

**PENGARUH VARIASI PANJANG NOZZLE
TERHADAP EFISIENSI JET PUMP**

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Konversi Energi

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

SATRYA WIJAYA OMPUSUNGGU
NIM. 0710623019 – 62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2012**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI PANJANG NOZZLE
TERHADAP EFISIENSI JET PUMP**

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Konversi Energi

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

SATRYA WIJAYA OMPUSUNGGU
NIM. 0710623019 – 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.
NIP. 19591128 198710 1 001

Ir. Ari Wahjudi, MT.
NIP. 19680324 199412 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PANJANG NOZZLE

TERHADAP EFISIENSI *JET PUMP*

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Konversi Energi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

SATRYA WIJAYA OMPUSUNGGU
NIM. 0710623019 – 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 21 November 2012

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

Purnami, ST., MT.
NIP. 19770707 200812 1 005

Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT., MET
NIP. 19551117 198601 1 001

Komprehensif

Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT.
NIP. 19701017 199802 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan YME yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan benar.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M. Eng, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Lilis Yulianti, selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Konversi Energi dan Dosen Wali.
4. Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ir. Ari Wahjudi, MT.,selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin.
7. Kedua orang tua yang tercinta Bapak Ir. Janurdin Ompusunggu, MM dan Ibu Dahliana Simanjuntak, SE.
8. Tesalonica Tobing, yang selalu mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi saya.
9. Sahabat saya Andi Rendi Suhendra, Tarjo, Abror, Shaka, Yoga, Lendi, Tunkpey, Arya N. P, yang selalu menemani saya.
10. Staff dan asisten Lab. Fluida Mesin.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, masyarakat pada umumnya dan mahasiswa Teknik Mesin pada khususnya.

Malang, November 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR GRAFIK.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Penelitian Sebelumnya	4
2.2. Pompa.....	4
2.2.1. Klasifikasi Pompa	5
2.2.2. Pompa Sentrifugal.....	9
2.3. <i>Jet Pump</i>	10
2.3.1. <i>Nozzle</i>	12
2.3.2. <i>Diffuser</i>	13
2.3.3. <i>Mixing Throat</i>	13
2.3.4. <i>Suction Chamber</i>	14
2.4. Proses-proses yang terjadi pada komponen <i>jet pump</i>	14
2.5. Persamaan-persamaan Dasar Pada <i>Jet Pump</i>	14
2.5.1. Persamaan Kontinuitas	14
2.5.2. Persamaan <i>Bernoulli</i>	15
2.5.3. <i>Head Losses</i>	16
2.6. Karakteristik <i>Jet Pump</i>	17
2.7. Efisiensi <i>Jet Pump</i>	18
2.8. Hipotesa	19

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Metode Penelitian	20
3.2. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	20
3.3. Variabel Penelitian	20
3.4. Prosedur Penelitian	21
3.5. Peralatan Penelitian	21
3.6. Instalasi Penelitian	25
3.7. Metode Pengambilan Data	26
3.8. Tabel Penelitian	26
3.9. Diagram Alir Penelitian	29
BAB IV. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Data Hasil Pengujian	30
4.2. Perhitungan Data	30
4.3. Analisis Grafik	33
4.3.1. Analisis Grafik Karakteristik	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
-----	-------	---------

Tabel 3.1. Contoh pengambilan data efisiensi <i>jet pump</i> dengan menggunakan nozzle 30mm	26
Tabel 4.1. Data hasil pengujian	33
Tabel 4.2. Pengolahan data efisiensi <i>jet pump</i> dengan panjang nozzle 30, 35, 40 mm	35



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal
Gambar 2.1.	Pompa Piston	6

Gambar 2.2.	Pompa Roda Gigi Dalam	7
Gambar 2.3.	Pompa Roda Gigi Luar	7
Gambar 2.4.	Pompa Aksial	8
Gambar 2.5.	Pompa Radial	9
Gambar 2.6.	Pompa Sentrifugal.....	9
Gambar 2.7.	Bagian-bagian <i>Jet Pump</i>	10
Gambar 2.8.	(a) Instalasi <i>Jet Pump</i> , (b) <i>Jet Pump</i>	11
Gambar 2.9.	Bentuk <i>Nozzle</i> Konvergen Divergen (a) Konvergen, (b) Throat, (c) Divergen.....	13
Gambar 2.10.	Bentuk-bentuk lokal saluran	17
Gambar 3.1.	Pipa PVC	21
Gambar 3.2.	<i>Jet pump</i>	22
Gambar 3.3.	Panjang <i>Nozzle</i> dengan ukuran 30 mm, 35mm, dan 40 mm	22
Gambar 3.4.	<i>Flowmeter</i>	23
Gambar 3.5.	Pompa.....	23
Gambar 3.6.	Katup (<i>Valve</i>)	24
Gambar 3.7.	Manometer Pipa-U Fluida Raksa	24
Gambar 3.8.	Instalasi Alat Penelitian.....	25

DAFTAR GRAFIK

No.	Judul	Hal
Grafik 3.1.	Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder	27

Grafik 3.2. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan keluar <i>jet pump</i>	28
Grafik 3.3. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan aliran sekunder.....	28
Grafik 3.4. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan head.....	29
Grafik 3.5. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan Efisiensi	29
Grafik 3.6. Grafik hubungan antara panjang <i>nozzle</i> terhadap efisiensi	30
Grafik 4.1. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder	35
Grafik 4.2. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan keluar <i>jet pump</i>	36
Grafik 4.3. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan aliran sekunder.....	37
Grafik 4.4. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan head.....	38
Grafik 4.5. Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan Efisiensi	39
Grafik 4.6. Grafik hubungan antara panjang <i>nozzle</i> terhadap efisiensi	39

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
	Lampiran Data Hasil Pengujian dan Pengolahan Data



RINGKASAN

Satrya Wijaya Ompusunggu, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2012, Pengaruh Variasi Panjang Nozzle Terhadap Efisiensi Jet Pump, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT., dan Ir. Ari Wahjudi, MT.

Masalah yang sering muncul bagi daerah yang sumurnya dalam adalah cara mengangkat air dari sumur. 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. 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* (Q_d) dan tekanan pada aliran primer masuk *jet pump* (P_i), tekanan sekunder (P_s), dan tekanan keluar *jet pump* (P_d), dan kemudian digunakan untuk menghitung kinerja dari *jet pump*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *nozzle* yang menghasilkan efisiensi yang optimal adalah panjang *nozzle* 35 mm yaitu 21,557952%.

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



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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.

Winoto (2000) melakukan penelitian dengan metode analisis dan eksperimental tentang efisiensi *jet pump*. Penelitian yang dilakukan adalah mengamati bagaimana pengaruh bentuk penampang *nozzle* terhadap efisiensi *jet*

pump. Dengan variasi penampang yaitu segitiga, segiempat, dan lingkaran. Dari penelitian tersebut diperoleh efisiensi *jet pump* yang maksimum adalah pada penampang lingkaran.

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*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka dapat ditarik rumusan masalah yang akan diteliti yaitu bagaimana pengaruh variasi panjang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan rumusan masalah di atas dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Fluida yang digunakan adalah air (fluida *incompressible*)
2. Jarak antara *nozzle* dengan *mixing throat* tetap
3. Viskositas fluida dianggap konstan
4. Diameter *nozzle* tetap
5. Aliran diasumsikan dalam kondisi *steady flow*, tidak ada *heat transfer* yang terjadi dan tidak ada gesekan.
6. Pada *jet pump* diasumsikan tidak terjadi kavitasi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui efisiensi maksimum yang didapat dengan panjang *nozzle* yang paling baik digunakan pada *jet pump*
2. Mengetahui pengaruh yang diakibatkan variasi panjang *nozzle* terhadap tingkat kevakuman yang terjadi pada sisi isap.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberi masukan kepada masyarakat dalam penggunaan *jet pump* yang dapat digunakan untuk mengangkat air dari sumber air tanah yang tidak terjangkau oleh daya pompa yang terbatas.
2. Mahasiswa dapat mengetahui pengaruh panjang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*.
3. Menambah wawasan penelitian bagi dunia ilmu pengetahuan khususnya yang berhubungan dengan Teknik Mesin.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian-penelitian Sebelumnya

Winoto (2000) melakukan penelitian dengan metode analisis dan eksperimental tentang efisiensi *jet pump*. Penelitian yang dilakukan adalah mengamati bagaimana pengaruh bentuk penampang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*. Dengan variasi penampang yaitu segitiga, segiempat, dan lingkaran. Dari penelitian tersebut diperoleh efisiensi *jet pump* yang maksimum adalah pada penampang lingkaran.

Prakeao, et al (2002) melakukan penelitian dengan menggunakan metode *numerical* untuk menentukan kondisi optimum panjang *mixing throat* yang dapat menghasilkan efisiensi yang baik pada *jet pump*. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi *jet pump* adalah :

1. d/D = ratio antara diameter *nozzle* (d) dan diameter *mixing throat* (D).
2. l = Jarak dari ujung *nozzle* kesisi masuk *mixing throat*.
3. L_m = Panjang *mixing throat*.

Dengan hasil efisiensi maksimum adalah $d/D = 0,6$; $L/D = 0,5$; $L_m/D = 3,5$.

Bahtiar (2008) melakukan penelitian dengan metode eksperimen nyata (*True experimental research*), yaitu dengan melakukan pengamatan untuk mengetahui pengaruh jarak peletakan antara ujung *nozzle* dan sisi masuk *mixing throat* terhadap efisiensi *jet pump*. Dengan variasi jarak peletakan 13 mm, 14 mm, 15 mm, 17 mm, dan 18 mm. Dari penelitian tersebut diperoleh efisiensi *jet pump* yang maksimum adalah pada spasi *Nozzle – mixing throat* 16 mm. Dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ukuran dan geometri dari *jet pump* sangat mempengaruhi efisiensi dari *jet pump*. Maka dari itu diperlukan penelitian-penelitian untuk mendapatkan optimasi desain sehingga didapat *jet pump* yang mempunyai efisiensi yang baik.

2.2 Pompa

Pompa merupakan salah satu mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan atau mengalirkan fluida melalui pipa dari suatu tempat ke tempat lain. Fluida yang digunakan adalah fluida *incompressible*. Dalam menjalankan fungsinya tersebut pompa mengubah energi mekanik poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi kinetik, kemudian diubah lagi menjadi energi potensial pada fluida, sehingga fluida tersebut dapat terangkat ke elevasi yang lebih tinggi. Selain digunakan untuk mengangkat air dari sumur, pompa juga bisa digunakan untuk menaikkan fluida ke sebuah reservoir, pengairan, pelumasan, pendingin

alat-alat industri, maupun pengisi ketel. Sedang dalam pelaksanaan operasinya pompa dapat bekerja secara tunggal, seri dan parallel tergantung kebutuhan pemakai. Karena fungsinya yang banyak sekali, pompa menjadi suatu alat yang penting bagi dunia industri.

