

PENGARUH VARIASI PANJANG NOZZLE TERHADAP EFISIENSI *JET PUMP*

Satrya Wijaya Ompusunggu, Achmad As'ad Sonief, Ari Wahjudi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. Watumujur I/11A, Malang, 65145, Indonesia
E – mail : aritonang.o16@gmail.com

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*". Selama ini efisiensi *jet pump* belum optimal terhadap *nozzle* yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *jet pump* dengan melakukan variasi terhadap panjang *nozzle* dan fluida kerja yang digunakan adalah air. Panjang *nozzle* yang divariasikan 30mm, 35mm, dan 40 mm. 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 kemudian digunakan untuk menghitung kinerja dari *jet pump*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *nozzle* yang menghasilkan efisiensi yang optimal adalah panjang *nozzle* 35 mm.

Kata Kunci : *jet pump*, panjang *nozzle*, efisiensi

1. PENDAHULUAN

Air bersih dibutuhkan masyarakat sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari. Baik di kota maupun di pedesaan air 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. Mengatasi masalah ini, masyarakat menggunakan alat berupa pompa untuk memompa air tanah agar mempermudah menaikkan air. Hal ini dikarenakan kedalaman permukaan air yang diperoleh pada dataran tinggi, dataran rendah, kondisi musim penghujan, ataupun musim kemarau berbeda-beda.

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*. Dalam menjalankan fungsinya tersebut pompa mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi tekanan pada fluida. Selain digunakan untuk mengangkat air dari sumur, pompa juga bisa digunakan untuk menaikkan fluida ke sebuah reservoir, pengairan, maupun pengisi ketel. Sedang dalam pelaksanaan operasinya pompa dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel. Pada dasarnya pompa yang tersedia di masyarakat tidak mampu mengangkat air

lebih dari 10 meter, sementara untuk kebutuhan sumur di pedesaan lebih dari 10 meter. Dari kebutuhan ini akhirnya dikembangkan alat yaitu pompa jet atau sering dikenal dengan "*jet pump*".

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.

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. Hal ini akan 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. TINJAUAN PUSTAKA

Efisiensi *jet pump* maksimum pada penampang lingkaran (Winoto 2000).

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

Bahtiar (2008), menyatakan efisiensi *jet pump* dipengaruhi oleh jarak peletakan ujung *nozzle* dan sisi masuk *mixing throat*. Efisiensi *jet pump* maksimum terjadi pada spasi *nozzle-mixing throat* 16 mm.

Jadi efisiensi *jet pump* sangat dipengaruhi oleh ukuran, dan geometri *nozzle* dari *jet pump*. Peningkatan efisiensi *jet pump* terus dikembangkan untuk mendapatkan efisiensi *jet pump* yang lebih optimum, salah satunya melalui riset variasi panjang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*.

Dasar Teori

Prinsip Kerja *Jet pump*

Pada *jet pump*, fluida dialirkan melalui *nozzle* dimana arus mengecil karena perubahan penampang *nozzle*, difuser 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 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 menyempit dari mulut *nozzle*.

Karakteristik *Jet pump*

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

Nilai rasio debit (M)

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

Nilai rasio head (N)

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

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

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

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 :

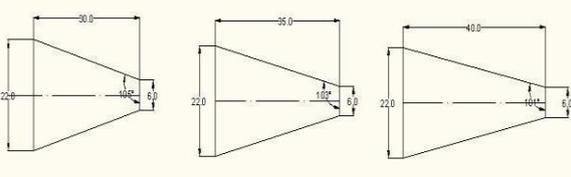
- Q_1 : Debit aliran primer (m^3/s)
- Q_2 : Debit aliran sekunder (m^3/s)
- P_i : Tekanan aliran primer (N/m^2)
- P_s : Tekanan aliran sekunder (N/m^2)
- P_d : Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m^2)

