BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian-penelitian Sebelumnya

Arifin, A.N (2011) melakukan penelitian dengan metode eksperimental tentang efisiensi *jet pump*, yaitu dengan melakukan pengamatan untuk mengetahui pengaruh jumlah saluran pada *nozzle* yang divariasikan satu saluran dengan diameter lubang ujungnya 5,5 mm dan dua saluran dengan diameter lubang masing-masing ujungnya 3 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 dua saluran pada *nozzle* dengan diameter lubang masing-masing ujungnya 3 mm.

Sinichi Takayama (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* ke sisi masuk *mixing throat*.
3. Lm = Panjang *mixing throat*.

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

Indarto (2004) melakukan penelitian dengan metode eksperimental menggunakan pompa dengan debit 16.8 L/min dengan menitik-beratkan variasi nosel 4 mm, 6 mm, 8 mm dimana bertujuan untuk meningkatkan tekanan isap pada *jet pump* dengan menggunakan variasi debit *motive fluid* yang berbeda pula. Hasil dari eksperimen yang dilakukan terjadi banyak variasi tekanan *suction* dimana tekanan *suction* maksimal sebesar 102605,45 Pa didapat dengan menggunakan diameter ujung nosel 0,008 m pada *bypass motive fluid* sebesar 30 %.

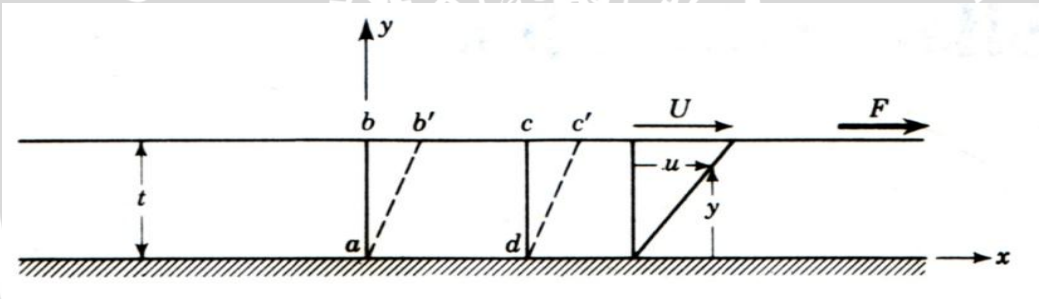
Bahtiar (2008) melakukan penelitian dengan metode eksperimental nyata (*True experimental research*), yaitu melalui pengamatan untuk mengetahui pengaruh jarak peletakan antara ujung *nozzle* dan sisi masuk *mixing throat*

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. Maka dari itu, penelitian yang saya buat sekarang ini menunjukkan bahwa variasi tinggi peletakan *jet pump* sangat mempengaruhi efisiensi dari *jet pump* sehingga didapat optimasi desain yang baik.

2.2 Fluida

2.2.1 Definisi Fluida

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuksecara terus-menerus (kontinyu) bila terkena tegangan geser sekecil apapun. Tegangan geser ini timbul akibat adanya gaya geser. Gaya geser yang terjadi adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, kemudian gaya geser ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu.



Gambar 2.1 : Perubahan bentuk yang diakibatkan oleh gaya geser
Sumber : Streeter, 1996 : 4

Pada gambar 2.1 diatas dapat dilihat bahwa suatu zat yang ditempatkan di antara 2 plat yang sejajar dengan jarak yang kecil (Y) dan sedemikian luasnya sehingga pada keadaan tepi-tepinya dapat diabaikan. Pelat bagian bawah dalam keadaan diam dan pelat bagian atas bergerak dengan kecepatan U karena adanya gaya F terhadap suatu luasan A dari pelat yang bergerak, apabila gaya F tersebut menyebabkan pelat atas bergerak dengan suatu kecepatan, betapapun sangat kecilnya gaya F, maka dapat disimpulkan bahwa zat diantara pelat tersebut adalah suatu fluida yang sedang mengalami pergerakan dengan kecepatan tertentu dan ditandai perubahan bentuk dari fluida tersebut di sepanjang saluran.

Dari percobaan-percobaan menunjukkan bahwa dengan besaran lainnya dipertahankan konstan maka F berbanding lurus dengan A dan juga dinyatakan berbanding terbalik dengan tebal dari pipa t, yang dinyatakan dengan persamaan 2-1 berikut:

$$F = \mu . \frac{AU}{t} \qquad \text{(Streeter, 1996:4)} \qquad (2\text{-}1)$$

Dengan :

μ = faktor kesebandingan dan pengaruh fluida yang bersangkutan tercakup didalamnya

U/t = kecepatan sudut garis ab atau laju perubahan bentuk sudut fluida dan dapat ditulis du/dy

Kecepatan sudut juga dapat ditulis *du/dy*, karena baik U/t maupun *du/dy* menyatakan perubahan dibagi dengan jarak sepanjang perubahan yang terjadi. Jika tegangan geser τ =F/A, maka diperoleh persamaan 2-2 di bawah ini:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \qquad \text{(Streeter,1996:4)} \qquad (2\text{-}2)$$

Bentuk diferensial di atas adalah hubungan antara tegangan geser dan laju perubahan bentuk sudut untuk aliran satu dimensi. Faktor kesebandingan μ disebut viskositas dinamik dan persamaan di atas adalah hukum viskositas *Newton*.