2.2.1 Klasifikasi Pompa

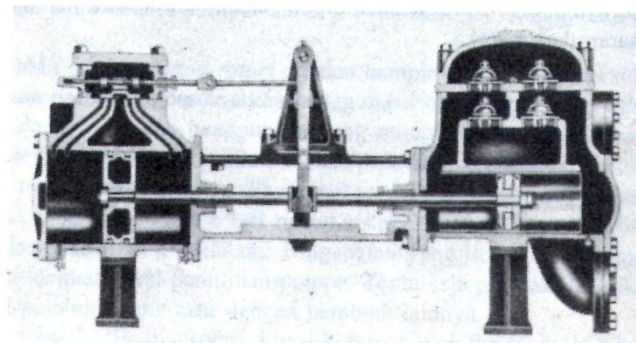
Berdasarkan prinsip kerjanya, maka pompa dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Positive Displacement Pump*

Pompa ini memanfaatkan energi mekanik pada poros yang dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. fluida masuk kemudian langsung dipindahkan kesisi buang sehingga tidak lagi ada kebocoran (aliran balik) dari sisi buang kesisi masuk. Pompa jenis ini menghasilkan head yang tinggi dengan kapasitas rendah. Perubahan energi yang terjadi adalah energi mekanik yang diubah langsung menjadi energi potensial. Ada beberapa jenis pompa yang termasuk kedalam jenis pompa aksi positif, yaitu:

a. Pompa Piston

Prinsip kerja pompa ini adalah berputarnya selubung putar akan menghasilkan piston bergerak turun naik sesuai dengan posisi ujung ujung piston diatas piring dakian (gambar 2.1). Fluida terisap kedalam silinder dan kemudian bergerak kesaluran buang akibat gerakan turun naiknya piston. Bertemunya rongga silinder pada piston pada selubung putar dengan saluran isap dan tekan yang terdapat pada plat berkatup . pompa ini biasanya diproduksi untuk kebutuhan head sangat tinggi dengan kapasitas rendah. Dalam aplikasinya pompa ini untuk kebutuhan tenaga hidrolik pesawat angkat.



Gambar 2.1 : Pompa Piston
Sumber : Edward, 1990: 32

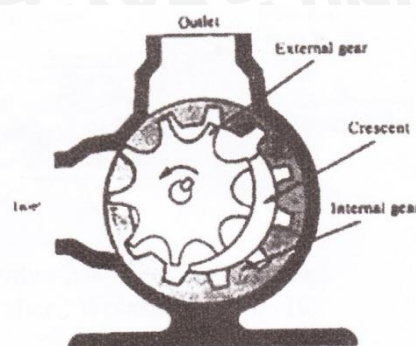
b. Pompa Rotari

Pompa rotari biasanya digunakan untuk memompakan fluida yang mempunyai viskositas yang besar (fluida kental) seperti minyak, oli dan lain-lain. Pompa ini memanfaatkan energi mekanik poros untuk memutar rotor yang kemudian merangkap cairan dan mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup, cairan ini akan keluar dengan aliran yang lancar (*smooth*). Pompa rotari menghasilkan head yang tinggi namun kapasitas aliran yang dihasilkan sangat rendah. Dalam aplikasinya, pompa ini digunakan dalam proses pelumasan.

Macam-macam pompa yang termasuk kedalam kategori pompa rotari adalah :

➤ Pompa roda gigi dalam

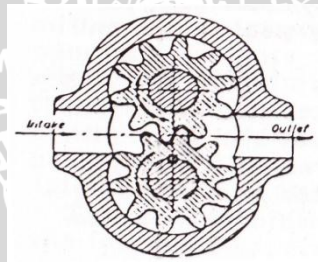
Cara kerja pompa roda gigi dalam adalah dengan memanfaatkan putaran antara roda gigi luar dan roda gigi dalam yang menghasilkan tekanan vacum sehingga dapat menarik fluida ke dalam rumah pompa. Kemudian fluida tersebut dipaksa keluar melalui outlet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 : Pompa roda gigi dalam
Sumber : Wolansky, 1990: 97

➤ Pompa roda gigi luar

Pompa ini merupakan pompa rotari yang paling banyak digunakan (gambar 2.3), karena desainnya yang sederhana. Cairan akan terisap kedalam rongga antara roda gigi ketika kedua roda gigi terpisah kemudian akan dibawa keliling rumah pompa dan akhirnya ditekan keluar saat roda gigi tersebut bersatu kembali.



Gambar 2.3 : Pompa roda gigi luar
Sumber : Nekrasov, 1967: 224

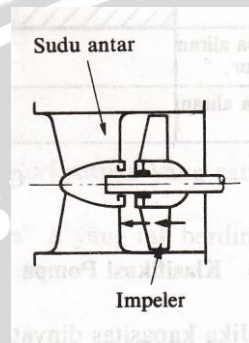
2. *Dynamic Pump*

Prinsip kerja pompa dinamik adalah memanfaatkan energi mekanik pada poros pompa yang akan memutar impeler dengan kecepatan tinggi, kemudian fluida akan masuk mengisi ruang kosong pada impeler dan akhirnya ditekan keluar dari rumah pompa. Pada bagian sudu impeler terjadi perubahan energi mekanik poros menjadi energi kinetik fluida, sedangkan pada bagian rumah pompa (*volut*) terjadi perubahan energi dari energi kinetik fluida sebagian diubah menjadi energi tekan fluida. Pompa ini memiliki 3 bagian utama, yaitu motor sebagai penggerak, impeler dan rumah pompa (*volut*).

Berdasarkan arah aliran fluidanya pompa dinamik dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Pompa Aksial

Prinsip kerja pompa aksial adalah berputarnya impeler akan menghisap fluida dalam arah aksial kemudian fluida ditekan ke sisi tekan akibat tolakan dari impeler dalam arah aksial juga. Pompa aksial (gambar 2.4) dapat menghasilkan kapasitas yang sangat tinggi namun menghasilkan head yang rendah. Maka dari itu pompa aksial sering dipakai untuk memenuhi kebutuhan air dalam sistem pengairan.

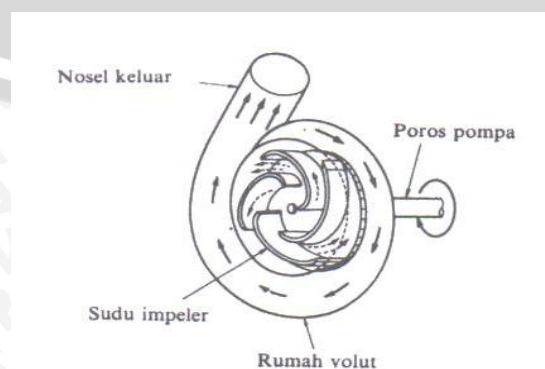


Gambar 2.4 : Pompa aksial
Sumber : Sularso, 1987: 8

b. Pompa Radial

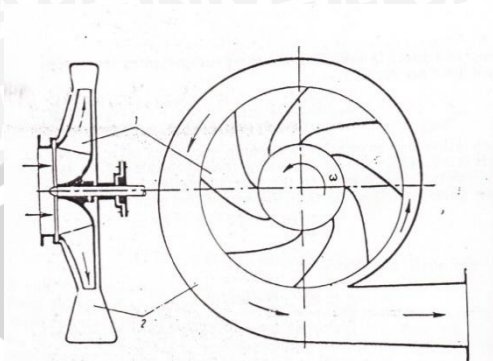
Pompa radial sering juga disebut dengan pompa sentrifugal. Aliran fluida yang masuk kedalam pompa dalam arah aksial dan keluar dari volut dalam arah radial. Pada pengoperasian pompa sentrifugal ada beberapa kerugian yang disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya kerugian pada instalasi atau perpipaan dan konstruksi pompa.

Pompa radial merupakan pompa yang mampu menyediakan head medium sampai tinggi dan kapasitas yang medium sampai tinggi. Pompa ini terdiri dari impeler dan rumah pompa (volut). Desainnya yang sederhana menjadikan pompa ini yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada rumah tangga maupun industri. Desain dari pompa radial dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 : Pompa radial
Sumber : Sularso, 1983 : 4

2.2.2 Pompa Sentrifugal



Gambar 2.6 : Pompa sentrifugal
Sumber : Nekrasov, 1967: 184

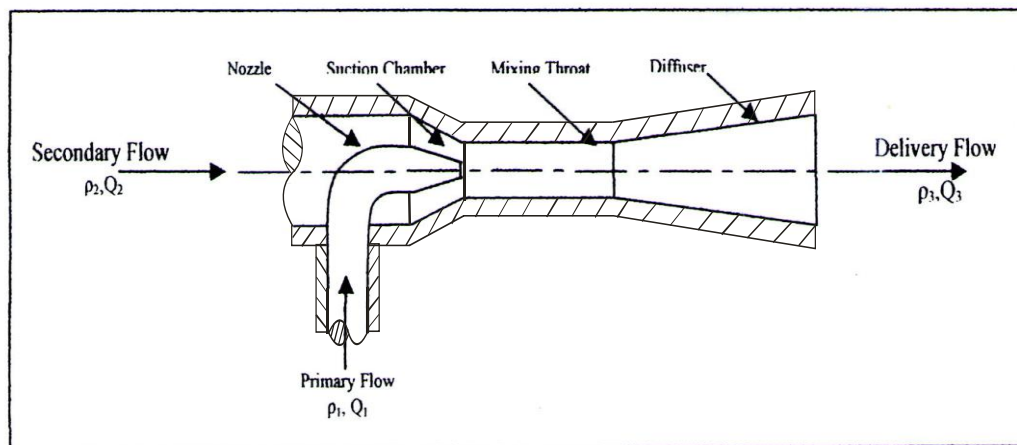
Pada pompa sentrifugal, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 dimana fluida diisap melalui sisi isap pompa, yang merupakan akibat dari berputarnya impeler sehingga tekanan pada sisi isap pompa menjadi vakum. Fluida yang terisap akan terlempar keluar dari impeler oleh gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh fluida itu sendiri. Fluida tersebut bergerak menuju rumah pompa dan dibagian inilah energi kinetik fluida sebagian besar diubah menjadi energi potensial sehingga fluida bisa terangkat.

Pengkonversian energi diawali dengan energi mekanik pada poros pompa didistribusikan ke bagian impeler kemudian fluida terlempar keluar sebagai aksi dari gaya sentrifugal sehingga menjadi energi kinetik fluida akibat tolakan dari impeler dan akhirnya energi kinetik tersebut sebagian diubah menjadi energi tekan pada volut pompa.

2.3 Jet Pump

Jet pump adalah pompa yang mempunyai prinsip kerja dimana sebagian debit pompa yang keluar dikembalikan ke saluran isap. Jadi sebagian debit dari pompa sentrifugal dikembalikan ke *jet pump* yang digunakan sebagai *primary flow* untuk mendorong fluida pada *secondary flow* ke atas.