3. Metode Penelitian

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

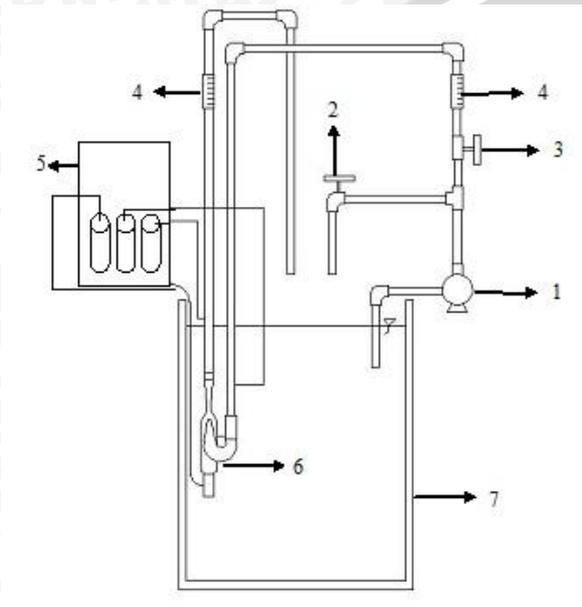
- 1) Variabel bebasnya adalah panjang *nozzle* 30mm, 35mm, dan 40mm.
- 2) Variabel terikatnya adalah efisiensi *jet pump*.
- 3) Variabel terkontrolnya adalah Debit aliran: 600; 650; 700; 750; 800liter/ jam.

Pada penelitian ini yang divariasikan adalah panjang *nozzle*. Khususnya *centrifugal jet pump* untuk meningkatkan efisiensinya maka dilakukan variasi panjang *nozzle*. Untuk membuktikan bahwa panjang *nozzle* dapat mempengaruhi efisiensi *jet pump*. Adapun variasinya ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 1 : panjang *nozzle* 30mm, 35mm, 40mm

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. *Flowmeter*
5. *Manometer*
6. *Jet pump*
7. Bak penampung

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang telah diambil seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1: Data hasil pengujian dengan panjang *nozzle* 30mm.

Q1 (L/menit)	Qd (L/menit)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)
10,00	11.3	38.0	1.0	-1.0
10,80	13.6	99.0	4.0	-1.5
11,70	15.8	124.0	5.0	-2.5
12,50	17.8	170.0	10.0	-3.0
13,30	19.7	235.0	16.0	-3.5

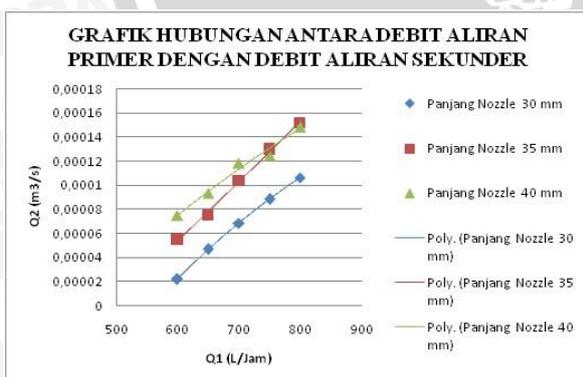
Tabel 2: Data hasil pengujian dengan panjang *nozzle* 35mm.

Q1 (L/menit)	Qd (L/menit)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)
10,00	13.3	140.0	5.0	-2.5
10,80	15.5	178.0	7.0	-3.5
11,70	17.9	202.0	9.0	-4.5
12,50	19.8	251.0	15.0	-5.0
13,30	21.9	303.0	20.0	-6.0

Tabel 3: Data hasil pengujian dengan panjang *nozzle* 40mm.

Q1 (L/menit)	Qd (L/menit)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)
10,00	14,50	216,00	8,00	-3,50
10,80	16,40	261,00	9,00	-4,00
11,70	18,80	287,00	12,00	-5,50
12,50	20,00	334,00	17,00	-6,00
13,30	22,20	405,00	19,00	-6,50

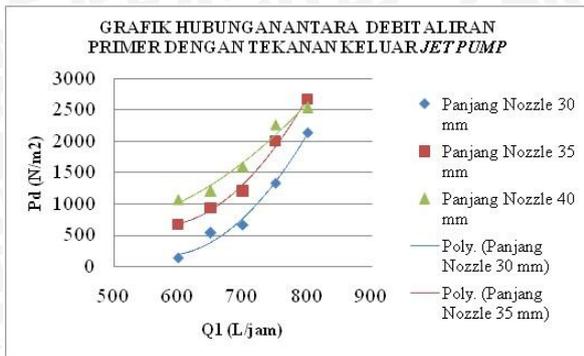
Dari data yang telah diambil dari pengujian dan diolah dengan perhitungan maka didapat grafik karakteristik *jet pump*.



