

PENGARUH VARIASI TINGGI LEVEL AIR TERHADAP EFISIENSI *JET PUMP*

Andi Rendy Suhendra, Achmad As'ad Sonief, Ari Wahjudi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl.Kerto Raharjo Dalam no.17,Malang, 65145, Indonesia
E – mail :andirendysuhendra@gmail.com

ABSTRAK

Sumur ataupun tempat penampungan air tanah dalam skala rumah tangga secara umum membutuhkan alat yang efektif untuk mengangkat debit air yang banyak, untuk itu diperlukan pompa yang bertujuan mengalirkan fluida dari sumur ataupun ke tempat penampungan air tanah menuju ke rumah masing-masing. Kinerja pompa dibatasi oleh tinggi tekan (head) untuk daya tertentu, dan efisiensi pompa juga dipengaruhi oleh tinggi level air. Dari permasalahan ini dikembangkan pompa jet atau sering dikenal "*jet pump*". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi *jet pump* dengan melakukan variasi terhadap tinggi level air dan fluida kerja yang digunakan adalah air. Tinggi level air yang divariasikan 0.3m, 0.6m, dan 0.9m. Data yang didapat merupakan hasil dari pengukuran debit aliran keluar *jet pump* (Qd) dan tekanan pada aliran primer masuk *jet pump* (Pi), tekanan sekunder (Ps), dan tekanan keluar *jet pump* (Pd), dan digunakan untuk menghitung efisiensi dari *jet pump*. Hasil yang didapat dari penelitian kali ini adalah bahwa efisiensi jet pump yang maksimum terjadi pada di ketinggian level air 0.9 m. Efisiensi maksimum yang didapat dari penelitian tersebut adalah sebesar 22.7193118 %.

Kata Kunci : *jet pump*, tinggi level air, efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, kebutuhan akan air bersih untuk keperluan sehari-hari tak terelakkan lagi. Banyak di daerah terpencil atau pedesaan yang sekarang ini masih kekurangan air bersih padahal di daerah sekitar mereka banyak sekali cadangan air bersih dan ironisnya mereka belum bisa memaksimalkan potensi dari diri mereka sendiri untuk mengangkut air bersih tersebut hingga mencapai rumah pribadi masing-masing, untuk itu diperlukan alat untuk memindahkan air yaitu pompa.

Pompa adalah salah satu mesin yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ketempat lainnya. Pada umumnya pompa digunakan untuk mengangkat air dari suatu sumber air dengan kedalaman tertentu. Adapun tingkat kritis tinggi angkat dari pengisapan pompa adalah sekitar 10 m. Dalam kebutuhan tertentu, tinggi angkat pompa tidak selalu 10 m, dikarenakan salah satu faktor yaitu letak geografis bangunan mempengaruhi tinggi angkat pompa tersebut. Dari berbagai jenis pompa, yang sesuai untuk kondisi yang demikian adalah *centrifugal-jet pump*. Pompa ini merupakan kombinasi pompa sentrifugal dan *jet pump* atau eduktor.

Jet pump adalah pompa yang mempunyai prinsip kerja dimana sebagian debit pompa yang keluar dikembalikan ke saluran isap. Sebagian debit dari pompa sentrifugal akan dikembalikan ke *jet pump* yang nantinya akan digunakan sebagai *primary flow* untuk mendorong fluida pada *secondary flow* ke atas. *Nozzle* merupakan salah satu bagian utama yang perlu diperhatikan dan akan berpengaruh pada efisiensi *jet pump*. Fungsi *nozzle* secara umum adalah untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida yang diikuti dengan penurunan tekanan.

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* dimana tekanan *suction* maksimal sebesar 102605,45 Pa didapat dengan menggunakan diameter ujung nosel 0,008 m pada *bypass motive fluid* sebesar 30%.

