

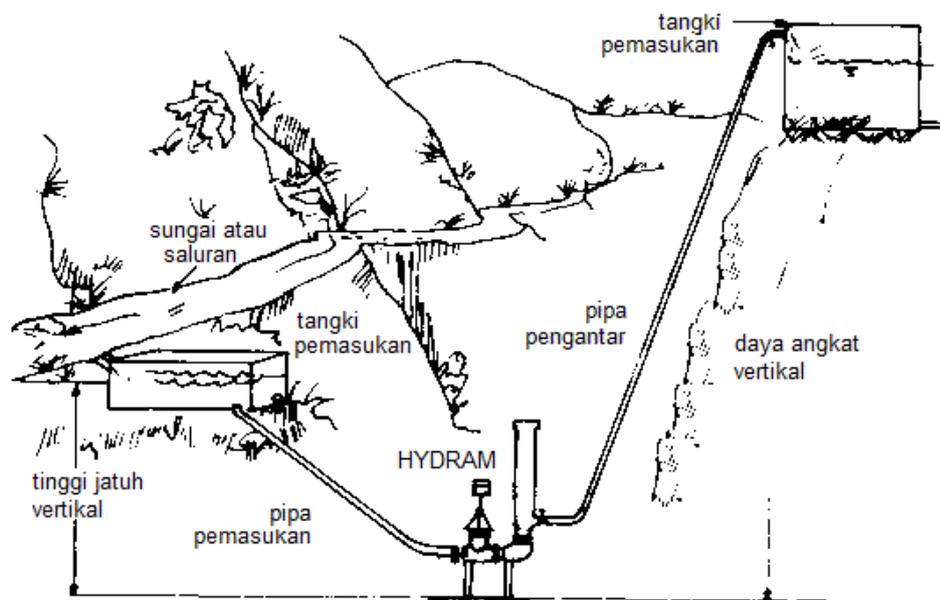
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi 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 hidram 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 hidram 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.



Sumber: kelair.bppt.go.id

Gambar 2.1 Instalasi pompa hidram

Dalam operasinya, pompa hidram mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasional murah, tidak memerlukan pelumasan, sangat kecil kemungkinan terjadinya keausan karena hanya mempunyai 2 bagian yang bergerak, perawatan sederhana dan dapat bekerja secara efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan yang sederhana, sehingga alat ini sering dianggap sebagai pompa yang ekonomis.

Penggunaan pompa hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga saja, tetapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada sektor lainnya. Untuk itu, penggunaan pompa hidram dapat memberikan banyak manfaat, diantaranya:

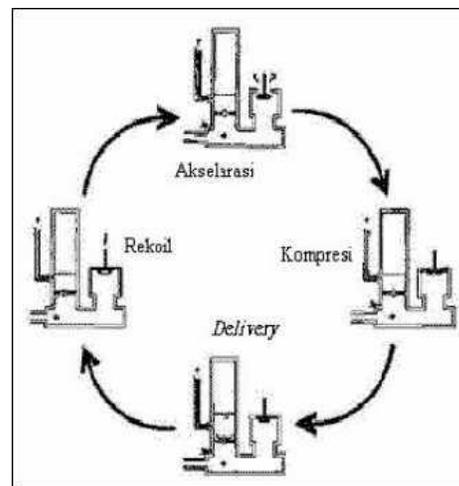
- a. Untuk mengairi sawah dan ladang ataupun areal perkebunan yang membutuhkan pasokan air secara kontinyu. Hal ini cocok diterapkan di daerah pertanian dan persawahan tadah hujan yang tidak terjangkau oleh jaringan irigasi dan terletak di tempat yang lebih tinggi daripada sumber air, karena pompa hidram dapat memompa air dari bawah ke tempat yang lebih tinggi dalam jumlah yang memadai.
- b. Untuk mengairi kolam dalam usaha perikanan.
- c. Mampu menyediakan air untuk usaha peternakan.
- d. Mampu memberi pasokan air untuk kebutuhan industri atau pabrik-pabrik pengolahan.
- e. Air yang dihasilkan mampu menggerakkan turbin yang berputar karena kekuatan air yang masuk dari pompa hidram, sehingga dapat menghasilkan listrik bila dihubungkan dengan generator.

