang bergerak. Oleh karena itu, pompa ini sangat sederhana dan tidak memerlukan perawatan yang rumit. Dalam *steam jet ejector*, *steam* yang telah dipakai dikondensasi dengan mencampurkannya dengan air. Daya hisap dan *vacuum* akhir yang tercapai seringkali tergantung pada tekanan awal pancaran, tekanan uap *kondensate* dan konstruksi pompa (jumlah langkah kerjanya). *Steam* yang dipakai biasanya adalah *dry saturated steam* dengan tekanan sekitar 10 bar atau lebih”. (Narabashi, 1999).

Berdasarkan fase fluida yang di gunakan pada *ejector* di kenal beberapa jenis *Steam liquid Injector*. Ada proses-proses tekanan rendah atau *vacuum* banyak

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

di gunakan *liquid gas injector* sebagai *vacuum pump*, sebagaimana pada proses *flash desalination* dan proses *vacuum frying*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tingkat kevacuman pada ejector sebagai pompa dan pemanas dan untuk menunjukkan secara grafik dari fungsional ejector sebagai fungsi pompa dan pemanas.



Gambar 1. Mesin thermal ejector rig pada laboratorium pengukuran thermal setelah perbaikan politeknik Negeri Ujung Pandang.

Steam jet ejector merupakan alat pembangkit *vacuum* dengan menggunakan *steam* sebagai media pendorong. Suatu pancaran cairan, gas atau uap (*steam*) keluar dari *nozzle* dengan kecepatan tinggi sehingga dihasilkan tekanan rendah di titik *nozzle* tersebut. Dengan demikian, gas yang harus diangkut akan terhisap, terbawa dan mengalami percepatan. "*Steam jet ejector* berfungsi untuk mengeluarkan gas atau uap dari suatu ruangan dan mempertahankan *kevacuman* yang tercapai. *Steam jet ejector* merupakan pompa yang tidak mempunyai bagian-bagian yang bergerak. Oleh karena itu, pompa ini sangat sederhana dan tidak memerlukan perawatan yang rumit. Dalam *steam jet ejector*, *steam* yang telah dipakai dikondensasi dengan mencampurkannya dengan air. Daya hisap dan *vacuum* akhir yang tercapai seringkali tergantung pada tekanan awal pancaran, tekanan uap *kondensate* dan konstruksi pompa (jumlah langkah kerjanya). *Steam* yang dipakai biasanya adalah *dry saturated steam* dengan tekanan sekitar 10 bar atau lebih". (Narabashi, 1999).

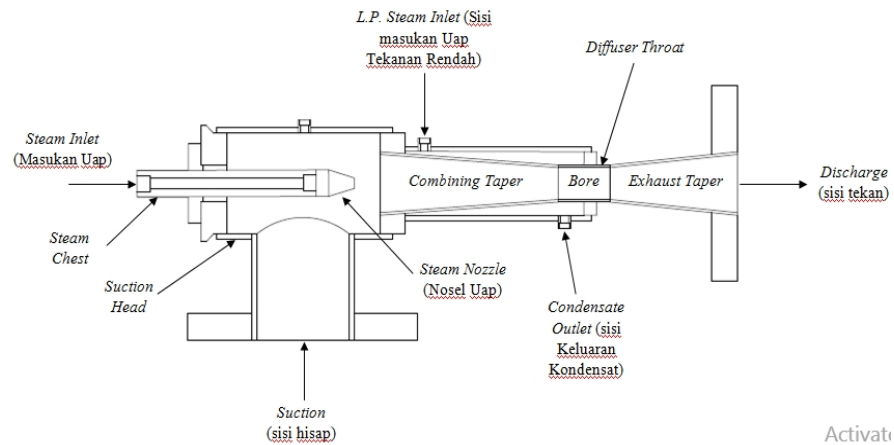
Penggunaan *nozzle* adalah mengkonversi energi dalam uap menjadi energi kinetik dan ini terjadi dengan mengubahnya dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Selama uap mengalir dalam *nozzle* dengan cepat uap panas yang mengalir tersebut menempati tempat disekitarnya dan karena itu ekspansi dapat dikatakan adiabatik. Dari bentuk *nozzle* dapat diketahui konversi dari energi dalam menjadi energi kinetik sebagai keluarannya yang mempunyai *efisiensi* yang cukup besar.