2.2.2 Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida dalam menahan laju deformasi dari molekul fluida tersebut. Hukum Viskositas *Newton* menyatakan bahwa, untuk laju perubahan bentuk suatu fluida tertentu, merupakan fungsi dari tegangan geser dan viskositas. Contoh cairan yang sangat kental adalah larutan gula sedangkan air dan udara mempunyai viskositas yang sangat kecil/tidak kental.Viskositas dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Viskositas Kinematik

   Viskositas kinematik adalah rasio perbandingan antara viskositas dinamik dengan densitas suatu fluida dan banyak dipengaruhi oleh

temperatur tanpa memperhitungkan tekanan yang bekerja serta biasanya digunakan dalam beberapa penerapan seperti untuk menentukan bilangan *Reynold* pada aliran fluida dalam pipa yang secara matematis dapat dinyatakan pada persamaan 2-3 sebagai berikut:

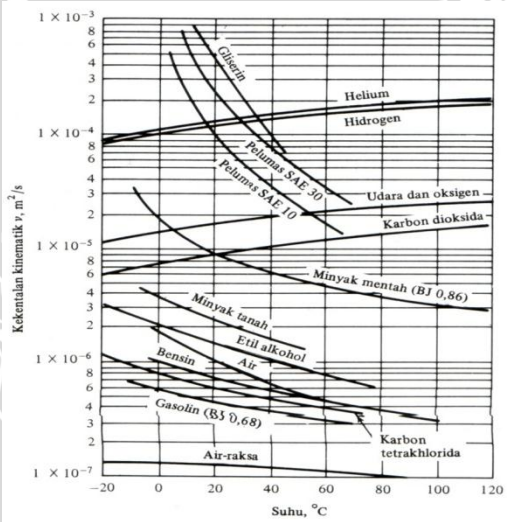
$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \qquad \text{(Streeter, 1984: 347)} \qquad (2\text{-}3)$$

Keterangan :

υ = viskositas kinematik [m^2/ s]

μ = viskositas dinamik [N.s/ m^2]

ρ = densitas / massa jenis [kg/m^3]



Gambar 2.2 : Viskositas kinematik berbagai fluida pada 1 atm
Sumber : White, 1994: 388

Pada Gambar 2.2 terlihat viskositas kinematik dari berbagai fluida. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk fluida cair viskositas kinematik (ν) akan menurun dengan meningkatnya temperatur sedangkan untuk fluida gas sebaliknya, yaitu dengan meningkatnya temperatur maka viskositasnya juga meningkat. Menurut Streeter (1996: 8) perbedaan dalam kecenderungan terhadap suhu dikarenakan tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tersebut tergantung pada kohesinya dan laju perpindahan momentum molekulernya. Fluida cair yang memiliki ikatan-ikatan molekul yang jauh lebih rapat daripada gas. Kohesi merupakan salah satu penyebab utama viskositas cairan karena kohesi berkurang

dengan naiknya temperatur, maka demikian pula dengan viskositasnya. Sebaliknya gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekuler. Viskositas akan bertambah jika pertukaran kalor yang acak antar molekul-molekunya, sehingga meningkatnya temperatur mengakibatkan viskositasnya juga akan meningkat (Nekrasov;1960).

2. Viskositas Dinamik

Viskositas dinamik adalah viskositas yang menunjukkan ketahanan suatu fluida terhadap tegangan geser / gaya yang bekerja padanya. Secara matematis dapat dituliskan pada persamaan 2-4 sebagai berikut :

$$F = \mu . \frac{A.U}{t} \qquad \text{(Streeter, 1996:4)} \qquad (2\text{-}4)$$

Dengan :

F = Gaya Geser pada Fluida

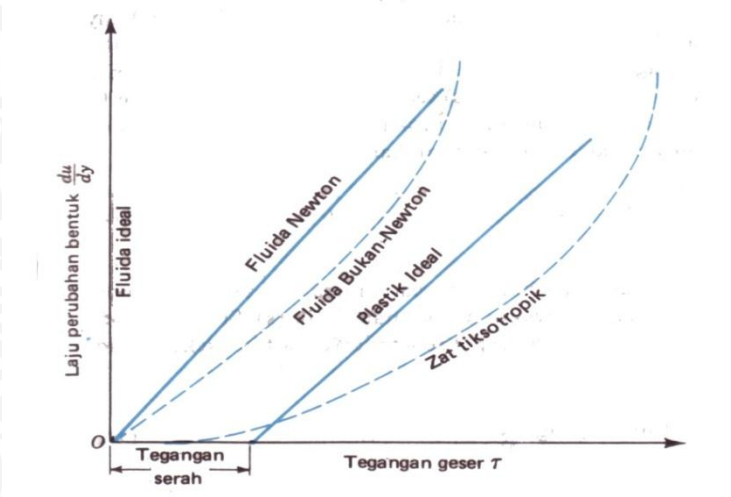
μ = Viskositas Absolut

U/t = kecepatan sudut garis ab atau laju perubahan bentuk sudut fluida dan dapat ditulis *du/dy*

2.3 Klasifikasi Fluida

2.3.1 Fluida Newtonian dan Fluida non-Newtonian

Berdasarkan kemampuan fluida dalam menahan tegangan geser, fluida dibedakan menjadi fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian (Streeter, 1996 :3). Dalam fluida Newtonian terdapat hubungan linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dengan laju perubahan bentuk yang diakibatkan. Sedangkan fluida non-Newtonian memiliki hubunganyang tak linier antara besarnya tegangan geser dengan laju perubahan bentuk seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4. Contoh fluida Newtonian adalah air, udara, dan oli, sedangkan fluida non-Newtonian adalah plastik cair dan lilin cair.