2.2 Prinsip Kerja Pompa Hidram

Mekanisme kerja pompa hidram adalah pelipat gandaan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan *input* ke dalam tabung pompa hidram 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 hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



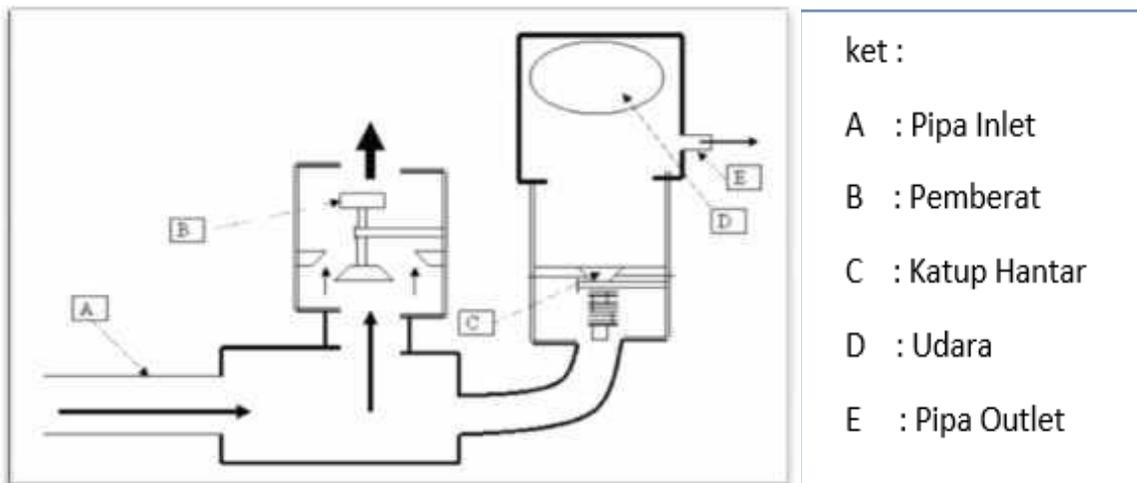
Sumber: Suroso, 2012

Gambar 2.2 Prinsip kerja pompa hidram

Gambar 2.2 menjelaskan tentang cara kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 4 tahap, diantaranya:

- a. Akselerasi

Pada tahap ini klep buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram 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 2.3 berikut adalah skema pompa hidram pada tahap akselerasi.

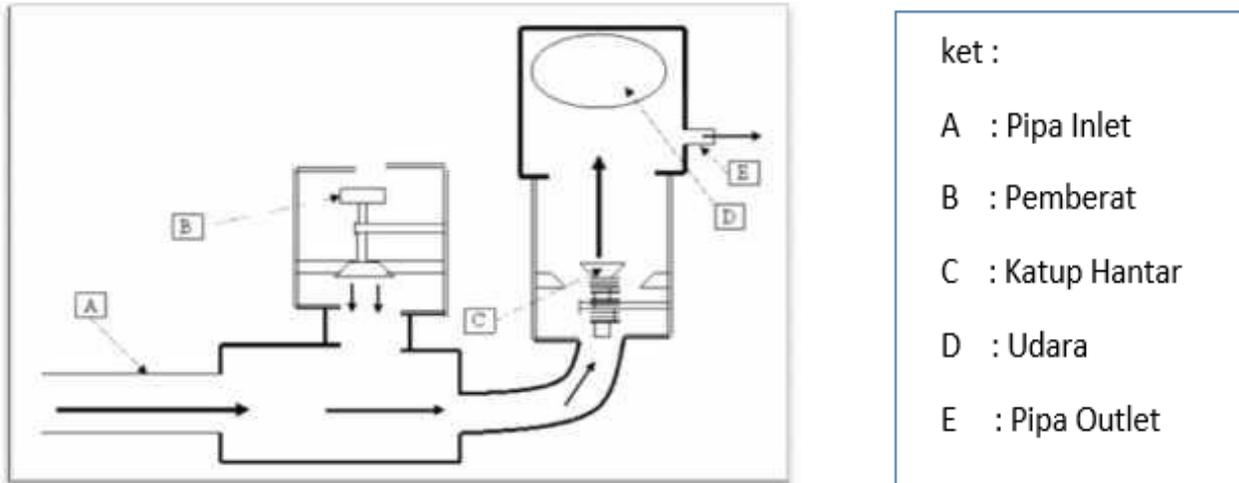


Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.3 Skema pompa hidram pada tahap akselerasi

