

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Muhaimin, Nova Risdiyanto Ismail, Muhammad Agus Sahbana, 2016 dengan judul “Pengaruh ketinggian sumber air terhadap efisiensi pompa hidram” Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi unjuk kerja pompa hidrolik ram dengan variasi tinggi sumber air (*water esource*) masuk tanpa beban pada katup buang. Metode penelitian melalui perancangan instalasi pompa hidram dengan pengamatan pengaruh variasi ketinggian (2 m, 3 m dan 4 m). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi pompa hidram adalah 34,05 % efisiensi D'Aubuisson pada ketinggian sumber air 4 meter dan panjang pipa masuk 8 meter. Faktor ketinggian sumber air masuk sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang, dan efisiensi pompa hidram

Dinar M. F., Hari Anggit C. W., Latifah N. Q., Enjang J.M., 2013 dengan judul Uji Efisiensi Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara. Alat ini bekerja memanfaatkan prinsip palu air pada keseimbangan katup buang dan katup hisap sehingga dapat memindahkan air ke tempat yang lebih tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen berdasarkan studi literatur dengan melakukan variasi volume tabung udara (*vacuum chamber*). Variasi volume yang digunakan adalah volume 330 mL, 600 mL, 1000 mL, 1500 mL, dan 2000 mL. Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa variasi volume tabung udara tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidram. Rancang bangun pompa hidram yang menghasilkan efisiensi terbaik adalah pompa hidram dengan

volume tabung udara 1500 ml dengan efisiensi sebesar 17,21%.

Parulian Siahaan, Tekad Sitepu, 2013 dengan judul RANCANG BANGUN DAN UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI PANJANG *DRIVEN PIPE* DAN DIAMETER *AIR CHAMBER* TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang *driven pipe* dan diameter *air chamber* terhadap efisiensi pompa hidram. Pompa hidram yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter *driven pipe* 1,5 inch dan diameter *delivery pipe* 0,5 inch. Variasi panjang *driven pipe* yang dilakukan adalah 8 m , 10 m , dan 12 m. Sedangkan variasi diameter *air chamber* yang dilakukan adalah 3 inch , dan 4 inch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi maksimum diperoleh pada variasi panjang *driven pipe* 8 m dan diameter *air chamber* 3 inch, yaitu sebesar 37%.

#### **Persamaan dan perbedaan pada penelitian sebelumnya adalah :**

Persamaan tugas akhir ini dengan jurnal yang terdahulu adalah sama – sama merancang bangun pompa hidram dan menguji efisiensi pompa dengan memvariasikan volume tabung udara. Sedangkan perbedaannya adalah pompa yang digunakan dalam penelitian terdahulu menggunakan pompa hidram *single power* atau menggunakan satu katup limbah, dan sekarang menggunakan pompa hidram rakitan sendiri dengan 2 katup limbah atau *double power*. Variasi volume tabung yang digunakan adalah 621,7985 cm<sup>3</sup>, 1865,3955 cm<sup>3</sup>, 3108,9925 cm<sup>3</sup>, 4352,5895 cm<sup>3</sup>, 5596,1865 cm<sup>3</sup>

## 2.2 Pompa

Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi 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 dapat diklarifikasikan dalam dua macam, yaitu:

### 1. Pompa Perpindahan Positif (*Positive Displacement Pump*)

Pada pompa perpindahan positif energi ditambahkan ke dalam fluida kerja secara periodik oleh suatu daya yang dikenakan pada satu atau lebih batas (*boundary*) sistem yang dapat bergerak. Pompa perpindahan positif dapat dibagi menjadi:

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

### 2. Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

Pada pompa dinamik proses penambahan energi ke dalam fluida kerja dilakukan secara kontinyu untuk menaikkan kecepatan fluida di sisi isap. Kemudian dilakukan penurunan kecepatan fluida dibagian sisi keluar pompa untuk mendapatkan energi tekan.