Gambar 2.3 : Fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian
Sumber : Streeter, 1996: 5

2.3.2 Fluida mampu mampat dan Fluida takmampu mampat

Menurut Daugherty, (1986: 4), fluida dibagi menjadi 2 yaitu fluida mampu mampat (*compressible*) dan fluida takmampu mampat (*incompressible*). Fluida takmampu mampat (*incompressible*) adalah fluida yang mempunyai massa jenis (ρ) konstan, tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan $\frac{d\rho}{dp}$ = 0. Sedangkan untuk fluida mampu mampat (*compressible*) massa jenisnya(ρ) berubah–ubah terhadap tekanan $\frac{d\rho}{dp}$> 0. Contoh fluida takmampu mampat adalah fluida cair dan fluida gas yang memiliki Bilangan *Mach* atau *Mach Number*(M)< 0,3 sedangkan untuk fluida gas yang memiliki *Mach Number*(M)>0,3 dianggap fluida mampu mampat dan sifat-sifat kompresibelitasnya harus diperhitungkan.

2.4 Pompa

Pompa merupakan salah satu mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan atau mengalirkan fuida 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.

2.4.1 Klasifikasi Pompa

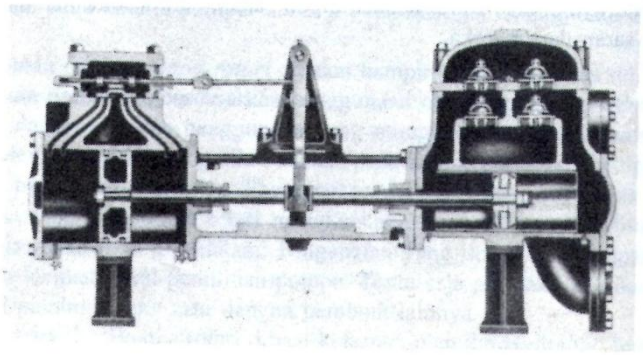
Berdasarkan prinsip kerjanya, maka pompa dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

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 kapsitas 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 ronga 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 2.4 : Pompa Piston
Sumber : Edward, 1990; 32

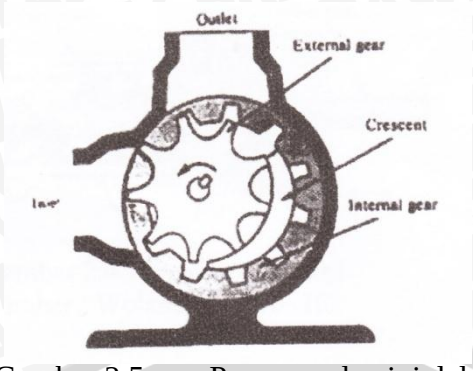
b. Pompa Rotari

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 rotarimenghasilkan 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

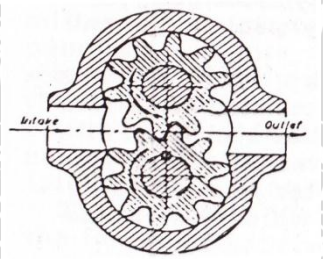
  Cara kerja pompa roda gigi dalam adalah dengan memanfaatkan putaran antara roda gigi luar dan roda gigi dalam yang menghasilkan tekanan vacum sehingga dapat menarik fluida ke dalam rumah pompa. Kemudian fluida tersebut dipaksa keluar melalui outlet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.5 : 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 2.6 : Pompa roda gigi luar
Sumber : Nekrasov, 1967: 224

2. *Dynamic Pump*

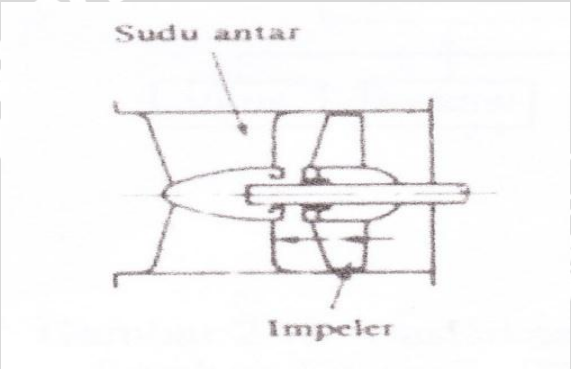
Prinsip kerja pompa dinamik adalah memanfaatkan energi mekanik pada poros pompa yang akan memutar impeler dengan kecepatan tinggi, kemudian fluida akan masuk mengisi ruang kosong pada impeler dan akhirnya ditekan keluar dari rumah pompa. Pada bagian sudu impeler terjadi perubahan energi mekanik poros 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 memilki 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.

