

**PENGARUH RASIO PANJANG DAN DIAMETER PIPA SUPLAI (L/D) DAN
JENIS KATUP PENGHANTAR TERHADAP UNJUK KERJA MODEL
POMPA TANPA MOTOR (*HYDRAULIC RAM PUMP*)**

(Skripsi)

Oleh

Nuril Fatah



**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

EFFECT OF RATIO DRIVE PIPE LENGTH TO DIAMETER (L/D) AND TYPE OF DELIVERY VALVE ON THE PERFORMANCE OF MODEL HYDRAM PUMP (HYDRAULIC RAM PUMP)

By

Nuril Fatah

Hydrum pump is a device that can pump water by utilizing the energy from the water itself without using a electrical motor or engine. A previous study of the application on hydrum pump has been conducted for the model of irrigation system paddy fields in Wonokarto village, Pringsewu regency, province of Lampung. In this application, ratio drive pipe length to diameter (L/D) used was 208,56 which this value was obtained base on the condition of field, and it was still within the design constraints of hydrum pump drive pipe. The type of delivery valve used in this hydrum pump was a type of lift check valve. The test results shown the delivery volume flowrate and maximum efficiency of 2,535 liters/minute and 25,93 %. Based on that research, the experimental study was conducted to determine the effect of ratio drive pipe length to diameter (L/D) and the type of delivery valve on performance of the model hydrum pump which the ratio drive pipe length to diameter (L/D) were 181,82, 195,19, 208,56 and 235,3 with drive pipe diameter of 1 ¼ inch, the type of delivery valve used was lift check valve and swing check valve, and the volume of air chamber of 3,37 liters. Based on the test results was conducted using head supply 1 m and delivery height of 6 m, shown maximum delivery volume flowrate and efficiency of 2,9 liters/minute and 63 %. This results is better than using other ratio of drive pipe length to diameter (L/D).

Keywords: Hydrum pump, drive pipe, delivery valve.

ABSTRAK

PENGARUH RASIO PANJANG DAN DIAMETER PIPA SUPLAI (L/D) DAN JENIS KATUP PENGHANTAR TERHADAP UNJUK KERJA MODEL POMPA TANPA MOTOR (*HYDRAULIC RAM PUMP*)

Oleh

Nuril Fatah

Pompa *hydram* merupakan suatu alat yang dapat memompakan air dengan memanfaatkan energi dari air itu sendiri tanpa menggunakan motor penggerak. Penelitian perbandingan pompa *hydram* sebelumnya telah dilakukan untuk model sistem irigasi persawahan di desa Wonokarto, kecamatan Gadingrejo, kabupaten Pringsewu, provinsi Lampung. Dalam penerapan ini digunakan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) yang digunakan yaitu 208,56 dimana nilai ini diperoleh berdasarkan kondisi lapangan dan nilai ini juga masih dalam batasan perancangan pipa suplai pompa *hydram*. Dan jenis katup penghantar yang digunakan dalam pompa *hydram* ini adalah jenis *lift check valve*. Hasil pengujian yang dilakukan diperoleh debit pemompaan dan efisiensi maksimum yaitu 2,535 liter/menit dan 25,93 %. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian lanjutan secara eksperimental untuk mengetahui pengaruh rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) dan jenis katup penghantar terhadap debit pemompaan dan efisiensi model pompa *hydram*, dimana rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) yang digunakan yaitu 181,82, 195,19, 208,56, 221,93 dan 235,3 dan diameter pipa suplai tetap yaitu 1 ¼ inci, jenis katup penghantar yang digunakan yaitu *lift check valve* dan *swing check valve*, dan volume tabung udara yang digunakan yaitu 3,37 liter. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan *head* sumber 1 m dan tinggi pemompaan 6 m diperoleh debit pemompaan maksimum dan efisiensi maksimum yaitu 2,9 liter/menit dan 63 %. Dimana hasil ini lebih baik dibanding dengan penggunaan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) lainnya.

Kata kunci: pompa *hydram*, pipa suplai, katup penghantar.

**PENGARUH RASIO PANJANG DAN DIAMETER PIPA SUPLAI (L/D)
DAN JENIS KATUP PENGHANTAR TERHADAP UNJUK KERJA
MODEL POMPA TANPA MOTOR (*HYDRAULIC RAM PUMP*)**

Oleh

Nuril Fatah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH RASIO DAN DIAMETER PIPA
SUPLAI (L/D) DAN JENIS KATUP
PENGHANTAR TERHADAP UNJUK KERJA
MODEL POMPA TANPA MOTOR
(HYDRAULIC RAM PUMP)**

Nama Mahasiswa : Nuril Fatah


Nomor Pokok Mahasiswa : 1315021048

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

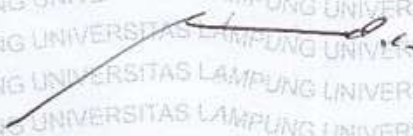
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.
NIP 19710127 199803 1 004


M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.
NIP 19801001 200812 1 001

2. **Ketua Jurusan Teknik Mesin**


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.

Sekretaris

: M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Amrul, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., PhD
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Februari 2018

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nuril Fatah
NPM : 1315021048
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor Nomor : 06 Tahun 2016.

Bandar Lampung, 26 Februari 2018
Yang Menyatakan,



Nuril Fatah
NPM:1315021048

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Branti kecamatan Natar kabupaten Lampung Selatan provinsi Lampung pada tanggal 17 Juli 1995. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Agus Tomi dan Ibu Agustina. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di MI Daarul Ma'arif, Banjar Negeri Natar Lampung Selatan pada tahun 2007, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Natar Lampung Selatan pada tahun 2010, dan pendidikan menengah atas di SMA Swadhipa Natar Lampung Selatan pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung jurusan Teknik Mesin pada tahun 2013 melalui jalur seleksi bersama masuk perguruan tinggi negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan, diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) menjabat sebagai Bidang Humas periode 2014/2015 dan Divisi Penerbitan periode 2015/2016. Pada tahun 2016, penulis telah melaksanakan kerja praktek (KP) di PT. PLN Persero Sektor Pembangkitan Sebalang, Katibung, Lampungg Selatan. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKN-Tematik) pada tahun 2017 sebagai koordinator mahasiswa di desa Karang Endah kecamatan Terbanggi Besar kabupaten Lampung Tengah provinsi Lampung. Pada tahun 2017, penulis

melakukan penelitian di bidang Konversi Energi dengan judul “Pengaruh Rasio Panjang dan Diameter Pipa Suplai (L/D) dan Jenis Katup Penghantar Terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*)”, dibawah bimbingan Bapak Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T. dan Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.

Persembahan



Segala Puji Bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat serta hidayahnya

Kupersembahkan karyaku kecil ku ini sebagai tanda cinta & kasih sayang kepada:

Kedua orang tua ku Bapak Agus Tomy dan Ibu Agutina Serta Kakak Resha Silvia
Tomy, A.md., Bayu Prastio dan Dea Frisilia Tomy.

Keluarga besar
Yang turut mensupport juga membantu, kawan-kawan seperjuangan
Teknik Mesin Universitas 2013

Almamater Universitas Lampung.

MOTTO

JANGAN GUNAKAN PENGETAHUAN UNTUK MEMBODOHI ORANG LAIN.

JANGAN MENGHINDARI PROSES JIKA INGIN MENDAPATKAN HASIL.

MANUSIA DILIHAT BUKAN DARI KELUARGA MANA DIA DILAHIRKAN,
TAPI AKAN JADI APA SETELAH DIA DILAHIRKAN.