Pompa dinamik dapat dibagi menjadi :

1. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)
  - Pompa aliran radial (*radial flow*)
  - Pompa aliran aksial (*axial flow*)
  - Pompa aliran campuran (*mixed flow*)
2. Pompa Jenis Khusus (*Special Pump*)
  - *Jet Pump*
  - Pompa Gas Lift (*Gas Lift Pump*)
  - Pompa Hidram (*Hydraulic Ram*)

Penggunaan pompa untuk pemenuhan kebutuhan air memang sebuah solusi tepat dan telah terbukti sukses digunakan dari generasi ke generasi. Namun jika dicermati lebih mendalam, ternyata masih ada kendala yang dihadapi ketika dihadapkan pada kebutuhan energi sebagai sumber tenaga penggerak utama (*prime mover*) pompa. Pada umumnya, penggerak utama pompa yang digunakan adalah motor listrik yang memerlukan konsumsi energi listrik sebagai tenaga penggerak. Masalahnya, tidak semua daerah telah mendapatkan aliran listrik, masih banyak daerah yang belum dapat menikmati listrik dalam kesehariannya. Oleh karena itu, sebagai solusinya digunakanlah pompa yang tidak memerlukan listrik atau bahan bakar yaitu Pompa Hidram (*Hidraulik Ram*). (Aldino Putra, 2017)

### 2.3 Pompa Hidram

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 penggerakannya 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, 2013)

Pompa hidram 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 (Jennings, 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*. 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. (Hanafie dan De Longh, 1979)

## 2.4 Komponen Utama Pompa Hidram dan Fungsinya

Bagian-bagian utama yang menyusun pompa ini terdiri dari pipa keluar, pipa masuk, tabung udara, katup limbah, dan katup penghantar. Bentuk pompa hidram *double power* dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1 Pompa Hidram *Double Power*

Keterangan gambar :

1. Tabung udara
2. Pipa Air Keluar
3. Katup penghantar
4. Katup Air Limbah
5. Pipa Air Masuk

Berikut Ini adalah beberapa komponen utama sebuah pompa hidram yang dijelaskan pada uraian di bawah ini:

#### **2.4.1 Tabung Udara (Air Chamber)**

Tabung udara dibuat harus menggunakan 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 penghisap secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara akan bergetar hebat, dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian, ram harus segera dihentikan. Pendapat dari beberapa ahli, untuk mengenai hal – hal diatas, volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penyalur. (Surya Dharma. 2013)



Gambar 2.2 Tabung Udara

### 2.4.2 Pipa Air Keluar

Hidram dapat memompa pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan pipa keluar atau pipa output yang panjang akan menyebabkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa keluar atau pipa output dapat di buat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat bahan tersebut dapat menahan tekanan air. Pada percobaan ini penulis menggunakan selang sebagai pipa outlet. Daya angkat Pompa Hidram diangkat *vertical minimum* adalah kira – kira dua kali tinggi jatuh *vertical*. Analisa Pengaruh Tinggi Jatuhan Air Terhadap *Head* Pompa Hidram Pipa Masuk Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa masuk harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup pembuang secara tiba – tiba.

### 2.4.3 Katup Penghantar

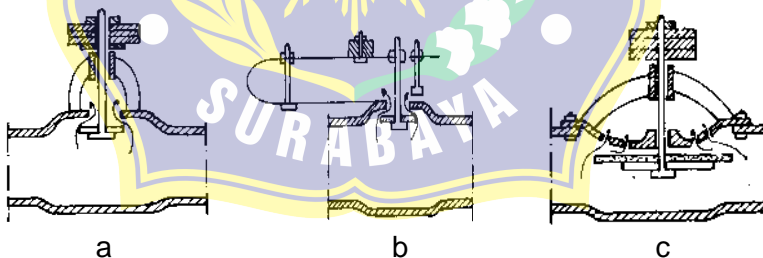
Katup penghantar merupakan sebuah katup satu arah yang fungsinya sebagai penghantar air dari badan hidram menuju tabung udara untuk dinaikkan menuju tangki penampungan hasil keluaran pompa hidram. Katup penghantar harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hidram. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran (Hanafie dan De Longh, 1979).



