

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang besar, memiliki wilayah perairan besar, selain itu banyak juga daerah-daerah yang berdekatan dengan sumber air atau sungai yang mengalirkan air terus menerus, sebagian lokasi berada di bawah mata air sehingga kebutuhan air di daerah tersebut tidak menjadikan masalah, air dengan sendirinya akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah sedangkan daerah yang permukaan tanahnya lebih tinggi dari pada sumber air akan mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari, selain itu permukaan tanah juga tidak selalu rata, ada daerah yang berbukit dan relatif jauh dari sumber air.

Air adalah sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Dalam semua aspek kehidupan, air merupakan komponen yang mutlak harus tersedia baik sebagai komponen utama maupun sebagai komponen pendukung. Usaha pemenuhan kebutuhan air dalam kehidupan sehari – hari dapat dilakukan dengan memanfaatkan kondisi alam dan hukum dasar fisika ataupun dengan memanfaatkan peralatan mekanis hasil karya manusia.

Letak suatu daerah pedesaan yang berada di pedalaman hingga saat ini mendapat pasokan listrik yang terbatas, baik dari pemerintah maupun swasta. Bahkan banyak pedesaan yang sama sekali tidak dapat menikmati hal tersebut. Akibatnya masyarakat merasa kesulitan untuk melakukan berbagai aktifitas. Salah satu aktifitas yang sulit dirasakan masyarakat adalah untuk mengangkat air dari permukaan rendah ke permukaan yang lebih tinggi. Karena itu diperlukan suatu pompa yang didesain, dirancang dan dibuat yang diperkirakan mampu untuk mengangkat air dari permukaan yang lebih rendah ke permukaan yang lebih tinggi tanpa

energi listrik dan bahan bakar. Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya. Pompa juga dapat digunakan untuk memindahkan fluida ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi atau memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu.

Pompa tersebut dinamakan **pompa Hydram**, Hydram berasal dari kata *Hydraulic Ram Pump*. Prinsip kerja Hydram adalah pemanfaatan gravitasi dimana akan menciptakan energi dari hantaman air yang menabrak faksi air lainnya untuk mendorong ke tempat yang lebih tinggi. Air akan dinaikkan ke atas secara kontiniu dan terus menerus karena adanya gaya hidraulik yang bekerja akibat hantaman air yang terjun dari pipa masukan/pipa umpan.

Pompa Hydram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1772. Pompa Hydram buatan Whitehurst masih berupa Hydram manual, dimana katup limbah masih digerakkan secara manual. Pompa ini pertama kali digunakan untuk menaikkan air sampai ketinggian 4,9 meter (16 kaki). Pada tahun 1783, Whitehurst memasang pompa sejenis ini di Irlandia untuk keperluan air bersih sehari-hari.

Pompa Hydram otomatis pertama kali dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796. Desain pompa buatan Montgolfier sudah menggunakan 2 buah katup (waste valve dan delivery valve) yang bergerak secara bergantian. Pompa ini kemudian digunakan untuk menaikkan air untuk sebuah pabrik kertas di daerah Voiron. Satu tahun kemudian, Matus Boulton, memperoleh hak paten atas pompa tersebut di Inggris.

Dibenua Amerika, hak paten Hydram pertama kali di pegang oleh J. Cernau dan SS Hallet, di New York. Pompa tersebut sebagian besar digunakan di daerah pertanian dan peternakan. Periode berikutnya kepopuleran Hydram mulai berkurang, seiring berkembangnya pompa elektrik.

Dikawasan Asia, pompa Hydram mulai dioperasikan di Taj Mahal, Agra, India pada tahun 1900. Pompa Hydram yang di pasang di daerah tersebut adalah Black's Hydram yang dibuat oleh John Black Ltd., sebuah perusahaan asal Inggris. Black's Hydram digunakan untuk memompa air dengan debit 31,5 liter per detik. Selain di Agra, Black's Hydram juga dipasang di daerah Risalpur, Pakistan, pada tahun 1925. Ditempat itu, Black's Hydram berhasil memompa air hingga ketinggian 18,3 m dengan debit mencapai 56,5 Liter/detik.

Penggunaan pompa Hydram pada akhir abad-20 kembali digunakan lagi, karena kebutuhan pembangunan teknologi di negara-negara berkembang, dan juga karena isu konservasi energi dalam mengembangkan perlindungan ozon. Contoh pengembang pompa Hydram yang baik adalah AID Foundation di Filipina. Pompa Hydram disana dikembangkan dan digunakan untuk desa-desa terpencil. Oleh sebab itu mereka meraih Penghargaan Ashden. Dalam pengoperasian pompa hydram, tabung udara merupakan salah satu bagian yang sangat penting karena dapat mempengaruhi debit air keluaran pada pompa.

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian pompa hydram dengan menggunakan variasi volume tabung yang berbeda dengan melakukan pengukuran efisiensi dan debit air keluaran pada pompa hydram.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh volume tabung udara terhadap efisiensi pompa hydram?
2. Bagaimana pengaruh debit air masuk terhadap efisiensi pompa hydram?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah berfungsi untuk memfokuskan penelitian ini sehingga didapat hasil penelitian yang dapat dipertanggung jawabkan, Penelitian ini dibatasi agar tujuan dan sasaran dapat tercapai. Adapun pembatasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Pompa yang digunakan adalah pompa buatan sendiri yang didesain untuk penelitian ini.
2. Pompa yang digunakan menggunakan pipa pvc kecuali katup buang yang menggunakan kuningan.
3. Pipa hantar (*delivery pipe*) yang digunakan berdiameter 1".
4. Ukuran pada klep buang (*waste valve*) berdasarkan pipa masukan (*drive pipe*) yaitu berdiameter 2".
5. Tinggi sumber air yang digunakan 1,5 meter dengan kemiringan 45°.
6. Panjang pipa masukan yang digunakan 10 meter.
7. Pengukuran tekanan air menggunakan manometer yang diletakan pada pipa masuk (*drive pipe*) dan pipa hantar (*delivery pipe*)
8. Pengambilan data dilakukan pada saat pompa beroperasi. Data-data lain yang diperlukan dalam perencanaan dan analisa diambil dari literatur relevan yang sesuai.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh volume tabung udara terhadap efisiensi pompa hydram.
2. Mengetahui pengaruh debit air masuk terhadap efisiensi pompa hydram.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun Manfaat dari penelitian ini yaitu :

a. Bagi penulis

Penelitian ini sebagai sarana kreativitas diri, menambah pengetahuan/wawasan, dan dapat mengaplikasikan teori yang didapat selama dibangku kuliah.

b. lainnya

1. Memperkenalkan dan menyebarkan penggunaan pompa hidram sebagai teknologi tepat guna yang efektif, efisien, dan ekonomis guna pemenuhan kebutuhan akan air.
2. Mengurangi penggunaan energi fosil dalam bidang penyediaan air bagi kebutuhan masyarakat.
3. Turut berpartisipasi dalam mengurangi efek pemanasan global dengan menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan.
4. Membantu kebutuhan masyarakat dengan peralatan yang lebih ekonomis.
5. Memberikan bahan bacaan yang dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang pompa hidram.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman penelitian ini, maka dibuat sistematika penulisan yang terdiri dari 5 bab, yaitu :

### **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dari penulisan tugas akhir ini.

## **BAB II                    TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang teori, pendukung yang digunakan dalam upaya pembuatan alat. Teori pendukung ini meliputi definisi hidrodinamika, kondisi aliran, gejala *water hammer*, Tinjauan Mekanika Fluida, hidraulik ram, bagian-bagian pompa hidraulik ram pump, rumus pendukung dalam ukuran pembuatan alat, dan beberapa teori pendukung lainnya.

## **BAB III                    METODOLOGI PENELITIAN**

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat secara keseluruhan.

## **BAB IV                    PENGUJIAN ALAT**

Berisi tentang uji coba alat yang telah dibuat, pengoperasian dan efisiensi

## **BAB V                    KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan kesimpulan dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran untuk pengembangan alat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pompa

Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya. Selain itu, pompa juga dapat digunakan untuk memindahkan fluida ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi atau memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu.

Pompa sangat berguna sekali untuk membantu manusia memperbaiki hidupnya. Pompa ini banyak digunakan, baik didesa, dikota, demikian juga di sektor industri.

Secara sederhana, pompa dapat di definisikan sebagai pesawat yang dapat memindahkan fluida dari tempat berenergi rendah ke tempat berenergi lebih tinggi (Wilson pasaribu 1986)

Pompa dapat diklasifikasikan dalam dua macam, yaitu:

##### 1. Pompa Tekanan Statis (*Displacement Pump*)

Pompa Tekanan Statis dalam hal ini akan memperoleh energi secara periodik akibat terjadinya perubahan volume pada sisi masuk dan sisi keluar.

Jenis – jenis pompa ini yaitu:

- a. Pompa Torak (*Reciprocating Pump*)
- b. Pompa Putar (*Rotary Pump*)
- c. Pompa Diafragma (*Diaphragm Pump*)

## 2. Pompa Dinamik (Dynamic Pump)

Pompa ini akan mengalami penambahan energi ke dalam fluida kerja dilakukan secara kontinyu untuk menaikkan kecepatan fluida disisi hisap. Kemudian dilakukan penurunan kecepatan fluida dibagian sisi keluar pompa untuk mendapatkan energi tekan. Pompa dinamik dapat dibagi menjadi :

### a. Pompa sentrifugal (centrifugal pump)

- Pompa aliran radial (radial flow)
- Pompa aliran aksial (axial flow)
- Pompa aliran campuran (mixed flow)

### b. Pompa jenis khusus (special pump)

- Jet pump
- Pompa gas lift (gas lift pump)
- Pompa Hydraulic ram pump (hydram)

## 2.2 Hidraulik Ram Pump

### 2.2.1 Definisi Hidraulik ram Pump

Pompa merupakan salah satu jenis alat yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Zat cair tersebut contohnya adalah air, oli serta fluida lainnya yang tak mampu mampat.