Bagian-bagian dari *jet pump* terdiri dari empat komponen utama yaitu *nozzle*, *suction chamber*, *mixing throat* dan *diffuser*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 : Skema *Jet pump*

Adapun nama lain dan definisi dari *jet pump* adalah sebagai berikut (Karassik *et al*, 1976) :

1. *Ejector* : Nama umum yang digunakan untuk mendeskripsikan *jet pump*.
2. *Eductor* : Aliran primer dan aliran sekunder menggunakan fluida cair.
3. *Injector* : Aliran primer menggunakan fluida gas dan aliran sekunder menggunakan fluida cair.
4. *Air Shypon* : Aliran primer menggunakan fluida cair dan sekunder menggunakan fluida gas.

Jet pump memiliki kelebihan-kelebihan yaitu:

1. Dapat digunakan untuk semua fluida
2. Dapat ditempatkan di dalam air
3. Desain sederhana

Namun dalam pengoperasian, *jet pump* tidak dapat berjalan sendiri. Biasanya *jet pump* dipakai untuk instalasi *centrifugal-jet pump*. Yang mana *jet*

jet pump berfungsi untuk membantu kerja dari pompa sentrifugal. Adapun cara kerjanya adalah sebagian debit dari pompa sentrifugal dikembalikan ke *jet pump* yang digunakan sebagai aliran primer untuk mendorong fluida di aliran sekunder seperti dijelaskan pada gambar 2.8 berikut:

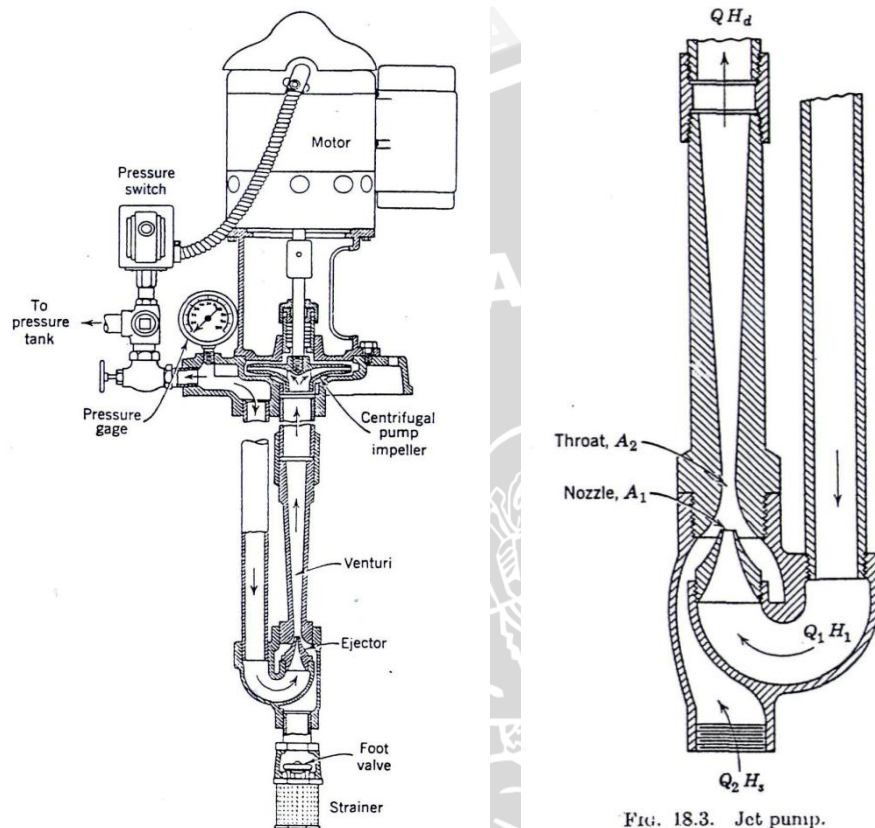


FIG. 18.3. Jet pump.

Gambar 2.8 : (a) Instalasi *jet pump*, (b) *Jet pump*
Sumber : Stepanoff, 1984: 404

Pada *jet pump*, fluida dialirkan melalui *nozzle* dimana arus mengecil karena perubahan penampang *nozzle*, difuser yang membesar secara perlahan ditempatkan di dekat mulut *nozzle* dalam ruang isap, karena kecepatan arus yang meninggalkan mulut *nozzle* bertambah besar maka tekanan dalam arus akan turun, demikian pula di dalam ruang isap. Pada difuser kecepatan berkurang sehingga tekanan naik kira-kira mendekati tekanan atmosfer (Nurmuntaha, 2007)

Berdasarkan fluida kerjanya, *jet pump* diklasifikasikan menjadi :

1. *Liquid-Jet-Liquid* (LJL)

Pada *jet pump* tipe ini, baik aliran primer maupun aliran sekunder fluidanya merupakan liquid.

2. *Liquid-Jet-Gas-Liquid* (LJGL)

Fluida untuk *jet pump* tipe ini adalah liquid untuk aliran primer dan gas untuk aliran sekundernya dan bisa juga sebaliknya.

2.3.1 Nozzle

Nozzle merupakan alat yang berbentuk pipa atau tabung dengan diameter masuk diameter keluar yang beda. Pada *nozzle* terjadi proses konversi energi dari energi tekan pada fluida primer menjadi energi kinetik. Umumnya *nozzle* digunakan untuk mengontrol rata-rata aliran, arah aliran, dan mengubah tekanan menjadi kecepatan.

Nozzle ada 3 macam yaitu:

1. *Nozzle* konvergen

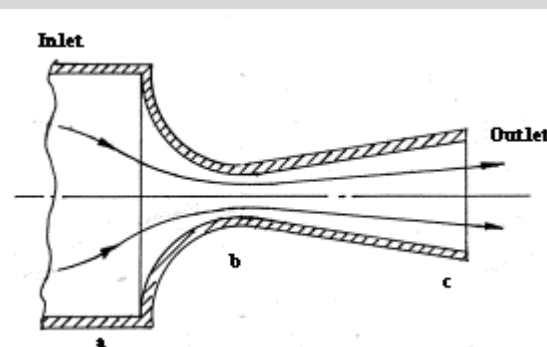
Nozzle konvergen adalah *nozzle* dengan diameter inlet lebih besar daripada diameter outlet.

2. *Nozzle* divergen

Nozzle divergen adalah *nozzle* dengan diameter inlet lebih kecil daripada diameter outlet.

3. *Nozzle* Konvergen Divergen

Nozzle konvergen divergen adalah *nozzle* yang merupakan gabungan antara *nozzle* konvergen dan *nozzle* divergen, selain itu *nozzle* ini memiliki *throat*. *Nozzle* ini biasa disebut dengan *Delaval nozzle*. *Nozzle* ini sering dipakai pada penggunaan fluida yang memiliki bilangan mach kurang dari satu dan diharapkan setelah melewati *throat* memiliki bilangan mach lebih dari satu. Bagian-bagian *nozzle* konvergen divergen dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 : Bentuk *nozzle* konvergen divergen (a) konvergen, (b) throat, (c) divergen

Pada instalasi *jet pump*, *nozzle* memiliki fungsi yang sangat penting karena semakin tinggi kecepatan aliran yang dihasilkan maka tekanan yang timbul akan semakin kecil sehingga kemampuan *jet pump* untuk melakukan hisapan pada *secondary flow* juga akan semakin besar.

Penelitian kali ini menggunakan *nozzle* berpenampang lingkaran sesuai yang desain *jet pump* yang ada dipasaran, selain itu *nozzle* berpenampang lingkaran memiliki efisiensi *jet pump* yang paling baik Winoto, dkk (2000)

2.3.2 Diffuser

Diffuser merupakan suatu alat yang dapat memperbesar tekanan suatu fluida, dengan cara memperkecil kecepatan fluida tersebut. Efisiensi dari *diffuser* dapat dilihat dari kemampuannya untuk meningkatkan tekanan dari suatu fluida.

2.3.3 Mixing throat

Mixing throat merupakan bagian dari *jet pump* yang berfungsi sebagai tempat pencampuran fluida sekunder yang berkecepatan rendah dengan fluida primer yang berkecepatan tinggi. Dengan proses pencampuran ini diharapkan fluida yang tercampur menjadi homogen. Pada *mixing throat* diharapkan setabil mungkin sebelum masuk *diffuser*.

Mixing throat sendiri harus memiliki panjang yang cukup sehingga proses pencampuran benar-benar sempurna, tetapi panjang *mixing throat* harus sependek mungkin agar kerugian akibat gesekan dapat diminimalisir.

Mixing throat sendiri berupa pipa lurus berpenampang lingkaran yang menghubungkan *nozzle* dengan *diffuser*.

2.3.4 Suction Chamber

Suction chamber merupakan bagian *jet pump* yang berfungsi melewatkan aliran sekunder yang nantinya akan dicampur dengan aliran primer pada *mixing throat*.

2.4 Proses-proses yang terjadi pada komponen *jet pump*.

1. Konversi energi dari energi tekan pada fluida primer menjadi energi kinetik pada *nozzle*
2. Pemasukan dan pencampuran fluida sekunder yang berkecepatan tinggi pada *mixing throat* oleh gesekan viskos dan pengisapan yang disebabkan oleh penurunan tekanan pada keluaran *nozzle*
3. Konversi energi kinetik menjadi energi tekanan pada fluida yang telah dicampur pada *diffuser*.

2.5 Persamaan-Persamaan Dasar pada *Jet Pump*

2.5.1 Persamaan Kontinuitas

Fluida mengalir diasumsikan dalam keadaan *steady* sehingga jumlah massa aliran fluida di berbagai posisi pada waktu yang sama adalah tetap yaitu $\dot{m} = \text{konstan}$. Pada gambar 2.9 ditunjukkan fluida yang mempunyai densitas ρ dan tekanan P mengalir melewati suatu luasan A dengan kecepatan v tertentu.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (\text{White, 2001 : 130}) \quad (2-1)$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (\text{White, 2001 : 133}) \quad (2-2)$$

Dengan : ρ = massa jenis (kg/m^3)

A = luas penampang saluran (m^2)

v = kecepatan (m/s)

Persamaan (2-2) diatas adalah persamaan kontinuitas apabila aliran fluida yang mengalir adalah *compressible*. Jika fluida yang mengalir adalah *incompressible* maka $\rho_1 = \rho_2$. Sehingga persamaan kontinuitas dapat dirumuskan dengan

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (\text{White, 2001 : 133}) \quad (2-3)$$

$$Q_1 = Q_2 = Q \quad (\text{White, 2001 : 133}) \quad (2-4)$$

Dengan : Q = Debit (m^3/s)

2.5.2 Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli menunjukkan kekekalan energi pada aliran fluida pada tiap saat dan tiap posisi dari suatu aliran dalam saluran mempunyai jumlah energi spesifik fluida yang berupa kecepatan, tekanan dan ketinggian yang sama besarnya. Persamaan Bernoulli dapat berlaku jika asumsi-asumsi dibawah ini

diterapkan : aliran dalam keadaan *steady state*, tidak terjadi gesekan, tidak terdapat perpindahan panas antara fluida dengan saluran dan fluida yang mengalir bersifat *incompressible*.

$$W = m \cdot g \cdot h + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{v^2}{2} \quad (\text{Dietzel, 1988 : 4}) \quad (2-5)$$

dengan : m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = ketinggian (m)

P = tekanan absolut (N/m²)

Bila pada aliran tersebut diambil suatu jumlah fluida untuk tiap 1 kg karena dibagi massa (m) maka didapatkan persamaan energi spesifik yaitu :

$$w = g \cdot h + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} \quad (\text{Dietzel, 1988 : 4}) \quad (2-6)$$

Apabila persamaan tersebut dibagi lagi dengan percepatan gravitasi (g), maka akan didapat salah satu ruas dari persamaan Bernoulli yang mempunyai arti Head (energi spesifik fluida). Persamaannya menjadi:

$$H = h + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Dietzel, 1988 : 4}) \quad (2-7)$$

Perubahan bentuk energi akan terjadi bila terjadi perubahan pada penampang. Apabila penampang 2 diperkecil ukurannya maka kecepatan fluida naik menjadi V₂ dan tekanan pada posisi 2 akan berkurang, hal ini akan terlihat dengan jelas letak pipa tersebut dibuat mendatar h₁ = h₂.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 \quad (\text{Dietzel, 1988 : 5}) \quad (2-8)$$

2.5.3 Head Losses

Head losses adalah energi yang hilang pada fluida ketika fluida mengalir. Besarnya *head losses* tergantung pada bentuk, ukuran dan kekasaran saluran, kecepatan dan viskositas fluida dan tidak tergantung pada tekanan absolut. *Head losses* dibedakan menjadi dua macam, *major losses* dan *minor losses*.