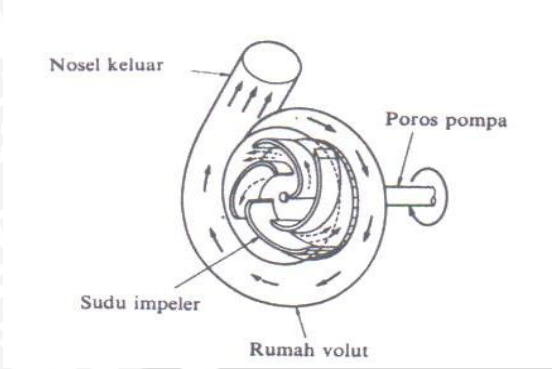


Gambar 2.7 : Pompa aksial
Sumber : Sularso, 1987: 8

b. Pompa Radial

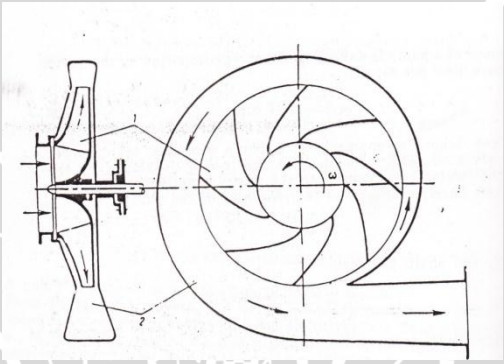
Pompa radial sering juga disebut dengan pompa sentrifugal. Aliran fluida yang masuk kedalam pompa dalam arah aksial dan keluar dari volut dalam arah radial. Pada pengoperasian pompa sentrifugal ada beberapa kerugian yang disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya kerugian pada instalasi atau perpipaan 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 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.8 : Pompa radial
Sumber : Sularso, 1983 : 4

2.4.2 Pompa Sentrifugal



Gambar 2.9 : 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 bias terangkat.

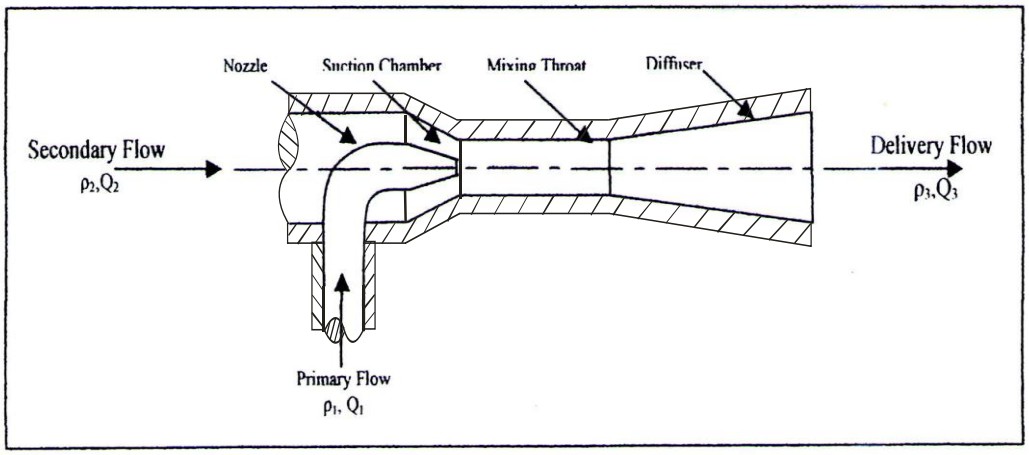
Pengkonversian energi diawali dengan energi mekanik pada poros pompa didistribusikan ke bagian impeler kemudian fluida terlempar keluar sebagai aksi dari gaya sentrifugal sehingga menjadi energi kinetik fluida akibat tolakan dari

impeler dan akhirnya energi kinetik tersebut sebagian diubah menjadi energi tekan pada volut pompa.

2.5 *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 2.10 : Bagian-bagian *Jet pump*

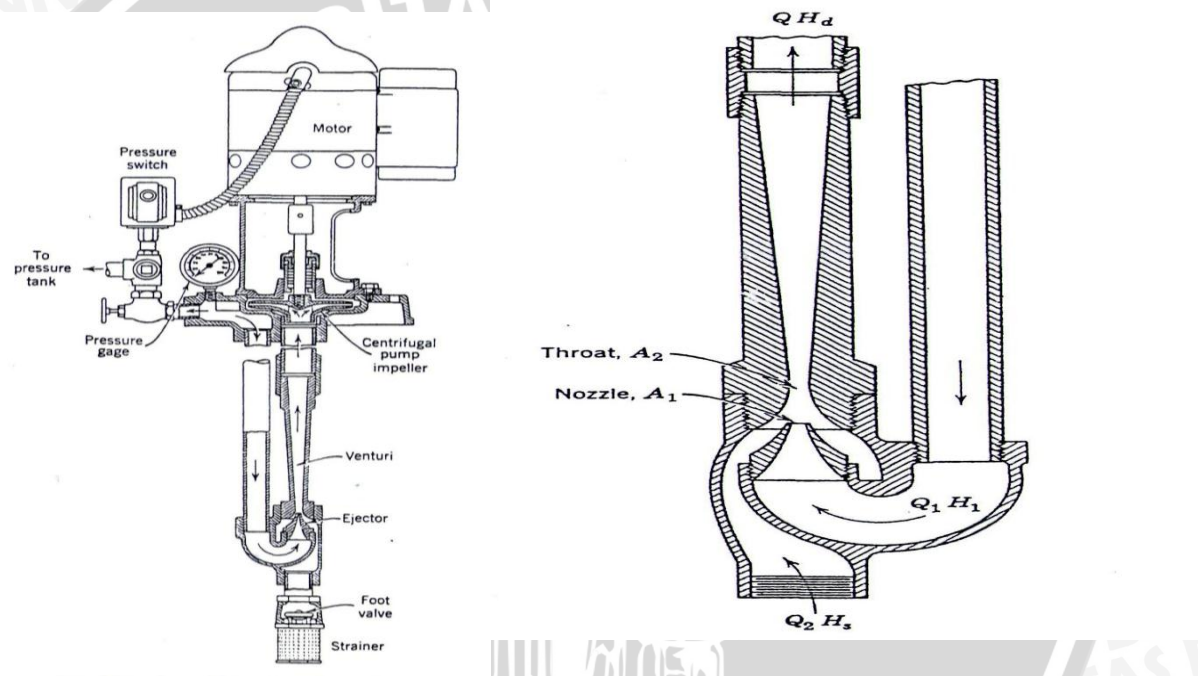
Adapun nama lain dan definisi dari *jet pump* adalah sebagai berikut (Karassik*et al* , 1976) :

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 pump* berfungsi untuk membantu kerja dari pompa sentrifugal. Adapun cara kerjanya adalah sebagian debit dari pompa sentifugal dikembalikan ke *jet pump* yang digunakan sebagai aliran primer untuk mendorong fluida di aliran sekunder.