Pompa hydram atau singkatan dari hydraulic ram berasal dari kata hydro (air) dan ram (hantaman/ pukulan) sehingga dapat diartikan menjadi tekanan air.

Berdasarkan definisi tersebut maka pompa hydram dapat diartikan sebagai sebuah pompa yang energi atau tenaga penggeraknya

berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Untuk itu, masuknya air yang berasal dari sumber air ke dalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus agar pompa dapat terus bekerja. (Surya Dharma, 273)

Pompa hydram adalah pompa yang bekerja tanpa menggunakan energi listrik namun dengan memanfaatkan energi dari aliran air untuk mengangkat sebagian air dari suatu sumber ke tempat penampungan air yang tempatnya lebih tinggi (Jenning 1996). Energi aliran air yang dimaksud adalah energi potensial dari ketinggian tertentu yang dikonversikan menjadi energi kinetik yang berupa kecepatan air kemudian dikuatkan dengan terjadinya efek palu air atau water hammer. Menurut Hanafie dan De Longh, pompa hydraulic ram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri.

### **2.2.2 Sejarah Pompa Hydram**

Pompa hydram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1772. Pompa hydram buatan Whitehurst masih berupa hydram manual dimana katup limbah masih digerakkan secara manual. Pompa ini pertama kali digunakan untuk menaikkan air sampai ketinggian 4,9 meter (16 kaki). Pada tahun 1783 Whitehurst memasang pompa sejenis ini di Irlandia untuk keperluan air bersih sehari-hari.

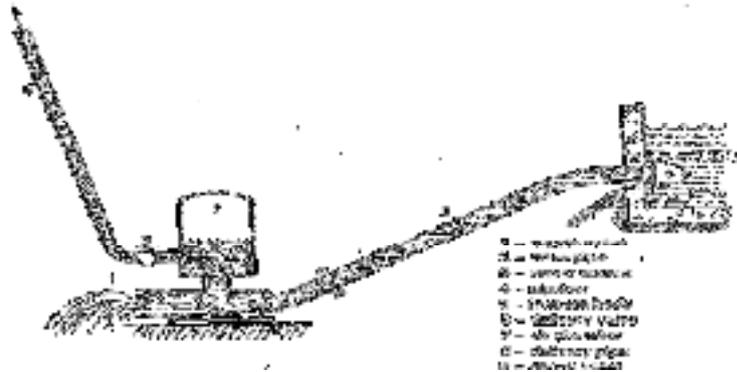
Pompa hydram otomatis pertama kali dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796. Desain pompa buatan Montgolfier sudah menggunakan 2 buah katup (waste valve dan delivery valve) yang bergerak secara bergantian. Pompa ini kemudian digunakan untuk menaikkan air untuk sebuah

pabrik kertas di daerah Voiron. Satu tahun kemudian Matius Boulton memperoleh hak paten atas pompa tersebut di Inggris.

Tahun 1820, saat itu melalui Easton's Firma yang mengkhususkan usahanya di bidang air dan sistem drainase Josiah Easton mengembangkan hydram hingga menjadi usaha ram terbaik dalam penyediaan air bersih untuk keperluan rumah tangga, peternakan dan masyarakat desa. Pada tahun 1929 usaha Eastons ini dibeli oleh Green and Carter yang kemudian meneruskan manufaktur ram tersebut.

Di Benua Amerika hak paten hydram pertama kali di pegang oleh J.Cernau dan SS Hallet di New York. Pompa tersebut sebagian besar digunakan di daerah pertanian dan peternakan. Periode berikutnya kepopuleran hydram mulai berkurang seiring berkembangnya pompa elektrik. Di kawasan Asia, pompa hydram mulai dioperasikan di Taj Mahal, Agra, India pada tahun 1900. Pompa Hydram yang di pasang di daerah tersebut adalah Black's hidram yang dibuat oleh John Black Ltd. sebuah perusahaan asal Inggris. Black's hydram digunakan untuk memompa air dengan debit 31,5 liter/detik, selain di 5 Agra, Black's hydram juga dipasang di daerah Risalpur Pakistan pada tahun 1925. Ditempat itu Black's hydram berhasil memompa air hingga ketinggian 18,3 m dengan debit mencapai 56,5 liter/detik. Pada akhir abad 20 penggunaan pompa hydram kembali digalakkan lagi karena kebutuhan pembangunan teknologi di negara negara berkembang dan juga karena isu konservasi energi dalam mengembangkan perlindungan ozon. Contoh pengembang pompa hydram yang baik adalah AID Foundation di Filipina. Pompa hydram disana dikembangkan dan digunakan untuk desa-desa terpencil.

### 2.2.3 Bagian – bagian pompa hidram



gambar. 2.3. Pompa Hydram

Pompa hydram terdiri dari beberapa komponen yang membentuk suatu sistem, yang meliputi klep buang, klep tekan, tabung udara, pipa masuk/penghantar, dan pipa keluar/penyalur.

#### 1. Klep Buang

Klep buang merupakan salah satu komponen terpenting pompa hydram, oleh sebab itu klep buang harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Fungsi klep buang sendiri untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara.

Klep buang dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat sehingga saat klep buang menutup akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan klep buang dengan beban ringan dan panjang langkah lebih pendek memungkinkan terjadinya denyutan yang lebih cepat sehingga debit air yang terangkat akan lebih besar dengan lonjakan tekanan yang lebih kecil.

## 2. Klep Tekan

Klep tekan adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hydram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Klep tekan harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hydram, selain itu klep tekan juga harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran.

## 3. Drive pipe (pipa masukan)

Drive pipe adalah pipa yang berfungsi menghantar air dari water source ke body hydram

## 4. Water source (penampung)

Water source adalah sebuah penyediaan/penampung air yg digunakan untuk kebutuhan menggerakkan pompa Hydram

## 5. Strainer (saringan)

Strainer adalah sebuah alat penyaring yang berada dibagian ujung selang hisap.

## 6. Hydram body

Hydram body adalah badan dari pompa hidram dimana sebagai tempat dudukan delivery pipe, waste valve dan delivery valve

## 7. Delivery valve

Delivery valve adalah Klep masuk harus mempunyai lubang yang besar, sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Klep ini dibuat dengan bentuk yang sederhana dan dinamakan klep searah (*non return*). Klep searah (*one direction*) ini yang akan mencegah air yang sudah dipompa untuk kembali ke pompa.

## 8. Air Chamber (Tabung Udara)

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus ram, selain itu dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa pengantar secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara akan bergetar hebat dan dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian, maka ram harus segera dihentikan. Untuk menghindari hal-hal tersebut para ahli berpendapat bahwa volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penyalur

## 9. *Delivery pipe* (Pipa penghantar)

Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa masuk juga harus diperhitungkan dengan teliti dan terbuat dari bahan yang kuat agar dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan menutupnya katup limbah secara tiba-tiba. Untuk menentukan panjang pipa masuk dapat digunakan beberapa referensi yang telah tersedia berikut ini:

$$6H < L < 12H \text{ (Eropa dan Amerika Utara)}$$

$$L = 150 < L/D < 1000 \text{ (Calvert)}$$

dengan :

L = panjang pipa masuk

H = head supply

h = head output

D = diameter pipa masuk

N = jumlah ketukan per menit

Menurut beberapa penelitian yang dilakukan, referensi perhitungan Calvert memiliki hasil yang lebih bagus. (Ahmad Nur, 2010)

#### 10. Pipa Keluar/Penyalur

Pipa keluar atau biasa disebut pipa penyalur merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air hasil pemompaan yang berasal dari tabung udara. Ukuran diameter pipa penyalur biasanya lebih kecil dari ukuran diameter pipa penghantar, sedangkan ukuran panjangnya disesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan. (Surya Dharma, 2013)

#### 11. Sumber Air

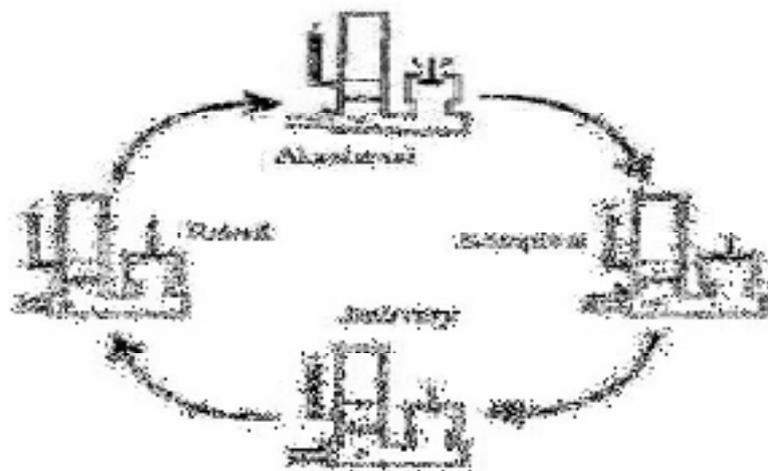
Air yang masuk ke saluran pipa penghantar harus bebas dari sampah dan pasir maupun kerikil agar pompa tidak macet karena sampah dan pasir yang ikut terbawa oleh air dapat menyumbat atau menahan klep. Jika air yang mengalir dari sumber air tidak bersih dari sampah dan kerikil maka mulut pipa penghantar di ujung sumber air harus dipasang saringan. Jika sumber air terlalu jauh dari pompa hydram maka saluran air agar bisa mencapai pipa penghantarnya harus dirancang sedemikian rupa agar air bisa mencapai pipa penghantar tersebut. Saluran pipa ke arah pipa penghantar diameternya paling tidak dua kali lebih besar dari pipa penghantar.

