

PENGARUH VARIASI PANJANG NOZZLE DAN TINGGI LEVEL AIR TERHADAP EFISIENSI JET PUMP

Suryadi*

*Universitas Malikussaleh, Aceh - Indonesia

* suryadi80@unimal.ac.id, +62 85228557636

Abstract – Sumur ataupun tempat penampungan air tanah dalam skala rumah tangga secara umum membutuhkan alat yang efektif untuk mengangkat debit air yang banyak, masalah yang sering muncul adalah cara mengangkat air dari sumur bagi daerah yang sumurnya dalam untuk itu diperlukan pompa yang bertujuan untuk 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 karakteristik jet pump dengan melakukan variasi terhadap tinggi level air, panjang nozzle dan menggunakan air sebagai fluida kerja. Tinggi level air yang divariasikan 0m, 0.5m, 1m dan 1.5m sedangkan panjang nozzle 33 mm, 39 mm dan 45mm. debit aliran sekunder meningkat seiring dengan peningkatan debit aliran primer pada variasi panjang nozzle. Panjang nozzle berpengaruh terhadap efisiensi jet pump. Semakin besar debit pada aliran primer maka efisiensi jet pump akan meningkat. Jet pump yang diletakkan di kedalaman 1,5 m memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan dengan peletakan jet pump dengan kedalaman 0,5 m dan 1 m. Efisiensi tertinggi pada kedalaman 1,5 m yaitu sebesar 148,41 % dengan debit 2400 liter/jam.

Keywords: jet pump, tinggi level air, efisiensi, nozzle.

1 Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan utama bagi semua kehidupan. Manusia untuk keperluan sehari-hari tak dapat terelakkan dari kebutuhan akan air. Banyak di daerah terpencil atau pedesaan yang sekarang ini masih kekurangan air bersih. Baik di kota maupun di pedesaan air bersih diperoleh dari sumber-sumber air, baik itu langsung dari sungai ataupun air tanah. Sangat sulit mendapatkan air di daerah yang memiliki kedalaman air tanah yang tidak terjangkau oleh masyarakat. Hal ini dikarenakan kedalaman permukaan air yang diperoleh pada dataran tinggi, dataran rendah, kondisi musim penghujan, ataupun musim kemarau berbeda-beda. Mengatasi masalah ini, masyarakat menggunakan alat berupa pompa untuk memompa air tanah agar mempermudah menaikkan air.

Pompa adalah jenis mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain menggunakan pipa. Fluida yang dipindahkan oleh pompa adalah fluida incompressible. Selain digunakan untuk

mengangkat air dari sumur, pompa juga bisa digunakan untuk menaikkan fluida ke sebuah reservoir, pengairan, maupun pengisi ketel. Sedangkan dalam pelaksanaan operasinya pompa dapat bekerja secara tunggal, seri dan paralel. 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.

2 Jet PUMP

Jet pump merupakan suatu pompa non positif

displacement dengan efek khusus yang dapat digunakan untuk memindahkan suatu fluida dengan memanfaatkan kevakuman nozzle, kevakuman tersebut dapat dicapai karena adanya fluida penggerak yang mengalir pada nozzle. 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.

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.

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.

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

2.1 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 menyempit dari mulut nozzle.

Menurut Winoto (2000), efisiensi jet pump dipengaruhi oleh bentuk penampang nozzle. Dengan berbagai

penampang; segitiga, segiempat, dan lingkaran diperoleh efisiensi jet pump maksimum pada bentuk penampang lingkaran. Efisiensi jet pump sangat dipengaruhi oleh berbagai kondisi dari nozzle. 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 yang menyebabkan air akan tersedot naik pada ruang isap. Dengan menambah panjang nozzle akan mengurangi kerugian gesek yang nantinya dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan menghisap air pada jet pump.

2.2 Karakteristik Jet Pump

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

Nilai rasio debit (M)

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

Nilai rasio head (N)

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

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

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

Nilai efisiensi jet pump

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

dimana :

Q1 : Debit aliran primer (m³/s)

Q2 : Debit aliran sekunder (m³/s)

Pi : Tekanan aliran primer (N/m²)

Pd : Tekanan aliran keluar jet pump (N/m²)

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.

Andi R.S., dkk, menyatakan bahwa 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.