(a) (b)

seperti dijelaskan pada gambar 2.8 berikut:

Gambar 2.11 : (a) Instalasi *jet pump*, (b) *Jet pump*
Sumber : Stepanoff, 1984 : 404

Pada *ejector*, 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, *eductor* diklasifikasikan menjadi :

1. *Liquid-Jet-Liquid* (LJL)
   Pada *eductor* tipe ini, baik aliran primer maupun aliran sekunderfluidanya merupakan liquid.
2. *Liquid-Jet-Gas-Liquid* (LJGL)
   Fluida untuk *eductor* tipe ini adalah liquid untuk aliran primer dan gas untuk aliran sekundernya dan bisa juga sebaliknya.

2.5.1 *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.

2.5.2 *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 mengubungkan *nozzle* dengan *diffuser*.

2.5.3 *Suction Chamber*

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

2.6 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 viscos dan pengisapan yang disebabkan oleh penurunan tekanan pada keluaran *nozzle*
3. Konversi energi kinetik menjadi energi tekanan pada fluida yang telah dicampur pada *diffuser*.

2.7 Persamaan-Persamaan Dasar pada *Jet Pump*

2.7.1 Persamaan Kontinuitas

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

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ (White, 2001 : 130) (2-5)

$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$ (White, 2001 : 133) (2-6)

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

$A_1 v_1 = A_2 v_2$ (White, 2001 : 133) (2-7)

$Q_1 = Q_2 = Q$ (White, 2001 : 133) (2-8)

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

2.7.2 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*.

$$W = m.g.h + m.\frac{P}{\rho} + m.\frac{v^2}{2}$$ (Dietzel, 1988 : 4) (2-9)

dengan : m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian (m)

P = tekanan absolut (N/m^2)

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

$$w = g.h + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$ (Dietzel, 1988 : 4) (2-10)

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:

$$H = h + \frac{P}{\rho.g} + \frac{v^2}{2g}$$ (Dietzel, 1998 : 4) (2-11)

Perubahan bentuk energi akan terjadi bila terjadi perubahan pada penampang. Apabila penampang 2 diperkecil ukurannya maka kecepatan fluida naik menjadi V_2 dan tekanan pada posisi 2 akan berkurang, hal ini akan terlihat dengan jelas letak pipa tersebut dibuat mendatar $h_1 = h_2$.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$ (Dietzel, 1998 : 5) (2-12)

2.7.3 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.

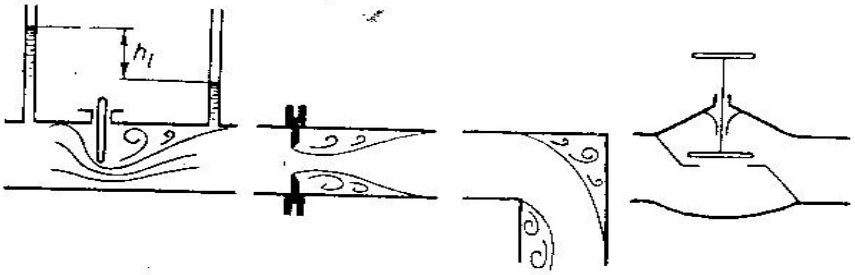
$$h = \lambda . \frac{l}{d} . \frac{V^2}{2g}$$ (Nekrasov, 1990: 60) (2-13)

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:

$$h = \xi . \frac{V^2}{2g} \qquad \text{(Nekrasov, 1990: 61)} \qquad (2\text{-}14)$$

Keterangan :ζ = Koefisien kerugian *head minor losses*

V= Kecepatan Fluida [m/s]

g = Percepatan gravitasi [m/s^2]

2.8 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 perbandinganantara luas penampang *nozzle* A_{no} (m^2) dengan luas penampang *mixing throat* A_{th} (m^2).

   R = (Stepanoff,404) (2-15)

2. Rasio debit

   Rasio debit merupakan perbandingan debit pada secondary flow Q_2 (m^3/s) dengan debit pada primary flow Q_1 (m^3/s).

$$M = \frac{Q_2}{Q_1} \qquad \text{(Stepanoff,404)} \qquad (2\text{-}16)$$

3. Rasio tekanan

$$R = \frac{(P_d - P_s)}{(P_i - P_d)} \qquad \text{(Stepanoff,404)} \qquad (2\text{-}17)$$