#### **2.2.4 Cara Kerja Pompa *Hydram***

Cara kerja pompa hydram yaitu air dari bak penampung sumber air akan dialirkan menuju badan pompa hydram kemudian air terdorong menuju katup pembuangan dan terjadi pukulan air (water hammer) yang mengakibatkan terjadi tekanan pada pompa hydram yang membuat air terdorong kembali menuju katup satu arah dan katup terbuka sehingga air masuk memenuhi sebagian tabung udara. Setelah air masuk ke tabung udara maka katup satu arah akan tertutup kembali dan udara di tabung akan mendesak air untuk masuk melalui pipa keluaran dan mampu mengangkat air ke atas sesuai dengan ketinggian yang akan diteliti.

Mekanisme kerja pompa hydram adalah melipat gandaan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan input ke dalam tabung pompa hydram dan menghasilkan output air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang memerlukan. Dalam mekanisme ini terjadi proses perubahan energi kinetis berupa aliran air menjadi tekanan dinamis yang mengakibatkan timbulnya palu air sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan perlengkapan klep buang dan klep tekan yang terbuka dan tertutup secara bergantian, tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai kompresor yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar.

Cara kerja pompa hydram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu dapat dibagi menjadi 4 periode seperti yang terlihat pada gambar 2.4

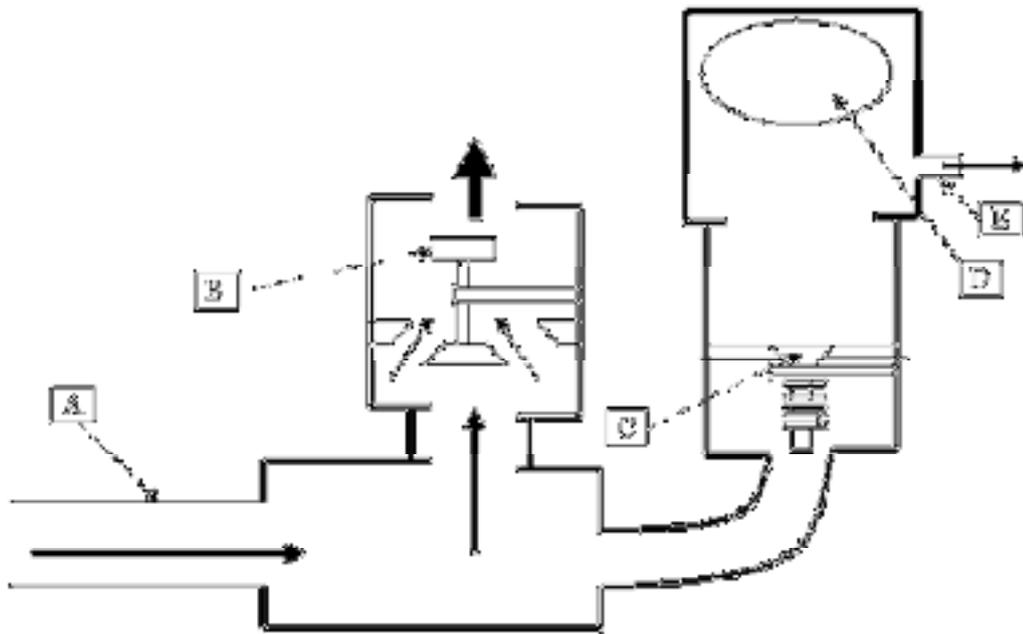


Gambar 2.4. Siklus kerja pompa *hydram* (Silvers, 1977)

Gambar 2.4 menjelaskan tentang cara kerja pompa hydram yang terbagi ke dalam 4 tahap, diantaranya:

### a. Pembalikan (*Recoil*)

Tekanan air mulai berkurang pada tahap ini. Air mengalir yang telah kehilangan gaya dorong itu akan mengalir balik ke arah pipa suplai. Bersamaan dengan itu, katup buang mulai terbuka kembali karena adanya gaya berat dari katup impuls tersebut.

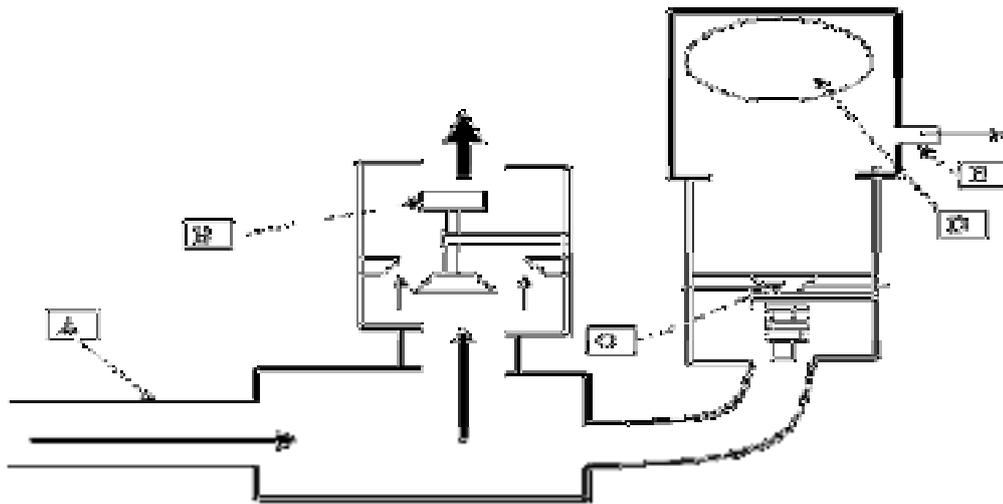


Gambar 2.6 Skema pompa hidram pada kondisi recoil

### b. Akselerasi

Tahap ini, klep buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk memenuhi badan hydram dan keluar melalui klep buang. Akibat pengaruh ketinggian sumber air, maka air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya mencapai nol, posisi klep tekan masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui pipa penyalur. Gambar 2.7 berikut adalah skema pompa hydram pada tahap akselerasi.

Waktu tahap *akselerasi*, air pada pipa suplai mulai mengalir dengan cepat. Dan sebagian air keluar melalui katup buang. Semakin lama tekanan air terus membesar, hingga sampai pada saat dimana tekanan air mulai melebihi berat katup buang, sehingga katup buang mulai terangkat karena gaya dorong air.

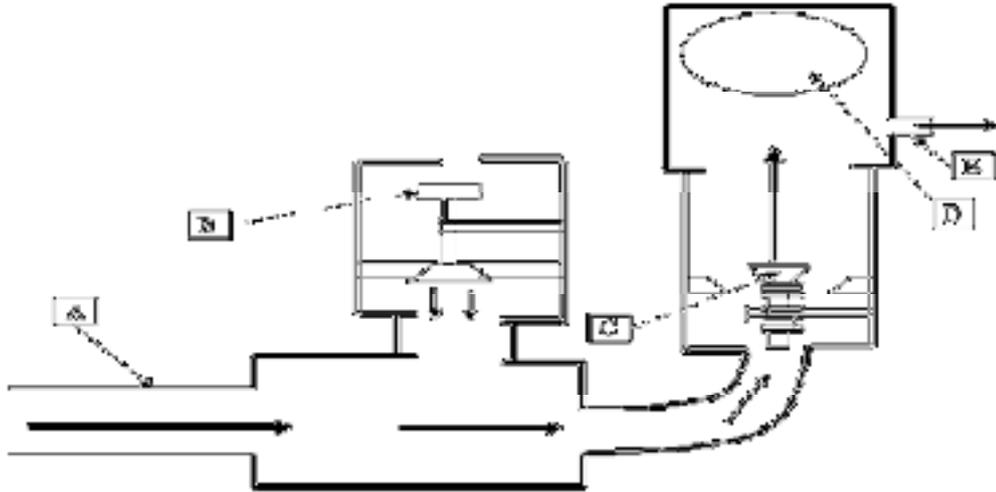


Gambar 2.7 Skema pompa hidram pada kondisi Akselerasi

### c. *Kompresi*

Waktu tahap *kompresi*, tekanan air telah menyebabkan katup buang menutup secara sempurna, sehingga aliran air tidak dapat mengalir melalui katup buang. Akibatnya, air hanya mampu mengalir ke arah tabung udara. Air terus mengalir, menekan udara di dalam tabung, hingga saat dimana gaya dorong air tidak lagi mampu menekan udara di dalam tabung. Pada saat itu, air disekitar pompa tiba-tiba berhenti. Partikel air tidak mampu lagi bergerak, baik melalui katup impuls, atau melalui tabung udara. Bersamaan dengan itu, partikel air di pipa suplai masih terus mengalir dengan cepat, sehingga terjadilah tumbukan antara partikel air yang tiba-tiba berhenti dengan partikel air dalam pipa suplai yang masih bergerak