Perbandingan aliran uap dimisalkan P1, V1 dan H1 sebagai parameter aliran uap yang masuk, dan P2, V2 dan H2 sebagai parameter uap yang keluar dari *nozzle*.

Proses aliran uap, umumnya berdasarkan persamaan energi, yaitu :

$$\frac{WZ}{J} + \frac{WV_1^2}{2gJ} + U_1 + \frac{P_1V_1}{J} + Q = \frac{WZ}{J} + \frac{WV_2^2}{2gJ} + U_2 + \frac{P_2V_2}{J}$$

Parameter geometris lain yang akan mempengaruhi karakteristik semprotan yang diameter *chamber swirl*, pelabuan *inlet* mendalam, diameter lubang, panjang lubang dan panjang *swirl* ruang. diameter lubang lebih besar akan meningkatkan kerucut semprot sudut dan koefisien debit rendah (Chu, Chou, Lin dan Liann, 2008; Maniarasan dan Nicholas, 2006; Yule dan Widger, 1996).



Gambar 2. Diagram Ejector

Adapun bagian-bagian pada *ejector* pada umumnya berdasarkan pada gambar 2. ialah :

1. *Steam inlet* (Masukkan uap)
2. *Steam chest*
3. *Suction head*
4. *Steam nozzle* (nozle uap)
5. *Condensate outlet* (sisi keluaran kondensat)
6. *Low pressure Steam inlet* (Sisi masukan uap tekanan rendah)
7. *Diffuser throat*
8. *Discharge* (Sisi tekan)

Prinsip kerja *ejector* adalah berdasarkan pada transfer momentum antara aliran *motive fluid* dengan *suction fluid* yang terjadi di dalam *suction chamber* dan *throat*. Transfer momentum di dalam *throat* menyebabkan terjadinya perubahan tekanan dan *mixing*. *Mixing* antara *liquid* dan *gas* yang terjadi pada *throat* mengakibatkan perubahan pola aliran *jet flow* menjadi *froth flow*. Selain aplikasi pada steam jet.

Pada waktu bekerja sebagai pompa *feed water* aliran uap mengalir ke *nozzle konvergen* yang menyebabkan perubahan dari energi tekanan menjadi energi kecepatan. Kecepatan bertambah (uap) disertai dengan perubahan tekanan. Hal ini cukup menyebabkan air dalam *lower tank* keluar mengalir ke pipa masukan air. Kondensasi uap mengalir ke *nozzle* dengan aliran air yang selanjutnya mengurangi tekanan pada pipa masukan teratas dan aliran air bertambah. Energi yang dilepaskan uap bebas mengalir ke injector yang digunakan untuk mengangkat air dari *suction tank* *delivery tank*. Saat bekerja sebagai pompa *feed water* aliran uap mengalir ke *nozzle konvergen* yang menyebabkan perubahan dari energi tekanan menjadi energi kecepatan. Kecepatan bertambah (uap) disertai dengan perubahan tekanan. Hal ini cukup menyebabkan air dalam *lower tank* keluar mengalir ke pipa

masuk air. Kondensasi uap mengalir ke *nozzle* dengan aliran air yang selanjutnya mengurangi tekanan pada pipa masukan teratas dan aliran air bertambah. Energi yang dilepaskan uap bebas mengalir ke injektor yang digunakan untuk mengangkat air dari *suction tank* *delivery tank*. Untuk parameter menjadi patokan ialah daya angkat air dari tangki *suction* ke tangki *delivery* dibawah tekanan atmosfer. Dimana data parameter berdasarkan hasil praktikum *Ejector* sebelumnya.

