

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Pompa *Hydrum*

Pompa *hydrum* telah ada sebelum ditemukannya pompa listrik. Pada tahun 1772 *Jhom Whitehurst* dari Cheshire Amerika Serikat menemukan *Hydraulic Ram* pertama yang bekerja manual yang dinamakan "*Pulsation Engine*". Ia juga mengaplikasikan *hydraulic ram* ini di wilayah oultron untuk menaikkan air hingga ketinggian 16 ft (4,9 m). Dia memasang *hydrum* yang lain pada properti milik seorang kebangsaan irlandia pada tahun 1783. Dia tidak mempatenkannya, dan detail dari *hydrum* tersebut tidak begitu jelas, tetapi diketahui bahwa *hydrum* tersebut memiliki tabung udara. (Ahmad Nur A, 2010)

Pompa *hydrum* 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. (Junahip, 2019)



Gambar 2. 1 *Hidraulic Ram Pump* pada Awalnya (Junahip, 2019)

J.J. Carneau dan S.S. Hallet mematenkan penemuan pompa *hydrumnya* di amerika serikat pada tahun 1890. Pada tahun 1840, pemerintah amerika tertarik untuk menggunakan *hydrum*, sehingga *hydrum* menjadi semakin dikenal, dan pada tahun- tahun berikutnya *hydrum* mulai

diproduksi secara massal dan dijual bebas. Menjelang akhir abad ke- 19 ketertarikan pada pompa *hydram* mulai menurun karena ditemukannya pompa elektrik.

Diawal abad ke 20 ini, ketertarikan pada pompa *hydram* ini muncul kembali dengan adanya isu- isu mengenai penghematan energi dan pengembangan teknologi ramah lingkungan. Contoh menarik pengaplikasian terkini mengenai pompa *hydram* ini yaitu yang dilakukan oleh AID Foundation International di Phillipina, yang berhasil memperoleh Ashden Awards karena keberhasilannya mengembangkan pompa *hydram* di desa- desa terpencil.

2.2 Definisi Pompa *Hydram*

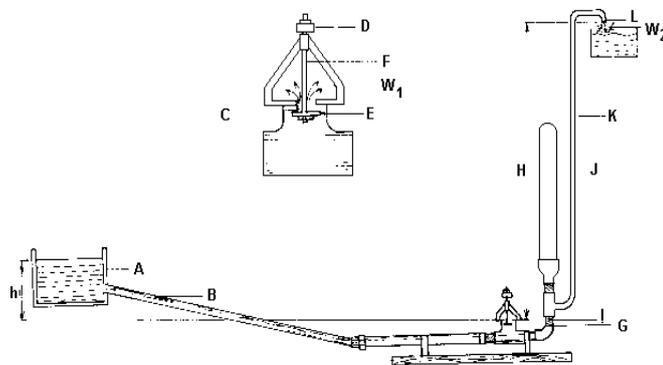
Pompa *hydram* atau *hydrolic ram* berasal dari kata *hydo* yaitu (air), dan *ram* yaitu (hantaman, pukulan atau tekanan), sehingga terjemahan bebasnya menjadi tekanan air. Jadi pompa *hydram* adalah sebuah pompayang energi atau tenaga penggeraknya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa. Masuknya air yang berasal dari sumber air kedalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus. Alat ini sedrhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertical (*head*) yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. (Junahip, 2019)

Penggunaan pompa ini tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan pertanian, tapi juga digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, peternakan, dan perikanan darat. Karena pompa ini bekerja tanpa menggunakan bahan bakar minyak (BBM) atau tanpa motor listrik maka disebut juga “Pompa Air Tanpa Motor” (*motorless Water Pump*) dan disingkat PATM. (Widardo dan Sudarto, 1996)

Sumber energi dari pompa berasal dari tekanan dinamik atau gaya air yang timbul karena perbedaan ketinggian dari sumber air atau asal air ke

pompa. Gaya tersebut akan dipergunakan untuk menggerakkan katup sehingga diperoleh gaya yang lebih besar untuk mendorong air ke atas.

Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki keuntungan dibandingkan dengan pompa jenis lainnya, yaitu tidak menggunakan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuk sederhana, biaya pembuatan serta pemeliharannya murah dan tidak membutuhkan keterampilan tinggi untuk membuatnya. Pompa ini dapat bekerja selama dua puluh empat jam tanpa berhenti.