2.9 Efisiensi *Jet Pump*

Efisiensi *jet pump* merupakan perbandingan antara daya yang dikeluarkan yang digunakan untuk memompakan aliran utama yaitu Q_2 (P_d-P_s) dan daya yang disuplai memompa aliran primer yaitu Q_1(P_i-P_d). Head yang digunakan pada penelitian *jet pump* ini adalah head tekanan yaitu $\frac{P}{\gamma}$, rasio headnya menjadi N = $\frac{Hd-Hs}{Hi-Hd} = \frac{\frac{Pd}{\gamma}-\frac{Ps}{\gamma}}{\frac{Pi}{\gamma}-\frac{Pd}{\gamma}} = \frac{Pd-Ps}{Pi-Pd}$ maka efisiensi *jet pump* menjadi :

$$\eta = \frac{Q_2(P_d - P_s)}{Q_1(P_i - P_d)} \qquad \text{(Stepanoff,404)} \qquad (2\text{-}18)$$

Keterangan :

P_d = Tekanan aliran primer (N/m²)

P_s = Tekanan aliran sekunder (N/m²)

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

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

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

2.10 Hipotesa

Semakin dalam pemasangan *jet pump* dari permukaan air, menyebabkan tekanan di sisi isap semakin besar sehingga terjadi perbedaan tekanan (Δp) serta ditambah dengan perbedaan tekanan pada ujung *nozzle* juga semakin besar,akibatnyakemampuan untuk mengangkat air semakin meningkat sehingga 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 empirissehingga dapat mengetahui pengaruh variasi *pump setting* terhadap efisiensi *jet pump.*

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

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

3.3 Variabel Peneltian

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 debit aliran primer, dimana debit aliran yang dipakai sebagai berikut : 600 liter/jam; 650 liter/jam; 700liter/jam; 750 liter/jam; 800 liter/jam.

2. Variable 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 adalahadalah efisiensi*jetpump*.

3. Variabel terkontrol(*control variable*)

   Variabel terkontrol yaitu variabel yang nilainya dijaga konstan selama pengujian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah tinggi permukaan level air, dimana tinggi yang digunakan yaitu 0.3 m, 0.6 m, 0.9 m.

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.

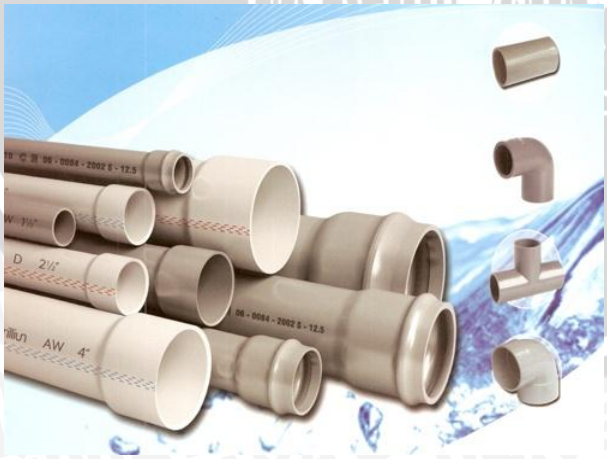
4. Perancangan Instalasi

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

3.5 Peralatan Penelitian

1. Pipa PVC

   Digunakan sebagai jaringan pipa baik pipa lurus maupun belokan pipa.



Gambar 3.1 : Pipa PVC

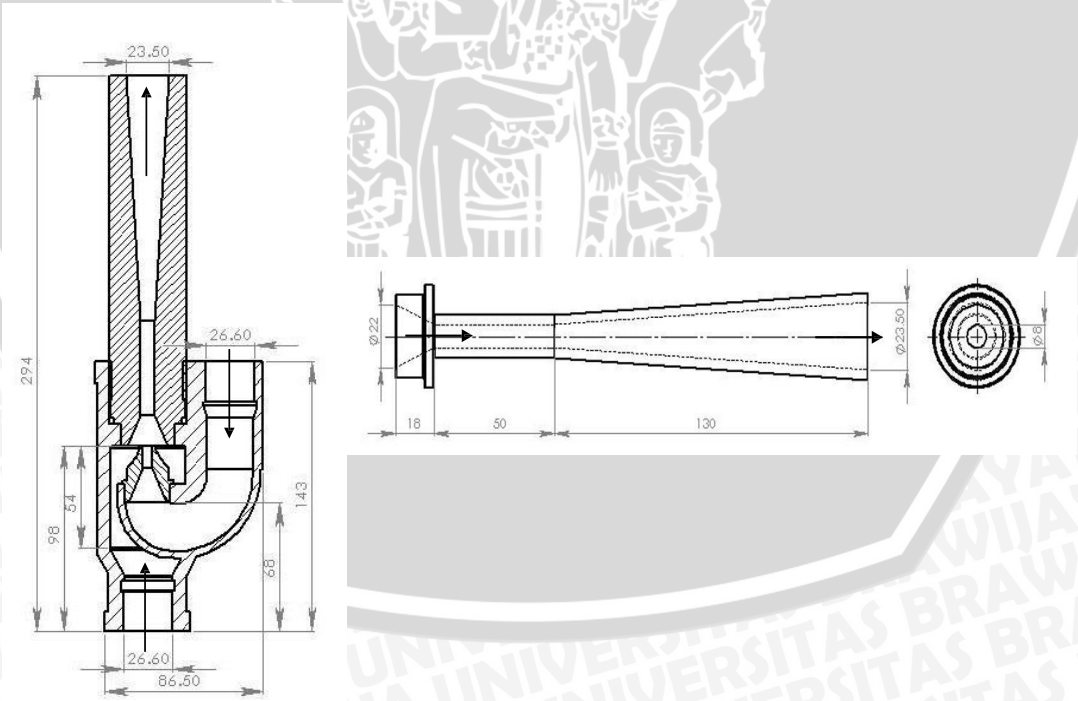
Sumber : http://www.tandonair.com/image-upload/Image-Pipa-PVC.jpg

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*

Geometri dari *jet pump* yang digunakan dapat dilihat dari gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 : Dimensi dan model *Jet pump*,"*suction chamber*, *mixing throat* dan *diffuser*"

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*
Sumber : Laboratorium Fluida Mesin Brawijaya

5. Pompa

Gambar 3.5 : Pompa Sentrifugal
Sumber : Laboratorium Fluida Mesin Brawijaya

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 m
- Head suction = 9 m
- Head *discharge* = 15 m

- Putaran = 2850 rpm
- Keluaran motor penggerak = 125 Watt

6. Katup (*valve*)

Digunakan untuk mengontrol aliran air yang melalui jaringan pipa.