1. Major losses

Major losses adalah energi yang hilang sepanjang pipa lurus yang seragam dan sebanding dengan panjang pipa. *Losses* ini disebabkan karena gesekan internal fluida dan juga gesekan antara fluida dan dinding saluran, maka di semua pipa baik pipa halus atau pipa kasar muncul *major losses*.

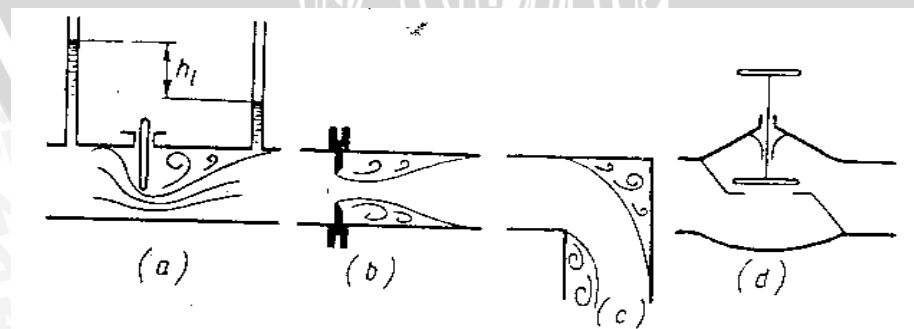
Rumusan untuk *major losses* menurut Darcy.

$$h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Nekrasov, 1990: 60}) \quad (2-9)$$

Keterangan: h = *major losses* [m]
 λ = faktor gesek
 l = panjang pipa [m]
 d = diameter pipa [m]
 v = kecepatan fluida [m/s]
 g = percepatan gravitasi [m/s^2]

2. Minor losses

Minor losses adalah energi yang hilang dari fluida disebabkan oleh perubahan bentuk lokal dari saluran, seperti; perubahan luas panampang, katup, belokan dan *orifice*. *Minor losses* terjadi karena aliran yang mengalir melewati bentuk lokal dari saluran mengalami perubahan kecepatan, arah atau besarnya, maupun keduanya.



Gambar 2.10 : Bentuk-bentuk lokal saluran
 Sumber : Boris Nekrasov, 1990: 61

Minor losses dapat dirumuskan:

$$h = \xi \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Nekrasov, 1990: 61}) \quad (2-10)$$

Keterangan : ξ = Koefisien kerugian *head minor losses*

V = Kecepatan Fluida [m/s]

g = Percepatan gravitasi [m/s²]

2.6 Karakteristik *Jet Pump*

Menurut Gosline dan O'Brien karakteristik dari *jet pump* dibagi menjadi tiga rasio, yaitu:

1. Rasio luas penampang *nozzle* dan *mixing throat*

Rasio luas penampang *nozzle* dan *mixing throat* merupakan perbandingan antara luas penampang *nozzle* A_{no} (m²) dengan luas penampang *mixing throat* A_{th} (m²).

$$R = \frac{A_{no}}{A_{th}} \quad (\text{Stepanoff, 404}) \quad (2-11)$$

2. Rasio debit

Rasio debit merupakan perbandingan debit pada secondary flow Q_2 (m³/s) dengan debit pada primary flow Q_1 (m³/s).

$$M = \frac{Q_2}{Q_1} \quad (\text{Stepanoff, 404}) \quad (2-12)$$

3. Rasio tekanan/rasio head

$$N = \frac{H_d - H_s}{H_1 - H_d} \quad (\text{Stepanoff, 404}) \quad (2-13)$$

2.7 Efisiensi *Jet Pump*

Efisiensi *jet pump* merupakan perbandingan antara daya yang dikeluarkan yang digunakan untuk memompakan aliran utama yaitu $Q_2 (H_d - H_s)$ dan daya yang disuplai memompa aliran primer yaitu $Q_1 (H_1 - H_d)$

$$\eta = \frac{Q_2 (H_d - H_s)}{Q_1 (H_1 - H_d)} \quad (\text{Stepanoff, 404}) \quad (2-14)$$

Head yang digunakan pada penelitian *jet pump* ini adalah head tekanan yaitu $\frac{P}{\gamma}$, rasio headnya menjadi $N = \frac{H_d - H_s}{H_1 - H_d} = \frac{\frac{P_d}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma}}{\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_d}{\gamma}} = \frac{P_d - P_s}{P_1 - P_d}$ maka efisiensi *jet pump* menjadi :

$$\eta = \frac{Q_2 (P_d - P_s)}{Q_1 (P_1 - P_d)}$$

Keterangan :

- P_1 = Tekanan aliran primer (N/m²)
- P_s = Tekanan aliran sekunder (N/m²)
- P_d = Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m²)
- Q_1 = Debit aliran primer (m³/s)
- Q_2 = Debit aliran sekunder (m³/s)

Pada penelitian ini, dengan memvariasikan panjang *nozzle* pada *jet pump* semakin panjang *nozzle* yang digunakan, maka debit air yang meninggalkan *nozzle* akan mengakibatkan semakin tingginya tingkat kevakuman yang nantinya juga akan meningkatkan kemampuan isap air yang semakin tinggi pula. Hal ini dikarenakan semakin panjang *nozzle* yang digunakan pada *jet pump* tumbukan antar partikel fluida yang melintasi *nozzle* lebih kecil, sehingga memperkecil terjadinya turbulensi dan akan meningkatkan kecepatan aliran fluida yang meninggalkan *nozzle* tersebut.

2.8 Hipotesa

Variasi panjang *nozzle* yang dipasang pada *jet pump* menyebabkan perubahan kecepatan di sisi isap semakin besar sehingga perbedaan tekanan dengan ujung *nozzle* juga semakin besar, akibatnya kemampuan untuk mengangkat air semakin meningkat karena semakin bertambah panjang *nozzle* yang digunakan akan mengakibatkan efisiensi *jet pump* juga akan meningkat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab-akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris sehingga dapat mengetahui pengaruh variasi panjang *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fluida, Jurusan Mesin Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya 26 Juni 2012 – 14 Agustus 2012.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah dengan metode tertentu untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian, sehingga dapat diperoleh hubungan antara keduanya. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah panjang *nozzle*, dimana panjang *nozzle* yang digunakan yaitu 30 mm, 35 mm dan 40 mm.

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah efisiensi *jet pump*.

3. Variabel terkontrol (*control variable*)

Variabel terkontrol yaitu variabel yang nilainya dijaga konstan selama pengujian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah debit aliran primer, dimana debit aliran yang dipakai sebagai berikut : 600 liter/jam; 650 liter/jam; 700 liter/jam; 750 liter/jam; 800 liter/jam.

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesa serta memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

3. Pembuatan Alat

Pembuatan Alat dimulai dengan mempersiapkan pipa untuk instalasi termasuk pipa uji dan *jet pump* yang akan diteliti.

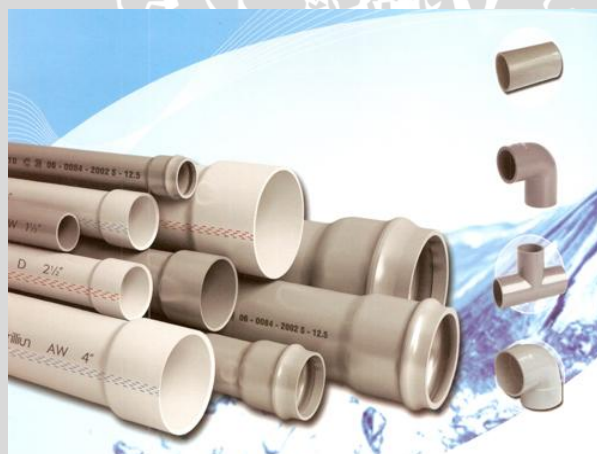
4. Perancangan Instalasi

Perancangan instalasi dimulai dengan merancang jaringan pipa, penempatan *jet pump* pada pipa uji, dan penempatan alat ukur.

3.5 Peralatan Penelitian

1. Pipa PVC (Polyvinyl Chloride)

Digunakan sebagai jaringan pipa baik pipa lurus maupun belokan pipa. Pada penelitian ini digunakan diameter pipa PVC 1 inchi dan 1,25 inchi, sebagaimana terlihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1

: Pipa PVC

Sumber

: <http://www.tandonair.com/image-upload/Image-Pipa-PVC.jpg>

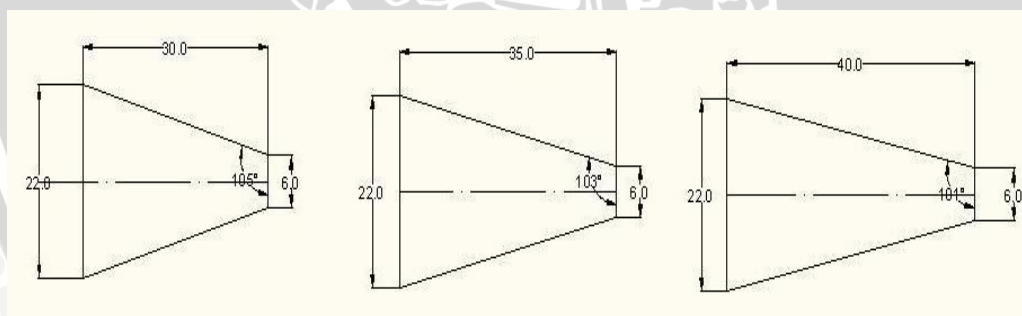
2. *Jet pump*

Jet pump terdiri dari *nozzle*, *suction chamber*, *mixing throat*, *diffuser* dan *casing*. Adapun *jet pump* yang digunakan adalah seperti gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 : *Jet pump*

Pada penelitian ini menggunakan variasi panjang *nozzle* yang dipasang pada *jet pump*, variasi panjang *nozzle* yang digunakan adalah 30 mm, 35 mm, dan 40 mm. Adapun panjang *nozzle* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.3 : panjang *nozzle* dengan ukuran 30 mm, 35mm, dan 40 mm

3. Bak Penampung

Digunakan untuk menampung air yang dialirkan oleh pompa dan pembuangan dari jaringan pipa.