Kecepatan aliran fluida yang meninggalkan *nozzle* semakin besar

mengakibatkan terjadinya kevakuman pada ruang isap. Pada *jet pump*, ujung *nozzle* yang terjadi kevakuman dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan menghisap air. Hal ini akan menyebabkan air akan tersedot naik pada ruang isap. Dengan memanfaatkan ketinggian level air pada *jet pump* nantinya akan didapat perbedaan tekanan (Δp) antara tekanan disisi isap dengan tekanan hidrostatis pada fluida air seiring bertambahnya ketinggian pemasangan *jet pump* sehingga kemampuan mengangkat air pada *jet pump* akan semakin meningkat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam **Prakeao, et al (2002)**, menyatakan efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh ratio diameter *nozzle* dan diameter *mixing throa*t (d/D), jarak ujung *nozzle* masuk *mixing-throat* (l) dan panjang mixing throa)t (L_m).

Indarto (2004) menyatakan efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh diameter *outlet nozzle* yang divariasikan. Efisiensi *jet pump* yang maksimum terjadi pada *outlet nozzle* 8 mm.

Bahtiar (2008), menyatakan efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh jarak peletakan ujung *nozzle* dan sisi masuk *mixing throat*. Efisiensi *jet pump* yang maksimum terjadi pada spasi *nozzle-mixing* 16 mm. Jadi efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh ukuran dan geometri *nozzle* dari *jet pump*. Peningkatan efisiensi *jet pump* terus dikembangkan untuk mendapatkan efisiensi, salah satunya melalui riset variasi tinggi level air terhadap efisiensi *jet pump*.

A.1 Prinsip Kerja *Jet pump*

Pada *jet pump*, fluida dialirkan melalui *nozzle* dimana arus mengecil karena perubahan penampang *nozzle*, *diffuser* yang membesar secara perlahan ditempatkan didekat mulut *nozzle* dalam ruang isap, karena kecepatan arus yang meninggalkan mulut *nozzle* bertambah besar maka tekanan dalam arus akan turun, demikian pula didalam ruang isap. Pada *diffuser* 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 *nozzle*.

A.2 Karakteristik *Jet pump*

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

Nilai rasiodebit(M)

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

Nilai rasio head (N)

Head yang digunakan pada penelitian *jet pump* ini adalah head tekanan yaitu $\frac{P}{\gamma}$, rasio

$$\text{headnya menjadi } N = \frac{H_d - H_s}{H_i - H_d} = \frac{\frac{P_d}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma}}{\frac{P_i}{\gamma} - \frac{P_d}{\gamma}} = \frac{P_d - P_s}{P_i - P_d}$$

$$N = \frac{(P_d - P_s)}{(P_i - P_d)} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai efisiensi *jet pump*

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot \frac{(P_d - P_s)}{(P_i - P_d)} = M \cdot N \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

Q_1 : Debit aliran primer (m^3/s)

Q_2 : Debit aliran sekunder (m^3/s)

P_i : Tekanan aliran primer (N/m^2)

P_s : Tekanan aliran sekunder (N/m^2)

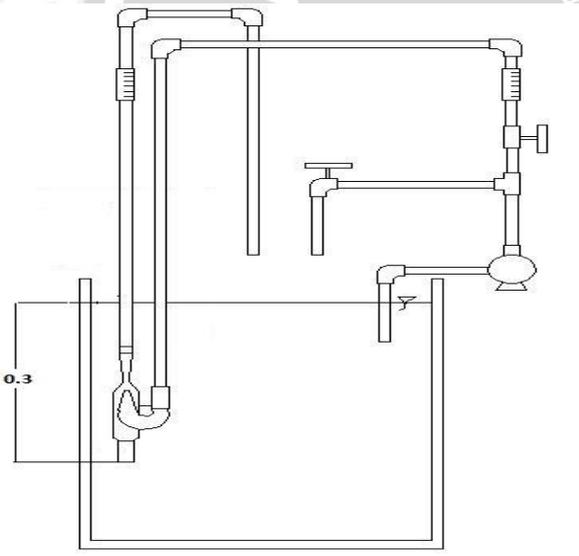
P_d : Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m^2)