Gambar 2.3 Katup Penghantar

#### 2.4.4 Katup Air Limbah (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan salah satu komponen terpenting pompa hidram, oleh sebab itu katup buang harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakkannya dapat disesuaikan. Katup pembuang sendiri berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara. Beberapa desain katup pembuang yang sering digunakan diantaranya :



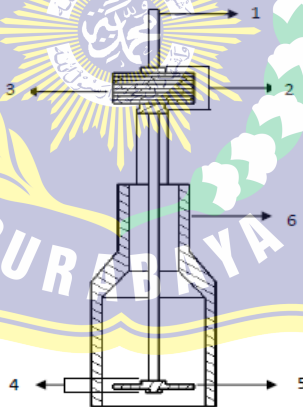
Gambar 2.4 jenis – jenis Katup pembuang  
(Hanafie dan De Longh, 1979)



Keterangan gambar :

- a. Katup Kardom Sederhana
- b. Katup Kardom Lentur
- c. Katup kardom Berpegas

Katup air limbah dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat, sehingga saat katup pembuang menutup, akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan katup pembuang 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. Adapun bagian – bagian sebuah katup pembuang dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Bagian – Bagian Katup Buang  
(Fatwa Permana, 2017)

Keterangan gambar :

1. Tangkai katup, bahan yang digunakan baut.
2. Mur penjepit atas
3. Ring pemberat
4. Mur penjepit bawah
5. Karet
6. Reducer

#### **2.4.5 Pipa Air Masuk**

Pipa Air Masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa masuk harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup limbah secara tiba-tiba.

Pipa masuk atau pipa *inlet* dapat di buat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat bahan tersebut dapat menahan tekanan air. Pada percobaan ini penulis menggunakan pipa *PVC*.

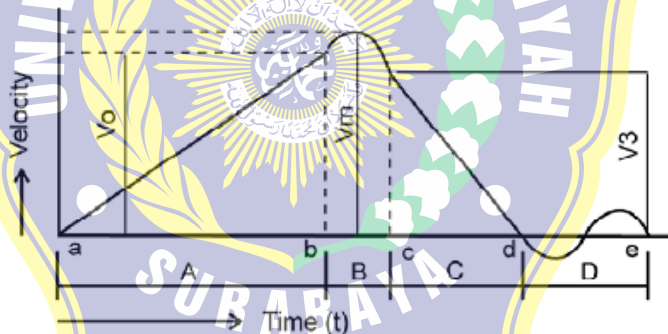
#### **2.5. Prinsip Kerja Pompa Hidram**

Prinsip kerja pompa hidram ini adalah dengan memanfaatkan tenaga aliran air yang mengalir dari ketinggian kemudian diubah dengan mekanisme penutupan katup yang cepat sehingga timbul tenaga hentakan balik (*water hammer*). Hentakan air yang mendadak tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai tenaga pendorong untuk bisa mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi. Pompa ini bekerja seperti transformator hidrolis dimana air yang masuk ke dalam pompa, yang mempunyai *hydraulic head* (tekanan) dan debit tertentu, menghasilkan air dengan *hydraulic head* yang lebih tinggi namun dengan debit yang lebih kecil. Pompa ini memanfaatkan *Water hammer effect* untuk menghasilkan tekanan yang memungkinkan sebagian dari air yang masuk

memberi tenaga kepada pompa, diangkat ke titik lebih tinggi dibandingkan head awal dari air tersebut. Pompa Hydrum ini sangat sesuai untuk digunakan di daerah terpencil, dimana terdapat sumber air yang mempunyai head rendah, serta diperlukan memompa air kelokasi pemukiman yang mempunyai elevasi lebih tinggi dari sumber air tersebut. Pada kondisi seperti inilah pompa hydrum menjadi sangat bermanfaat sekali, karena pompa ini tidak membutuhkan sumber daya lain selain energi kinetik dari air yang mengalir itu sendiri.