4. *Flowmeter*

Digunakan untuk mengukur debit aliran air yang melalui instalasi pipa.



Gambar 3.4 : *Flowmeter*

5. Pompa

Digunakan untuk mengalirkan air yang dialirkan oleh pompa ke seluruh instalasi pipa uji dan dikembalikan lagi ke bak penampung.

Spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut :

- Pompa = DAB Model AQUA 125C
- Laju aliran = 32 liter/ menit
- Head pompa total = 24 meter
- Head suction = 9 meter
- Head discarge = 15 meter
- Putaran = 2850 rpm
- Keluaran motor penggerak = 125 Watt (sudah dicek dengan rumus daya)



Gambar 3.5 : Pompa

6. Katup (valve)

Digunakan untuk mengontrol aliran air yang melalui jaringan pipa.



Gambar 3.6 : Katup (Valve)

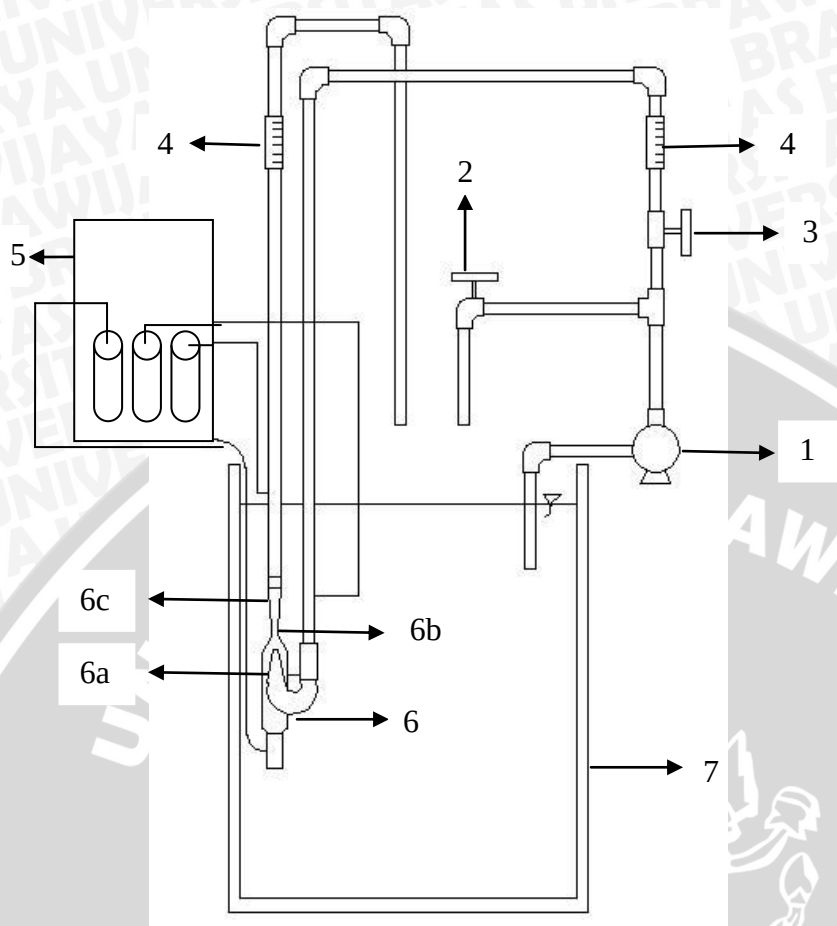
7. Manometer

Manometer berfungsi untuk mengukur Tekanan fluida pada aliran primer, aliran sekunder, dan aliran keluar *jet pump*.



Gambar 3.7 : Manometer Pipa-U Fluida Raksa

3.6 Instalasi Alat Penelitian



Gambar 3.8 : Instalasi alat penelitian

Keterangan gambar :

1. Pompa sentrifugal
2. Katup pengaman (*safety valve*)
3. Katup debit (*control valve*)
4. *Flowmeter*
5. Manometer
6. *Jet pump*
 - 6a. *Nozzle*
 - 6b. *Mixing Throat*
 - 6c. *Diffuser*
7. Bak penampung

3.7 Metode pengambilan data

Adapun urutan proses pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat-alat yang dibutuhkan dan disusun sesuai dengan gambar instalasi penelitian (gambar 3.7)
2. Memasang *jet pump* dengan dengan panjang *nozzle* 30 mm
3. Menghidupkan pompa pada kondisi operasinya
4. Mengatur debit aliran primer 600 liter/jam
5. Mengambil data tekanan pada setiap debit aliran primer
6. Mengulangi langkah 4 dan 5 dengan mengubah debit aliran primer 650, 700, 750, dan 800 liter/jam
7. Mengulangi langkah 2 sampai 6 sampai semua variasi panjang *nozzle* diuji
8. Data diolah menggunakan rumus perhitungan untuk mendapatkan efisiensi *jet pump*
9. Hasil pengolahan data ditampilkan dalam grafik
10. Menarik kesimpulan.

3.8 Tabel Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini adalah mengamati parameter-parameter yang akan diukur berdasarkan variabel bebas untuk menghitung nilai efisiensi dari *jet pump*. Adapun pengambilan data yang akan diamati seperti terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Contoh pengambilan data efisiensi *jet pump* dengan menggunakan *nozzle* 30mm.

Debit aliran primer (liter/jam)	Q_2	P_d	P_s	P_i	$P_d - P_s$	$P_i - P_d$	Q_2/Q_1	$\frac{P_d - P_s}{P_i - P_d}$	η
600									
650									
700									
750									
800									

Keterangan :

P_1 = Tekanan aliran primer (N/m²)

P_s = Tekanan aliran sekunder (N/m²)

P_d = Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m²)

Q_1 = Debit aliran primer (m³/s)

Q_2 = Debit aliran sekunder (m³/s)

Q_2/Q_1 = Rasio debit

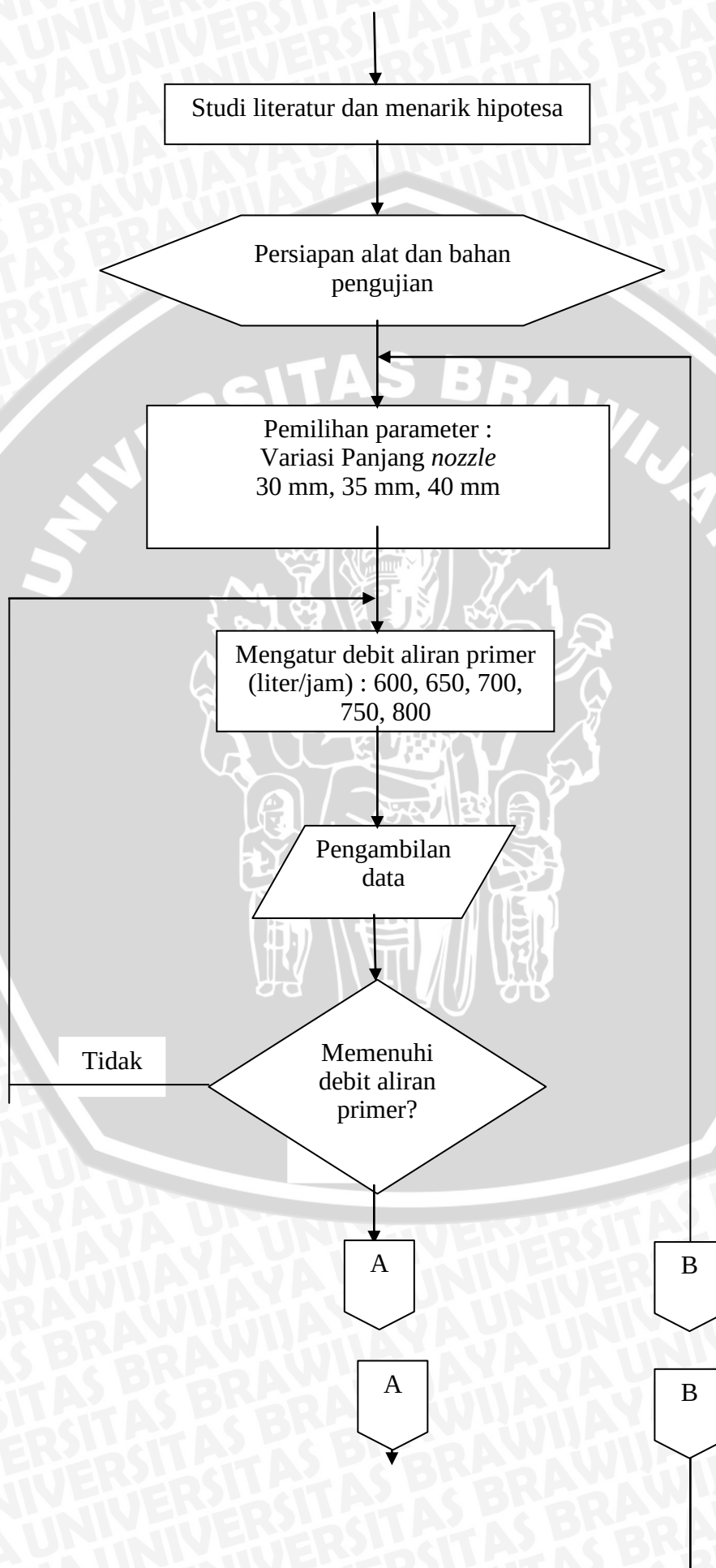
$\frac{P_d - P_s}{P_1 - P_d}$ = Rasio tekanan

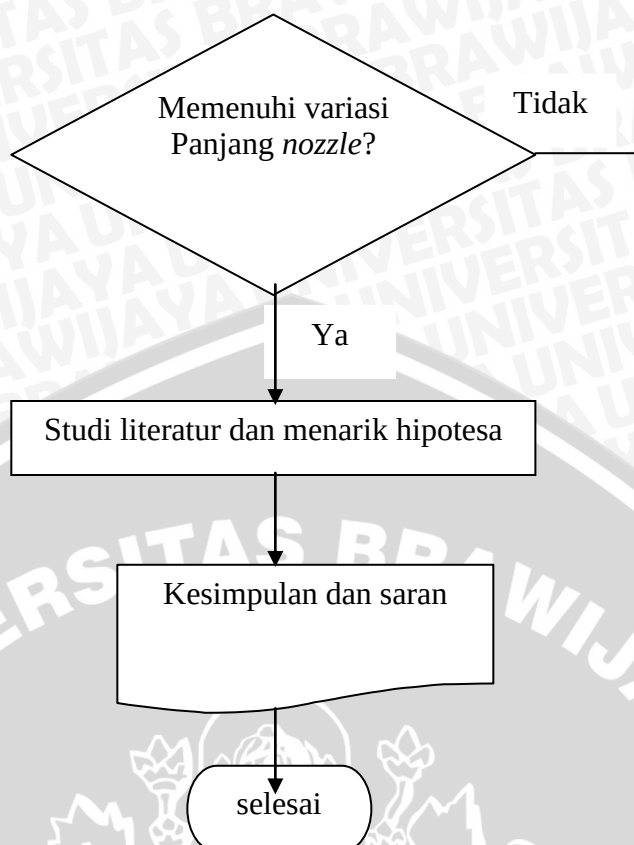
η = Efisiensi *jet pump*



3.9 Diagram Alir Penelitian

Mulai





Gambar 3.9 : Diagram alir penelitian

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diambil adalah data dari instalasi jet pump dengan variasi panjang *nozzle* 30, 35, dan 40. Untuk setiap perlakuan juga dilakukan variasi debit aliran primer 600 liter/jam; 650 liter/jam; 700 liter/jam; 750 liter/jam; 800 liter/jam.