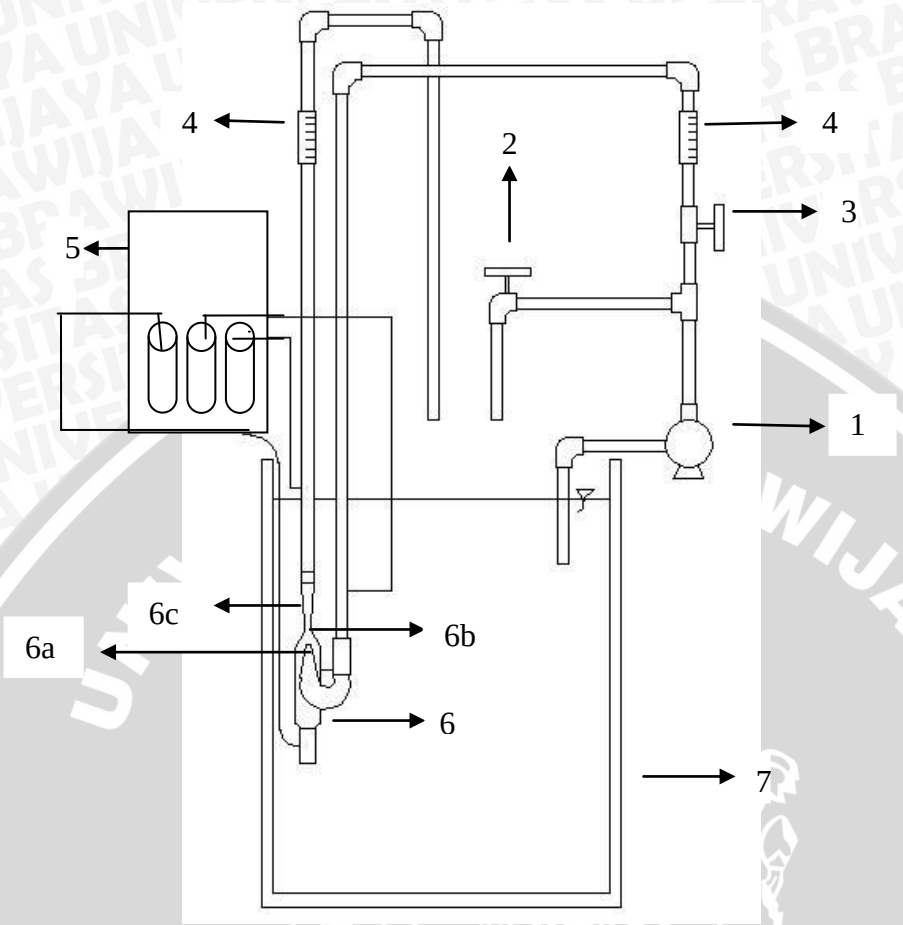
Gambar 3.6 : *Gate Valve*
Sumber : http: //www.cobrix.com.my/web_images/brass_gate_valve.jpg

7. Manometer

Gambar 3.7 : Manometer Pipa-U Fluida Raksa
Sumber : Laboratorium Fluida Mesin Brawijaya

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

3.6 Instalasi AlatPenelitian



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 3.8)
2. Memasang *jet pump* dengan dengan dengan tinggi level air 0,3 m
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 tinggi level air 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 Pengambilan data efisiensi *jet pump* dengan menggunakan ketinggian level air 0.3 m.

Debit aliran primer (liter/jam)	Q_d	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 :