- Energi yang dilepaskan
 Energi yang dilepaskan = entalpi penguapan + entalpi cairan
 = $m_s \times h_{fg} + C_p (t_s - t_2)$

Dengan : m_s = massa aliran uap (kg/s)
 C_p = kapasitas panas spesifik air(kj/kg°C)
 X = fraksi kekeringan uap
 t_s = temperatur saturasi dari uap (°C)
 t_3 = temperatur *delivery* air (°C)

- Kerja yang dilakukan saat air dipompa
 Kerja angkat air = Gaya x Jarak
 = gaya gravitasi massa air yang diangkat x Head
 = $m_w \times g \times H$

- Dimana H (m) , (tinggi angkat) :

$$P = \rho \times g \times H$$

$$H = P_{total} / \rho \times g + \text{Suction lift}$$

- Efisiensi

$$\eta = \frac{\text{Kerja yang dilakukan}}{\text{Energi yang disuplai}} = \frac{m_w \times g \times H}{m_s \times h_{fg} + C_p (t_s - t_2)}$$

Ketika difungsikan sebagai *feed heater*, energi yang diberikan oleh uap tergantung kondensasinya yang diserap oleh air. Efisiensi perpindahan ini diberikan :

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Energi yang diserap oleh air}}{\text{Energi yang dilepas oleh uap}}$$

Dengan : \dot{m}_w = massa aliran air/ detik (kg/s)
 \dot{m}_s = massa aliran uap/ detik (kg/s)
 C_p = kapasitas panas spesifik air (kj/kg°C)
 h_{fg} = entalpi evaporasi pada tekanan uap (kj/m³)
 X = fraksi kekeringan uap
 t_s = temperatur saturasi dari uap (°C)
 t_2 = temperatur yang disuplai injektor (°C)
 t_3 = temperatur yang diserap injektor (°C)

$$\text{Efisiensi} = \frac{\dot{m}_w C_p (t_3 - t_2)}{\dot{m}_s [X h_{fg} + C_p (t_s - t_2)]}$$

Saat *Ejector* bekerja sebagai *feed water heater* secara tidak langsung saat *fluida* atau air sudah terhisap dari tangki satu maka uap tersebut bercampur dengan air dan terkondensasi menjadikan air yang semula pada *suction* adalah air dengan temperatur sedang menjadi air dengan temperaturpanas. Untuk parameter menjadi patokan ialah perbedaan temperatur tangki *suction* dan tangki *delivery* dengan selisih kurang lebih 10 derajat. Dimana data parameter berdasarkan hasil praktikum *Ejector* sebelumnya.

Maka untuk mengolah data menggunakan rumus dibawah ini :

- Massa aliran uap, m_s :
 $m_s = V_s \cdot \rho$
- Massa laju aliran air, m_w :

$$m_w = V_w \cdot \rho$$

- Main Head (H)

$$H = (P_{total}) / (\rho \cdot g) + \text{Suction lift}$$

$$P_{total} = P_{vakum} + P_{atm}$$

- Efisiensi injektor sebagai pompa (η_p)

$$\eta_p = \frac{m_w \times g \times H}{m_s [q h_{fg} + Cp(t_s - t_3)]} \times 100\%$$

- Efisiensi injektor sebagai feed water heater (η_{fw})

$$\eta_{fw} = \frac{m_w Cp(t_3 - t_2)}{m_s [q h_{fg} + Cp(t_s - t_3)]} \times 100\%$$

Adapun kelebihan dan kekurangan dari Ejector sebagai pompa dan pemanas :

Kelebihan:

1. Tidak ada bagian yang bergerak, sehingga pompa bisa berumur panjang.
2. Tidak menimbulkan suara gaduh dan mudah dioperasikan.
3. Mampu memompa cairan yang mengandung kotoran.
4. Sulit tersumbat.
5. Mampu bekerja pada saluran hisap yang kering.
6. Kapasitasnya uniform.
7. Ukurannya kecil dan ringan.
8. Secara tidak langsung dapat memanaskan air dari proses kondensasi.