Gambar 2. 2 Instalasi Pompa *Hydrant*

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---|
| a. Tangki pemasukan | i. Ruang udara |
| b. Pipa pemasukan | j. Pipa pengantar |
| c. Lubang katup limbah | k. Lubang pengeluan pipa pengantar |
| d. Pemberat katup limbah | l. Tinggi vertikal antara lubang katup limbah |
| e. Katup limbah | |
| f. Tangkai katup limbah | W1 <i>Debit</i> air yang terbung melalui katup limbah |
| g. Katup udara | |
| h. Katup pengantar | W2 <i>Debit</i> pompa |

2.3 Komponen Utama Pompa *Hydrant* dan Fungsinya

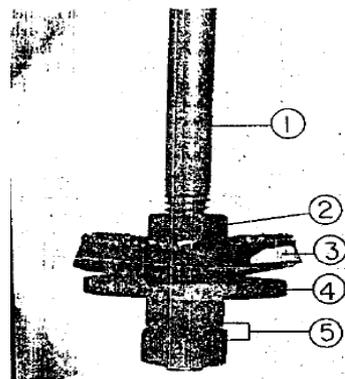
Beberapa komponen utama sebuah pompa *hydrant* dijelaskan pada uraiandi bawah ini:

1. Katup Limbah (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan salah satu komponen terpenting pompa *hydram*, oleh sebab itu katup limbah harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah 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.

Katup limbah dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat, sehingga saat katup limbah menutup, akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan katup limbah 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. (Ahmad Nur A, 2010)

Adapun bagian – bagian sebuah katup limbah dapat dilihat dari gambar dibawah ini:



Gambar 2. 3 Katup Limbah dan Komponenya (Ahmad Nur A, 2010)

Keterangan gambar :

1. Tangkai Katup
2. Mur Penjepit Atas
3. Karet Katup
4. Plat Katup

5. Mur Penjepit Bawah

2. Katup Penghantar (*Delivery Valve*)

Katup penghantar adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan *hydram* menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Katup penghantar harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan *hydram*. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan. (Ahmad Nur A, 2010)

3. Tabung Udara (*Air Chamber*)

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. (Junahip, 2019)

4. Pipa Masuk (*Drive Pipe*)

Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa *hydram*. 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. Untuk menentukan panjang sebuah pipa masuk, bisa digunakan referensi yang telah tersedia seperti di bawah ini:

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

$$L = h + 0.3 (h/H) \quad (\text{Eytelwein})$$

$$L = 900 H / (N^2 * D) \quad (\text{Rusia})$$

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

Dengan :

L = Panjang pipa masuk

H = *Head supply*

h = *Head output*

D = Diameter pipa masuk

N = Jumlah ketukan katup limbah per menit

Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, referensi perhitungan panjang pipa masuk oleh Calvert memberikan hasil yang lebih baik. (Ahmad Nur A, 2010)

5. Pipa Keluar/Penyalur

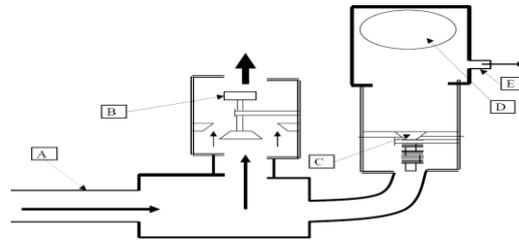
Pipa keluar atau biasa disebut pipa penyalur merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air hasil pemompaan yang berasal dari tabung udara. Ukuran diameter pipa penyalur biasanya lebih kecil dari ukuran diameter pipa penghantar, sedangkan ukuran panjangnya disesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan. (Junahip, 2019)

2.4 Prinsip Kerja Pompa *Hydrum*

Energi yang dibutuhkan untuk mengangkat air berasal dari air yang jatuh menurun akibat gravitasi. Seperti beberapa perangkat bertenaga air lain, namun tidak seperti turbin air, *hydrum* menggunakan kelembaman bagian yang bergerak bukan dari tekanan air dan beroperasi pada 4 siklus, seperti berikut :

1. Siklus I

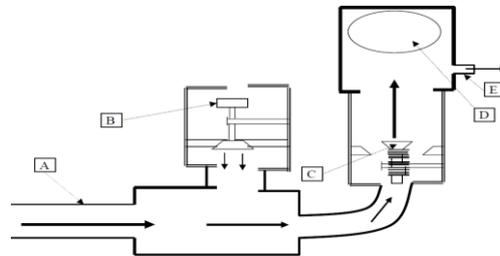
Katup buang terbuka dan air dari *reservoir* mengalir melalui pipa masuk A ke badan pompa, mengisi badan pompa tersebut dan sebagian akan keluar melalui katup buang B. Posisi katup masuk C masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar dari pipa *outlet* E.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Siklus 1 (Surya Dharma, 2013)

2. Siklus II

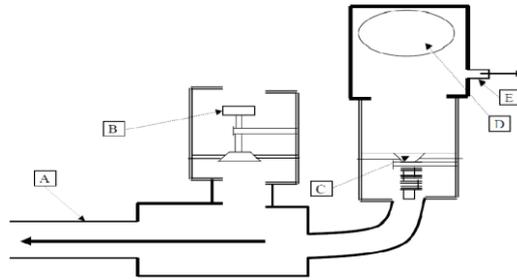
Air yang telah memenuhi badan *hydram*, ketika air telah mencapai nilai yang sesuai, katup limbah mulai menutup. Pada pompa *hydram* yang baik proses menutupnya limbah terjadi sangat cepat.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Siklus 2 (Surya Dharma, 2013)