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

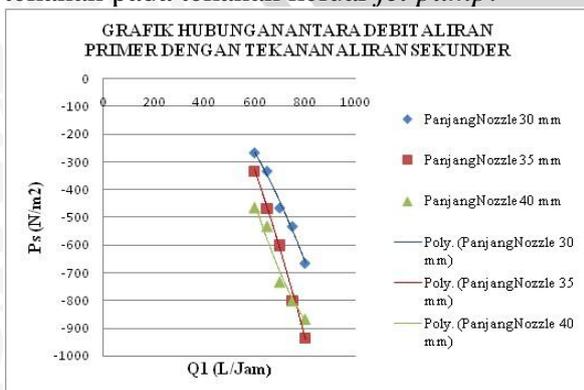
Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa debit aliran sekunder meningkat seiring dengan peningkatan debit aliran primer

pada variasi panjang *nozzle*. 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 (Q_2). Akan tetapi pada gambar 4.1 variasi panjang *nozzle* 40 mm mengalami penurunan pada debit 750 (L/Jam), ini disebabkan berlebihnya panjang *nozzle* dari ruangan yang tersedia pada *jet pump* menyebabkan tidak masuknya air dengan baik pada aliran primer



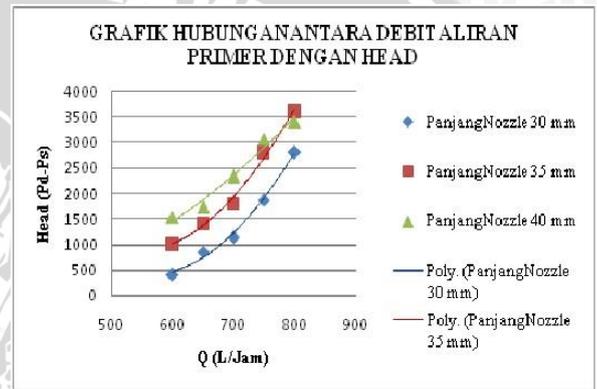
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan keluar jet pump

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran primer maka semakin tinggi tekanan keluar jet pump. Hal ini disebabkan karena energi yang dimasukkan pada jet pump berupa debit dan tekanan aliran primer semakin besar. Sesuai dengan hukum kekekalan energi, maka energi keluar diffuser yaitu berupa tekanan akan menjadi semakin besar. 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. Akan tetapi pada variasi panjang nozzle 40 mm mengalami penurunan tekanan di debit aliran primer 800 L/Jam. Hal ini disebabkan oleh berlebihnya panjang nozzle dari ruang yang tersedia pada jet pump menyebabkan tidak masuknya air dengan baik pada aliran air yang masuk nozzle jet pump sehingga kemampuan hisap pada suction chamber menurun yang dapat mengakibatkan penurunan tekanan pada tekanan keluar jet pump.



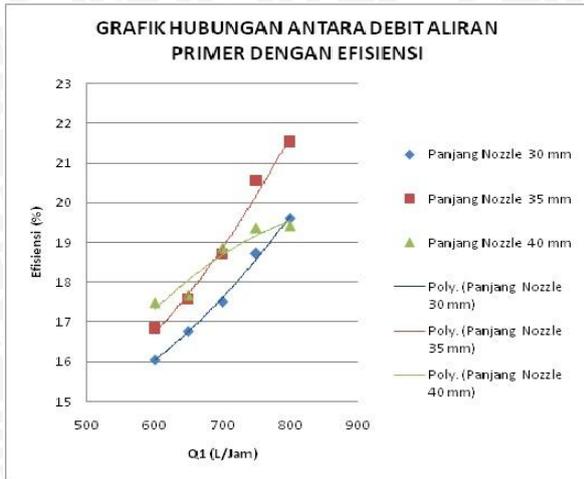
Gambar 4.3 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan aliran sekunder

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa dengan semakin besar debit aliran primer maka tekanan aliran sekunder semakin rendah. Hal ini disebabkan dengan semakin bertambahnya debit aliran primer maka kecepatan air yang keluar dari nozzle akan semakin tinggi 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.