Kekurangan:

1. Efisiensinya rendah.

Sebelumnya penulis melakukan perbaikan dan perawatan terhadap komponen atau alat penunjang dari mesin *Ejector rig* mulai dari penggantian tangki air, pengecekan katup, penggantian katup dan seal agar dalam pengoperasian dapat lebih optimal dan mendapatkan data yang lebih akurasi.

Adapun perbedaan pengujian tingkat kevakuman *ejector* ini dengan praktikum *ejector rig* ialah memvariasikan dari katup masukan uap (V_{steam}), Katup Tangki *suction*, Tangki *delivery* dan penggunaan alat ukur tekanan dan temperatur yakni menggunakan aplikasi atau *software Pico Technology* dan *Arduino*, pengambilan data temperatur air yang dilakukan oleh penulis dari kedua tangki sedangkan praktikum pengujian sebelumnya tidak mengukur temperatur air, serta metode pengambilan data yang penulis lakukan berdasarkan waktu (t) yang telah ditentukan, sedangkan praktikum hanya berpatokan pada perubahan Hs1 dan tidak berpatokan waktu yang ditentukan (t).

Pico Technology dapat mengukur tekanan dan temperatur *fluida* dengan kemampuan cukup tinggi dan akurat serta datanya dapat direkam pada Laptop atau PC yang telah terinstall aplikasi *Pico Technology* lalu tercatat sebagai grafik tanpa menggunakan perangkat kerja lainnya. Kemampuan kinerja suatu alat dengan keunggulan dapat mengukur tekanan dan temperatur sangat tinggi.

Arduino digunakan sebagai alat pengukur suhu atau temperatur *fluida* yang ada pada tangki *suction* dan tangki *delivery* untuk melihat tingkat pemanasan *fluida* terkondensasi saat berada diantara tangki 1 ke tangki 2 yakni *ejector* dengan cara sensor dicelupkan pada kedua tangki dan data akan muncul-muncul pada Laptop atau PC yang telah terinstall aplikasi *Arduino Uno*. *Arduino* ini cukup akurat dalam mengukur temperatur dengan metode celup ke *fluida* dibandingkan dengan menggunakan alat ukur Termometer. Namun, kekurangannya data harus diolah kembali pada perangkat lain saat data ingin diubah menjadi grafik.

II. METODE PENELITIAN

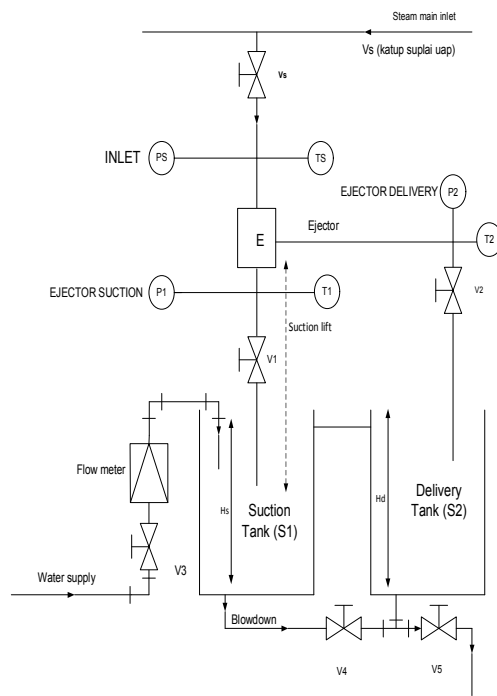
Penelitian di laksanakan di laboratorium Konversi Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung pandang.