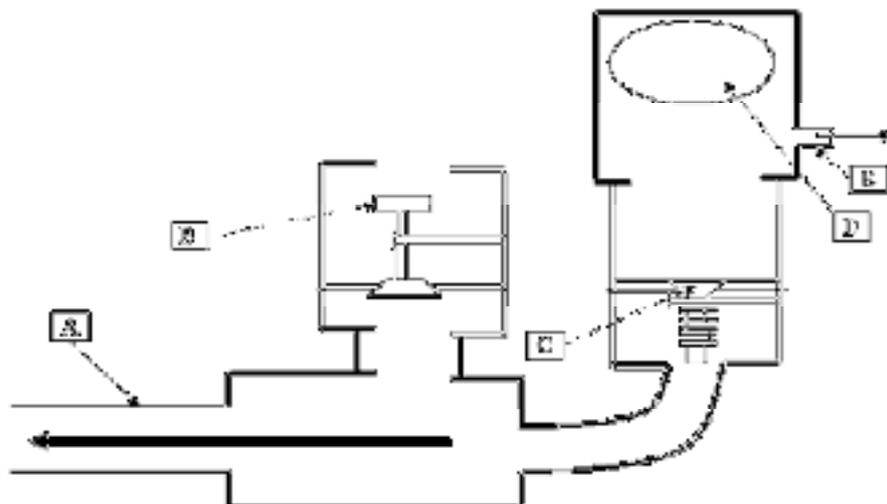
cepat. Proses tabrakan itu menghasilkan hentakan yang kembali menekan udara sehingga udara dalam tabung kembali terkompresi.



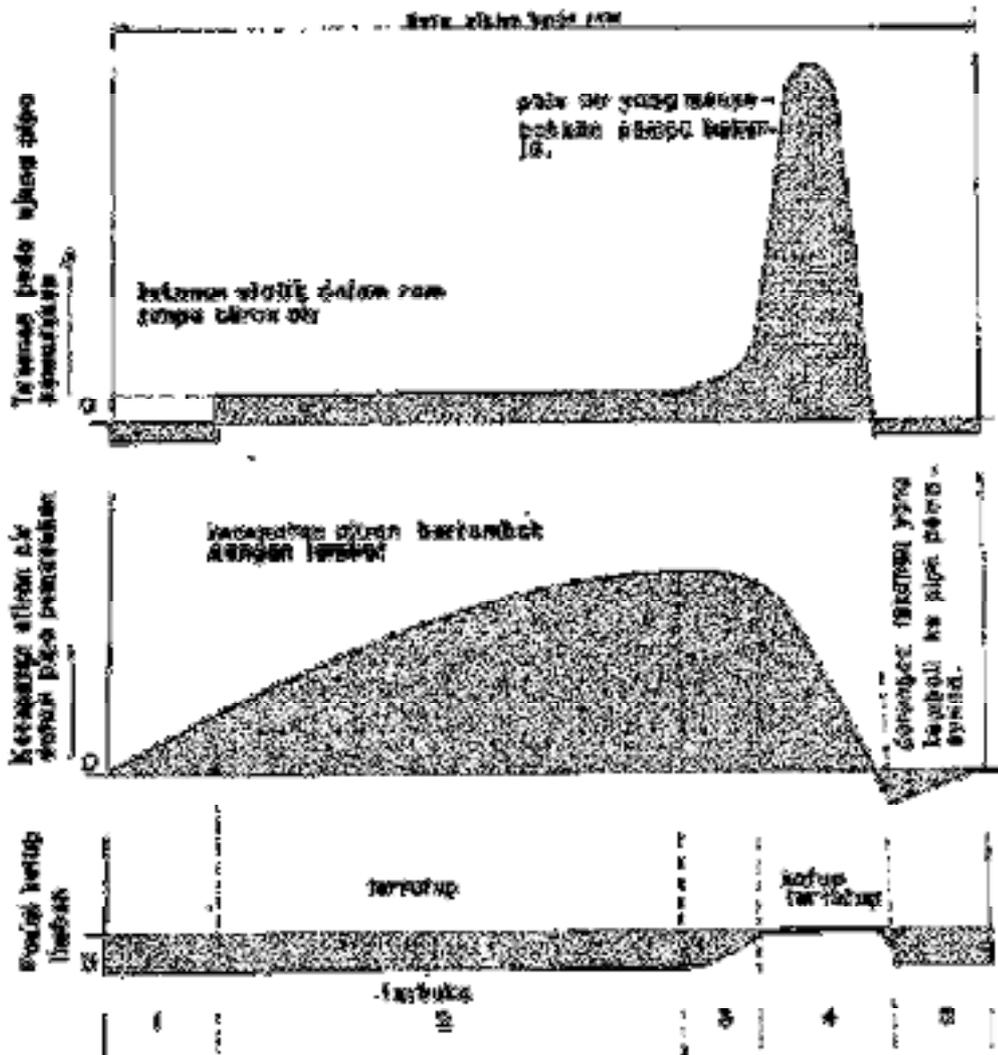
Gambar 2.8 Skema pompa hidram pada kondisi kompresi

#### d. Penyaluran (*Delivery*)

Sesaat setelah terjadinya hentakan, udara akan menekan balik air didalam tabung, mirip seperti pegas. Air yang telah masuk kedalam tabung udara tak bisa lagi balik ke katup buang dan pipa suplai, karena adanya katup searah. Akibatnya, tekanan balik itu akan mendorong air mengalir masuk ke pipa penyaluran (*delivery pipe*).



Gambar 2.9 Skema pompa hidram pada kondisi delivery



Gambar 2.10 Diagram satu siklus kerja hidram (watt 1974)

Keterangan gambar 2.10 :

Periode 1 : Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.

Periode 2 : Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.

Periode 3 : Katup limbah mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram, kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

Periode 4 : Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui katup pengantar. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

Periode 5 : Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidram. Katup limbah terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidram terulang kembali.

### **2.3 Mekanisme Terjadinya Palu Air**

Gejala palu air terjadi karena adanya air dari penampungan sumber air yang dialirkan melalui pipa secara tiba-tiba dihentikan oleh suatu penutupan katup, maka energi potensial akan berubah menjadi energi kinetik sehingga serangkaian gelombang tekanan positif dan negatif akan bergerak maju mundur di dalam pipa sampai terhenti akibat gesekan.

Pompa hydram bekerja berdasarkan palu air, ketika suatu aliran fluida dalam pipa dihentikan secara tiba-tiba misalnya dengan menutup katup dengan sangat cepat sehingga akan membentur katup dan menimbulkan tekanan yang melonjak disertai fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat.

Sebagian gelombang tekanan tersebut akan menjadi arus balik ke arah reservoir dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada sistem pompa sehingga klep penghantar tertutup kembali sedangkan klep limbah membuka kembali. Akibat dari pembebasan gelombang tekanan tersebut kembali lagi arus massa air dari reservoir menuju pompa akan menekan naik klep limbah sehingga terjadi penutupan tiba-tiba yang mengakibatkan terjadi proses palu air. Proses yang terjadi berulang-ulang inilah yang mendorong naik air ke pipa penghantar untuk kemudian diteruskan ke bak penampung. (Didin S. Fane, 2012)

## **2.4 Fluida dan Jenis Aliran**

Fluida merupakan suatu zat atau bahan yang dalam keadaan setimbang tidak dapat menahan gaya geser (shear force). Fluida dapat pula didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

1. Fluida cair merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya ikat antara molekul-molekul sejenisnya terikat satu sama lain dengan kuat sehingga mempunyai suatu kesatuan yang jelas dan cenderung untuk mempertahankan volumenya meskipun bentuknya sebagian ditentukan oleh wadahnya.
2. Fluida gas merupakan fluida dengan gaya ikat antara molekul-molekul gas sangat kecil jika dibandingkan gaya ikat antar molekul zat cair sehingga menyebabkan molekul-molekul gas menjadi relatif bebas dan selalu memenuhi ruang.

Untuk fluida cair dapat dibedakan menjadi tiga jenis aliran yaitu :

1. Aliran Laminer

Aliran laminer mempunyai bilangan Reynolds  $< 2000$ .

2. Aliran Transisi

Aliran transisi mempunyai bilangan Reynold sebesar  $2000 \leq Re \leq 4000$ .

### 3. Aliran Turbulen

Aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds  $> 4000$ .

Bilangan Reynolds merupakan suatu bilangan tidak berdimensi yang digunakan untuk menentukan jenis aliran apakah aliran itu tergolong aliran laminar, transisi, atau turbulen. Bilangan Reynold ditinjau oleh kecepatan aliran, diameter penampang dan viskositas kinematis.

Gerak fluida ada 2 kemungkinan yaitu aliran garis lurus dan aliran turbulen. Aliran garis lurus adalah fluida yang mengikuti garis (lurus atau melengkung) yang jelas ujung pangkalnya sedangkan aliran turbulen ditandai oleh adanya aliran berputar akibat partikel-partikel yang arag geraknya berbeda bahkan berlawanan dengan arah gerak keseluruhan. Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dalam dari satu tempat ke tempat yang lain. Apabila luas penampang lintang besar maka kecepatan kecil dan apabila luas penampang kecil maka kecepatan besar sehingga untuk mendapatkan kalor yang maksimal maka luas penampang dibuat besar dan debit air yang kecil.