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

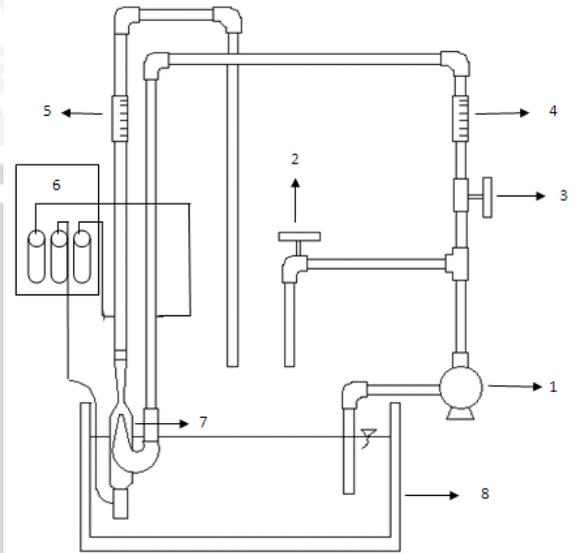
- 1) Variabel bebasnya adalah tinggi level air 0.3m, 0.6m, dan 0.9m.
- 2) Variabel terikatnya adalah efisiensi *jet pump*.
- 3) Variabel terkontrolnya adalah Debit aliran: 600; 650; 700; 750; dan 800 liter/ jam.

Pada penelitian ini yang divariasikan adalah tinggi level air pada instalasi *jet pump*. Khususnya *centrifugal jet pump* untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan variasi tinggi level air pada instalasi *jet pump*. Adapun salah satu dari variasi tinggi level air ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 1 : tinggi level air 0.3m

Instalasi pada penelitian ini dapat dilihat pada berikut ini:



Gambar 2 : Instalasi *Jet Pump*

Keterangan gambar :

1. Pompa sentrifugal
2. Katup pengaman (*safety valve*)
3. Katup debit (*control valve*)
4. *Rotameter*
5. *Flowmeter*
6. *Manometer*
7. *Jet pump*
8. Bak penampung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang telah diambil seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1: Data hasil pengujian dengan tinggi level air 0.3m.

Q1	Qd	Pi	Pd	Ps
10.00	2.40	63.00	3.00	-5.00
10.80	3.90	114.00	7.00	-5.50
11.70	5.20	155.00	8.00	-6.50
12.50	6.30	185.00	13.00	-7.00
13.30	7.40	250.00	19.00	-8.00

Tabel 2: Data hasil pengujian dengan tinggi level air 0.6m.

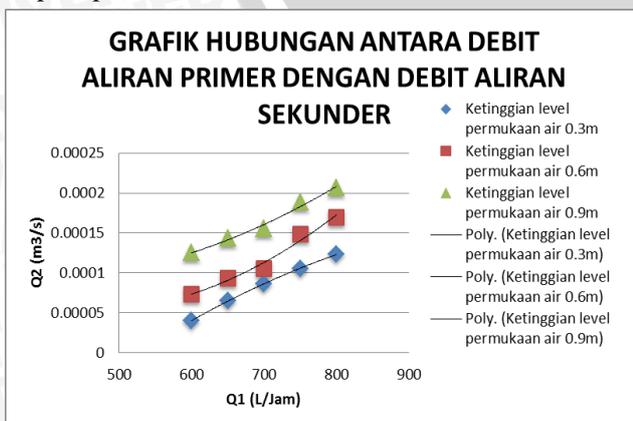
Q1	Qd	Pi	Pd	Ps
10.00	4.40	160.00	8.00	-7.00
10.80	5.60	198.00	14.00	-7.50
11.70	6.30	222.00	15.00	-8.50
12.50	8.90	271.00	20.00	-9.00
13.30	10.20	323.00	26.00	-10.00

Tabel 3: Data hasil pengujian dengan tinggi level air 0.9m.