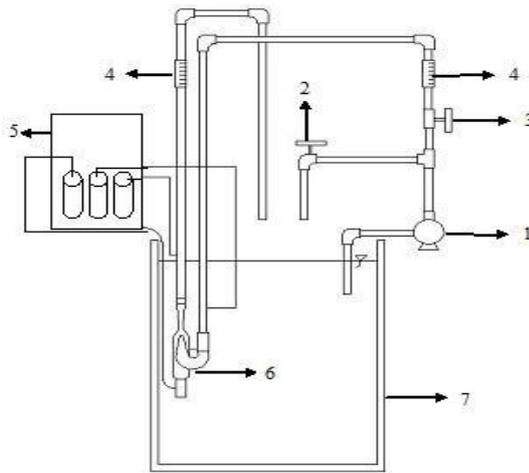
3 Metode EKSPERIMEN DAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Pada penelitian ini yang divariasikan adalah panjang nozzle dan tinggi level air untuk meningkatkan efisiensi

centrifugal jet pump dan untuk membuktikan bahwa panjang *nozzle* dan tinggi level air dapat mempengaruhi efisiensi *jet pump*. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebasnya adalah
 - a. panjang *nozzle* 33 mm, 39 mm dan 45mm.
 - b. Tinggi level air 0m, 0,5 m, 1m, 1.5m.
2. Variabel terikatnya adalah efisiensi *jet pump*.
3. Variabel terkontrolnya adalah Debit aliran: 10; 15; 20; 25; 30, 35, 40 liter/menit.

Adapun instalasi penelitian dan variasi *nozzle* dan tinggi level air ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 1. Instalasi penelitian

Keterangan gambar :

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

Tabel 1. Variasi matriks eksperimen dalam penelitian

Panjang <i>nozzle</i> (mm)	Debit air, Q (liter/min)							Tinggi level Air (m)
	10	15	20	25	30	35	40	
33	1	2	3	4	5	6	7	0,5
39	8	9	10	11	12	13	14	1
45	15	16	17	18	19	20	21	1,5

3.1. Prosedur Penelitian

Tahap pertama adalah menyiapkan alat dan bahan, dalam penelitian ini alat dan bahan yang harus disiapkan adalah semua alat dan komponen – komponen yang telah diuraikan pada sub bahan dan peralatan penelitian. Setelah alat dan bahan telah lengkap, langkah selanjutnya adalah

perancangan alat penelitian, langkah – langkah selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Pemeriksaan alat ukur debit aliran fluida dan pipa isap.
- Pemeriksaan *nozzle* dan katup isap.
- Pemeriksaan air.
- Pemeriksaan pompa.
- Pemeriksaan motor.
- Pemeriksaan alat bantu lain.
- Pemeriksaan instalasi / sistem perpipaan.
- Pada kondisi diatas kemudian divariasikan level air dan panjang *nozzle*

Setelah memvariasikan tinggi level air atau pemasangan salah satu *nozzle*, Untuk kondisi awal katup *suction* ditutup penuh dan katup *discharge* ditutup penuh. Lalu pompa dijalankan, sebelumnya posisi katup *suction* dibuka penuh dan bila pompa belum bekerja dilakukan pemancingan. - Selanjutnya setelah pompa bekerja katup *discharge* sampaikan mendapatkan debit aliran dari 10; 15; 20; 25; 30, 35, 40 liter/menit.

3.2. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengambilan data pengujian ini dilakukan dengan cara Mengamati tekanan pada sisi *discharge*, *suction* dan jet pump menggunakan manometer dengan variasi debit aliran seperti yang telah ditentukan.
- Mengukur tinggi permukaan air pada *nozzle* dan pada bak penampung.
- Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit atau diasumsikan aliran sudah *steady*.

3.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika *deskriptif kuantitatif*. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147).

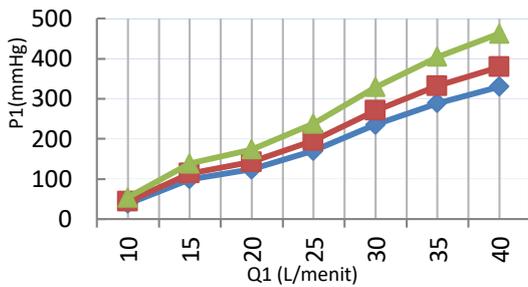
4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Debit Aliran

Debit aliran sekunder meningkat seiring dengan peningkatan debit aliran primer. Hal ini disebabkan semakin besarnya debit aliran primer 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 rendah sehingga kemampuan *jet pump* untuk menghisap air semakin besar, juga dapat dilihat seperti digambarkan pada gambar 2.

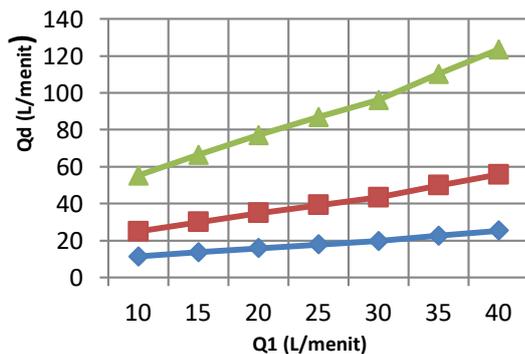
Debit aliran sekunder akan semakin meningkat seiring peletakan kedalaman yang divariasikan mulai 0.5 m, 1m, dan 1,5 m pada *jet pump* ditunjukkan Pada Gambar 3.