Tujuan penelitian ini adalah mengukur tingkat kevakuman ejector rig sebagai pompa dan pemanas. Dimana saat *ejector* bekerja sebagai pompa ialah variabel bebas dari masukan uap (P1 dan T1) dan variabel terikat berdasarkan dari kinerja pompa ; P2 ,T2, Q, H , P3,dan T3. Sedangkan, ejector bekerja sebagai pemanas memiliki variabel bebas yakni masukan uap (P1 dan T1) dan variabel terikat ialah kinerja dari pemanas yang ditinjau dari perubahan P2, T4, P3, dan T5. (dapat dilihat pada skema ejector)

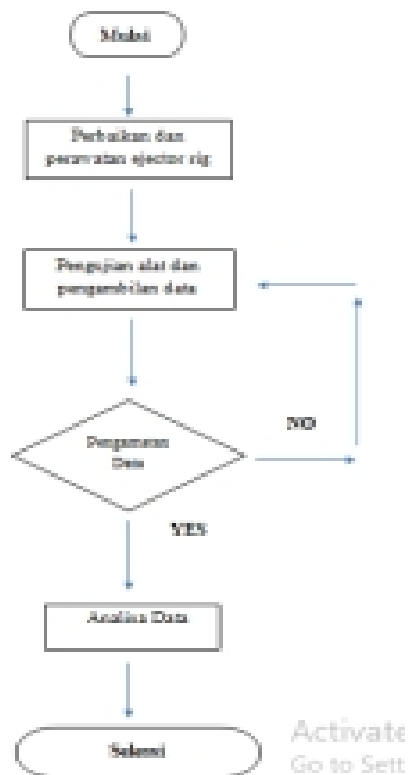
Cara kerja ialah uap bertekanan dari boiler disuplai menuju mesin ejector kemudian uap masuk divariabelkan atau di atur sehingga energi tekanan berubah menjadi energi kecepatan pada nozzle ejector dan fluida dengan tekanan yang besar terhisap atau terpompa menuju ejector dan terkondensasi oleh uap panas maka terjadi pemanasan atau pencampuran antara air yang terpompa atau terhisap dari tangki yang satu akan berubah menjadi air dengan temperatur panas. Maka dari penelitian tersebut meninjau pengaturan atau perubahan nilai massa aliran uap, massa laju aliran air, main head, efisiensi injector sebagai pompa, efisiensi injektor sebagai pemanas dari variasi tekanan uap masuk,laju aliran air tangki suction ,dan laju aliran air tangki delivery dengan parameter waktu.

Pengumpulan data dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Boiler dijalankan uantuk menghasilkan uap bertekanan yang akan disuplai ke ejector.
2. Katup V3 dibuka untuk mengisi air kedalam tangki suction sebanyak 30 cm dan tangki delivery 5 cm. Kemudian, tutup kembali katu V3 dan dicek kembali katup V4 dan V5 benar tertutup.
3. Boiler yang telah menghasilkan uap, kemudian uapnya disuplai ke ejector rig.
4. Katup masukan uap atau Vs kemudian dibuka dan divariasikan sebanyak 4x bukaan dengan persentase bukaan 25% - 100%.
5. Membuka katup Vsteam V1 dan V2 dengan variasi 4x bukaan dengan persentase 25% - 100%.
6. Membaca alat ukur tekanan dan temperatur menggunakan alat ukur picologic dan arduino mulai dari inlet, suction, delivery,dan mengukur ketinggian air pada kedua tangki.
7. Mengulang percobaan setiap tahapan selama 30 detik sesuai variasi katup pada pengujian dan mengganti air setiap 1x variasi putaran katup suction dan delivery.
8. Pengujian alat selesai.