## 2.6. Cara kerja pompa hidram

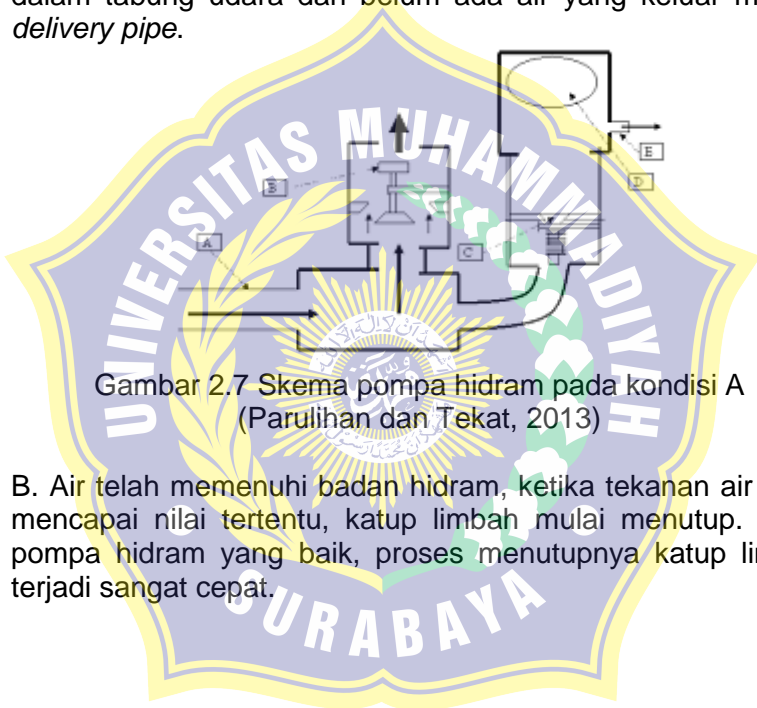
Berdasarkan posisi katup limbah dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, sistem operasi sebuah pompa hidram dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang digambarkan pada diagram di bawah ini:



Gambar 2.6 Perubahan kecepatan pada waktu pipa masuk (Parulihan dan Tekat, 2013)

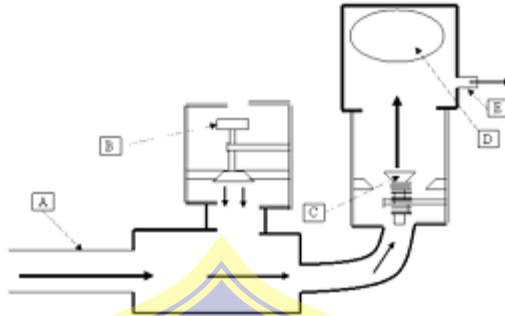
Penjelasan gambar 2.6 :

A. Katup limbah terbuka dan air mulai mengalir melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram dan keluar melalui katup limbah. Karena pengaruh ketinggian supply tank, air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya mencapai  $V_0$ . Posisi *delivery valve* masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini, tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui *delivery pipe*.



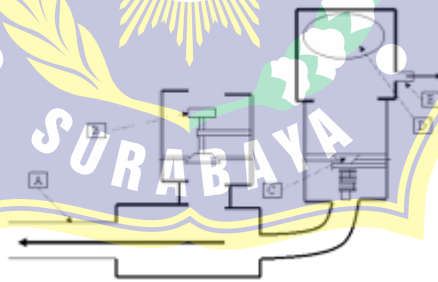
Gambar 2.7 Skema pompa hidram pada kondisi A (Parulihan dan Tekat, 2013)

B. Air telah memenuhi badan hidram, ketika tekanan air telah mencapai nilai tertentu, katup limbah mulai menutup. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya katup limbah terjadi sangat cepat.



Gambar 2.8 Skema pompa hidram pada kondisi B  
(Parulihan dan Tekat, 2013)

C. Katup limbah masih tertutup. Penutupan katup yang dengan tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis pipa masuk. Kemudian dengan cepat katup pengantar terbuka, sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan, dan mendorong air keluar melalui *delivery pipe*.