Hal ini menyebabkan kecepatan air yang keluar *nozzle* akan semakin tinggi besar, dimana semakin bertambahnya debit aliran primer yang masuk maka pasokan air yang masuk juga semakin besar. Dengan kecepatan yang semakin tinggi, tekanan pada daerah *suction chamber* akan semakin menurun yang dapat mengakibatkan kemampuan dari *jet pump* untuk menghisap air akan semakin besar dikarenakan terjadinya perbedaan tekanan tersebut.



Gambar 2. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder

Fluida yang keluar dari *diffuser* mempunyai head tekanan yang semakin besar, disebabkan adanya penambahan luas penampang di daerah tersebut. Dengan adanya proses pencampuran air dari aliran primer dan aliran sekunder pada *mixing throat*, maka aliran fluida akan lebih stabil dan seragam. maka aliran yang keluar dari *diffuser* memiliki tekanan yang besar sesuai dengan fungsi *diffuser* yaitu meningkatkan tekanan dengan cara memperlambat kecepatan pada fluida yang mengalir di sekitar penampang tersebut

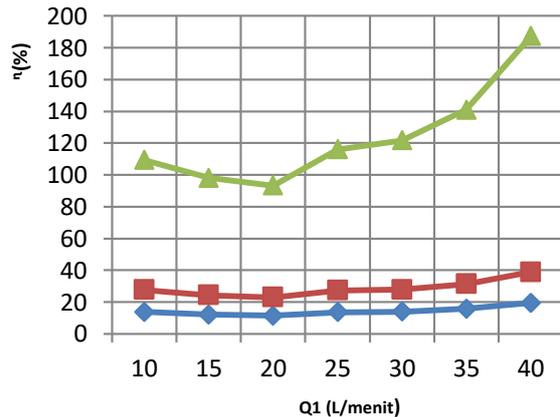


Gambar 3 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder dengan tinggi level air

4.2 Efisiensi

Dari gambar 4. menunjukkan bahwa *jet pump* yang diletakkan di kedalaman 1,5 m memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan dengan peletakan *jet pump* dengan kedalaman 0,5 m dan 1 m. Efisiensi tertinggi pada kedalaman 1,5 m yaitu sebesar 148,41 % dengan debit 2400 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. Grafik hubungan antara Efisiensi dan debit aliran primer

Kecenderungan grafik tersebut meningkat karena pada debit yang bervariasi dari 10 liter/menit hingga debit 40 liter/menit berbanding lurus dengan kedalaman pemasangan *jet pump* dari 0.5 m sampai 1,5 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.

Dari hal tersebut, rasio head mencapai nilai maksimum sehingga efisiensi yang dihasilkan maksimum pula. Untuk nilai efisiensi yang maksimum di dapat dari variasi ketinggian level air 1,5 m yaitu sebesar 148,41 % dengan debit 2400 liter/jam. Sedangkan efisiensi yang memiliki nilai minimum didapat pada kedalaman *jet pump* 0,5 meter dengan efisiensi 4,35 % dengan variasi debit 320 liter/jam.

5 KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah di kerjakan bahwa debit aliran sekunder meningkat seiring dengan

peningkatan debit aliran primer pada variasi panjang *nozzle*. Panjang *nozzle* berpengaruh terhadap efisiensi *jet pump*. Semakin besar debit pada aliran primer maka efisiensi *jet pump* akan meningkat. Jet pump yang diletakkan di kedalaman 1,5 m memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan dengan peletakan *jet pump* dengan kedalaman 0,5 m dan 1 m. Efisiensi tertinggi pada kedalaman 1,5 m yaitu sebesar 148,41 % dengan debit 2400 liter/jam.

References

- [1] Bahtiar; 2008: Pengaruh jarak peletakan antara ujung *nozzle* dan sisi masuk mixing throat terhadap efisiensi *jet pump*; skripsi; Universitas Brawijaya, Malang.
- [2] Indarto; 2004: *Pengaruh variasi diameter nozzle terhadap tekanan hisap jet pump*; tugas akhir; Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [3] Karassik, I.J.; 1960: *Centrifugal Pumps Selection, Operation and Maintenance*; Mc, Graw Hill Book Company, New York.
- [4] Papanastasiou, Tasos. C.; 1993: *Applied Fluid Mechanics*; Prentice-Hall Inc, New Jersey
- [5] Prakeao, et al; 2002: *Numerical Prediction on the Optimum Mixing Throat Length for Drive Nozzle Position of the Central Jet Pump*; Tokai University; Japan.
- [6] Stepanoff, A.J.; 1957: *Centrifugal and Axial Flow Pumps*; Jhon Wiley & Sonc Inc.; New York.
- [7] Sularso; 1983: *Pompa dan Kompresor*; Pradnya paramitha; Jakarta.
- [8] Streeter, Victor L.; 1991: *Fluid Mechanics*; Second Edition; Mc Graw Hill; New York
- [9] White, Fank. M.; 1994: *Fluid Mechanics*; Mc Graw Hill Book Company, New York.