Gambar 3. Skema Instalasi Pengujian



Gambar 4. Diagram Alir Teknik Analisa Data

Berdasarkan diagram alir di atas maka sesuai dengan penjadwalan yang telah ditetapkan maka pertama yang dilakukan adalah perbaikan dan perawatan

ejector dengan tujuan untuk mengoptimalkan kinerja dan mendapatkan data yang akurat. Selanjutnya menuju pada tahap pengujian dan pengambilan data sesuai dari teknik pengumpulan data kemudian pada tahap pengamatan data. Apabila data yang telah didapatkan sesuai maka akan menuju ke tahapan analisa data. Namun, saat data yang telah dikumpulkan tidak sesuai maka kembali pada proses tahapan pengambilan data. Pada tahap analisa data, data yang telah diamati kemudian dianalisa seperti massa aliran uap, massa laju aliran air, main head, efisiensi *ejector* sebagai pompa, dan efisiensi injektor sebagai pemanas. Kemudian dibuatkan secara grafik dari kinerja *Ejector* sebagai pompa dan pemanas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian salah satu data yang diperoleh adalah suction lift = 750 mm; kapasitas tangki = 1000 ml/cm; gravitasi = 9,81 m/s; steam pressure, $P_1 = P_s = 5$ Bar; duration of test, $t = 30$ det; initial suction tank level, $H_{s1} = 30$ cm; final suction tank level, $H_{s2} = 16$ cm; initial delivery tank level, $H_{d1} = 5$ cm; final delivery tank level, $H_{d2} = 20,7$ cm; suction water pressure, $P_2 = -0,2$ bar; suction water temperature, $T_2 = 32,06$ °C; delivery water pressure, $P_3 = 0,05$ bar dan delivery water temperature $T_3 = 45,16$ °C.

Dengan analisa data diperoleh:

A. Massa aliran uap, ms:

$$\dot{m}_s = V_s \cdot \rho$$

dengan :

$$V_s = 1 [(H_{d2} - H_{d1}) - (H_{s1} - H_{s2})]$$

$$= 1 [(20,7 - 5) - (30 - 16)] = 1,7 \text{ liter} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Berdasarkan tabel uap dalam satuan SI (lampiran 5), $T_3 = 45,16$ °C maka $\rho = 989,67$ kg/m³ sehingga diperoleh :

$$\dot{m}_s = 1,7 \times 10^{-3} \times 989,67 = 1,68 \text{ kg/s}$$

B. Massa laju aliran air, ms :

$$\dot{m}_w = V_w \cdot \rho$$

dengan :

$$V_w = 1 [(H_{s1} - H_{s2})]$$

$$= 1 [(30 - 16)] = 14 \text{ liter} = 14 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Berdasarkan tabel uap dalam satuan SI (lampiran 5), $T_2 = 32,06$ °C maka dari hasil interpolasi nilai-nilai diatas diperoleh $\rho = 994,59$ kg/m³, sehingga :

$$\dot{m}_w = 14 \times 10^{-3} \times 994,59 = 13,92 \text{ kg/s}$$

C. Main Head (H)

$$H = (P_{\text{total}}) / (\rho \cdot g) + \text{Suction lift}$$

dengan :

$$P_{\text{total}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{atm}}$$

$$= -0,2 + 1 = 0,8 \text{ bar} = 0,8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Maka,

$$H = 0,8 \times 10^5 / 989,67 \cdot 9,81 + 0,75 = 8,9 \text{ m}$$

D. Efisiensi injektor sebagai feed water heater (η_{fw})

$$\eta_{fw} = \frac{m_w Cp(t_3 - t_2)}{m_s [q h_{fg} + Cp(t_s - t_3)]} \times 100 \%$$

Dari percobaan kalorimeter pada saat pengujian diperoleh fraksi kekeringan diasumsikan (x) = 0,8. Dari tabel uap jenuh (Lampiran 5) dengan P_{abs} = 6 bar diperoleh T_s = 158,9 °C ; h_{fg} = 2086,3 kJ/kg°C dan Cp = 4,3347 kJ/kg°C, sehingga:

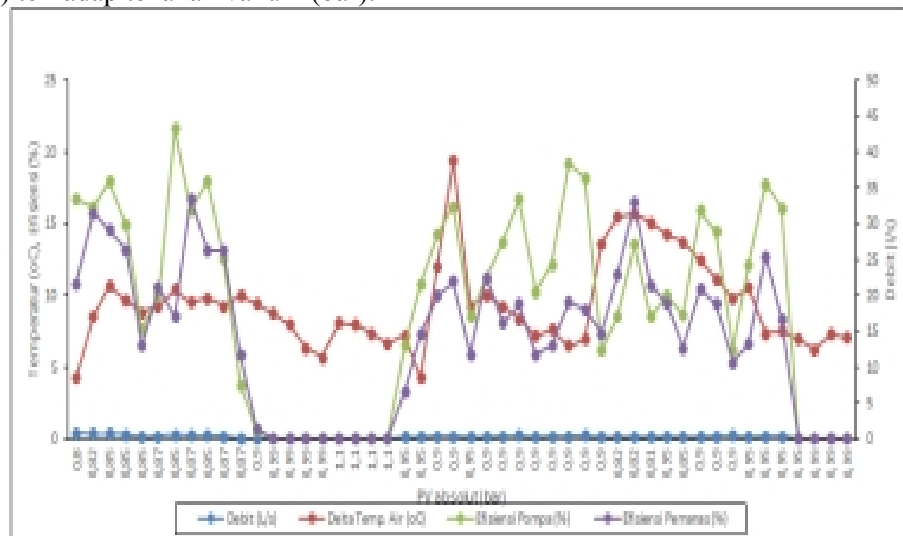
$$\eta_{fw} = \frac{1392 \times 4,3347(45,16 - 32,06)}{1,68 \times [(0,8 \times 2086,3) + 4,3347(158,9 - 45,16)]} \times 100\% = 21,71 \%$$

E. Efisiensi injektor sebagai pompa (η_p)

$$\eta_p = \frac{m_w \times g \times H}{m_s [q h_{fg} + Cp(t_s - t_3)]} \times 100 \%$$

$$= \frac{13,92 \times 9,81 \times 19,29}{1,68 \times [(0,8 \times 2086,3) + 4,3347(158,9 - 45,16)]} \times 100\% = 33,44 \%$$

Dari hasil analisa data maka diperoleh grafik seperti pada gambar 5, yaitu Grafik hubungan antara debit (l/s), selisih temperatur (°C) ,dan efisiensi pompa (%) terhadap tekanan vakum (bar).



Gambar 5. Grafik hubungan antara debit (l/s), selisih temperatur (°C) ,dan efisiensi pompa (%) terhadap tekanan vakum (bar).

Berdasarkan grafik, hubungan antara tekanan vakum dengan debit (grafik biru) menunjukkan grafik fluktuasi. Namun, tidak begitu signifikan dengan nilai tertinggi 0,46 l/s. Selisih temperatur (grafik merah) menunjukkan fluktuasi dengan nilai tertinggi 19,41 °C. Dan grafik efisiensi pompa menunjukkan fluktuasi dengan efisiensi tertinggi ialah 43,22 %.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data maka diperoleh kesimpulan bahwa :

1. *Ejector* bekerja sebagai pompa pada tekanan vakum 0,8 – 0,95 bar dan bekerja sebagai pemanas pada dengan parameter peningkatan temperatur dari sisi *suction* dan *delivery*. Berdasarkan tinjauan pustaka kutipan pendapat dari (Narabashi,1999) tekanan steam yang digunakan sesuai dengan penelitian yakni 8-10 bar untuk memperoleh kinerja yang maksimal.
2. Jika tekanan vakum semakin rendah maka nilai head (H) juga rendah. Namun, tidak cukup signifikan dengan perbedaan 0,2 -2 m, berbeda dengan nilai debit (Q) yang berbanding lurus dengan efisiensi pompa yang semakin naik jika tekanan vakum semakin rendah dari tekanan atmosfer. Sedangkan, pada saat *ejector* bekerja sebagai pemanas yang dimana berkesinambungan dari kinerja pompa dimana saat tekanan vakum rendah maka selisih temperatur air dari kedua tangki akan semakin tinggi yang berbanding lurus dengan efisiensi pemanas.. Berdasarkan persentase dari efisiensi fungsional *ejector* maka efisiensi pompa lebih besar dari efisiensi pemanas dengan perbandingan 10% - 20%.

B. Saran

1. Sebelum melakukan pengamatan atau praktikum pada mesin *ejector rig*,diharapkan untuk mengecek kembalikatup,tangki,dan manometer jangan sampai ada yang bocor karena akan menunjang perubahan data yang tidak berkesesuaian, serta mengecek semua alat ukur jika ada yang perlu dikalibrasi (utamanya alat ukur analog) segera dikalibrasi.
2. Penulis berharap juga kedepannya mesin *Ejector rig* yang ada pada Lab Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk dapat dikembangkan lagi dari segi sirkulasi air tangki.

V. DAFTAR PUSTAKA

- A. Khayrunnisa, dkk. 2016. *Laporan Praktikum pengukuran thermal*.Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- A.Hussein, dkk. 2012.*Characteristic of Hollow Cone Swirl Spray at Various Nozzle orifice diameters*. Malaysia: Universiti Teknologi MARA Press.
- Bahtiar. 2008. *Pengaruh jarak peletakan antara ujung nozzle dan sisi masuk mixing throat terhadap efisiensi jetpump*. Malang; Universitas Brawijaya.
- Chu, Chou, dkk. 2008. *Nozzle combination of steam jet ejector* . China: Beijing.
- Eswanto. 2016. *Efek variasi debit aliran primer dan sekunder dalam mencapai kevakuman pada liquid jet gas pump*. Medan; Institut Teknologi Medan.
- Syofuan. 2013. *Pusat pembangkitan tenaga listrik*.<https://syofuan.wordpress.com/2013/01/31/pusat-pembangkitan-tenaga-listrik/>(online). Diakses pada 28 Januari 2017.
- Ismanto. 2012. *Analisis variasi tekanan pada injektor terhadap performance (Torsi dan daya) pada motor diesel pada motor diesel*.Yogyakarta: Jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas Janabadra.

- 119 Suryanto, Abdul Rahman, Akbar Muchtar, Andi Reno Aria Gumara, *Analisis Tingkat Kevakuman pada Ejector terhadap Fungsi Pompa dan Pemanas*
- Narabashi tadashi, dkk. 1999. *Development of steam injector feed water heater system*. Japan :Tokyo electric power company.
- Nugraha bachtiar setya. 2010. *Analisa pengaruh variasi sudut mixing chamber inlet terhadap entrainment ratio pada steam ejector dengan menggunakan CFD*. Kudus: Fakultas teknik Universitas Muria.
- Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2015. *Jobsheet praktikum pengukuran thermal*. Makassar.
- Ozisik, M.Necati . 1997. *Basic Heat Transfer*. Tokyo; McGraw-Hill Kogakusha, LTD.
- Safaruddin Dian. 2011. *Simulasi variasi tekanan inlet dan posisi nozzle ejector terhadap tingkat ke-vacuum-an pada steam ejector di PLTP Kamojang*. Surabaya: Fakultas Teknologi Mesin Institut Teknologi Sepuluh November.
- W.K. Sulastri, dkk. 2014. *Laporan Praktikum pengukuran thermal*. Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Yadaf ,R.L., Phatawardhan,A.W. 2008. *Design aspect of ejectors of suction chambers geomethry*. Chemical Engineering Science, Vol 3886-3887.