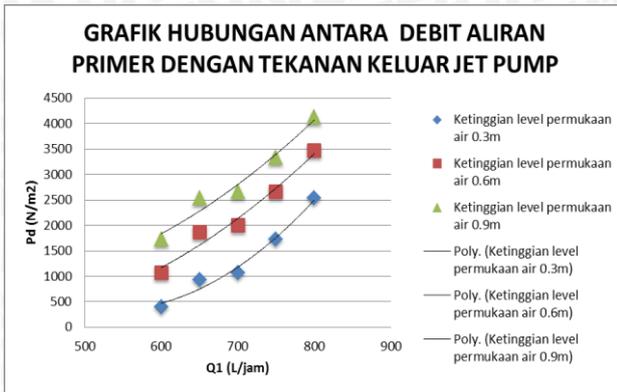
Q1	Qd	Pi	Pd	Ps
10.00	7.50	216.00	13.00	-9.00
10.80	8.60	261.00	19.00	-9.50
11.70	9.30	287.00	20.00	-10.50
12.50	11.30	334.00	25.00	-11.00
13.30	12.40	405.00	31.00	-12.00

Gambar 4.1 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder.

Dari data yang telah diambil dari pengujian dan diolah dengan perhitungan maka didapat grafik karakteristik *jet pump*:

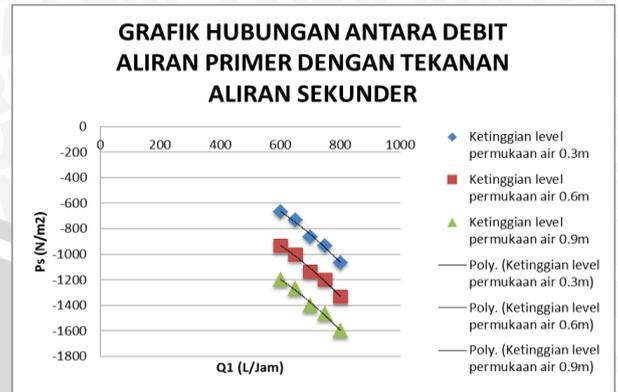


Kita dapat melihat pada grafik 4.1 menunjukkan bahwa seiring peletakan kedalaman yang divariasikan mulai dari 0.3 m, 0.6 m, dan 0.9 m pada *jet pump* maka debit aliran sekunder akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar debit aliran primer yang masuk maka pasokan air yang masuk semakin besar sehingga kecepatan air yang keluar *nozzle* akan semakin tinggi. Dengan kecepatan yang semakin tinggi, tekanan pada daerah *suction chamber* akan semakin menurun hal ini mengakibatkan kemampuan dari *jet pump* untuk menghisap air akan semakin besar.



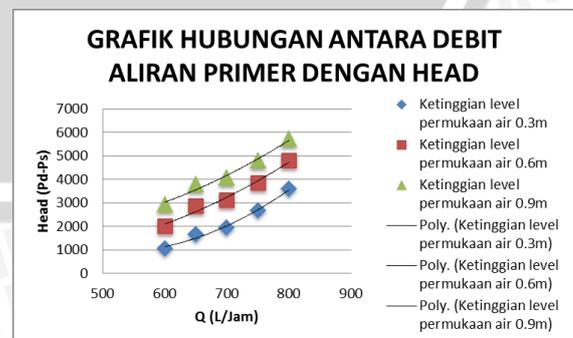
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan keluar jet pump.

Pada gambar 4.2 dapat kita lihat bahwa semakin besar debit aliran primer maka semakin tinggi tekanan keluar jet pump. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan (Δp) antara outlet nozzle dengan tekanan pada sisi isap. Apabila semakin bertambahnya debit aliran primer yang keluar dari outlet nozzle maka kecepatan fluida tersebut akan semakin besar sehingga head tekanannya akan semakin kecil akibatnya fluida tersebut terdorong oleh tekanan dari sisi isap (suction) yang lebih besar dikarenakan adanya perbedaan tekanan tersebut. Kemudian fluida yang keluar dari diffuser mempunyai head tekanan yang semakin besar yang disebabkan adanya penambahan luas penampang di daerah tersebut. Dengan adanya proses pencampuran air dari aliran primer dan aliran sekunder pada mixing throat maka aliran akan lebih stabil dan seragam. Aliran yang keluar dari diffuser akan memiliki tekanan yang besar sesuai dengan fungsi diffuser yaitu meningkatkan tekanan dengan cara memperlambat kecepatan pada fluida yang mengalir di sekitar penampang tersebut.