b. Kompresi

Saat kompresi, air memenuhi badan pompa. Klep buang terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Pada saat itu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba ke segala arah yang kemudian mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya klep buang terjadi sangat cepat. Skema pompa hidram saat kompresi dapat dilihat pada Gambar 2.4.

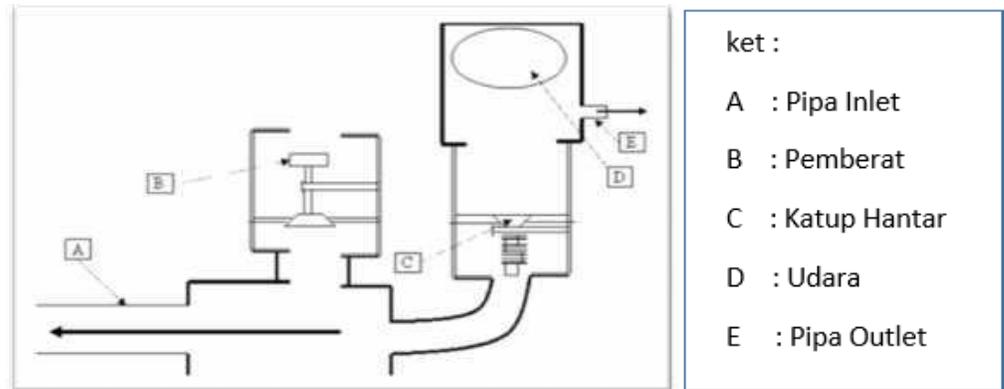


Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.4 Skema pompa hidram pada tahap kompresi

c. Penghantar

Pada tahapan yang ketiga ini, keadaan klep buang masih tetap tertutup. Penutupan klep yang secara tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis yang terjadi pada pipa masuk. Kemudian dengan cepat klep tekan terbuka sehingga sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara yang ada pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan dan mendorong air keluar melalui pipa penyalur. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 2.5.



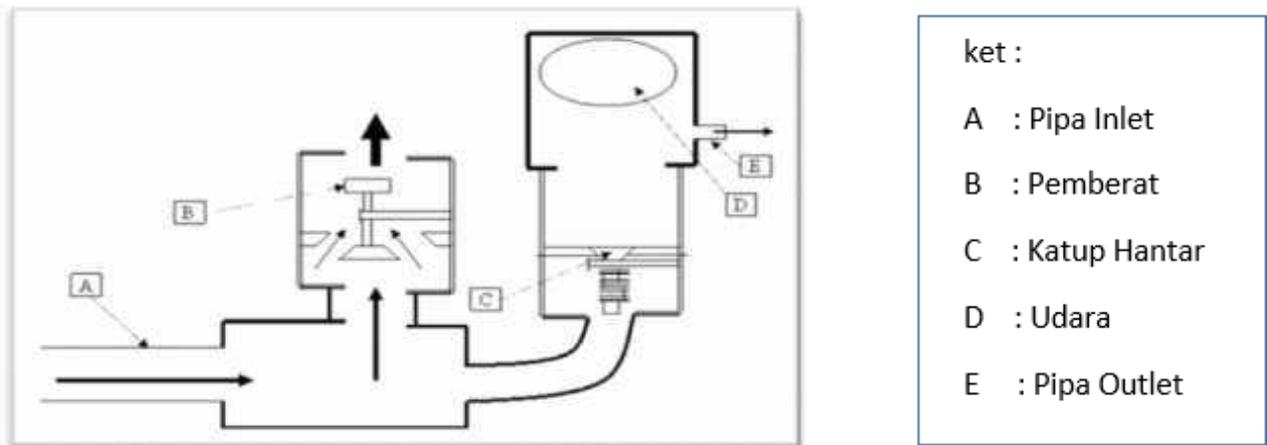
Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.5 Skema pompa hidram pada tahap penghantar