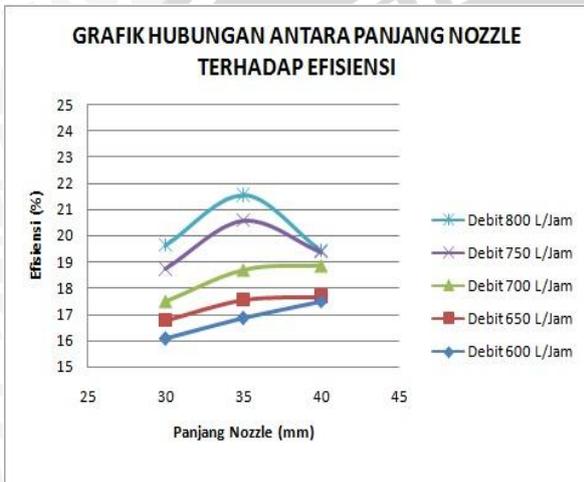


Gambar 4.4 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan head

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa semakin besar debit aliran primer maka head yang dihasilkan jet pump akan semakin besar. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya debit aliran primer maka tekanan pada aliran sekunder semakin rendah dan tekanan keluar jet pump semakin tinggi. 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



Gambar 4.6 : Grafik hubungan antara panjang nozzle dengan dengan efisiensi

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa efisiensi *jet pump* meningkat seiring dengan bertambahnya debit untuk semua variasi panjang *nozzle*.

Secara umum 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, sesuai dengan rumus (1) rasio debit di bawah ini:

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

Keterangan :

- Q₁ : Debit aliran primer (m³/s)
- Q₂ : Debit aliran sekunder (m³/s)

Sedangkan, rasio head dipengaruhi oleh perbedaan tekanan, yaitu tekanan keluar *jet pump* dan tekanan hisap aliran sekunder. Semakin besar perbedaan tekanan keluar *jet pump* dan tekanan hidap aliran sekunder maka kemampuan *jet pump* untuk mengangkat air pada rasio headnya akan semakin besar, sesuai dengan rumus (2) rasio head dibawah ini:

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

Keterangan :

- P_i : Tekanan aliran primer (N/m²)
- P_s : Tekanan aliran sekunder (N/m²)
- P_a : Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m²)

Terlihat pada gambar 4.6 efisiensi tertinggi terdapat pada variasi panjang *nozzle* 35 mm yaitu 21,5278%, pada debit 800 L/Jam. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan rasio debit dan rasio head, dimana pada variasi panjang *nozzle* debit yang mengalir dari aliran primer mengakibatkan semakin besarnya kecepatan air yang keluar dari mulut *nozzle*. Dengan semakin besarnya kecepatan air yang keluar tekanan pada daerah *suction chamber* akan semakin rendah, sehingga kemampuan *jet pump* mengangkat air akan semakin besar, sesuai dengan rumus (3) efisiensi *jet pump* dibawah ini:

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

Keterangan :

- Q₁ : Debit aliran primer (m³/s)
- Q₂ : Debit aliran sekunder (m³/s)
- P_i : Tekanan aliran primer (N/m²)
- P_s : Tekanan aliran sekunder (N/m²)



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

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

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa panjang *nozzle* berpengaruh terhadap efisiensi *jet pump*. Semakin besar debit pada aliran primer maka efisiensi *jet pump* akan meningkat

DAFTAR PUSTAKA

Bahtiar; 2008: *Pengaruh jarak peletakan antara ujung nozzle dan sisi masuk mixing throat terhadap efisiensi jet pump*; skripsi; Universitas Brawijaya, Malang.

Dietzel, Fritz; 1990: *Turbin, Pompa dan Kompresor*; Erlangga; Jakarta.

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.

Nouwen, Ing A.; 1981: *Pompa I*; Edisi Kedua; Bharatara; Jakarta.

Nekrasov, B.; 1967: *Hydraulics for Aeronautical Engineering*; Peace Publishers; Moscow.

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

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

Sularso; 1983: *Pompa dan Kompresor*; Pradnya paramitha; Jakarta.

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