KITA TIDAK BISA MERUBAH ARAH MATA ANGIN TAPI KITA BISA
MENGATUR ARAH LAYAR UNTUK TETAP KE TUJUAN KITA.

PERCAYA ITU BAIK, TETAPI MENGECEK ITU LEBIH BAIK LAGI
(BJ. HABIBIE)

NEVER GIVE UP

TIDAK PERLU MEMAMERKAN SEGALA KEBAIKAN YANG KITA BISA,
KARENA YANG MENYUKAI KITA TAK PERLU ITU DAN YANG TIDAK
MENYUKAI KITA TIDAK MEMPERCAYAI ITU (ALI BIN ABI THOLIB)

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa perubahan luar biasa, menjadi uswatun khasanah di muka bumi ini.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Rasio Panjang dan Diameter Pipa Suplai (L/D) dan Jenis Katup Penghantar Terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc. PhD., selaku Dekan Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ahmad Su’udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan tugas akhir kepada penulis serta bersedia meluangkan waktunya

untuk membimbing dan mengarahkan serta, memberikan perhatian sehingga penulis dapat menyusun laporan skripsi ini menjadi lebih baik dan dapat menyelesaikan studi S1.

4. Bapak M. Dyan Susila, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan masukan guna membangun laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
5. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan masukan dan saran-saran membangun agar penulisan laporan ini menjadi lebih baik lagi.
6. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Agus Tomi dan Mamak Agustina atas perhatian, cinta dan kasih sayang yang telah diberikan serta doa yang tak ada hentinya dilantunkan untuk kesuksesan penulis.
7. Kakak Resha Silvia Tomy, Amd., Bayu Prastio dan Dea Frisilia Tomy terima kasih atas bantuan, serta dukungan motivasi yang tak henti-hentinya diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1.
8. Bapak dan Ibu dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan program studi S1.
9. Abang Joel Aritonang, S.T. yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi, dorongan dan bantuan kepada penulis.
10. Patner Tugas Akhir Ihsan Nasution dan Malikhah Alfarisia, S.T.
11. Armando Putra (edo), Aufadhia (abah), Ismayanti, Mursani (joy), Oki Bagus, Prahara Asmara (paw), Riduan P.H. Situmorang (ucok), Rio dicky,

Wahyudyatama (yaw), dan Oktavia Dwi Sakti Terimakasih telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir.

12. ANBU SQUAD tempat berkumpul suka maupun duka terima kasih telah memberikan dorongan dan masukannya selama perkuliahan.
13. Pakde Sugiman, Mas Dadang, Mas Nanang dan Mas Marta, Terimakasih atas bantuannya selama ini.
14. Teman-teman keluarga besar Teknik Mesin Angkatan 2013 yang selalu menjadi rumah bagi penulis dan telah menemani selama masa-masa indah perkuliahan.
15. Almamater Universitas Lampung tercinta.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan dan kekhilafan tersebut. Dengan segala kerendahan hati penulis menerima saran, pendapat serta kritik yang membangun untuk kebaikan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi semua yang membacanya. Semoga Allah SWT membalas amal baik yang telah membantu di dalam penulisan skripsi ini.

Bandar Lampung, Februari 2018

Nuril Fatah
NPM1315021048

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK

ABSTRACT

HALAMAN JUDUL

MENGESAHKAN

PERNYATAN PENULIS

RIWAYAT HIDUP

PERSEMBAHAN

MOTTO

SANWACANA

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR GAMBAR..... iv

DAFTAR TABEL vi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1

B. Tujuan Penelitian 3

C. Batasan Masalah..... 3

D. Sistematika Penulisan 4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pompa <i>Hydram</i>	5
1. Cara Kerja Pompa <i>Hydram</i>	6
a. <i>Acceleration</i>	6
b. Kompresi	6
c. Penyaluran (<i>Delivery</i>)	7
d. Pembalikan (<i>Recoil</i>)	8
2. Efisiensi Pompa <i>Hydram</i>	9
B. Parameter-parameter Komponen Pompa <i>Hydram</i>	10
1. Pipa Suplai	10
2. Katup Penghantar	15
a. Katup penghantar jenis <i>lift check valve</i>	15
b. Katup penghantar jenis <i>swing check valve</i>	16
3. Tabung Udara	18
C. Penelitian Terdahulu	19

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Pelaksanaan	21
B. Tahap Penelitian	21
1. Studi Literatur	21
2. Penyiapan Alat dan Bahan	21
3. Pembuatan alat uji	21
4. Analisis Data	22
5. Penulisan Laporan	22
C. Alat dan Bahan	24

1. Alat.....	24
2. Bahan	26
D. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian.....	28
E. Metode Pengujian	29

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Pompa <i>Hydram</i>	31
1. Pengujian pompa <i>hydram</i> rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) 208,56 dengan menggunakan katup penghantar jenis <i>swing</i> <i>check valve</i>	32
2. Pengujian pompa <i>hydram</i> rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) 208,56 dengan menggunakan katup penghantar jenis <i>lift</i> <i>check valve</i>	35
B. Pembahasan	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	42
B. Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 koefisien hambatan	17
Tabel 2.2 Koefisien kerugian aliran yang melalui katup penghantar dan alat kelengkapannya	17
Tabel 3.1 Contoh tabel pengambilan data pengujian pompa <i>hydram</i>	23

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema instalasi pompa <i>hydar</i>	5
Gambar 2.2 <i>Acceleration</i>	6
Gambar 2.3 kompresi	7
Gambar 2.4 Penyaluran	7
Gambar 2.5 Pembalikan	8
Gambar 2.6 Grafik waktu- kecepatan pada pompa <i>hydram</i>	9
Gambar 2.7 Grafik Kekasaran Relatif.....	11
Gambar 2.8 Diagram <i>Moody</i>	12
Gambar 2.9 Katup penghantar jenis <i>lift chcek valve</i>	16
Gambar 2.10 Katup penghantar jenis <i>swing check valve</i>	17
Gambar 3.1 Meteran.....	24
Gambar 3.2 Timbangan Digital	24
Gambar 3.3 Jangka Sorong	25
Gambar 3.4 Gelas Ukur.....	25
Gambar 3.5 Stopwatch	26
Gambar 3.6 Model Pompa <i>Hydram</i> Yang diuji	27
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.8 Skema Instalasi Pengujian Pompa <i>Hydram</i>	30

Gambar 4.1 Alat Uji Pompa <i>Hydarm</i>	31
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara panjang langkah katup buang terhadap debit pemompaan dengan rasio (L/D) 208,58.....	32
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara panjang langkah katup buang terhadap efisiensi dengan rasio (L/D) 208,58	33
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara panjang langkah katup buang terhadap debit pemompaan dengan rasio (L/D) 208,58.....	35
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara panjang langkah katup buang terhadap efisiensi dengan rasio (L/D) 208,58	36
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara panjang pipa suplai terhadap debit pemompaan	38
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara panjang pipa suplai terhadap efisiensi.....	39

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pompa *hydram* telah ada sebelum ditemukannya pompa listrik. John Whitehurst ilmuwan asal Inggris menciptakan pompa *hydram* pertama kali di tahun 1772, tetapi pompa *hydram* masih beroperasi secara manual dimana katup buang masih digerakkan secara manual. Whitehurst memasang pompa *hydram* pertamanya di wilayah Oultron untuk menaikkan air sampai ketinggian 4,9 meter (16kaki) dan memasang di Irlandia untuk keperluan air bersih sehari - hari. Dia tidak mematenkannya, dan detailnya belum begitu jelas, tetapi diketahui bahwa *hydram* sudah memiliki tabung udara.