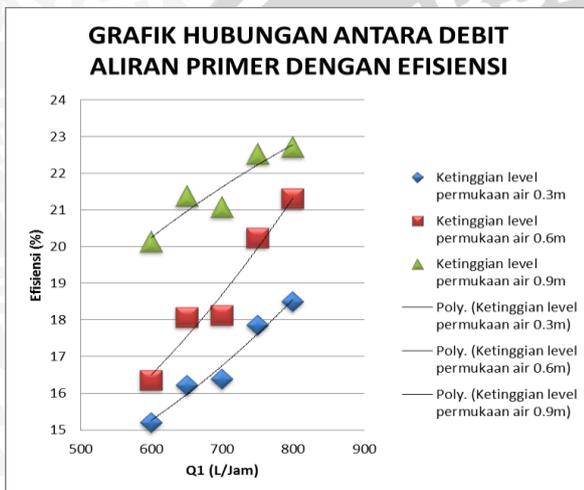
Gambar 4.3 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan aliran sekunder.

Pada gambar 4.3 kita dapat melihat bahwa dengan semakin besar debit aliran primer (Q_1) yang mengalir maka tekanan aliran sekunder semakin rendah. Pada debit aliran primer (Q_1) 800 liter/jam memiliki efisiensi tertinggi dari semua variasi ketinggian level permukaan air. Hal ini disebabkan dengan semakin bertambahnya debit aliran primer maka tekanan di sisi isap akan semakin kecil sehingga tekanan air yang berada pada bak penampung tersebut meningkat yang diakibatkan adanya penambahan head kecepatan di keluaran nozzle sehingga tekanan pada daerah suction chamber semakin rendah. Dengan tekanan yang semakin rendah pada suction chamber maka tekanan hisap pada aliran sekunder juga akan semakin menurun.



Gambar 4.4 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan head

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa semakin besar debit aliran primer (Q_1) maka akan semakin besar head yang dihasilkan oleh *jet pump*. Pada debit aliran primer (Q_1) 800 liter/jam memiliki efisiensi tertinggi seiring dengan bertambahnya kedalaman peletakan *jet pump*. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya debit aliran primer (Q_1) maka tekanan pada aliran sekunder (P_s) semakin rendah dan tekanan keluar *jet pump* (P_d) semakin tinggi karena adanya perbedaan tekanan (Δp). Dengan perbedaan nilai tekanan keluar *jet pump* dan tekanan aliran sekunder semakin besar menyebabkan head yang dihasilkan *jet pump* akan semakin tinggi.



Gambar 4.5 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan efisiensi

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa efisiensi *jet pump* meningkat seiring dengan bertambahnya debit aliran primer (Q_1) untuk semua variasi tinggi permukaan level air.

Umumnya efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh rasio debit dan rasio head. Kedua hal tersebut dipengaruhi oleh adanya tekanan pada daerah *suction chamber* yang rendah. Tekanan ini dipengaruhi oleh adanya kecepatan aliran air keluar *nozzle* yang tinggi, dikarenakan tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan. Jika tekanan di daerah *suction chamber* menjadi rendah maka perbedaan tekanan antara aliran sekunder dan tekanan *suction chamber* akan semakin besar sehingga kemampuan *jet pump* untuk mengangkat air pada aliran

sekunder akan menjadi besar. Dengan debit aliran sekunder yang besar maka rasio debit akan mengalami kenaikan. Sedangkan, rasio head dipengaruhi oleh perbedaan tekanan, yaitu tekanan keluar *jet pump* dan tekanan hisap aliran sekunder. Tekanan aliran keluar *jet pump* akan semakin tinggi jika terjadi kenaikan debit air yang keluar *diffuser*. Selain hal tersebut, tekanan aliran sekunder juga dipengaruhi oleh keseragaman aliran dan kestabilan aliran pada proses pencampuran dari aliran primer dan aliran sekunder pada daerah *mixing throat* sehingga tekanan keluar *jet pump* yang di hasilkan dari *diffuser* semakin tinggi. Sedangkan tekanan hisap aliran sekunder dipengaruhi oleh adanya perbedaan tekanan antara air dalam *reservoir* dan *suction chamber*, dan semakin besar perbedaan tekanan tersebut menyebabkan tekanan hisap pada aliran sekunder semakin rendah. Sehingga dengan tekanan keluar *jet pump* yang tinggi dan tekanan hisap aliran sekunder yang rendah maka akan menghasilkan rasio head yang tinggi. Jadi perubahan nilai rasio debit dan rasio head menyebabkan perubahan nilai efisiensi *jet pump*.