Panjang Nozzle	Q (L/jam)																			
	600				650				700				750				800			
	Qd	Pi	Pd	Ps	Qd	Pi	Pd	Ps	Qd	Pi	Pd	Ps	Qd	Pi	Pd	Ps	Qd	Pi	Pd	Ps
30	11,3	39,00	20,70	-2,00	13,6	99,00	37,40	-2,50	15,8	124,00	39,00	-3,50	17,8	170,00	49,30	-4,00	19,7	235,00	64,50	-5,00
35	13,3	140,00	45,60	-2,50	15,5	178,00	50,00	-3,50	17,9	256,00	63,40	-4,50	19,8	329,00	77,00	-6,00	21,9	382,00	86,20	-7,00
40	14,5	216,00	57,90	-3,50	16,4	261,00	63,40	-4,00	18,8	334,00	75,00	-5,50	20	351,00	81,00	-6,00	22,2	396,00	84,10	-6,50
Σ (Rata - rata)	13,03	131,7	41,4	-2,67	15,17	179,3	50,27	-3,33	17,5	238	59,13	-4,5	19,2	283,3	69,1	-5,33	21,27	337,7	78,27	-6,17

4.2 Perhitungan Data

Contoh perhitungan diambil dari data ke 1 hasil pengamatan *jet pump* dengan panjang *nozzle* 30 mm.

- ❖ Tekanan keluar *jet pump* pada alatukur, Pd = 20,70 mmHg

$$= \frac{20,70 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \times 101325 \text{ N/m}^2$$

$$= 2759,7730 \text{ N/m}^2$$
- ❖ Tekanan aliran primer pada alat ukur, P1 = 39 mmHg

$$= \frac{39 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \times 101325 \text{ N/m}^2$$

$$= 5199,5724 \text{ N/m}^2$$
- ❖ Tekanan aliran sekunder pada alat ukur, Ps = -2 mmHg

$$= \frac{-2 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \times 101325 \text{ N/m}^2$$

$$= -266,6447 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Debit aliran primer, } Q_1 &= 600 \text{ liter/jam} \\
 &= 600 \times 1/60 \text{ liter/menit} \\
 &= 10 \text{ liter/menit} \\
 &= 10 \times (1.10^{-3}/60) \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0.000167 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Debit aliran keluar } jet \text{ pump, } Q_d &= 11,3 \text{ liter/menit} \\
 &= 11,3 \times (1.10^{-3}/60) \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0.0001883 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Debit aliran sekunder, } Q_2 &= Q_d - Q_1 \\
 &= 0.00018833 - 0.000167 \\
 &= 0.0000213 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Rasiotekanan, } N &= \frac{(P_d - P_s)}{(P_1 - P_d)} \\
 &= \frac{2759,7730 - 266,6447}{199,5724 - 2759,7730} \\
 &= 1,2404371
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Rasio debit, } M &= \frac{Q_2}{Q_1} \\
 &= \frac{0.0000213}{0.000167} \\
 &= 0.13
 \end{aligned}$$

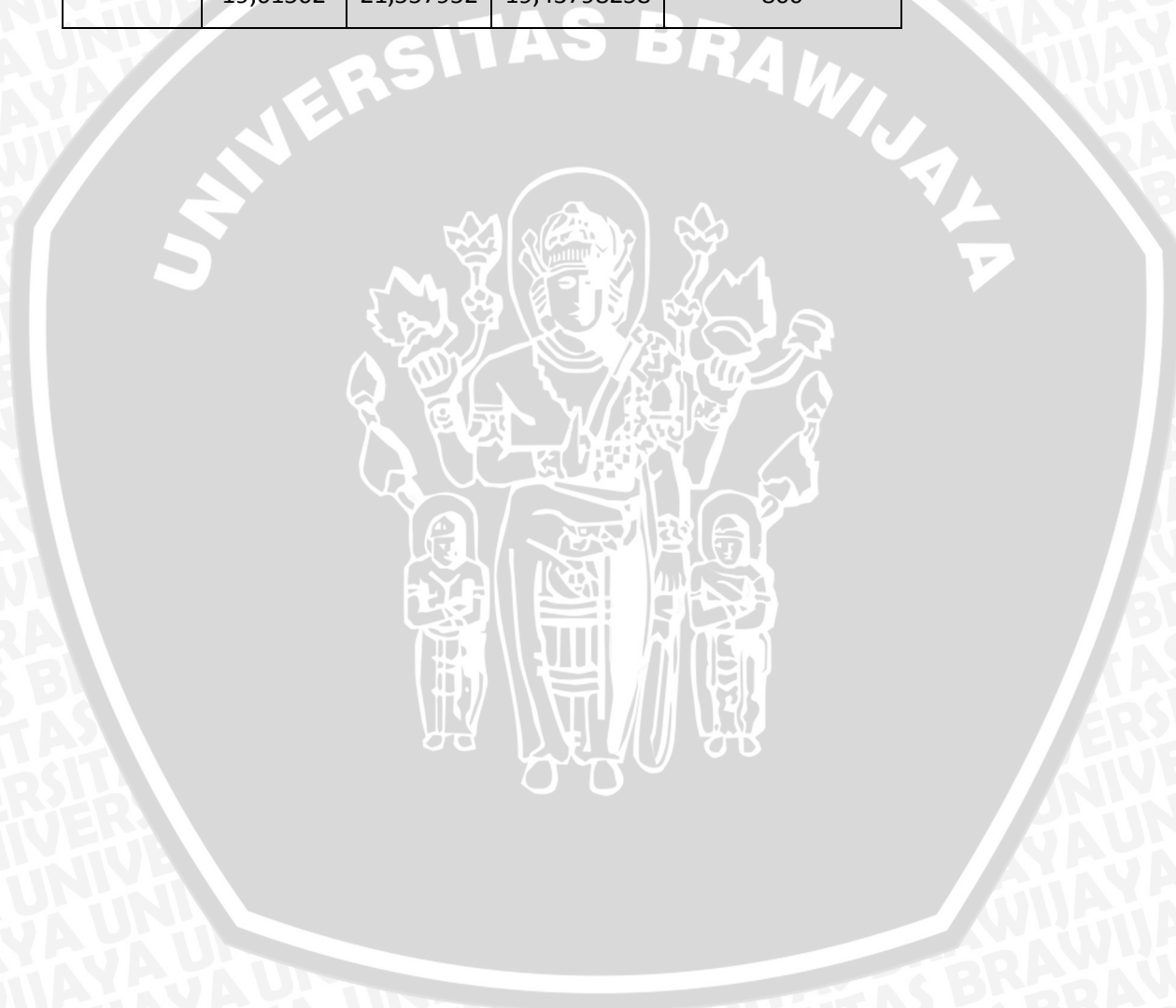
$$\begin{aligned}
 \text{❖ Efisiensi } jet \text{ pump, } \% &= \frac{Q_2 (P_d - P_s)}{Q_1 (P_1 - P_d)} \times 100\% \\
 &= (M \times N) \times 100\% \\
 &= (0.13 \times 1,2404371) \times 100\% \\
 &= 16,12568 \%
 \end{aligned}$$

(untuk hasil perhitungan data dengan variasi yang lain dapat dilihat pada halaman lampiran)

Hasil dari semua perhitungan data yaitu efisiensi ditabelkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengolahan data efisiensi *jet pump* dengan panjang *nozzle* 30, 35, 40 mm.

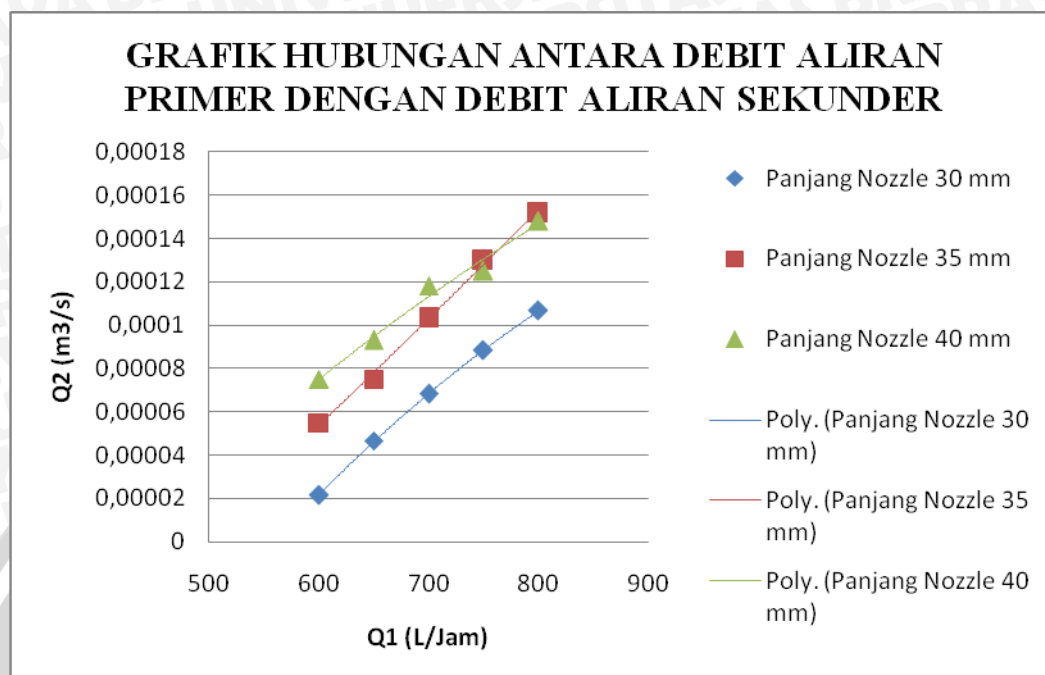
	30	35	40	Debit
Efisiensi	16,125683	16,814619	17,47628083	600
	16,792929	17,415365	17,68630979	650
	17,521368	18,681826	18,86116886	700
	18,723447	20,552381	19,33333333	750
	19,61502	21,557952	19,43798258	800



4.3 Analisis Grafik

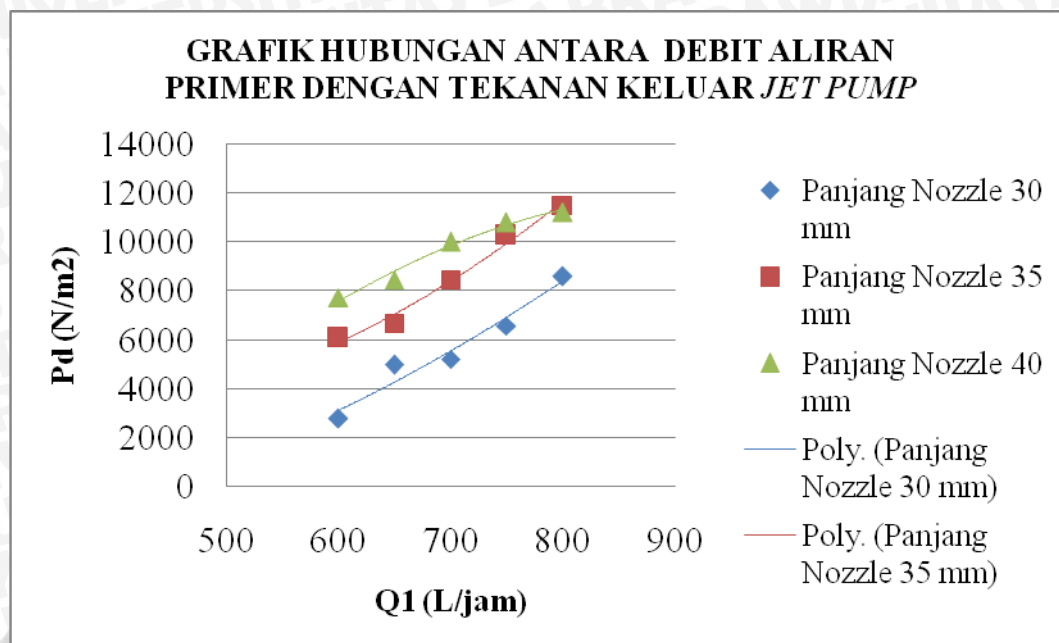
4.3.1 Analisis Grafik Karakteristik

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



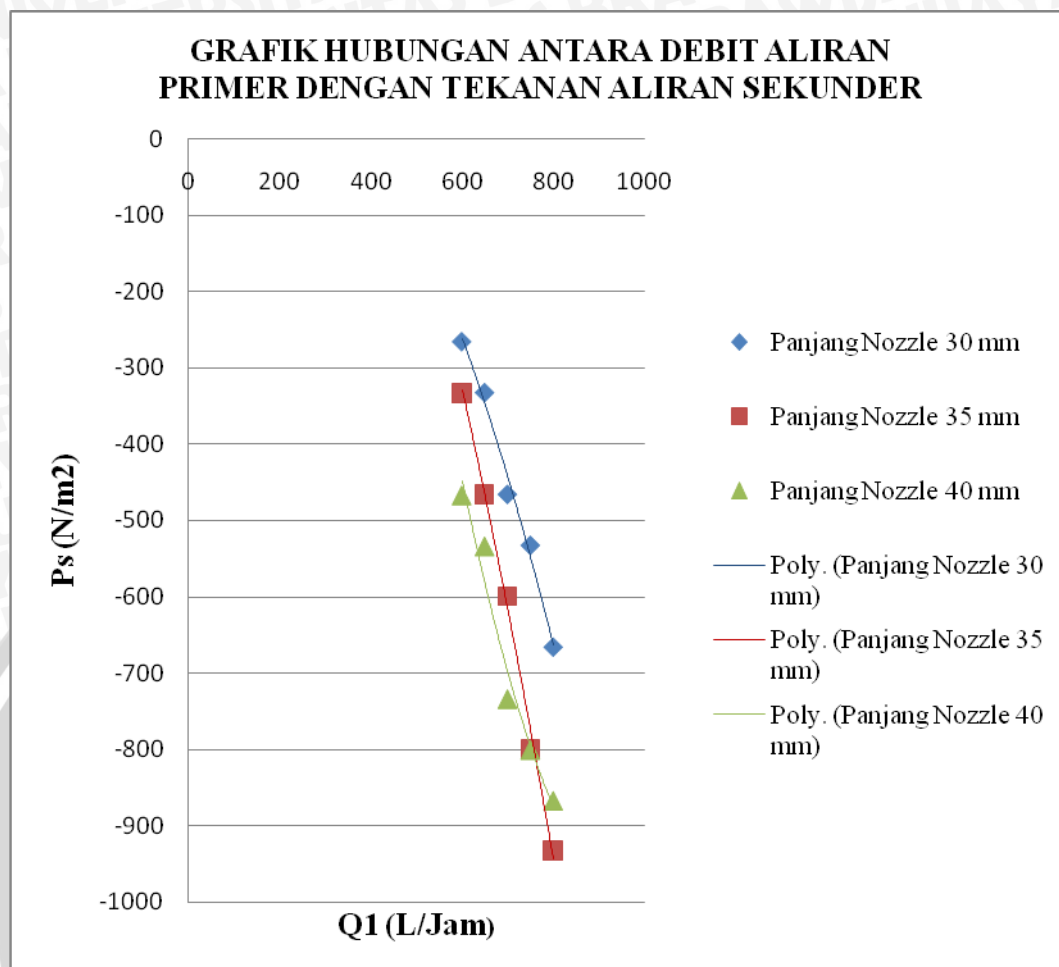
Gambar 4.1 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa debit aliran sekunder (Q_2) meningkat seiring dengan peningkatan debit aliran primer (Q_1) pada variasi panjang *nozzle*. Hal ini disebabkan semakin besarnya debit aliran primer (Q_1) 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 (Q_1).



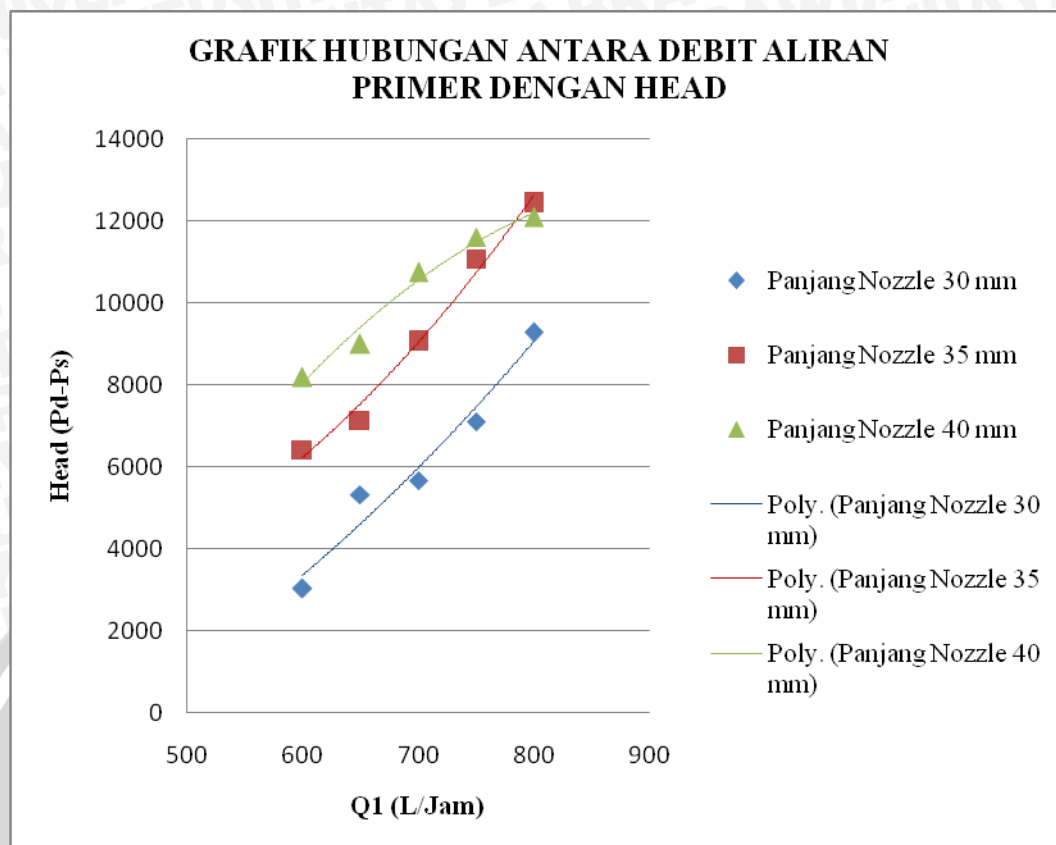
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan tekanan keluar *jet pump*

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*.



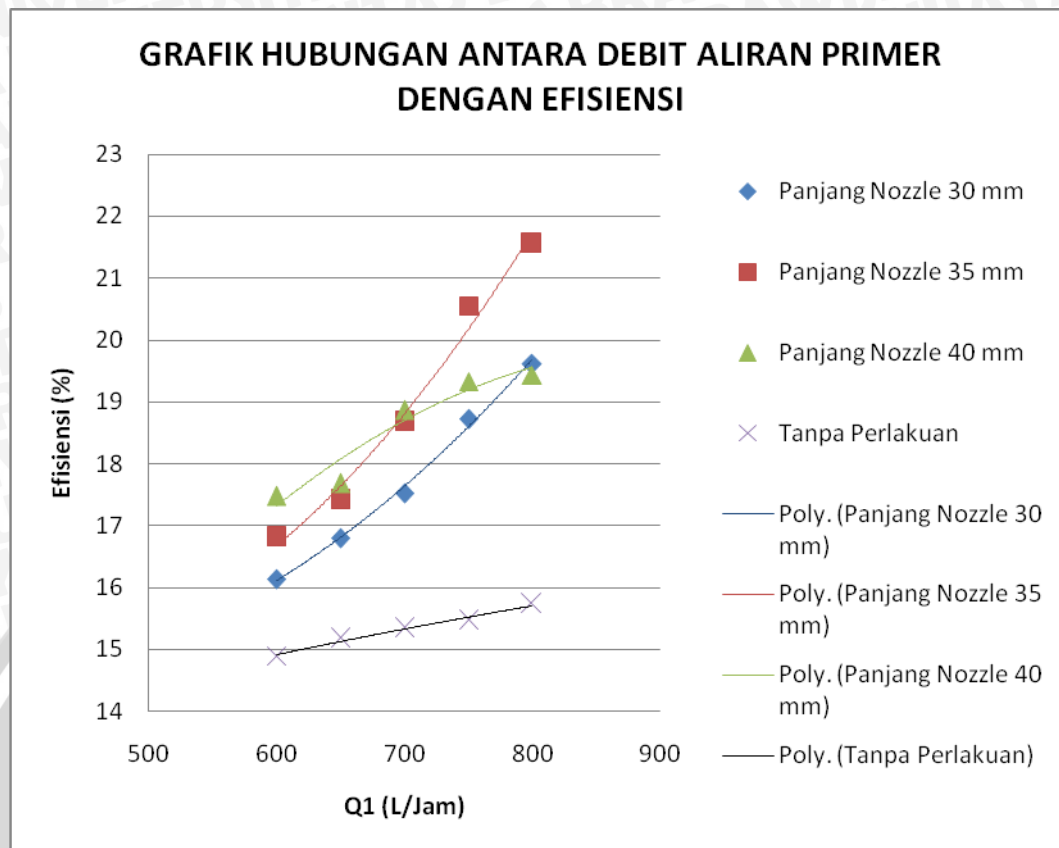
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan debit aliran sekunder

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 vakum, sehingga kemampuan *jet pump* untuk menghisap air pada aliran sekunder semakin besar. Tetapi pada panjang *nozzle* 40 dengan debit di aliran primer 800 (L/Jam) mengalami penurunan. Penurunan ini diakibatkan oleh tidak baiknya suplai air yang masuk pada *aliran primer* karena panjang *nozzle* yang tersedia pada *jet pump* berlebih, suplai air yang semakin bertambah bertumbukan dengan *nozzle* yang berlebih dari ruang tersedia.

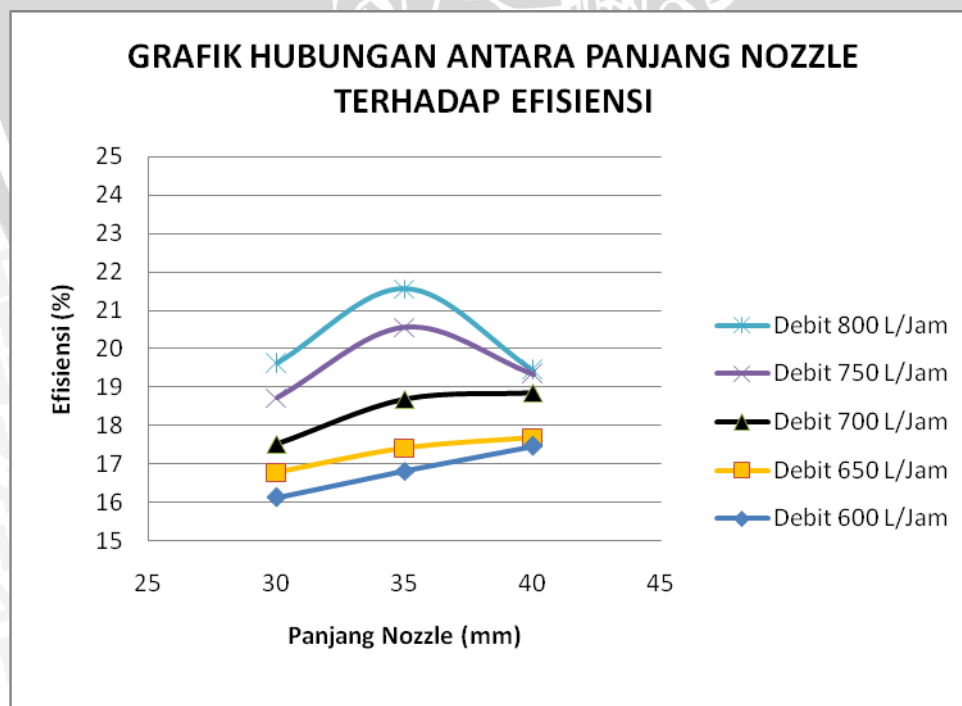


Gambar 4.4 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan head

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. Besarnya head yang dihasilkan *jet pump* yang semakin meningkat, didapat juga penurunan head pada panjang *nozzle* 40 mm. Ini dikarenakan tekanan pada *suction chamber* semakin berkurang, pada panjang *nozzle* 40 mm kecepatan aliran suplai air yang masuk semakin tidak teratur, karena air yang masuk pada *aliran primer* bertubrukan dengan panjang *nozzle* yang berlebih dari ruang yang tersedia pada *jet pump*.



Gambar 4.5 : Grafik hubungan antara debit aliran primer dengan efisiensi



Gambar 4.6 : Grafik hubungan antara panjang *nozzle* 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. Semakin bertambahnya panjang *nozzle* pada *jet pump* kecepatan aliran debit primer yang meninggalkan *nozzle* akan semakin meningkat. Tekanan ini dipengaruhi oleh adanya kecepatan aliran air keluar *nozzle* yang tinggi, dikarenakan tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan. Hal ini menyebabkan 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 :

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

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

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

$$N = \frac{P_d - P_s}{P_1 - P_d} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

P_1 = Tekanan aliran primer (N/m^2)

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

P_d = Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m²)

Terlihat pada gambar 4.6 efisiensi tertinggi terdapat pada variasi panjang *nozzle* 35 mm yaitu 21,557952%, 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:

$$\eta = \frac{Q_2 (P_d - P_s)}{Q_1 (P_1 - P_d)} = M.N \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

P_1 = Tekanan aliran primer (N/m²)

P_s = Tekanan aliran sekunder (N/m²)

P_d = Tekanan aliran keluar *jet pump* (N/m²)

Q_1 = Debit aliran primer (m³/s)

Q_2 = Debit aliran sekunder (m³/s)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa panjang *nozzle* berpengaruh terhadap efisiensi *jet pump*. Semakin panjang *nozzle* dan besar debit yang diberikan pada aliran primer maka efisiensi *jet pump* akan meningkat. Dimana hasil penelitian yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi yang tertinggi pada *jet pump* terdapat pada panjang *nozzle* 35 mm yaitu 21,557952%, dengan debit 800 (L/Jam)
2. Semakin vakumnya tekanan yang terjadi pada aliran sekunder oleh variasi panjang *nozzle* 35 mm yaitu -933,257 N/m², dengan debit 800 (L/Jam)

5.2 Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan berbagai variasi yang lain, yaitu:

- Pengaruh panjang diffuser terhadap efisiensi *jet pump*
- Pengaruh bahan material *nozzle* terhadap efisiensi *jet pump*

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



Tabel pengambilan data dengan panjang *nozzle* 30 mm

Q1 (L/Min)	Q2 (L/Min)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)	Qd (L/Min)
10,00	1,30	39,00	20,70	-2,00	11,30
10,80	2,80	99,00	37,40	-2,50	13,60
11,70	4,10	124,00	39,00	-3,50	15,80
12,50	5,30	170,00	49,30	-4,00	17,80
13,30	6,40	235,00	64,50	-5,00	19,70

Tabel pengambilan data dengan panjang *nozzle* 35 mm

Q1 (L/Min)	Q2 (L/Min)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)	Qd (L/Min)
10,00	3,30	140,00	45,60	-2,50	13,30
10,80	4,50	178,00	50,00	-3,50	15,30
11,70	6,20	256,00	63,40	-4,50	17,90
12,50	7,80	329,00	77,00	-6,00	20,30
13,30	9,10	382,00	86,20	-7,00	22,40

Tabel pengambilan data dengan panjang *nozzle* 40 mm

Q1 (L/Min)	Q2 (L/Min)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)	Qd (L/Min)
10,00	4,50	216,00	57,90	-3,50	14,50
10,80	5,60	261,00	63,40	-4,00	16,40
11,70	7,10	334,00	75,00	-5,50	18,80
12,50	7,50	351,00	81,00	-6,00	20,00
13,30	8,90	396,00	84,10	-6,50	22,20

Tabel pengambilan data dengan tanpa perlakuan

Q1 (L/Min)	Q2 (L/Min)	P1 (mmHg)	Pd (mmHg)	Ps (mmHg)	Qd (L/Min)
10,00	0,80	35,00	19,70	-0,80	10,80
10,80	1,20	94,00	27,40	-1,20	12,00
11,70	1,70	119,00	29,00	-1,90	13,40
12,50	2,60	165,00	39,20	-2,80	15,10
13,30	3,20	229,00	55,50	4,00	16,50

Tabel pengolahan data dengan panjang *nozzle* 30 mm

Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s)	P1 (N/m2)	Pd (N/m2)	Ps (N/m2)	Q2/Q1	(Pd-Ps)/(P1-Pd)	Efisiensi (%)
0,00016667	2,16667E-05	5199,572	2759,77	-266,645	0,13	1,240437158	16,12568
0,00018	4,66667E-05	13198,91	4986,26	-333,306	0,259259	0,647727273	16,79293
0,000195	6,83333E-05	16531,97	5199,57	-466,628	0,350427	0,5	17,52137
0,00020833	8,83333E-05	22664,8	6572,79	-533,289	0,424	0,441590721	18,72345
0,00022167	0,000106667	31330,76	8599,29	-666,612	0,481203	0,407624633	19,61502

Tabel pengolahan data dengan panjang *nozzle* 35 mm

Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s)	P1 (N/m2)	Pd (N/m2)	Ps (N/m2)	Q2/Q1	(Pd-Ps)/(P1-Pd)	Efisiensi (%)
0,00016667	0,000055	18665,13	6079,5	-333,306	0,33	0,509533898	16,81462
0,00018	0,000075	23731,38	6666,12	-466,628	0,416667	0,41796875	17,41536
0,000195	0,000103333	34130,53	8452,64	-599,951	0,529915	0,352544133	18,68183
0,00020833	0,00013	43863,06	10265,8	-799,934	0,624	0,329365079	20,55238
0,00022167	0,000151667	50929,14	11492,4	-933,257	0,684211	0,315077755	21,55795

Tabel pengolahan data dengan panjang *nozzle* 40 mm

Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s)	P1 (N/m2)	Pd (N/m2)	Ps (N/m2)	Q2/Q1	(Pd-Ps)/(P1-Pd)	Efisiensi (%)
0,00016667	0,000075	28797,63	7719,37	-466,628	0,45	0,388361796	17,47628
0,00018	9,33333E-05	34797,14	8452,64	-533,289	0,518519	0,341093117	17,68631
0,000195	0,000118333	44529,67	9999,18	-733,273	0,606838	0,310810811	18,86117
0,00020833	0,000125	46796,15	10799,1	-799,934	0,6	0,322222222	19,33333
0,00022167	0,000148333	52795,66	11212,4	-866,595	0,669173	0,290477717	19,43798

Tabel pengolahan data dengan tanpa perlakuan

Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s)	P1 (N/m2)	Pd (N/m2)	Ps (N/m2)	Q2/Q1	(Pd-Ps)/(P1-Pd)	Efisiensi (%)
0,00016667	1,66667E-05	4532,961	2626,45	-213,316	0,1	1,48951049	14,8951
0,00018	3,66667E-05	11332,4	4692,95	-253,313	0,203704	0,74497992	15,17552
0,000195	5,66667E-05	14932,11	4932,93	-346,638	0,290598	0,528	15,34359
0,00020833	6,83333E-05	20931,61	6426,14	-413,299	0,328	0,471507353	15,46544
0,00022167	9,16667E-05	30130,86	7879,35	-586,618	0,413534	0,380467346	15,73361