d. Rekoil

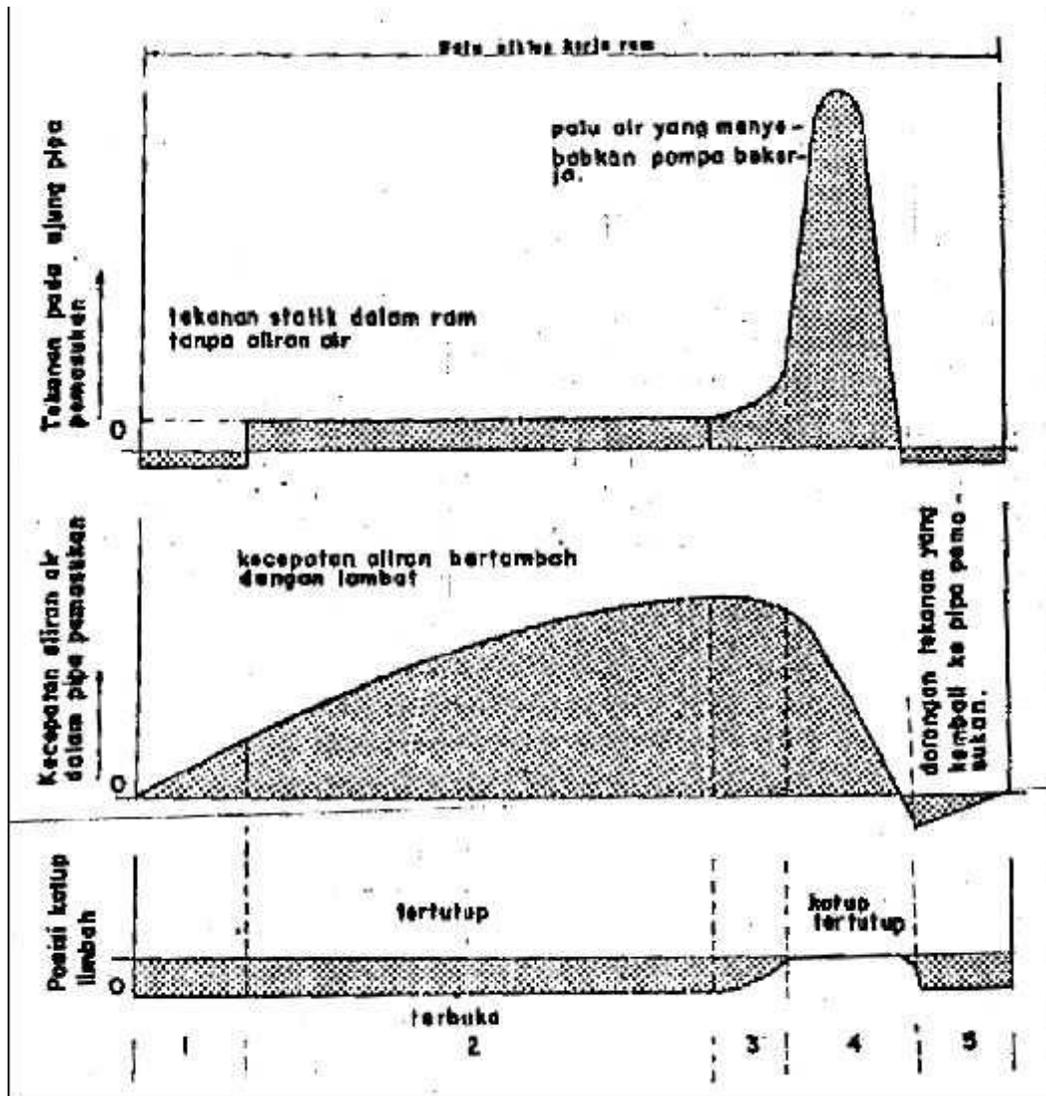
Klep tekan tertutup dan tekanan di dekat klep tekan masih lebih besar daripada tekanan statis di pipa masuk, sehingga aliran berbalik arah dari badan hidram menuju sumber air. Rekoil menyebabkan terjadinya kevakuman pada hidram yang mengakibatkan sejumlah udara dari luar masuk ke pompa. Tekanan di sisi bawah klep buang berkurang, dan karena berat klep buang itu sendiri, maka klep buang kembali terbuka. Tekanan air terjadi pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi

Sumber: Surya, 2013



Gambar 2.6 Skema pompa hidram pada tahap rekoil

Bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan klep buang selama satu siklus kerja hidram, diperlihatkan dengan sangat sederhana dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.7 Diagram satu siklus kerja pompa hidram

Gambar 2.7 menjelaskan diagram satu siklus kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 5 periode, yaitu:

- a. Periode 1

Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram bertambah, air melalui klep buang yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.

b. Periode 2

Aliran bertambah sampai maksimum melalui klep buang yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.

c. Periode 3

Klep buang mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram, kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

d. Periode 4

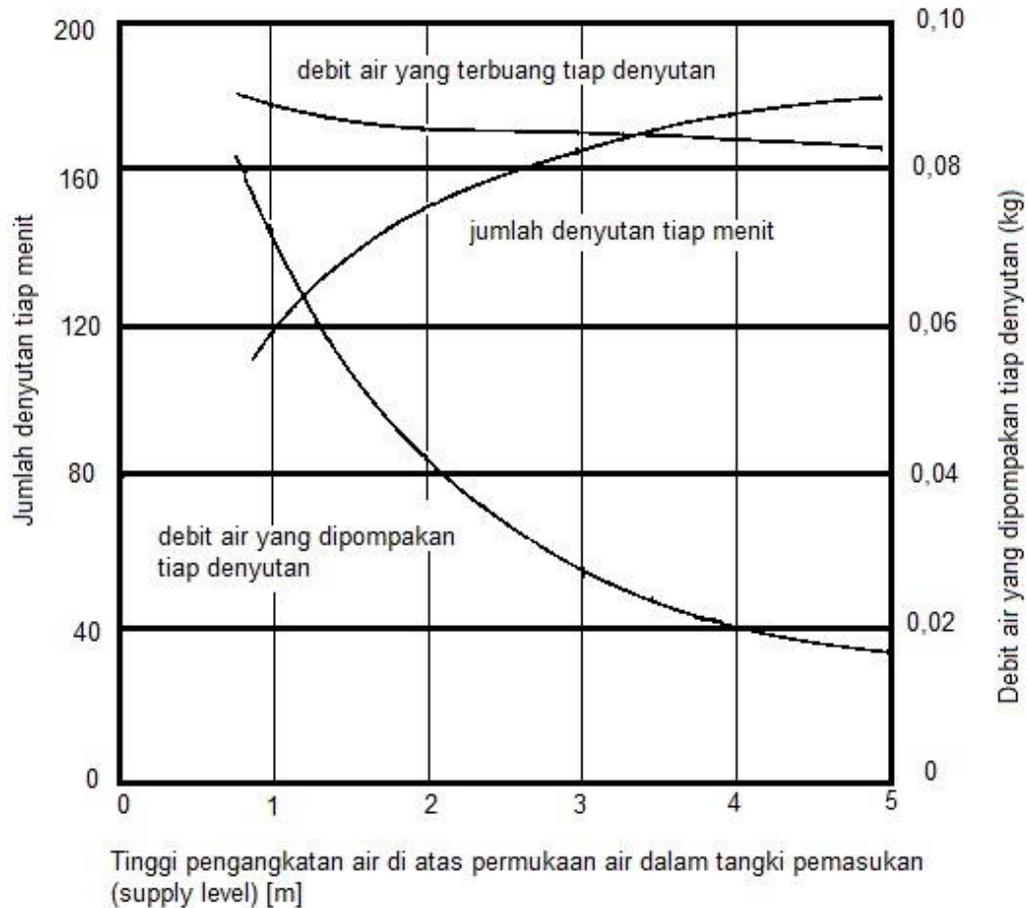
Klep buang tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui klep tekan. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

e. Periode 5

Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidram. Klep buang terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui klep buang dan siklus hidram terulang kembali.

2.2.1 Kurva Karakteristik Pompa Hidram

Kurva karakteristik pompa hidram digunakan untuk menentukan pompa yang tepat digunakan pada sebuah sistem. Digambarkan terdapat 3 variabel, yaitu variabel jumlah denyutan, variabel debit hasil, dan variabel head sebagai variabel tetapnya.



Gambar 2.8 Kurva Karakteristik Pompa Hidram

2.3 Komponen Pompa Hidram

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

2.3.1 Klep Buang

Klep buang merupakan salah satu komponen terpenting pompa hidram, 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.

2.3.2 Klep Tekan

Klep tekan adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram 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 hidram. Selain itu, klep tekan juga harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran.

2.3.3 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 penghantar secara kontinu. 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.

2.3.4 Katup Udara

Udara dalam tabung udara secara perlahan-lahan akan ikut terbawa ke dalam pipa penyalur karena pengaruh turbulensi air. Akibatnya, udara dalam pipa perlu diganti dengan udara baru melalui katup udara.

Ukuran katup udara harus disesuaikan sehingga hanya mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap kali langkah kompresi. Jika katup udara terlalu besar, udara yang masuk akan terlampaui banyak dan ram hanya akan memompa udara. Namun jika katup udara kurang besar, udara yang masuk terlampaui sedikit, ram akan bergetar hebat, memungkinkan tabung udara pecah. Oleh karena itu, katup udara harus memiliki ukuran yang tepat.

Beberapa versi menyebutkan bahwa katup udara diperlukan keberadaannya dalam pompa hidram, namun banyak versi lainnya mengatakan katup udara ini tidak harus ada dalam pompa hidram, sehingga penggunaannya tergantung pada masing masing individu yang membuat.

2.3.5 Pipa Masuk/Penghantar

Pipa masuk atau biasa disebut pipa penghantar adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa penghantar harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa penghantar harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya klep buang secara tiba-tiba. Selain itu, pipa penghantar harus terbuat dari bahan yang tidak fleksibel untuk menghasilkan efisiensi yang maksimal. Biasanya pipa penghantar ini

menggunakan pipa besi yang digalvanisir, tetapi bisa juga menggunakan bahan yang dibungkus dengan beton.

Untuk mengurangi kerugian-kerugian akibat gesekan, maka dalam penentuan panjang pipa penghantar harus berkisar antara 150-1000 kali dari ukuran diameternya. Untuk mengetahui ukuran-ukuran pipa penghantar yang sesuai dengan ketentuan tersebut maka dapat dilihat referensi pada Tabel 2.1 yang menunjukkan panjang minimum dan maksimum pipa penghantar yang dianjurkan pada setiap ukuran diameter.

Tabel 2.1 Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya

Diameter Pipa Penghantar (mm)	Panjang (m)	
	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 : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Sedangkan untuk menentukan diameter pipa penghantar biasanya dapat disesuaikan dengan ukuran pompa hidram yang direkomendasikan oleh pabrik seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Diameter pipa penghantar berdasarkan ukuran pompa

Ukuran Pompa Hidram (inchi)	Diameter Pipa Penghantar (mm)
1	32
2	38
3	51
3,5	63,5
4	76
5	101
6	127

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Berdasarkan ukuran pompa hidram maupun pipa penghantar, maka dapat diketahui debit air yang dibutuhkan pipa penghantar seperti terlihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar

Ukuran Pompa Hidram (Inchi)	Debit yang Dibutuhkan Pipa Penghantar (Liter/menit)
1	7-16
2	12-25
3	27-55
3,5	45-96
4	68-137
5	136-270
6	180-410

Sumber :<http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

2.3.6 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.

2.3.7 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 hidram, maka saluran air agar bisa mencapai pipa penghantarnya harus dirancang sedemikian rupa agar air bisa mencapai pipa penghantar tersebut. Saluran pipa kearah pipa penghantar, diameternya paling tidak dua kali lebih besar dari pipa penghantar.

2.3.8 Tandon Air

Tandon air dipasang ditempat dimana air dibutuhkan. Fungsi dari tandon adalah untuk menampung air yang telah dipompa naik oleh pompa hidram. Ukuran tandon tergantung dari kapasitas yang dibutuhkan.

2.4 Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram

Dalam pengoperasian pompa hidram sering ditemukan beberapa kendala, yang paling banyak dijumpai adalah klep buang yang tidak berfungsi dengan baik, misalnya:

- a. Tidak dapat naik/menutup, disebabkan oleh klep terlalu berat atau kurangnya debit air yang masuk pompa. Hal ini dapat diatasi dengan mengurangi beban atau memperpendek langkah klep buang.
- b. Klep tidak mau turun/membuka, disebabkan karena beban klep terlalu ringan, sehingga dapat diatasi dengan menambah beban atau memperpanjang langkah klep buang.

Agar pompa hidram 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.

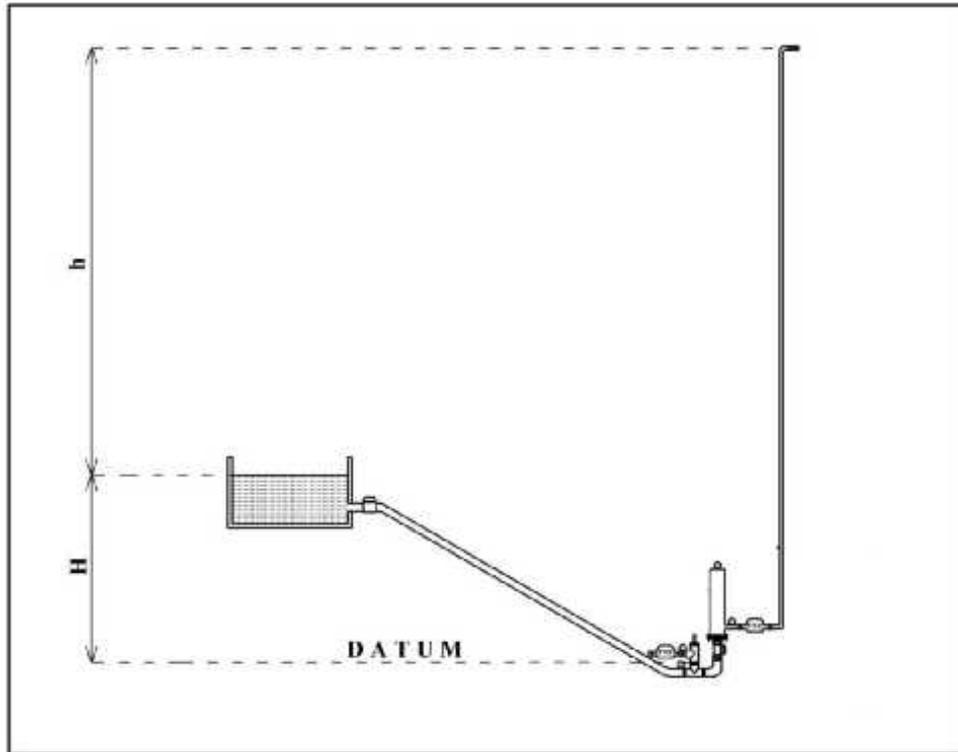
- b. Diameter pipa untuk badan pompa supaya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan/penghantar. Hal ini berarti besar/kecilnya badan pompa ditentukan oleh besar/kecilnya diameter pipa pemasukan/penghantar.
- c. Diameter pipa untuk tabung udara sebaiknya dibuat lebih besar daripada diameter badan pompa.
- d. Diameter lubang klep buang dan lubang klep tekan sebaiknya dibuat lebih besar daripada diameter pipa pemasukan/penghantar.
- e. Sudut miring pipa pemasukan/penghantar dibuat 15° dengan panjang pipa dibuat 5 – 8 kali tinggi jatuh air.
- f. Selama pompa bekerja supaya tinggi angkat klep dan pemberat klep buang diatur sehingga klep dapat terangkat dan tertutup sebanyak 50-60 kali setiap menit.

2.5 Efisiensi Pompa Hidram

Untuk mencari efisiensi pompa hidram, terdapat beberapa rumus/persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Menurut D'Aubuisson

Menurut D'Aubuisson, perhitungan efisiensi pompa hidram berpatokan pada klep buang untuk digunakan sebagai datum. Untuk mengetahui cara perhitungan tersebut dengan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.9 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson
Sehingga dapat dirumuskan¹ :

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q)H} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

q = debit hasil, (Liter/detik)

Q = debit limbah, (Liter/detik)

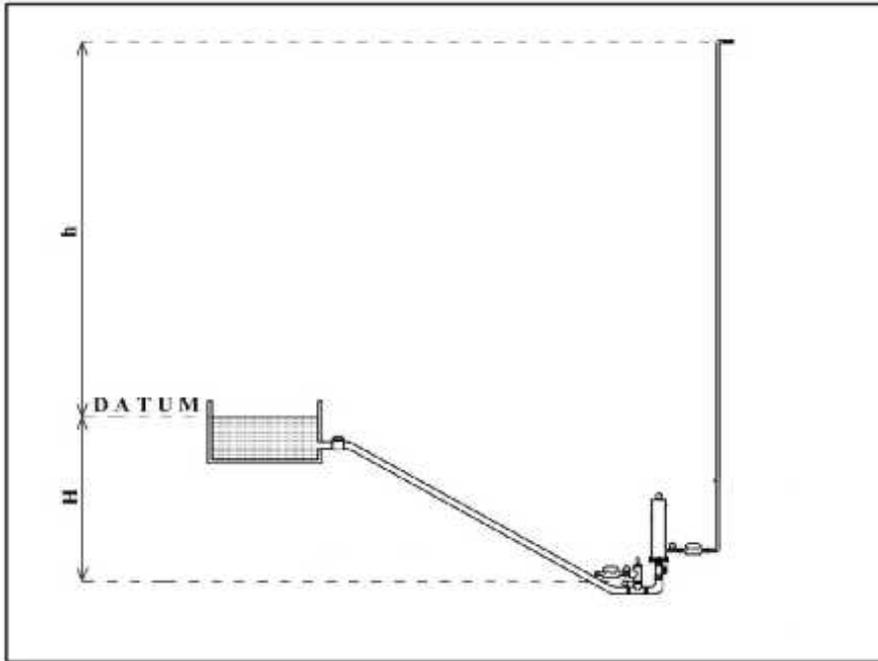
h = head keluar, (meter)

H = head masuk, (meter)

b. Menurut Rankine

¹ Godavari Sugar Mills Ltd, *Hydram Pumps*, 2007 hal 28

Menurut Rankine, permukaan air pada tangki pemasukan digunakan sebagai datum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.10 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut rankine

Sehingga dapat dirumuskan² :

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

q = debit hasil, (Liter/detik)

Q = debit limbah, (Liter/detik)

h = head keluar, (meter)

H = head masuk, (meter)

² Godavari Sugar Mills Ltd, *Hydram Pumps*, 2007 hal 28

Selain menggunakan rumus/persamaan efisiensi menurut metode D'Aubuisson dan Rankine, efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan persamaan³ :

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

Q_{out} = debit air yang keluar/dihasilkan, (Liter/menit)

Q_{in} = debit air yang masuk, (Liter/menit)

Sedangkan untuk menghitung besarnya debit yang dihasilkan oleh pompa hidram, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus/persamaan⁴

$$Q = \frac{v}{t} \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

Q = debit air yang ditampung, (Liter/detik)

V = volume air yang ditampung, (Liter)

t = waktu, (detik)

³ Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy Y., *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*, 2012 hal 273

⁴ Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy Y., *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*, 2012 hal 273