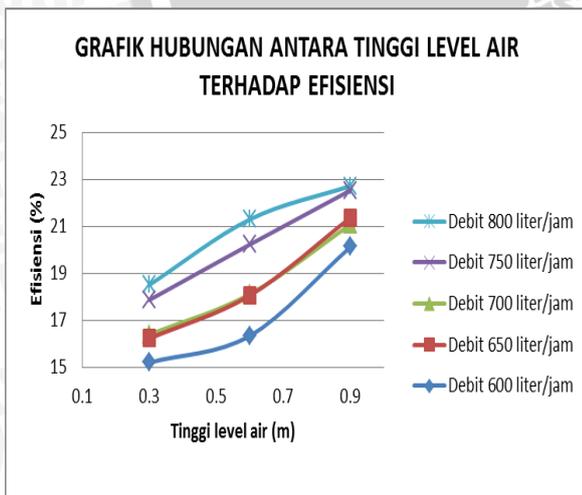
Pada debit aliran primer (Q_1) 800 liter/jam memiliki efisiensi tertinggi untuk variasi tinggi permukaan level air. Hal tersebut diakibatkan pada debit tersebut yang masuk ke *jet pump* juga meningkat. Kecepatan aliran ini tentunya akan bertambah lagi setelah melewati *nozzle*, akibatnya tekanan di ujung *nozzle* akan mempunyai nilai terendah. Dengan tekanan yang sangat rendah ini maka tekanan hisap aliran sekunder akan mencapai nilai terendah pula sehingga kemampuan *jet pump* untuk menghisap (debit) juga akan memiliki nilai terbesar. Hal tersebut akan mempengaruhi nilai rasio debit yang juga akan mencapai nilai terbesar.

Selain itu, dengan tekanan hisap pada aliran sekunder terendah, maka akan mempengaruhi nilai rasio head yang mencapai nilai terbesar. Sehingga secara keseluruhan, sesuai dengan persamaan :

$$N = \frac{Q_2(P_d - P_s)}{Q_1(P_i - P_d)}$$

Dengan nilai rasio debit dan rasio head terbesar akan berdampak pada efisiensi *jet pump* tertinggi.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa *jet pump* yang diletakkan di kedalaman 0,9 m memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan dengan peletakan *jet pump* dengan kedalaman 0,3 m dan 0,6 m. Efisiensi tertinggi pada kedalaman 0,9 m yaitu sebesar 22.567232 % dengan debit 800 liter/jam. Hal ini disebabkan adanya perbedaan ketinggian (Δh) yang semakin besar sehingga tekanannya pun akan berbanding lurus dengan bertambahnya kedalaman pada pemasangan *jet pump* di penelitian tersebut. Dimana aliran yang masuk dari sisi isap tekanannya akan semakin kecil karena terjadi kevakuman di sisi isap sehingga tekanan yang dimiliki fluida air pada *reservoir* lebih besar seiring bertambahnya ketinggian antara permukaan air dengan pipa di sisi isap tersebut maka air akan mengalir seiring bertambahnya debit aliran primer yang di kondisikan. Dari hal tersebut, rasio head mencapai nilai maksimum sehingga efisiensi yang dihasilkan maksimum pula.



Gambar 4.6 : Grafik hubungan antara tinggi level air dengan efisiensi

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya tinggi level air *dimana jet pump* tersebut diletakkan semakin dalam maka efisiensi *jet pump* pun akan meningkat.

Kecenderungan grafik tersebut meningkat karena pada debit yang bervariasi dari 600 liter/jam hingga debit 800 liter/jam berbanding lurus dengan kedalaman pemasangan *jet pump* dari 0.3 m sampai 0.9 m. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan ketinggian (Δh) yang semakin besar sehingga besarnya perbedaan tekanan (Δp) pun akan berbanding lurus dengan bertambahnya kedalaman pada pemasangan *jet pump* di penelitian tersebut. Dimana aliran yang masuk dari sisi isap tekanannya akan semakin kecil karena terjadi kevakuman di sisi isap sehingga tekanan yang dimiliki fluida air pada *reservoir* lebih besar seiring bertambahnya ketinggian antara permukaan air dengan pipa di sisi isap tersebut maka air akan mengalir seiring bertambahnya debit aliran primer yang di kondisikan. Pernyataan tersebut didapat dari rumusan tekanan hidrostatik : $P = \rho \cdot g \cdot h$

Dari hal tersebut, rasio head mencapai nilai maksimum sehingga efisiensi yang dihasilkan maksimum pula. Untuk nilai efisiensi yang maksimum dapat dari variasi ketinggian level air 0.9 m dengan debit 800 liter/jam yaitu 22.567232 %. Sedangkan efisiensi yang memiliki nilai minimum didapat dari variasi 0.3 m dengan variasi debit 600 liter/jam yaitu sebesar 15.200000 %. Pada grafik tersebut terjadi permasalahan dimana pada debit 750 liter/jam dengan debit 800 liter/jam didapat nilai efisiensi yang hampir sama yaitu 22.5320388 % dengan 22.567232 %. Hal ini dikarenakan semakin besar debit yang divariasikan maka kecepatan aliran fluida akan semakin meningkat dan hal ini akan menimbulkan *head losses* disetiap perubahan penampang pipa seperti *valve*, *elbow*, serta dipengaruhi oleh kekasaran pada pipa. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari rumusan persamaan Bernoulli dibawah ini :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Hl$$

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ketinggian level air berpengaruh terhadap efisiensi *jet pump*.

- Semakin besar debit pada aliran primer maka efisiensi *jet pump* akan meningkat.
- Pada variasi tinggi level air yang mempunyai efisiensi yang optimum yaitu didapat dari hasil penelitian pada ketinggian 0,9 m dengan nilai efisiensi sebesar 22.567232 % dengan penggunaan debit 800 liter/jam.
- Pada variasi level air yang mempunyai efisiensi yang minimum di dapat dari hasil penelitian pada ketinggian 0,3 m dengan nilai efisiensi sebesar 15.346573 % dengan penggunaan debit 600 liter/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar; 2008: Pengaruh jarak peletakan antara ujung *nozzle* dan sisi masuk mixing throat terhadap efisiensi *jet pump*; skripsi; Universitas Brawijaya, Malang.
- Fox, Robert W.; 1994: *Introduction To Fluid Mechanics*; John Wiley & Sonc Inc., Toronto.
- Indarto; 2004: *Pengaruh variasi diameter nozzle terhadap tekanan hisap jet pump*; tugas akhir; Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Karassik, I.J.;1976: *Pump Hand book*; Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Karassik, I.J; 1960: *Centrifugal Pumps Selection, Operation and Maintenance*;Mc, Graw Hill Book Company, New York.
- Nekrasov, Boris; 1960:*Hydraulics For Aeronautical Engineers*; Peace Publishers, Moscow.
- Nouwen, Ing A.; 1981: *Pompa I*;Edisi Kedua; Bharatara, Jakarta.
- Papanastasiou, Tasos. C.; 1993: *Applied Fluid Mechanics*; Prentice-Hall Inc, New Jersey

Prakeao, et al; 2002: *Numerical Prediction on the Optimum Mixing Throat Length for Drive Nozzle Position of the Central Jet Pump*; Tokai University, Japan.

Stepanoff, A.J; 1957: *Centrifugal and Axial Flow Pumps*; John Wiley & Sonc Inc, New York.

Streeter, Victor L.; 1991: *Fluid Mechanics*; Second Edition; Mc Graw Hill, New York.

White, Fank. M.;1994: *Fluid Mechanics*;Mc Graw Hill Book Company, New York.