Joseph Michel Montgolfier seorang ilmuwan Prancis pada tahun 1796 mengembangkan pompa *hydram* pertama yang dapat beroperasi secara otomatis, desain pompa *hydram* buatan Montgolfier sudah menggunakan 2 buah katup (katup buang dan katup penghantar) yang bergerak secara bergantian. Montgolfier memasang pompa *hydram* di Voiron untuk menaikkan air di pabrik kertas daerah. Matus Boulton memperoleh hak paten atas penemuan pompa *hydram* pada tahun 1798 tersebut di Inggris.

J.Cernau dan SS Hallet memperoleh hak paten pompa *hydram* pertama kali di Benua Amerika. Pompa *hydram* tersebut sebagian besar digunakan di daerah pertanian dan peternakan.

Di Indonesia pompa *hydram* sudah ada sejak jaman penjajahan Belanda, namun kurangnya edukasi membuat pompa ini tidak lestari. Dan juga pada dahulu sungai masih sangat terawat, sehingga debit yang mengalir cukup besar. Tetapi keadaan sekarang berubah drastis menyebabkan pendangkalan sungai sehingga pompa *hydram* tampil lagi sebagai solusi.

Penerapan pompa *hydram* ini untuk model sistim irigasi persawahan bagi masyarakat desa Wonokarto, kecamatan Gadingrejo, kabupaten Pringsewu, provinsi Lampung juga telah dilakukan Lumbantoruan (2016). Pompa *hydram* yang dirancang ini menggunakan panjang pipa suplai 7,8 meter dan berdiameter 1 ¼ inci. Penggunaan panjang pipa suplai 7,8 meter ini didasarkan pada kondisi lokasi, dimana parameter rasio antara panjang dan diameter pipa suplai (L/D) yaitu 208,56 dan besar rasio ini masih dalam cakupan batasan perancangan. Tinggi jatuh air atau *head* sumber yang digunakan yaitu 1,5 meter dan tinggi pemompaan 6 meter. Katup pengantar yang digunakan yaitu katup penghantar jenis *lift check valve* dengan berat 0,138 kg dan diameter 0,0484 meter. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh debit pemompaan yang dihasilkan yaitu 2,535 Liter/menit dengan efisiensi pemompaan 25,93 %. Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin melakukan penelitian lanjutan yakni pengaruh rasio antara panjang dan

diameter pipa suplai (L/D) dan jenis katup penghantar untuk mendapatkan debit pemompaan maksimal, mengetahui efisiensi maksimal dan kerugian aliran pada katup penghantar.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mendapatkan debit pemompaan maksimal untuk variasi rasio panjang dan diameter (L/D) pipa suplai dan jenis katup penghantar.
2. Mengetahui efisiensi maksimal untuk variasi rasio panjang dan diameter (L/D) pipa suplai dan jenis katup penghantar.
3. Mengetahui kerugian aliran katup penghantar.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan digunakan sebagai berikut :

1. Tinggi jatuh air atau *head* sumber yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1m.
2. Tinggi pemompaan air yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 6 m.
3. Diameter pipa suplai yang digunakan yaitu 1 ¼ inci.
4. Katup penghantar yang digunakan yaitu jenis katup *lift* dan *swings check valve*.
5. Volume tabung udara yang digunakan yaitu 3,37 liter.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori yang berhubungan dengan dan mendukung masalah yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat dan waktu penelitian, tahap penelitian, alat dan bahan penelitian, diagram alir pelaksanaan penelitian dan metode pengujian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil penelitian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh setelah pengujian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan saran –saran yang diberikan oleh peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang yang di pergunakan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

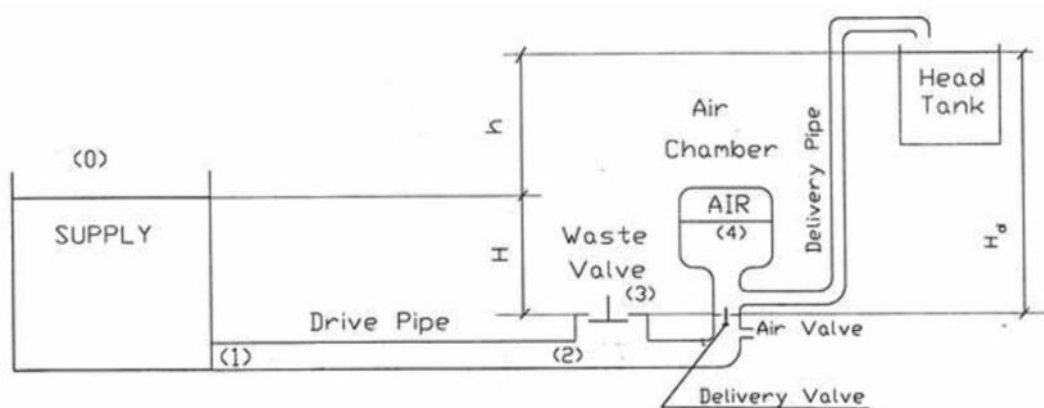
LAMPIRAN

Berisi perlengkapan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pompa Hydram

Pompa *hydram* adalah alat yang terdiri dari dua bagian yang bergerak. Bagian-bagian tersebut yaitu katup buang (*waste valve*) dan katup penghantar (katup searah). Energi yang dibutuhkan untuk membuat *hydram* memompakan air ke ketinggian yang lebih tinggi berasal dari kecepatan air yang dijatuhkan. Dalam ilmu fisika perlu diingat setiap air yang dijatuhkan dari keadaan diam dari ketinggian dalam suatu ruangan hampa akan mempunyai kecepatan. Pompa *hydram* bekerja dalam satu siklus pemompaan yang didasarkan pada posisi katup impulsnya. Skema instalasi pompa *hydram* dapat dilihat pada gambar 2.1.



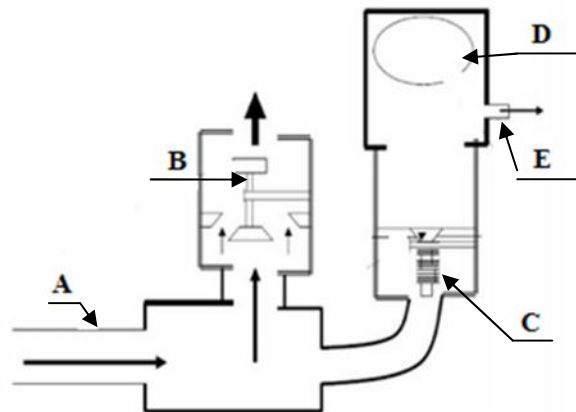
Gambar 2.1 Skema instalasi pompa *hydram* (Taye,1998).