3. Siklus III

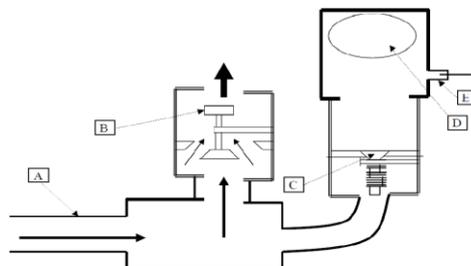
Air akan berhenti mengalir secara mendadak sebagai gelombang kejut akibat adanya *water hammer* dan membuat aliran balik ke *reservoir* melalui pipa hantar A, katup buang B tertutup. Volume udara dalam tabung udara berfungsi meratakan perubahan tekanan yang drastic dalam *hydraulic ram* melalui katup penghantar dan denyut tekan didalam tabung yang kembali lagi ke pompa akan menyebabkan hisapan dan tutupnya katup penghantar yang merupakan katup searah yang menghalangi kembalinya air kedalam pompa. Sehingga air dalam tabung tersebut akan tertekan keluar melalui pipa penghantar (*outlite*) E yang mengalirkan air keatas.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Siklus 3. (Surya Dharma, 2013)

4. Siklus IV

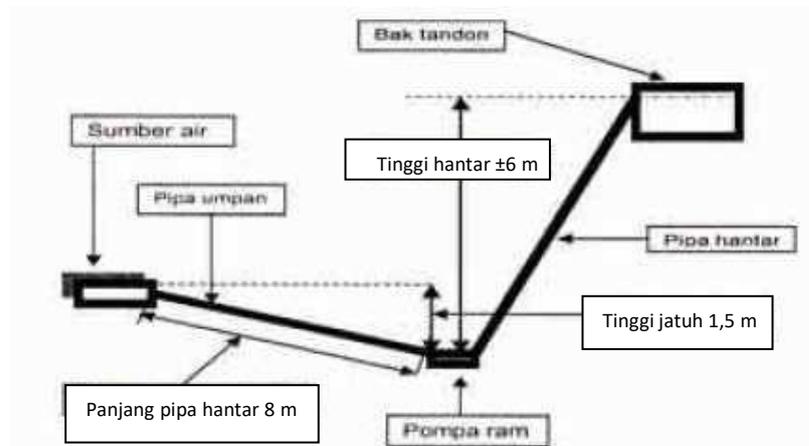
Gelombang kejut tersebut akan menjadi arus balik ke arah *reservoir* dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada system pompa sehingga katup masuk C tertutup kembali, sedangkan katup buang B terbuka. Akibat berkurangnya gelombang tekan tersebut, arus air dari *reservoir* mengalir menuju pompa melalui pipa hantar A. katup masuk C tertutup sampai volume udara dalam tangki udara stabil dan air berhenti mengalir keluar dari pipa hantar E. pada titik ini siklus I dimulai lagi dan begitu seterusnya.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Siklus 4. (Surya Dharma, 2013)

2.5 Energi yang dibangkitkan pada Pompa *Hydram*

Energi yang dibutuhkan pada pompa *hydram* berasal dari fluida itu sendiri. Air yang mengalir melalui pipa masuk pada ketinggian H mengalami percepatan. Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar berikut :



Gambar 2.8 Skema Instalasi Pompa *Hydrum*

Untuk menghitung besarnya energi yang dibangkitkan pada pompa *hydrum*, ditinjau kondisi masing – masing titik saat awal pengoperasian pompa *hydrum*, dimana pada kondisi demikian air yang masuk ke badan *hydrum* langsung keluar melalui katup buang dengan kecepatan tertentu (V_3), dan tekanan di titik 3, P_3 akan sama dengan atmosfer ($=0$) karena katup buang dalam keadaan terbuka penuh.

Kecepatan V_3 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas dimana harga *debit* Q bernilai konstan, sehingga:

$$Q = v_3 \times A_{\text{waste}}$$

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 *hydrum*, dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2} m v_3^2$$

dengan :

E = energi *hydrum*, J

M = massa fluida yang mengalir,

Kg = massa fluida yang mengalir melalui pipa masuk = ρAL

v_3 = kecepatan massa fluida yang mengalir, m/s

- L = panjang pipa masuk, m
 A = luas penampang pipa masuk, m²
 ρ = massa jenis air (= 1000) , kg/m³

2.6 Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan zat cair yang disebabkan oleh berat zat cair itu.

$$P_h = \rho g h$$

dimana :

- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
 g = percepatan gravitasi (m/s²)
 h = ketinggian (m)
 P_h = tekanan hidrostatik (Pa)

2.7 Efisiensi Pompa *Hydrum*

Efisiensi pompa *hydrum* dihitung dengan menggunakan persamaan dari D'Aubuisson, yaitu :

$$\eta = \frac{q \cdot h}{(Q + q) \cdot H}$$

dengan :

- η_A = efisiensi *hydrum* menurut D'Aubuisson
 q = *debit* hasil, m³/s
 Q = *debit* limbah, m³/sh = *head* keluar, m
 H = *head* masuk, m