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Energi dinyatakan dalam satuan Nm (Joule). Setiap fluida yang sedang bergerak selalu mempunyai energi. Dalam menganalisa masalah aliran fluida yang harus dipertimbangkan adalah mengenai potensial, energi kinetiknya dan energi tekanan. Energi potensial adalah energi akibat dari ketinggian. Pada fluida, energi potensial adalah energi yang dimiliki fluida dengan tempat jatuhnya. Energi kinetik menunjukkan energi yang dimiliki oleh fluida karena pengaruh kecepatan yang dimilikinya. Energi aliran adalah jumlah kerja yang dibutuhkan untuk memaksa elemen fluida bergerak menyilang pada jarak tertentu dan berlawanan dengan tekanan fluida yang bersatuan joule (J). Prinsip Bernouli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Ada 2 macam aliran yaitu aliran tak termampatkan dan aliran termampatkan. Aliran tak termampatkan adalah aliran yang dicirikan dengan tidak berubahnya

besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida disepanjang aliran tersebut, contoh fluida tak termampatkan adalah air, berbagai jenis minyak, emulsi, dll. Aliran termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida disepanjang aliran tersebut, contoh fluida termampatkan adalah udara, gas alam, dll. Persamaan Bernoulli untuk aliran termampatkan adalah sebagai berikut' energi potensial gravitasi per satuan massa jika gravitasi konstan maka sama dengan entalpi fluida per satuan massa dengan catatan di mana energi termodinamika per satuan massa, juga disebut sebagai energi internal spesifik.

## **2.5 Aliran Air di Dalam Pipa**

Pipa merupakan saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Tegangan yang terjadi akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran. Kehilangan tenaga akibat gesekan dari 2 titik beda ketinggian gaya yang bekerja adalah gaya tekanan, berat zat cair dan gaya geser.

## **2.6 Perancangan Instalasi Pompa untuk Percobaan**

Umumnya pada pompa hydram, air masuk (suction) berasal dari reservoir yang permukaannya tidak berubah. Oleh karena itu direncanakan sebuah bak yang bila diisi dapat membuang air sehingga menjaga permukaan tetap stabil. Bak tersebut dinamakan bak reservoir. Dari bak reservoir air disalurkan melalui pipa menuju pompa hydram yang letaknya lebih rendah. Dalam proses pemompaan oleh pompa hydram terbagi dua aliran. Aliran yang berguna adalah aliran air yang dipompa oleh pompa hydram dan ditampung dalam sebuah bak untuk diukur debitnya.

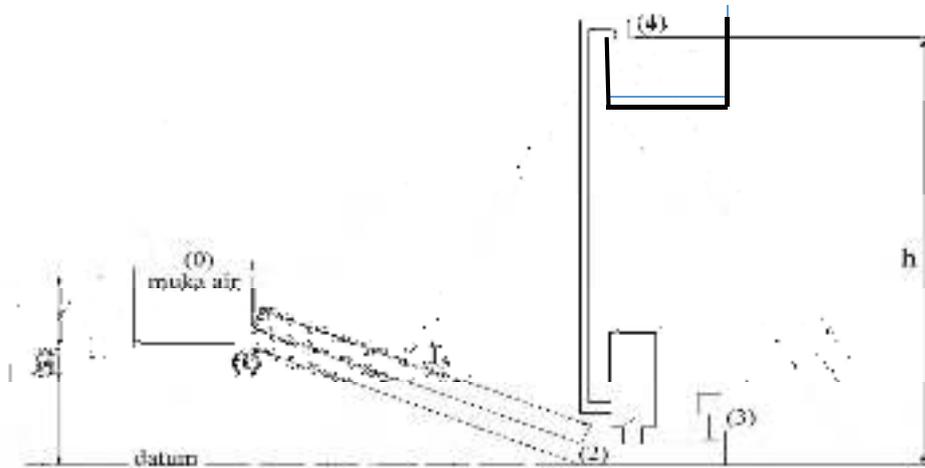
Bak yang menampung air discharge disebut bak discharge sedangkan aliran air yang lainnya tidak dapat terpompa sehingga ditampung di bak limbah untuk dikur juga debitnya karena air yang dipompa mempunyai letak yang paling tinggi, maka letak bak discharge di paling atas kemudian bak reservoir di tengah dan bak limbah paling bawah supaya aliran air dapat berputar sehingga terbentuk siklus, maka air dari bak discharge, bak reservoir dan bak limbah ditampung pada sebuah bak sirkulasi karena letak bak discharge dan bak reservoir dekat dan air yang melimpah dari reservoir tidak dihitung debitnya, maka air dari bak discharge diperbolehkan jatuh ke reservoir. Sedangkan air dari reservoir tidak boleh jatuh ke bak limbah, karena bak limbah digunakan untuk mengukur aliran buang dari pompa hidram. Jadi, air dari reservoir dan air dari bak limbah masuk ke bak sirkulasi untuk dipompa kembali ke reservoir oleh pompa sirkulasi.

## **2.7 Persamaan Energi Pada Pompa Hidram**

### **2.7.1 Energi Yang Dibangkitkan Pada Pompa Hidram**

Energi yang dibangkitkan (bisa juga disebut energi yang dibutuhkan) pada pompa hidram berasal dari energi fluida itu sendiri. Air yang mengalir melalui pipa masuk dari ketinggian  $H$  (ketinggian permukaan air dalam *supply tank*), mengalami percepatan. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.11.

Gambar 2.11 Skema instalasi pompa hidram



Berdasarkan gambar di atas, dapat dituliskan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$\frac{p_0}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} + Z_0 - H_L = \frac{p_3}{\rho g} + \frac{v_3^2}{2g} + Z_3 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

- $p_0$  = tekanan pada titik 0 yaitu tekanan atmosfer [= 0], (  $N/m^2$  )
- $p_3$  = tekanan pada titik 3, (  $N/m^2$  )
- $v_0$  = kecepatan aliran air pada titik 0 [= 0] karena debit konstan, ( m/s )
- $v_3$  = kecepatan aliran air pada titik 3 [= 0] karena aliran air terhenti seiring menutupnya katup limbah, ( m/s )
- $Z_0$  = ketinggian titik 0 dari datum, ( m )
- $Z_3$  = ketinggian titik 3 [= 0] karena diasumsikan segaris datum, ( m )
- $H_L$  = head losses, ( m )
- $\rho$  = massa jenis fluida, untuk air = 1000 , (  $Kg/m^3$  )
- $g$  = percepatan gravitasi (= 9,81 ) , (  $m/s^2$  )

Jika dimasukkan harga – harga yang telah ditentukan, maka persamaan Bernoulli di atas menjadi:

$$H - H_L = \frac{p_3}{\rho g} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

*Head Loss* terdiri dari *Major Head Loss* dan *Minor Head Loss*. Karena air mengalir dari *supply tank* yang memiliki ketinggian tertentu, maka akan timbul gaya yang disebabkan percepatan yang dialami air, yang besarnya sama dengan hasil kali massa fluida yang mengalir dan percepatan yang dialami fluida (Hukum Newton). Seperti di bawah ini:

$$F = m \cdot a \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

F = gaya fluida yang mengalir, (N)

m = massa fluida yang mengalir, (kg)  $m = \rho AL$

a = percepatan fluida yang mengalir, ( $m/s^2$ )

$a = dv/dt$

$\rho$  = massa jenis fluida, untuk air =  $1000 \text{ kg/m}^3$

A = luas penampang pipa masuk, ( $m^2$ )

L = panjang pipa masuk, (m)

Tekanan di titik 3 dapat dicari dengan cara membagi gaya pada titik 3 (gaya akibat percepatan air) dengan luas penampang pipa masuk (A).

$$P_3 = \frac{F}{A} = \rho L \frac{dv}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

karena,

$$\frac{P_3}{\rho g} = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

HL adalah head losses pada pipa, yang besarnya ditentukan dengan persamaan di bawah ini:

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + \sum \left( K \frac{v^2}{2g} \right) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

HL = head losses, (m)

f = faktor gesekan bahan pipa masuk

L = panjang pipa masuk, (m)

D = diameter pipa masuk, (m)

K = faktor kontraksi

Besarnya energi yang dibangkitkan pada pompa hidram, dapat dihitung dengan cara meninjau kondisi di masing – masing titik saat awal pengoperasian pompa hidram, dimana pada kondisi demikian air yang masuk ke badan hidram langsung keluar melalui katup limbah dengan kecepatan tertentu ( $v_3$ ), dan tekanan di titik 3,  $p_3$ , akan sama dengan atmosfer (= 0) karena katup limbah dalam keadaan terbuka penuh. Sehingga persamaan Bernoulli akan menjadi:

$$H - H_L = \frac{v_3^2}{2g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Kecepatan  $v_3$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas, dimana harga debit ( $Q$ ) bernilai konstan (kondisi awal semua fluida yang masuk langsung keluar melalui katup limbah). Sehingga:

$$Q = v_3 \times A_{waste} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan:

$Q$  = debit air yang keluar melalui katup limbah, ( $m^3/s$ )

$v_3$  = kecepatan air di titik 3 (yang melalui katup limbah), (m/s)

$A_{waste}$  = luas penampang lubang katup limbah, ( $m^2$ )

Setelah nilai  $v_3$  didapatkan, maka kita dapat menghitung energi yang dibangkitkan hidram, dengan rumus:

$$E = \frac{1}{2} m v_3^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan:

$E$  = energi hidram, (J)

$m$  = massa fluida yang mengalir, (kg)

= massa fluida yang mengalir melalui pipa masuk

=  $LA\rho$

$v_3$  = kecepatan massa fluida yang mengalir, (m/s)

$L$  = panjang pipa masuk, (m)

$A$  = luas penampang pipa masuk, ( $m^2$ )

$\rho$  = massa jenis air, (=1000), ( $kg/m^3$ )

### 2.7.2 Daya Pompa Hidram

Menghitung daya yang dihemat oleh pompa hidram digunakan rumus:

$$P = \rho g Q \square p \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana:

P = daya yang dihemat (W)

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

g = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

Q = debit limbah ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

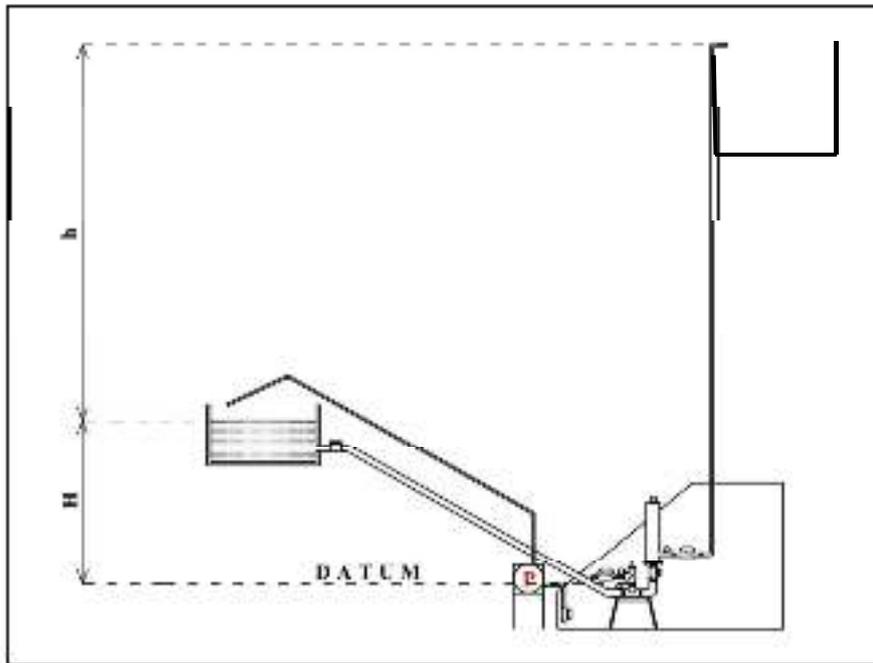
$\square p$  = head pemompaan (m)

### 2.7.3 Efisiensi Daya Pompa Hidram

Ada dua metode dalam perhitungan efisiensi daya pompa hidram, yaitu:

❖ Menurut D' Aubuisson :

Menurut D' Aubuisson, katup limbah digunakan sebagai datum. Untuk lebih memahami, dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson Sehingga dapat dirumuskan :

$$\eta_A = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

$\eta_A$  = efisiensi daya pompa hidram menurut D' Aubuisson

$q$  = debit hasil, ( $m^3/s$ )

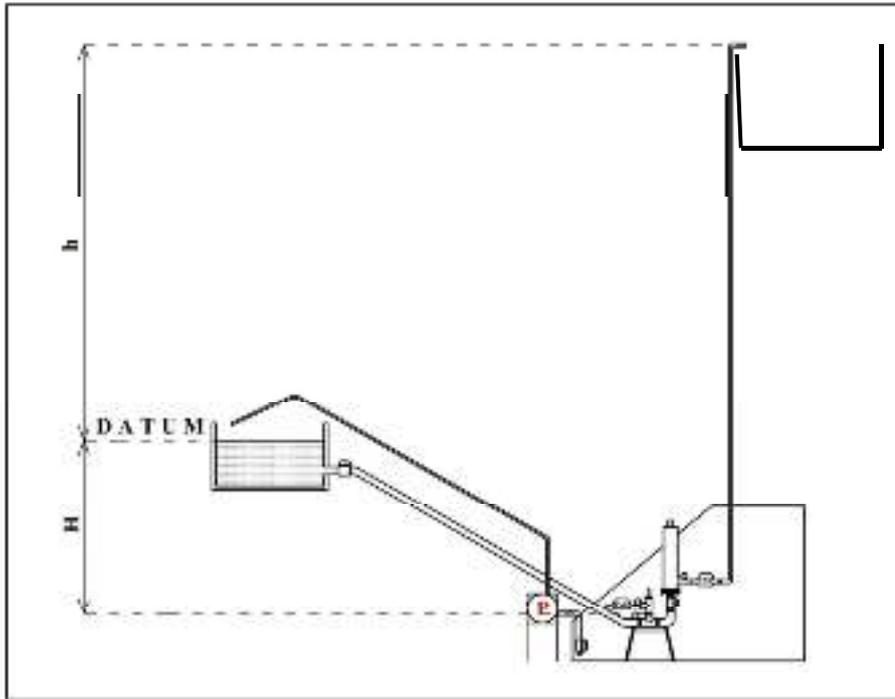
$Q$  = debit limbah, ( $m^3/s$ )

$h$  = head keluar, (m)

$H$  = head masuk, (m)

❖ Menurut Rankine :

Menurut Rankine, permukaan air pada tangki pemasukan digunakan sebagai datum. Untuk lebih memahami, dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut Rankine Sehingga dapat dirumuskan :

$$\eta_R = \frac{qh}{QH} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

$\eta_R$  = efisiensi hidram menurut Rankine

q = debit hasil, ( $m^3/s$ )

Q = debit limbah, ( $m^3/s$ )

h = head keluar, (m)

H = head masuk, (m)

### 2.8 Faktor Penting Dalam Membuat Pompa Hydram

Pompa hydram pada saat beroperasi sering ditemukan beberapa kendala yang paling banyak dijumpai adalah klep buang yang tidak berfungsi dengan baik misalnya:

- a. Klep pembuangan tidak dapat naik atau menutup disebabkan beban klep terlalu berat atau debit air yang masuk pompa kurang dapat diatasi dengan mengurangi beban atau memperpendek as klep pembuangan.
- b. Klep pembuangan tidak mau turun atau membuka karena beban klep terlalu ringan jadi bisa diatasi dengan menambah beban klep atau memperpanjang as klep pembuangan.
- c. Tinggi pemompaan di bawah rasio rumus, yaitu setiap terjunan 1 meter dapat menaikkan setinggi 5 meter. Penyebab pertama adalah terjadinya kebocoran atau tidak rapatnya klep. Penyebab kedua rasio diameter pipa input dibanding pipa output lebih besar dari 1 berbanding 0,5. Dapat diatasi dengan memeriksa dan memperbaiki klep atau mengurangi diameter pipa output. Penyebab ketiga adalah terlalu banyaknya hambatan pada pipa output menuju bak tandon berupa banyaknya belokan pipa. Agar hal tersebut tidak terjadi, pada saat instalasi pipa sedapat mungkin dikurangi lekukan atau belokan pipa menuju tendon.

Agar pompa hydram dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan maka dalam proses pembuatannya harus memperhatikan beberapa faktor penting, diantaranya:

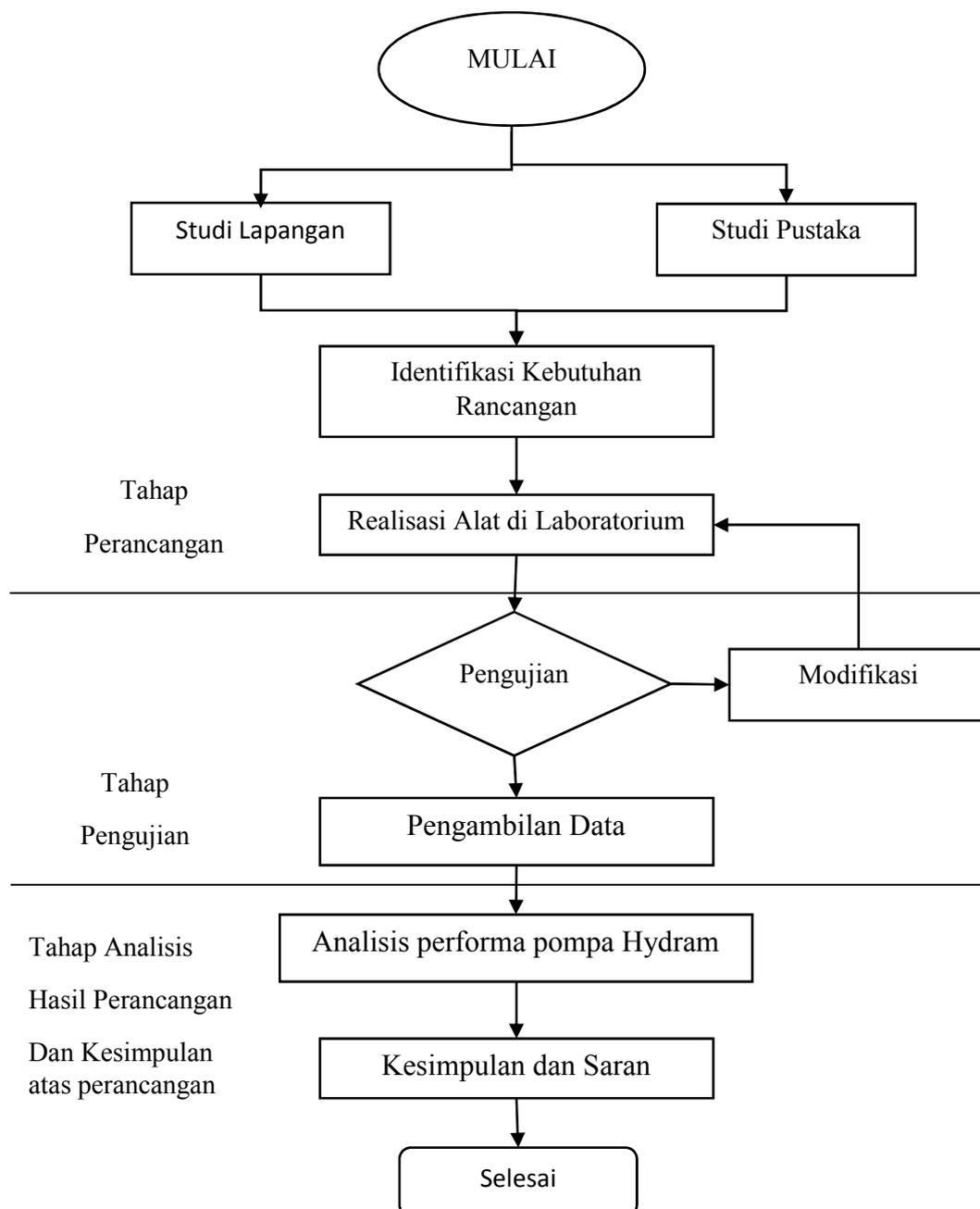
- a. Diameter pipa pemasukan/penghantar supaya ditentukan dan dihitung sehingga tidak dapat menyerap seluruh debit air dari sumber air yang digunakan dalam artian masih ada air yang melimpah dari tempat sumber air selama pemompaan bekerja, hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan tinggi jatuh air dari sumber ke pompa.
- b. Diameter pipa untuk badan pompa supaya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan/penghantar, hal ini berarti besar/kecilnya badan pompa ditentukan oleh besar/kecilnya diameter pipa pemasukan/penghantar.
- c. Diameter pipa untuk tabung udara sebaiknya dibuat lebih besar dari pada diameter badan pompa.

- d. Diameter lubang klep buang dan lubang klep tekan sebaiknya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan/penghantar.
- e. Sudut miring pipa pemasukan/penghantar dibuat antara 7 – 12 dengan panjang pipa dibuat 5 – 8 kali tinggi jatuh air.
- e. Selama pompa bekerja supaya tinggi angkat klep dan pemberat klep buang diatur sehingga klep dapat terangkat dan tertutup sebanyak 50 – 60 kali setiap menit.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

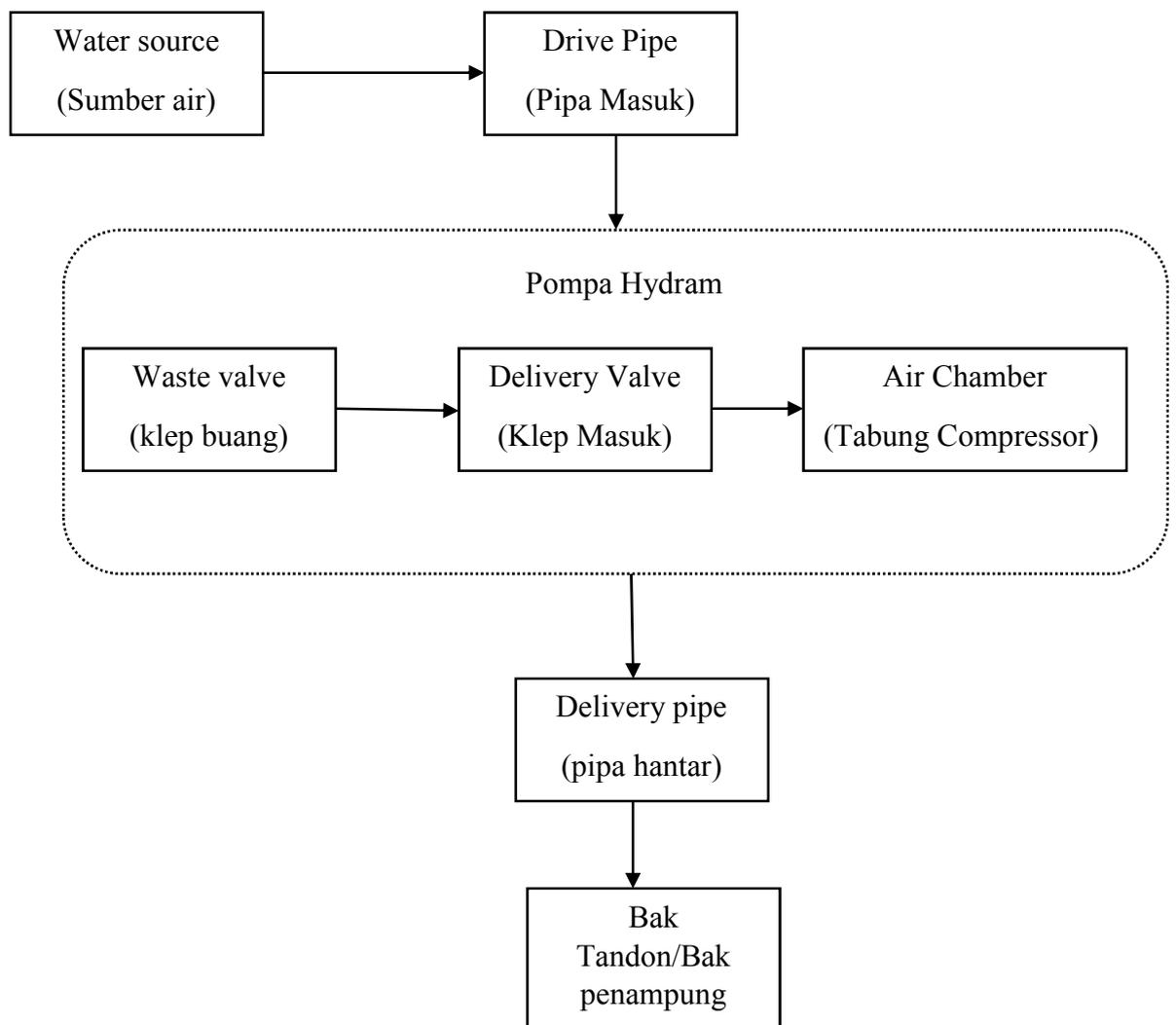
Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

### 3.2 Diagram Blok Pompa Hydrum

Alat pompa hidraulik ram yang akan dirancang pada penelitian ini, berfungsi untuk mempertahankan aliran debit air dan bekerja secara kontiniu. Secara gasis besar alat pompa hidraulik ram ini terdiri dari tiga blok utama. Diagram blok keseluruhan ditunjukkan seperti gambar berikut :



Gambar 3.2 Diagram Blok Pompa Hydrum

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilakukan pada bulan april 2019 dan penelitian dilakukan di Lingga tengah, kecamatan pegagan hilir, kabupaten dairi, provinsi sumatera utara, penulis mengambil tempat ini di karenakan banyak nya aliran sungai pada daerah tersebut

### 3.4 Alat-alat penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Satu set pompa Hydran
2. Ember plastik untuk menampung debit air

Sedangkan alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Roll Meter

Roll meter berfungsi untuk mengukur Head masuk dan keluar dan juga komponen-komponen pada pompa hydran



Gambar 3.3 roll meter

2. Gelas Ukur

gelas ukur digunakan untuk mengukur debit air yang keluar dari pipa masuk (drive pipe), pipa hantar(delivery pipe) dan limbah.



Gambar 3.4 Gelas ukur

### 3. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu yang dibutuhkan pada penentuan debit air pada pipa masuk(drive pipe), pipa hantar (delivery pipe) dan katup buang, stopwatch yang digunakan yaitu stopwatch handphone



Gambar 3.5 Stopwatch handphone

### 4. Pressure Gauge.

Pressure gauge dalam penelitian kali ini digunakan untuk mengukur tekanan pada sisi inlet pompa hidram dan tekanan pada sisi keluar pompa hidram, sehingga akan didapatkan data mengenai perubahan tekanan air pada pompa hidram yang diakibatkan proses

water hammer. Untuk mengukur tekanan inlet pompa hidram, pressure gauge diletakkan pada ujung pipa masuk (drive pipe), karena yang akan diukur adalah tekanan air akibat adanya perbedaan ketinggian water source tank dan badan hidram. Sedangkan untuk mengukur tekanan pada sisi keluar hidram, diletakkan pada bagian pipa hantar (delivery pipe)



Gambar 3.6 Manometer

### 3.5 Penentuan Head

#### 3.5.1 Penentuan Head Masuk (H)

Untuk penelitian ini, penentuan head masuk digunakan untuk menentukan parameter – parameter yang lain (ukuran pipa masuk, dll.). Pada penelitian ini diasumsikan head masuk 1 m, Dalam pengujian harga ini menjadi parameter yang ditetapkan.

#### 3.5.2 Penentuan Head Keluar (h)

Berdasarkan penelitian Dr. Jagdish Lal (1975), head keluar kita asumsikan sebesar 6 m. Harga ini mengacu pada hasil penelitian beliau yang menyatakan bahwa panjang pipa keluar atau head keluar berhubungan dengan efisiensi, yang juga berarti berhubungan dengan panjang pipa masuk dan head masuk. Agar efisiensi pompa hidram menjadi maksimum, maka hubungan ketiga parameter diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1. Besar head keluar (h) berdasarkan head masuk (H) dan panjang pipa masuk (L)

H (m)	1	1,5	2	3	4
h (m)	6	12	15	23	30
L (m)	10	12	15	23	30

(Sumber : jagdish Lal, 1975)

### 3.6. Penentuan Diameter Pipa

#### 3.6.1 Penentuan Diameter Pipa Masuk (D)

Setelah diketahui panjang pipa masuk, maka dari tabel di bawah ini bisa kita tentukan diameter pipa masuk (*drive pipe*) yang akan kita gunakan.

Tabel 3.2 hubungan panjang pipa masuk (L) dan diameter pipa masuk (D)

Diameter ( $10^{-3}$ m)	Panjang pipa masuk (L)	
	Minimum	Maksimum
13	2	13
20	3	20
25	4	25
30	4,5	30
40	6	40
50	7,5	50
80	12	80
100	15	100

(Sumber : US AID, 1982)

Setelah mendapatkan harga dari tabel 3.1, kemudian kita cek harga tersebut menggunakan metode Calvert, dimana :

$$150 < \frac{L}{D} < 1000$$

dengan memasukkan  $L = 10$  m dan  $D = 50 \times 10^{-3}$  m pada persamaan di atas maka didapatkan  $L/D = 200$ . Nilai tersebut memenuhi persamaan dari metode Calvert di atas. Nilai tersebut juga sesuai jika dicek pada tabel 3.2. jadi asumsi kita menggunakan pipa dengan diameter 2 inch dengan panjang pipa masuk 10 m benar.

### 3.6.2 Penentuan diameter pipa keluar

Setelah diketahui diameter pipa masuk maka dari tabel dibawah ini kita dapat menentuka diameter pipa keluar

Tabel 3.3 Ukuran hidraulik ram buatan PTP-ITB, Bandung dengan Modifikasi Design I.T.D.G., London

TYPE	Garis tengah dalam pipa pemasukan (inci)	Garis tengah dalam pipa pengeluaran (inci)
1	1,50	0,75
2	2,00	1,00
3	3,00	1,50
4	4,00	2,00
5	5,00	3,00

Dari tabel 3.3 dapat kita simpulkan bahwa diameter pipa keluar yaitu 1 inch

### 3.7. Penentuan Panjang Pipa

### **3.7.1 Penentuan Panjang Pipa Masuk (L)**

Panjang pipa masuk kita tentukan sesuai tabel 3.1 yaitu 10 m. Pada tabel ini ditunjukkan agar efisiensi yang diperoleh maksimum, dengan asumsi besar head masuk yang telah kita tentukan 1 m dan besar head keluar 6 m, maka panjang pipa masuk yang diambil adalah 10 m. Juga dengan perhitungan pada bagian 3.5.1 di atas ternyata panjang pipa masuk 10 m dengan diameter 2 inch telah memenuhi persamaan metode *Calvert*.

## **3.8. Penentuan Bahan Pipa**

### **3.8.1 Penentuan bahan pipa masuk**

Bahan pipa masuk yang digunakan pada pengujian ini adalah pipa air PVC merk Wavin seri D dengan diameter yang telah kita tentukan yaitu 2 inch dan panjang 10 m.

### **3.8.2 Penentuan Bahan Pipa Keluar**

Penelitian kali ini, fungsi pipa keluar digantikan dengan sebuah selang. Hal ini untuk memudahkan pengukuran tinggi air dan debit hasil yang keluar.

### **3.8.3 Rancangan Tabung udara dan pipa hantar**

Tabung udara dibuat dari bahan PVC, dengan ukuran tinggi 80cm dan diameter 4", 3", 2,5". Tabung udara diperlukan untuk mendorong air yang telah dipompa keluar melalui pipa keluaran dengan ukuran diameter 1 ". Pipa hantar di arahkan ke atas untuk mengetahui tinggi air yang dapat terangkat.

Di jalur pipa keluaran dilengkapi dengan manometer untuk mengetahui tekanan air yang mengalir.

Rancangan tabung udara dan pipa keluaran ditunjukkan pada gambar 3.4 Penggunaan tabung udara dapat memperbesar head output pompa hidram, karena dengan penggunaan tabung udara, air bertekanan hasil proses *water hammer* lebih dulu diakumulasi di dalam tabung udara sebelum dialirkan

menuju *delivery pipe*. Selain itu, dari hasil pengamatan, fluktuasi head output

pompa juga lebih kecil dengan penggunaan tabung udara. Akan tetapi, tidak selamanya volume tabung udara berbanding lurus dengan head output, penambahan volume tabung justru akan memperkecil head output. Hal itu di sebabkan karena pada tabung udara yang terlalu besar, akan terdapat rongga udara yang justru akan menurunkan tekanan dalam tabung. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa volume tabung udara yang optimum adalah ketika tabung udara dapat mengakumulasi air bertekanan sampai titik maksimum, tanpa terbentuk rongga udara di dalam tabung tersebut .

### **3.9 Variabel yang diamati**

Adapun parameter yang diamati pada penelitian ini adalah:

1. Tekanan pada pipa penghantar (*outlet pipe*) ( $p_d$ )
2. Debit air yang keluar dari *waste valve* ( $Q$ )
3. Debit air yang keluar dari *delivery valve*. ( $q$ )

### **3.10. Langkah Penelitian**

#### **3.10.1 Persiapan**

Pengujian diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, kemudian dirakit sesuai dengan instalasi yang dibutuhkan untuk pengujian. Setelah perakitan selesai dilakukan pengecekan kebocoran pada instalasi.

### 3.10.2 Pelaksanaan Pengujian

Sesuai dengan tujuan penelitian kali ini, yakni untuk merancang bangun pompa hidram, maka digunakan beberapa parameter. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Parameter yang ditetapkan sebagai berikut :

- Tabung Udara

Volume tabung :  $0,00648 \text{ m}^3$ ;  $0,00364 \text{ m}^3$ ;  $0,00253 \text{ m}^3$

Diameter tabung : 4 inc, 3 inc, 2,5 inc

Tinggi tabung : 1 m

- Head masuk :  $H = 1 \text{ m}$

- Panjang pipa masuk :  $L = 10 \text{ m}$

- Diameter pipa masuk :  $D = 2 \text{ inc}$

Diameter pipa keluar :  $d = 1 \text{ inc}$

- Massa tambahan klep buang :  $m_w = 20 \text{ gram}$

Parameter yang diukur sebagai berikut:

- Debit limbah (Q)

- Debit hasil (q)

- Tekanan pada pipa keluar ( $p_o$ )

- Tinggi air yang dapat di angkat (h)

Parameter yang dihitung:

- Efisiensi pompa hidram ( $\eta$ )

### 3.10.3 Perencanaan Beberapa Ukuran Volume Tabung Pompa Hydram

Sesuai dengan tujuan penelitian kali ini, yakni untuk mengetahui pengaruh volume tabung udara terhadap efisiensi dan debit air keluaran pada pompa hydram, maka variasi yang digunakan adalah variasi volume tabung udara. Adapun volume tabung udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Tabung udara 1  
 Volume tabung : 0,00648 m<sup>3</sup>  
 Diameter tabung: 4 inci  
 Tinggi tabung: 80 cm  
 $V_t = \pi r^2 \cdot t$ .
- b. Tabung udara 2  
 Volume tabung : 0,00364 m<sup>3</sup>  
 Diameter tabung: 3 inci  
 Tinggi tabung: 80 cm  
 $V_t = \pi r^2 \cdot T$
- c. Tabung udara 2  
 Volume tabung : 0,00253 m<sup>3</sup>  
 Diameter tabung: 2,5 inci  
 Tinggi tabung: 80 cm  
 $V_t = \pi r^2 \cdot t$

### 3.10.4 Langkah Kerja

Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan hidram dan seluruh instalasinya pada tempat pengujian
2. Memasang pipa masuk dengan panjang tetap yaitu 10 m.
3. Memasang drum sebagai simulator penampung air sumber.
4. Memasang instalasi pompa air sebagai simulator pemasok kebutuhan air sumber.
5. Memasang selang sebagai pengganti pipa keluar dan mengatur ketinggian selang
6. Mengatur panjang langkah katub limbah (S = 9 mm) dengan jangka sorong.
7. Memasang tabung udara dengan volume tabung yang sudah ditentukan.
8. Memastikan semua instalasi telah terpasang dengan baik dan memastikan tidak ada kebocoran.

9. Menjalankan sistem dan melakukan pengujian yaitu dengan mencatat tekanan pada pipa keluar ( $p_o$ ), debit air limbah ( $Q$ ), debit hasil ( $q$ ) dan tinggi kenaikan air ( $h$ ). Pengukuran debit dengan menggunakan gelas ukur dan stopwatch.

### 3.10.5 Tabel Pengamatan

**Tabel pengaruh volume tabung terhadap efisiensi pompa hidram.**

Volume Tabung ( $m^2$ )	Head Masuk (m)	Head Keluar (m)	Tekanan Masuk (bar)	Tekanan Keluar (bar)	Debit air Masuk ( $m^3/s$ )	Debit Hasil ( $m^3/s$ )	Debit Limbah ( $m^3/s$ )	Efisiensi (%)

**Tabel pengaruh debit air masukan terhadap efisiensi pompa hidram.**

Debit air masuk ( $m^3/s$ )	Head Masuk (m)	Head Keluar (m)	Tekanan Masuk (bar)	Tekanan Keluar (bar)	Volume tabung ( $m^3$ )	Debit Hasil ( $m^3/s$ )	Debit Limbah ( $m^3/s$ )	Efisiensi (%)