1. Prinsip Kerja Pompa *Hydram*

Prinsip kerja pompa *hydram* dibagi empat yaitu :

a. *Acceleration*

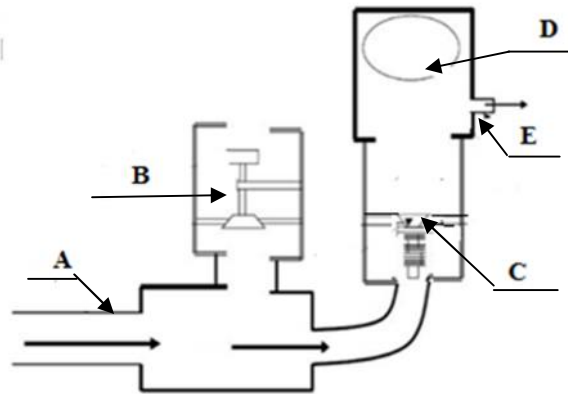
Air dari sumber mengalir melalui pipa suplai (A) ke dalam bodi pompa *hydram*, mengisi dan mulai keluar melalui katup buang atau katup impuls (B). Semakin lama tekanan air terus membesar, hingga tekanan air mulai melebihi berat katup buang (B), hingga katup buang mulai terangkat karena gaya dorong air. Periode *acceleration* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Acceleration* (Sheikh, 2013)

b. Kompresi

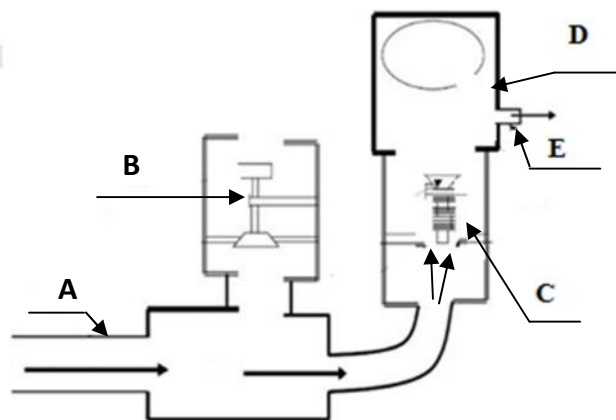
Air yang mengalami percepatan akan terus mengalir mengakibatkan katup buang (B) menutup secara sempurna, sehingga air tidak dapat mengalir melalui katup buang (B), dan mengalami kompresi di dalam rumah pompa. Periode kompresi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kompresi (Sheikh, 2013)

c. Penyaluran (*Delivery*)

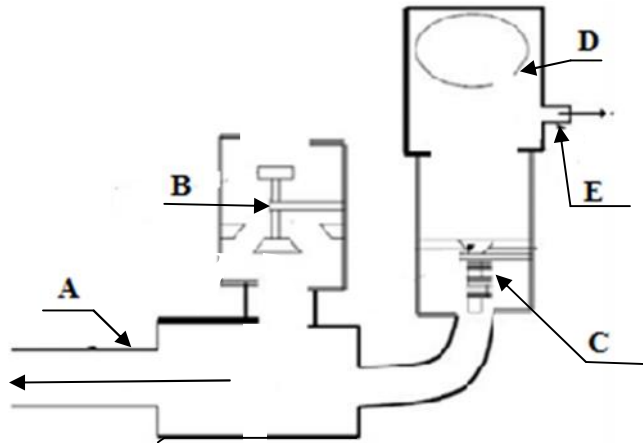
Setelah terjadinya kompresi, air terus mengalir dan membuka katup penghantar (C) sehingga air akan masuk kedalam tabung udara (D). Air terus mengalir, menekan udara didalam tabung udara, hingga saat dimana gaya dorong air tidak lagi mampu menekan udara di dalam tabung udara. Akibatnya udara akan menekan balik air mirip seperti pegas. tekanan balik itu akan mendorong air mengalir masuk ke pipa penyaluran karena adanya katup satu arah. Periode penyaluran dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penyaluran (Sheikh, 2013)

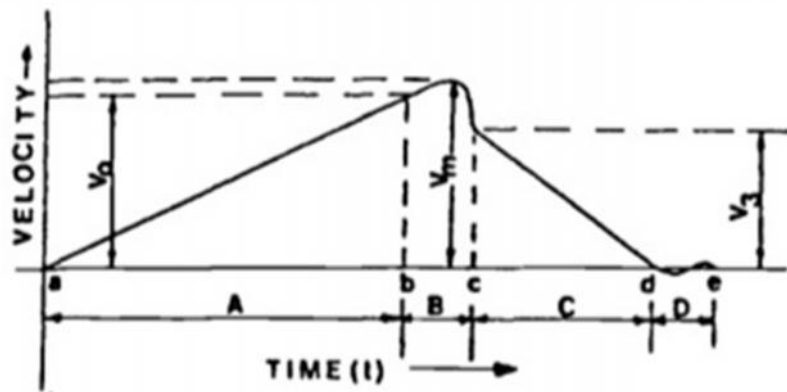
d. Pembalikan (*Recoil*)

Pada tahap *recoil*, menutupnya katup penghantar mengakibatkan tekanan air pada bodi pompa lebih besar dibandingkan tekanan pada pipa suplai, sehingga air akan mengalir balik ke arah pipa suplai. Bersamaan dengan itu, katup buang (B) mulai terbuka kembali karena adanya gaya berat dari katup buang (B) tersebut. Periode pembalikan dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pembalikan (Sheikh, 2013)

Grafik hubungan antara waktu dengan kecepatan dalam satu kali siklus *hydram*, mulai dari *acceleration*, kompresi, *delivery* dan *recoil* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik waktu- kecepatan pada pompa *hydram* (Kahangire, 1984)

Dari Gambar 2.6 dapat dilihat posisi a ke b adalah kondisi percepatan dimana laju perubahan terhadap waktu terus meningkat. Posisi b ke c adalah kondisi kompresi dimana karena percepatan katup buang tertutup penuh. Posisi c ke d kondisi *delivery* dimana pemompaan berlangsung sampai kecepatan nol. Posisi d ke e adalah kondisi recoil, hal ini ditandai dengan kecepatan aliran air yang negatif, yang berarti arah alirannya berlawanan dengan arah aliran semula (arah positif adalah arah aliran air dari *head* sumber ke pompa) (Kahangire, 1984).

2. Efisiensi Pompa *Hydram*

Metode digunakan untuk menghitung efisiensi pompa *hydram*, yaitu metode *Rankine* (Taye, 1998). Efisiensi pompa *hydram* dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$\eta_{rankine} = \frac{Q(H_d - H)}{(Q + Q_w)H} \quad (2.1)$$

Dimana: $\eta_{rankine}$ adalah efisiensi pompa (%), Q adalah debit air yang dipompakan (liter/menit), Q_w adalah debit air yang terbuang (liter/menit), H adalah *head* penyaluran di atas pembukaan katup buang (m) dan H adalah *head* sumber di atas pembukaan katup buang (m).

B. Komponen-komponen Pompa *Hydrum*

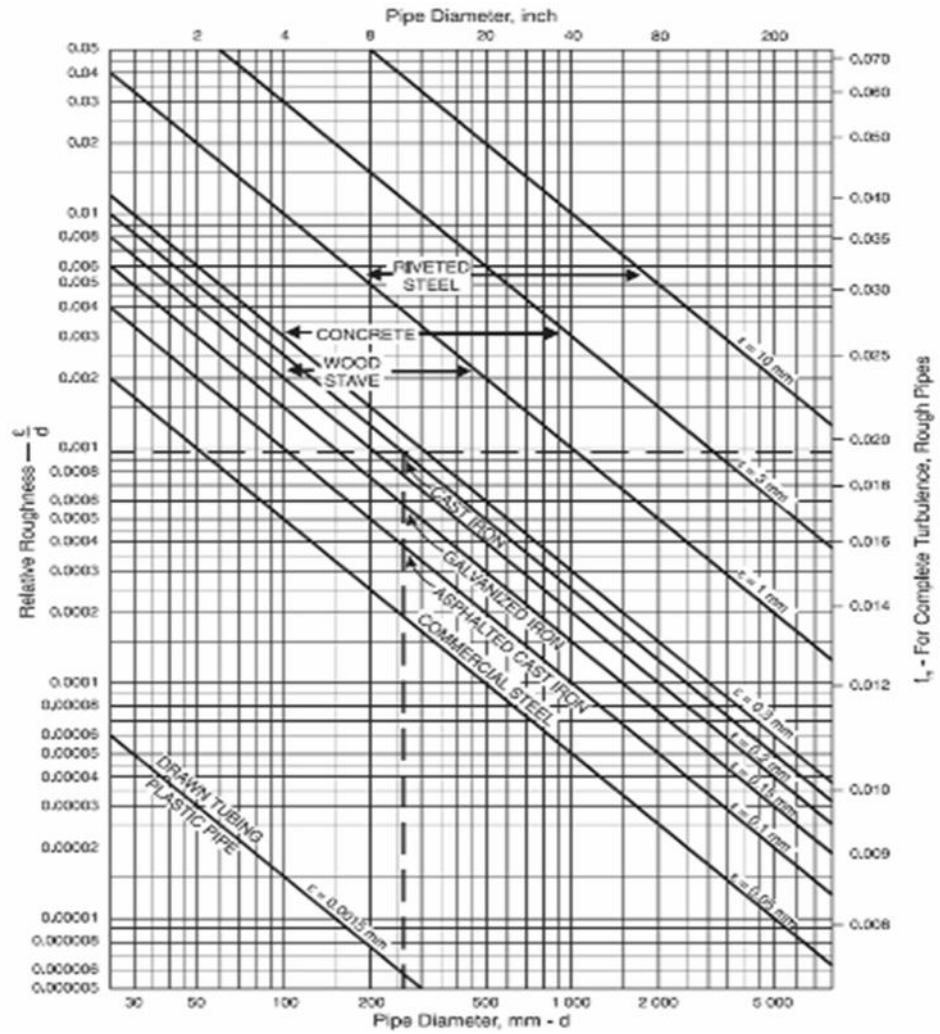
Dalam pengoperasiannya pompa *hydrum* banyak hal yang harus diperhatikan agar hasil pemompaan dapat maksimum. Berikut ini adalah parameter komponen pompa *hydrum* yang mempengaruhi unjuk kerja yaitu:

1. Pipa Suplai

Rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) dapat ditentukan dengan persamaan 2.2 yaitu diantara 150 sampai 1000 (Taye, 1998).

$$150 \leq L/D \leq 1000 \quad (2.2)$$

Kecepatan aliran air didalam pipa suplai juga dipengaruhi tingkat kekasarannya. Jenis material yang berbeda dapat mempengaruhi tingkat kekasaran pipa. Jenis material dan tingkat kekasarannya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik kekasaran relatif (Fox, 2003)

Tingkat kekasaran (e) akan berpengaruh pada besarnya kerugian aliran. Kerugian yang terjadi akibat gesekan antara molekul air dengan dinding pipa disebut *head loss coefficient* yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan 2.3 (Than, 2008).

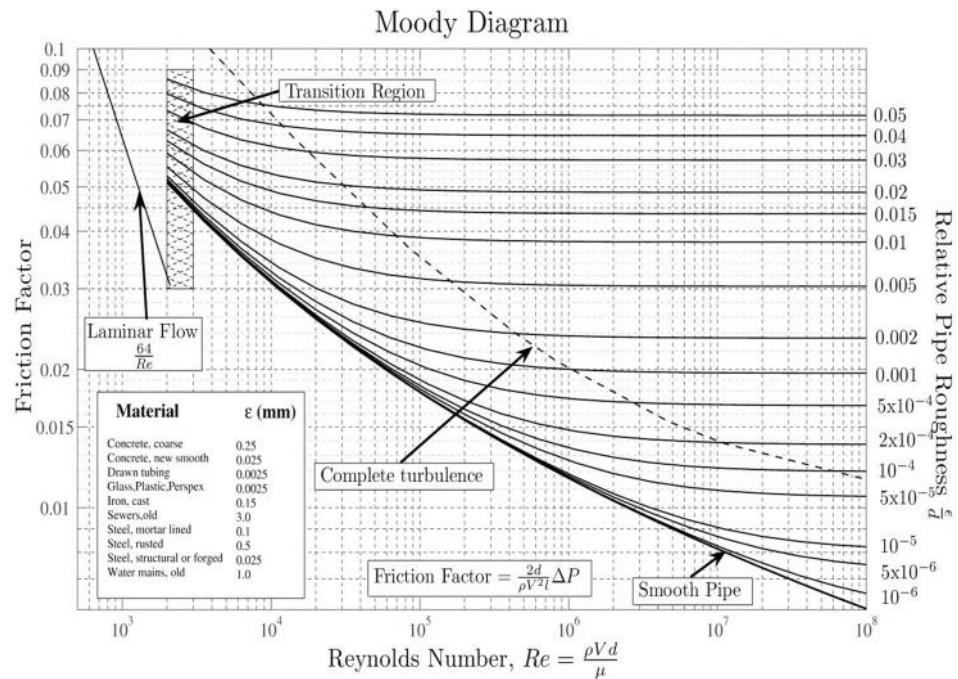
$$M = f \frac{L}{D} \quad (2.3)$$

Dimana: M adalah *head loss coefficient*, f adalah koefisien gesek, L adalah panjang pipa (m) dan D adalah diameter pipa (m).

Nilai f didapat dari diagram *Moody* dengan menentukan bilangan Reynolds (Re) dan keksaran relatif (e/D), bilangan Reynolds dapat dihitung dengan persamaan 2.4.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2.4)$$

Dimana: ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3), v adalah kecepatan fluida (m/s) dan μ adalah viskositas dinamik fluida (kg/m.s). Setelah keduanya diperoleh, maka nilai f dapat ditentukan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram *Moody* (Fox, 2003)

Suatu pompa *hydram* memanfaatkan penutupan aliran secara tiba-tiba oleh katup buang untuk menghasilkan tekanan yang tinggi. Jika kita asumsikan bahwa pipa tidak elastis dan tidak mengalami deformasi, dan bila aliran di dalam pipa tersebut dihentikan secara tiba-tiba, maka

kenaikan tekanan teoritis dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Taye, 1998).

$$\Delta H = \frac{Vc}{g} \quad (2.5)$$

Dimana: ΔH adalah kenaikan tekanan (m), V adalah kecepatan fluida di dalam pipa (m/s), C adalah kecepatan gelombang suara di dalam pipa (m/s) dan g adalah percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

Kecepatan gelombang suara di dalam fluida dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6.

$$C = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \quad (2.6)$$

Dimana: E_v adalah modulus elastisitas yang menggambarkan kompresibilitas fluida. Bilangan ini adalah perbandingan perubahan tekanan terhadap perubahan volume per satuan volume. Nilai modulus elastisitas ini yaitu $2,07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ dan ρ adalah massa jenis fluida, pada air yaitu sebesar 1000 kg/m^3 .

Dengan memasukkan nilai- nilai tersebut diatas, akan diperoleh besar kecepatan suara di dalam air, C , yaitu sebesar $1,440 \text{ m/s}$.

Kecepatan kondisi *steady* dari suatu aliran dapat dihitung dengan persamaan 2.7 (Than, 2008).

$$V_s = \sqrt{\frac{2gH}{M}} \quad (2.7)$$

Dimana: V_s adalah kecepatan kondisi steady (m/s) dan M adalah *head loss coefficient*.

Debit aliran yang masuk melalui pipa suplai dapat dihitung dengan persamaan 2.8.

$$Q_{input} = V_s A \quad (2.8)$$

Dimana: A adalah luas penampang pipa suplai (m^2).

Perbedaan ketinggian antara *head* sumber dan pipa suplai mengakibatkan air yang mengalir didalam pipa mengalami percepatan. Besar percepatan dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$H - f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} - \sum K \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dV}{dt} \quad (2.9)$$

Dimana: K adalah faktor pengecilan dan pembesaran saluran

$\frac{dV}{dt}$ adalah percepatan fluida, yaitu laju perubahan kecepatan terhadap waktu. Jika besarnya percepatan fluida kita simbolkan dengan a , maka besar percepatan dapat dihitung dengan persamaan 2.10.

$$a = \frac{g}{L_{drv}} \cdot \left(H - f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} - K \cdot \frac{V^2}{2g} \right) \quad (2.10)$$

Percepatan air akan menyebabkan gaya dorong pada katup buang. Gaya dorong air dapat dihitung dengan persamaan 2.11.

$$F = m a = A_{drv} L_{drv} a$$

2. Katup penghantar (*Delivery Valve*)

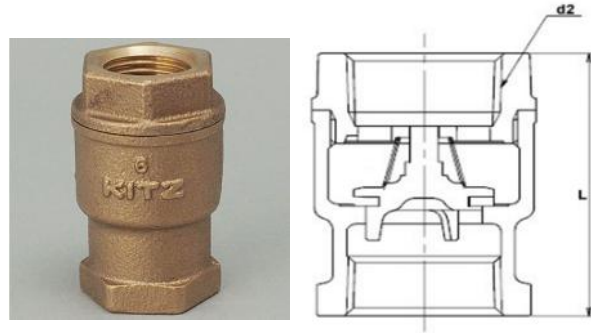
Katup penghantar adalah katup otomatis yang mencegah fluida mengalir berlawanan aliran. Katup penghantar bergantung arah aliran proses, yang mungkin dibuat oleh pompa atau penurunan tekanan. Jika fluida berhenti mengalir atau kondisi tekanan berubah maka fluida akan mengalir sebaliknya, karena fluida mengalir kearah sebaliknya menyebabkan katup tertutup. Katup akan menutup sampai arah aliran kembali positif dan akan terbuka jika fluida mengalir terus menerus. Katup penghantar tidak menggunakan handel untuk mengatur aliran tetapi menggunakan gravitasi dan tekanan dari fluida yang mengalir.

Katup penghantar berfungsi untuk menghantarkan air dari bodi pompa *hydram* menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan pipa penghantar. Jenis katup penghantar dapat dibedakan sebagai berikut (Elhaney,1999) :

a. Katup penghantar jenis *lift check valve*

Katup penghnatar jenis *lift check valve* disain cakram berbentuk piston dan bergerak pada lintasan (poros). katup pengantar jenis *lift check valve* kerugian yang diberikan katup cukup besar sehingga dibutuhkan

energi yang besar untuk membuka katup penghantar jenis *lift check valve*. Bentuk katup penghantar jenis *lift check valve* dapat dilihat pada gambar 2.9.

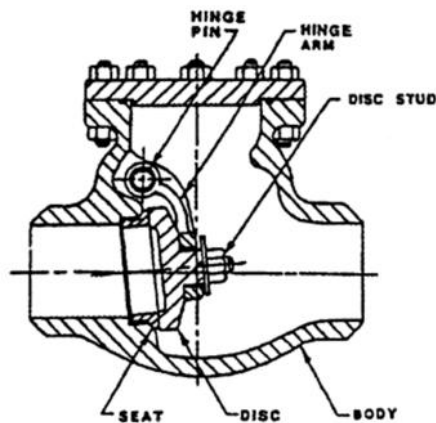


Gambar 2.9 Katup penghantar jenis *lift check valve*

b. Katup penghantar jenis *swing check valve*

Katup penghantar jenis *swing check valve* digunakan secara umum dalam aplikasi karena disain sederhana, penurunan tekanan rendah dan kebocoran yang minimum. Katup penghantar jenis *swing check valve* terdiri dari cakram yang tersuspensi dari pin engsel yang terletak di atas katup bagian dalam.

Katup penghantar jenis *swing check valve* dapat dirancang untuk sepenuhnya terbuka pada kecepatan yang relatif rendah dan memiliki tekanan rendah. Kelemahan utama dari katup ini adalah penutupan paling lambat karena massa cakram yang relatif besar dan jarak tempuh jauh dari terbuka penuh sampai tertutup penuh. Bentuk *swing check valve* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 katup jenis *swing check valve* (Elhaney, 1999)

Koefisien kerugian aliran yang diberikan katup jenis *lift chcek valve* dan *swing check valve* dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Koefisien hambatan (White, 1986).

Garis-tengah nominal, in	0.5	1.0	2	4
katup				
Bola	14	8.2	6.9	5.7
Gerbang	0.3	0.24	0.16	0.11
Engsel Searah	5.1	2.9	2.1	2.0
Sudut	9.0	4.7	2.0	1.0

Tabel 2.2 Koefisien kerugian aliran yang melalui katup penghantar dan alat kelengkapan lainnya (Fox, 2003)

Fitting Type	Equivalent Length, ^a L_e/D
Valves (fully open)	
Gate valve	8
Globe valve	340
Angle valve	150
Ball valve	3
Lift check valve: globe lift	600
: angle lift	55
Foot valve with strainer: poppet disk	420
: hinged disk	75
Standard elbow: 90°	30
: 45°	16
Return bend, close pattern	50
Standard tee: flow through run	20
: flow through branch	60

3. Tabung Udara

Than (2008) mengatakan untuk dimensi volume tabung udara berada diantara kisaran 20 sampai 50 kali volume air yang di pompakan per tiap siklus. Dalam pengoperasian pompa *hydram* akan selalu ada aliran air yang terbuang dan yang tersalur atau terpompakan. Volume air yang terbuang dalam satu siklus dapat kita perkirakan dengan persamaan 2.12.

$$Vol_w = \left(\frac{A_{drv} L_{drv}}{f \frac{L}{D}} \right) \ln \left(\frac{1}{1 + \alpha} \right) \quad (2.12)$$

Dimana: Vol_w adalah volume air yang terbuang dalam satu siklus (liter/menit).

Volume air yang terpompakan dalam satu siklus dapat dihitung dengan persamaan 2.13.

$$Vol_d = \left(\frac{A_{del} L_{del}}{N} \right) \ln \left(\frac{1}{1 + \beta} \right) \quad (2.13)$$

Dimana: Vol_d adalah volume air yang terpompakan dalam satu siklus (liter/menit).

Besarnya α dan β dapat dihitung dengan persamaan 2.14 dan 2.15.

$$\alpha = \frac{M D^2_{drv}}{2 g h} \quad (2.14)$$

$$= \frac{N V^2 d r v}{2 g h} \quad (2.15)$$

Dimana: N adalah *head loss coefficient* untuk pipa penyaluran.

C. Penelitian Terdahulu

Sukmapriadi (2009) telah melakukan perancangan model pompa tanpa (*hydraulic ram pump*) untuk irigasi persawahan di provinsi lampung. Pompa *hydram* rancangannya menghasilkan debit pemompaan sebesar 2,1 liter/menit dan efisiensi 83 %. Parameter yang digunakan yaitu menggunakan pipa suplai dengan diameter 1 inch, panjang pipa suplai 5 m, *head* sumber yang digunakan 1m dan tinggi pemompaan 6 m. Katup penghantar jenis *lift check valve* dan pengoperasiannya menggunakan berat katup buang 0,66 kg dan panjang langkah 8 mm.

Lombaturuan (2016) juga telah melakukan penerapan pompa *hydram* untuk model sistem irigasi persawahan di desa Wonokarto, kecamatan Gadingrejo, kabupaten Pringsewu, provinsi Lampung. Pompa *hydram* yang dirancang ini menggunakan panjang pipa suplai 7,8 meter dan berdiameter 1 ¼ inci. Penggunaan panjang pipa suplai 7,8 meter ini didasarkan pada kondisi lokasi, dimana parameter rasio antara panjang dan diameter pipa suplai (L/D) yaitu 208, dan besar rasio ini masih dalam cakupan batasan perancangan. Tinggi jatuh air atau *head* sumber yang digunakan yaitu 1,5 meter, dan tinggi pemompaan 6 meter. Katup pengantar yang digunakan yaitu katup satu arah jenis *lift check valve* dengan berat 0,138 kg dan diameter 0,0484 meter. Dari

hasil pengujian yang dilakukan diperoleh debit pemompaan yang dihasilkan yaitu 2,535 liter/menit dengan efisiensi pemompaan 25,93 %.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Lampung.

B. Tahapan Penelitian

1. Studi literatur

Pada tahapan ini pencarian dan studi literatur tentang pompa *hydram* (*hydraulic ram pump*) untuk dijadikan acuan dalam mengkaji pengaruh komponen-komponen pompa *hydram* yang digunakan terhadap unjuk kerja model pompa *hydram*.

2. Penyediaan alat dan bahan

Pada tahapan ini dilakukan penyediaan alat dan bahan untuk pembuatan pompa *hydram* yang akan dijadikan alat uji.

3. Pembuatan komponen alat uji

Pada tahapan ini menetapkan dan membuat panjang pipa suplai dan jenis katup penghantar yang akan digunakan dalam model alat uji pompa

hydram. Panjang pipa suplai yang dibuat yaitu 7,8 m, dimana hal ini sesuai dengan panjang pipa suplai yang digunakan Lombaturuan (2016). Dan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) yang digunakan tersebut adalah 208,56, dimana nilai ini masih dalam batasan perancangan Taye (1998). Selanjutnya untuk memvariasikan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) maka digunakan penambahan panjang pipa 8,3 m dan 8,8 m serta pengurangan panjang pipa menjadi 7,3 m dan 6,8 m. Dan penggunaan jenis katup dalam alat uji ini ditetapkan jenis *lift check valve* dan *swing check valve*.

4. Analisis data

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat seperti pada tabel 3.1 yang kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) dan jenis katup penghantar untuk mengetahui unjuk kerja model pompa tanpa motor (*hydram*).

5. Penulisan laporan

Penulisan laporan adalah tahap akhir dari penelitian ini.

Tabel 3.1. contoh tabel pengambilan data pengujian pompa *hydram*

Berat katup buang (gr)	Panjang langkah (mm)	Volume air terpompakan (liter)	Volume air terbuang (liter)	Siklus	Waktu (s)

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian untuk mengetahui pengaruh rasio panjang dan diameter pipa suplai dan jenis katup penghantar yang digunakan terhadap unjuk kerja model pompa *hydram* yaitu:

a. Meteran



Gambar 3.1 Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur head sumber, tinggi pemompaan, panjang pipa suplai, dan lain-lain.

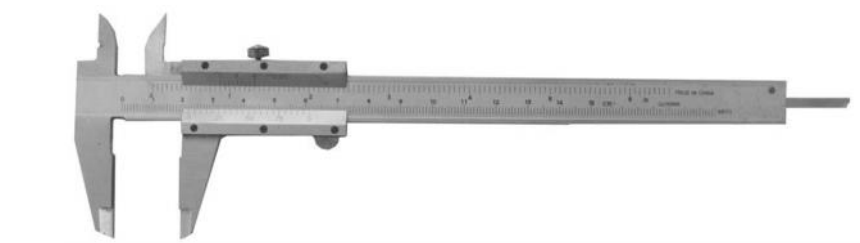
b. Timbangan digital



Gambar 3.2 Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat katup penghantar dan katup buang.

c. Jangka Sorong



Gambar 3.3 Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur tinggi langkah katup buang.

d. Gelas Ukur



Gambar 3.4 Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur debit air yang terpompakan dan yang terbuang.

e. Stopwatch



Gambar 3.5 Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu dari debit air yang terpompa dan debit air yang terbangun.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada model pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) adalah sebagai berikut :

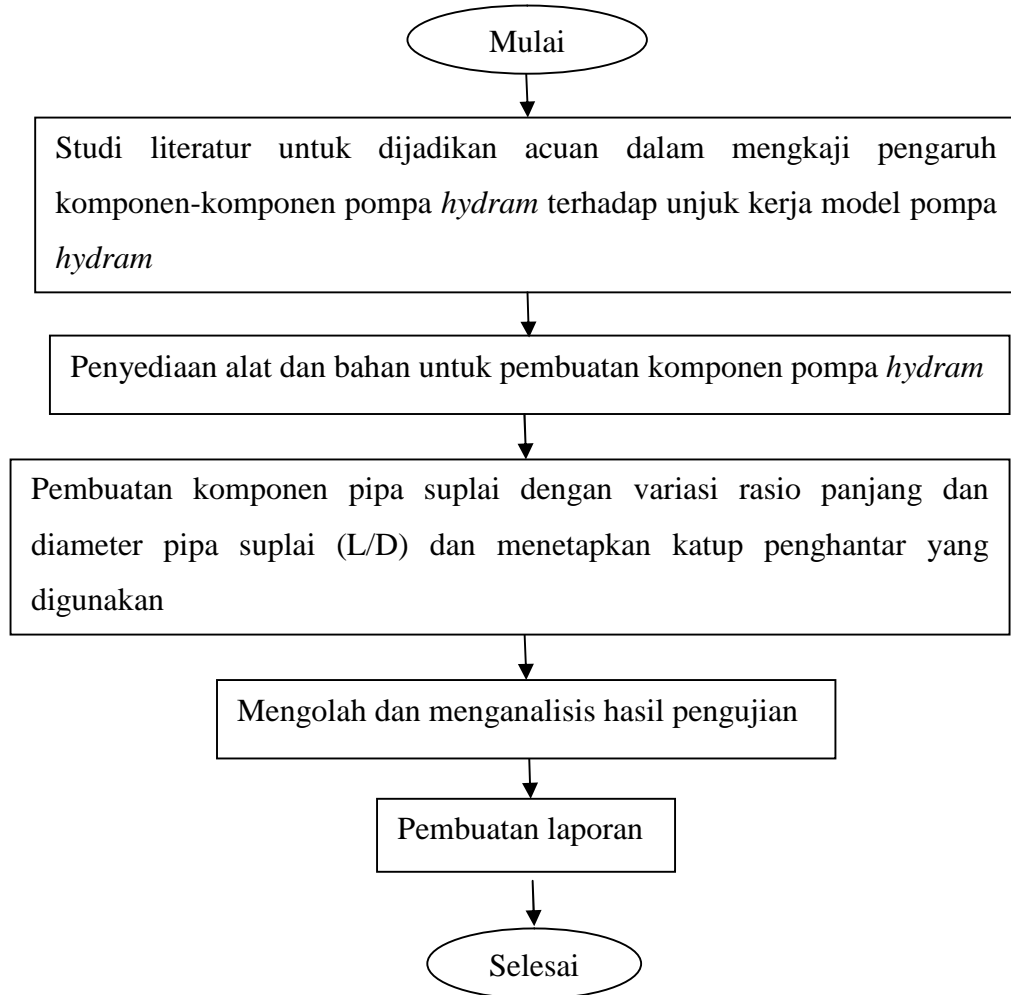
- | | |
|------------------------|---------------------------|
| a. Pipa PVC | g. Tabungudara |
| b. Diffuser | h. Sambungan duaulirbesi |
| c. Sambungan pipa T | i. Sambungan pipa berulir |
| d. Rumah katup buang | j. Selang |
| e. Katup buang | k. Sambungan selang |
| f. SambunganLpipa besi | l. Menara air |
| m. Katup satu arah | n. Tangki air |



Gambar 3.6 Model pompa *hydram* yang diuji

D. Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan alur sebagai berikut



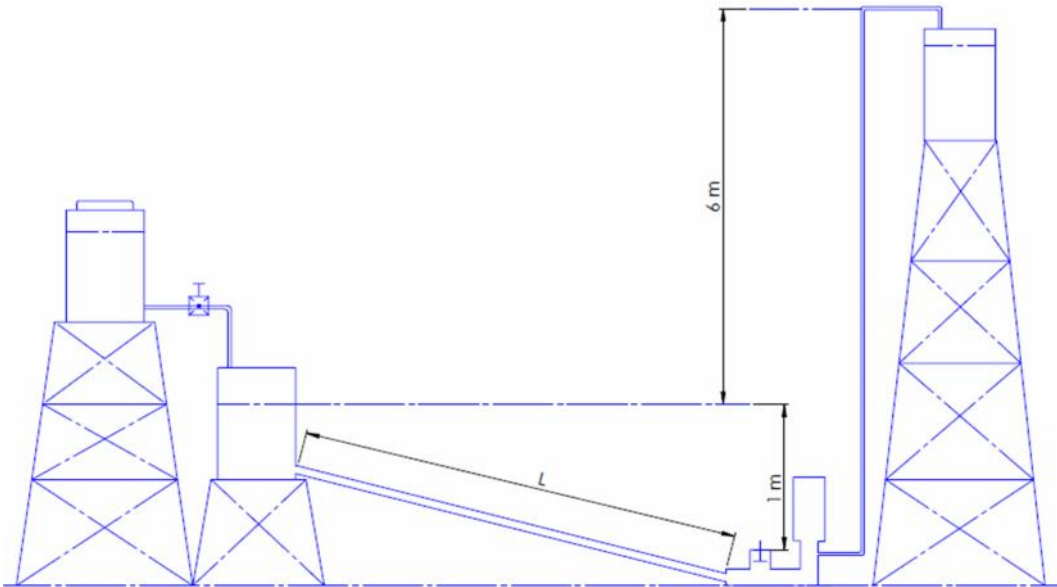
Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

E. Metode Pengujian

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat- alat yang dibutuhkan untuk pengujian:
 - a. *Stopwatch*
 - b. Jangka Sorong
 - c. Gelas ukur
 - d. Meteran
2. Mengukur ketinggian *head* sumber (H) yaitu tinggi dari sumber air sampai ke pompa *hydram* dan mengatur *head* penyalurannya (h) yaitu tinggi dari sumber air ke tangki air tempat penampungan hasil pemompaan menggunakan meteran.
3. Mengatur panjang langkah katup buang dengan jangka sorong dari katup buang dengan tanpa penambahan beban, penambahan beban I, beban II dan beban III.
4. Mengukur debit air yang dipompakan (Q) dan debit aliran air yang terbangun (Q_w) dengan gelas ukur, menghitung waktu (t) yang dibutuhkan untuk menyalurkan debit air yang dipompakan dengan *stopwatch*, serta menghitung siklus katup buang untuk menyalurkan debit air yang dipompakan.
5. Mencatat hasil pengukuran dan perhitungan yang didapatkan kemudian mengolah data tersebut sehingga mendapatkan unjuk kerja dari pompa tersebut.

6. Untuk langkah pengujian selanjutnya melakukan pengulangan pengujian dengan memvariasikan panjang pipa suplai dan katup penghantar dapat diulang dari langkah pengujian 3 sampai langkah pengujian 6.



Gambar 3.8 Skema instalasi pengujian pompa *hydram*

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah melakukan pengujian pompa *hydram* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) mempengaruhi unjuk kerja pompa *hydram* dimana nilai rasio (L/D) 208,56 memberikan unjuk kerja lebih baik dibandingkan nilai yang lebih besar dari 208,56 maupun lebih kecil.
2. Jenis katup penghantar juga mempengaruhi unjuk kerja pompa *hydram* dimana katup penghantar jenis *swing check valve* memberikan unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan katup penghantar jenis *lift check valve*.
3. Debit pemompaan maksimal yang dihasilkan dengan menggunakan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) 208,56 dan katup penghantar jenis *swing check valve* yaitu sebesar 2,9 liter/menit.
4. Efisiensi maksimal yang dihasilkan dengan menggunakan rasio panjang dan diameter pipa suplai (L/D) 208,56 dan katup penghantar jenis *swing check valve* yaitu sebesar 63 %.

B. Saran

Adapun saran yang penulis dapat sampaikan untuk pengembangan selanjutnya adalah :

1. Mengkaji pengaruh berat katup penghantar terhadap unjuk kerja pompa *hydram*.
2. Mengkaji pengaruh tinggi rumah katup buang terhadap unjuk kerja pompa *hydram*.
3. Mengkaji pengaruh volume tabung udara terhadap unjuk kerja pompa *hydram*.
4. Sebaiknya saat mengukur panjang langkah katup buang lebih presisi lagi.
5. Sebaiknya saat pengambilan data debit pemompaan saat sudah konstan.

DAFTAR PUSTAKA

Fox, R. W., McDonald, A.T. dan Pritchard, P.J. 2003. *Introduction to FluidMechanics 6th Edition*. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, AS.

Kahangire. P. O. 1986. *The Theory And Design Of Hydrraulic Ram Pump*.
Ministry Of Lands, Mineral and Water Resources, Uganda

Lombaturuan, P. M. E. 2016. Rancang Bangun Pompa Hydrum (Hydraulic Ram Pump) Untuk Model Sistim Irigasi Persawahan Masyarakat Di Kecamatan Gading Rejo Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Elhaney, K. L. Mc. 1999. Analysis Of Check Valve Performance Characteristics Based On Valve Design. *Nuclear Engineering and Design* 197 (2000) 169–182. Oak Ridge National Laboratory, Performance Eevaluation and Diagnostics Research Group, Engineering Technology Division, PO Box 2009, Oak Ridge, TN 37831 -8038, USA.

Sheikh, S., Handa, C, C., dan Ninawe A, P. 2013. Design Methodology For Hydraulic Ram Pump (Hydrum). ISSN 2278 – 0149 www.ijmerr.com Vol. 2, No. 4., Mechanical Engg. Department, Nagpur, India.

Sukmapriadi, A. T. 2009. Rancang Bangun Model Pompa Tanpa Motor (Hydraulic Ram Pump) Untuk Irigasi Persawahan Di Provinsi Lampung. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Taye, T. 1998. Hydraulic Ram Pump. Journal of the ASME, Vol II, No.1, Addis Ababa, Ethiopia.

Than, P.M. 2008. Construction and Performance Testing of the Hydraulic Ram Pump. GMSARN International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the GMS., Mandalay, Myanmar.

White, F. M. 1986. *Mekanika Fluida*. Jilid 1. Diterjemahkan oleh: Mahana Hariandja. Jakarta: Erlangga.