Gambar 2.9 Skema pompa hidram pada kondisi C  
(Parulihan dan Tekat, 2013)

D. Katup pengantar tertutup. Tekanan di dekat katup pengantar masih lebih besar dari pada tekanan statis pipa masuk, sehingga aliran berbalik arah dari bodi hidram menuju supply tank. Peristiwa inilah yang disebut dengan recoil. Recoil menyebabkan terjadinya kevakuman pada bodi hidram, yang mengakibatkan masuknya sejumlah udara dari luar masuk ke bodi hidram melalui katup pernapasan (air valve). Tekanan di sisi bawah katup limbah juga berkurang, dan juga karena berat katup limbah itu sendiri, maka katup limbah kembali terbuka. Tekanan air pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi lagi.



## 2.7. Karakteristik Pompa Hidram

Karakteristik pompa *hidrolik ram* atau hidram yang bekerja pada keadaan tertentu dimana besar pipa *inlet* tetap, pipa *outlet* berubah-ubah, dan tinggi pemasukkan berubah-ubah ternyata menunjukkan bahwa jumlah denyutan katup limbah berbeda tiap-tiap dilakukan perubahan. Pompa hidrolik ram yang dirancang dengan baik dapat bekerja baik pada semua keadaan dengan pemeliharaan yang minimum.

Ukuran pompa hidrolik ram ditentukan oleh kapasitas yang dikehendaki dan juga dibatasi oleh jumlah air yang tersedia untuk menggerakkan pompa. Pompa harus dipasang serata mungkin untuk meyakinkan bahwa katup limbah yang diberi beban dapat jatuh tegak lurus ke bawah dengan gesekan sekecil mungkin. Pemasangan pipa juga harus diperhatikan agar tidak ada belokan-belokan tajam atau sudut yang mengurangi kekuatan aliran air. Beberapa hasil eksperimen juga menunjukkan bahwa adanya ruang udara pada pompa hidram semakin meningkatkan efisiensi pompa dalam mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi.

Secara spesifik, menurut Direktorat Pengelolaan Air Departemen Pertanian (2009), daerah yang bisa memanfaatkan teknologi irigasi pompa Hidram adalah memiliki ciri sebagai berikut :

1. Merupakan daerah sentra produksi pertanian yang memiliki potensi luas lahan untuk dijadikan sebagai lahan pertanian beririgasi.
2. sekitar lokasi pengembangan, terdapat sumber air permukaan seperti sungai dengan jumlah dan kualitas air yang memadai, terutama pada musim kemarau.
3. Di lokasi pengembangan terdapat kelompok tani yang aktif.
4. Lokasi merupakan lahan milik petani dan sekaligus penggarap.

Sarat tersebut dimaksudkan agar sistem irigasi tersebut dapat digunakan dan terpelihara dalam jangka panjang. Jika suatu daerah sudah memenuhi sarat umum tersebut, maka pembangunan sistem irigasi dengan menggunakan pompa hidram bisa dimulai.

## **2.8. 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 hidram 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, dkk, 2012)

## **2.9. 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 laminer, 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 arah 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. (Nurlaila, 2015)

## **2.10. Efisiensi Pompa Hidram**

Efisiensi sebuah instalasi pompa hidram ditentukan oleh berbagai faktor, selain dimensi dan bahan yang digunakan untuk membuat pompa, juga tergantung dari karakteristik

instalasi pompa *hydram* yang berbeda pada masing-masing lokasi pemasangan.

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan persamaan D' Aubuisson (Michael and Kheepar,1997).

$$\eta_A = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

- $\eta_A$  = Efisiensi Pompa Hidram Menurut D'Aubuisson (%)
- q = Debit Air Keluar (Ltr / min)
- Q = Debit Air Limbah (Ltr / min)
- h = Head Keluar (m)
- H = Head Masuk (m)