Q_1 = Debit aliran primer

Q_2 = Debit keluar jet pump

P_d = Tekanan statik di *delivery flow*

P_s = Tekanan statik di aliran sekunder

P_d = Tekanan statik di aliran primer

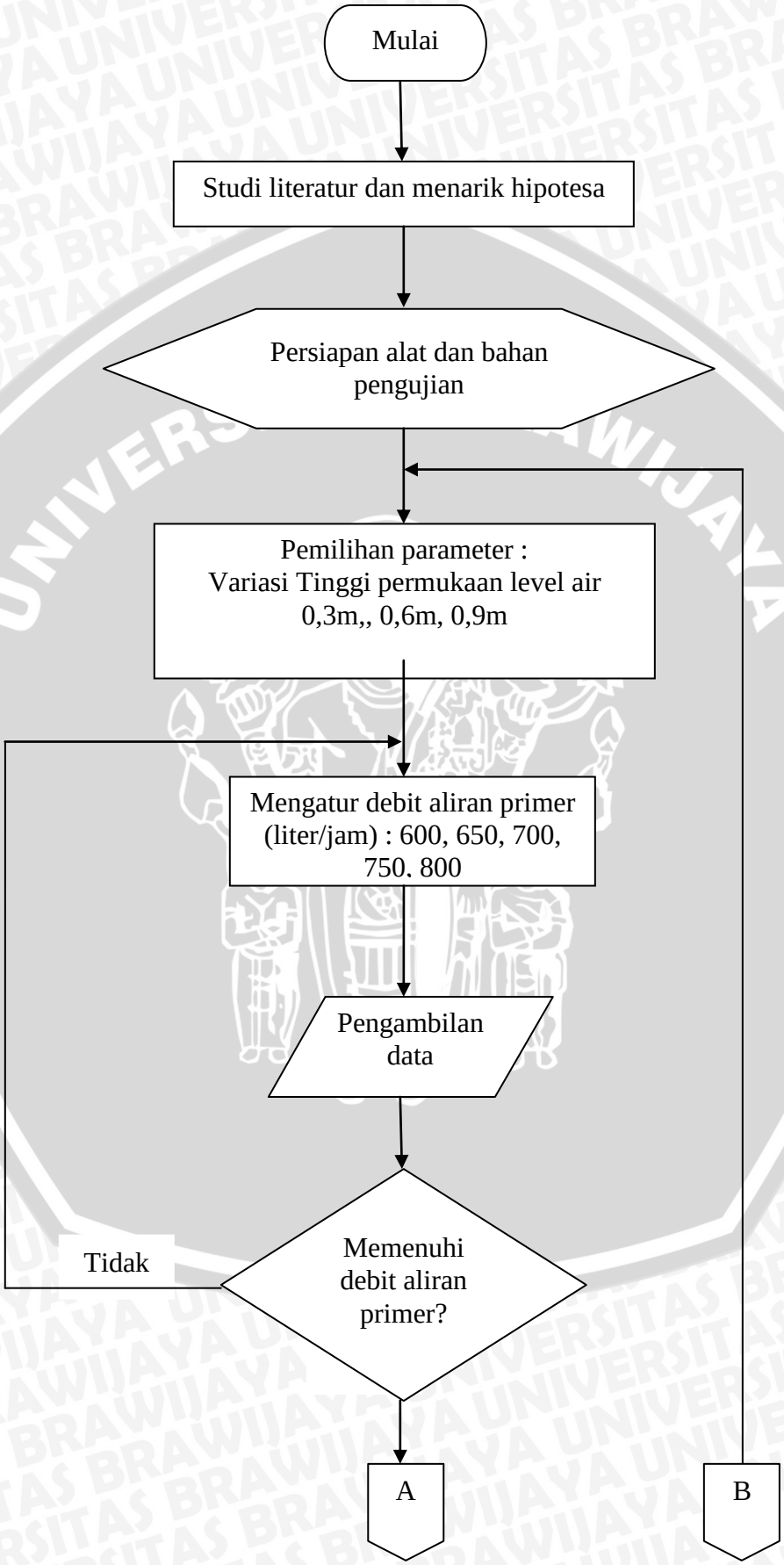
Q_2/Q_1 = Rasio debit

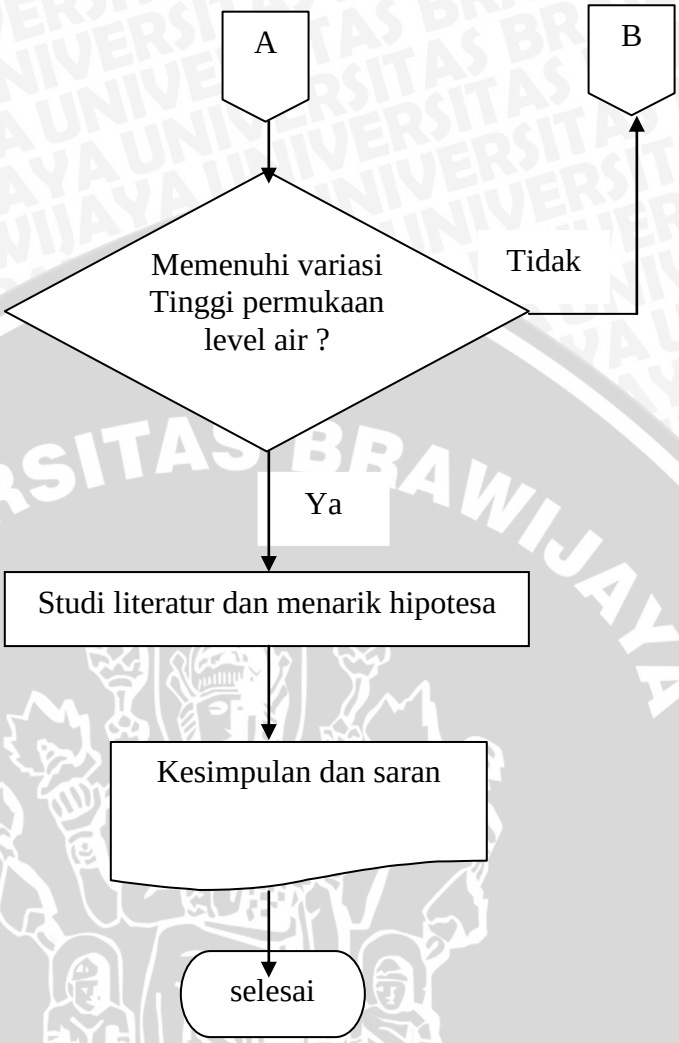
$\frac{(P_d - P_s)}{(P_i - P_d)}$ = Rasio tekanan

η = Efisiensi *jet pump*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.9 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.5 : Diagram alir penelitian

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA