

Rancang Bangun Hidram Untuk Penyiraman Sayur

Djamhirdjamruddin^{1}

Ajesmita Tamar Maramba Ndawa^{2}

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Universitas Jayabaya, Jl. Raya Bogor Km, 28,8 Cimanggis Jakarta Timur

Telp.021-8714823, 8722485

Email : Djamhir 84 @ Gmail.Com

Email : ajesmitandawa04@gmail.com

Abstrak

Permasalahan ketersediaan air bagi lahan pertanian dapat diatasi dengan menggunakan mesin pompa berbahan bakar minyak atau mesin pompa listrik. Tetapi dalam operasionalnya adalah pada masalah biaya dan ketersediaan bahan bakar serta perawatan mesin. Solusi permasalahan ini yaitu penerapan teknologi pompa hidram bagi petani sayuran. Pompa ini bekerja dengan memanfaatkan elevasi aliran air yang masuk ke pompa menjadi hidraulik kinetik bertekanan yang disebut sebagai palu air (water hammer) untuk menekan air ke permukaan yang lebih tinggi. Potensial air ini, akibat akselerasi dari klep penghubung dan klep buang yang mempengaruhi volume air dalam tabung tekan. Pompa hidram bekerja tidak menggunakan bahan bakar dan memiliki umur kerja yang lama. Pompa hidram dapat dibuat dengan mudah dan bahan atau komponennya mudah diperoleh.

Kata kunci : Pompa Hidram, Kebutuhan Air, Elevasi

BAB 1 PENDAHULUAN

Air merupakan sarana yang penting dalam kehidupan manusia dan hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Di samping itu air juga merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam yang dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga mekanis.

Kenyataan telah menunjukkan bahwa ada banyak daerah di pedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kegiatan pertanian seperti untuk penyiraman sayur-sayuran. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air baik yang digerakkan

oleh tenaga listrik maupun oleh tenaga diesel telah lama dikenal oleh masyarakat desa, tetapi pada kenyataannya masih banyak masyarakat pedesaan yang belum memilikinya. Hal ini disebabkan karena kemampuan daya beli masyarakat desa masih terbatas, dan pada penggunaan suatu unit pompa-pompa bermesin dibutuhkan tenaga operator yang terampil. Di samping itu, alat tersebut harus mempunyai kualitas yang baik dan tersedianya suku cadang yang mudah diperoleh di pasaran bebas.

Seiring dengan penambahan populasi manusia, hal ini berkaitan erat dengan penyediaan sayuran yang juga semakin meningkat. Maka kebutuhan sayuran sebagai salah satu sumber makanan semakin bertambah. Setiap tanaman akan mengabsorpsi kadar air secukupnya dari tanah untuk pertumbuhannya. Jika tanah telah menjadi kering maka tanaman akan mengalami kelayuan. Oleh sebab itu, pemberian air dalam jumlah yang tepat sangat membantu pertumbuhan tanaman. Sayuran merupakan makanan yang sangat penting dan banyak mengandung nutrisi dan vitamin didalamnya diantaranya vitamin A, vitamin E, vitamin C dan antara sayuran satu dan lainnya tentu saja memiliki kandungan gizi atau nutrisi yang berbeda.

Untuk dapat menanggulangi masalah penyediaan air baik untuk kehidupan maupun untuk kegiatan

pertanian seperti untuk menyiram sayur khususnya di daerah pedesaan, maka penggunaan pompa Hidraulik ram (hidram) yang sangat sederhana, baik dalam pembuatannya dan juga dalam pemeliharannya, mempunyai prospek yang sangat baik. Pompa hidram sudah digunakan sejak dua abad lalu dibanyak tempat di dunia. Pompa hidram pertama dibuat oleh John Whitehurst pada tahun 1775. Kesederhanaan dan kemudahan dalam pemeliharaan membuat pompa hidram sukses secara komersial, terutama di Eropa sebelum digunakan secara luas tenaga listrik dan mesin pompa. Di Amerika, pompa hidram terbesar pernah dibuat dengan diameter 300 mm mampu memompa 1700 liter/menit sampai ketinggian 43 meter. Namun karena perkembangan teknologi yang pesat dan meningkatnya ketergantungan pada bahan bakar fosil, maka pompa hidram diabaikan. Akhir - akhir ini dengan meningkatnya perhatian pada peralatan-peralatan untuk energi terbarukan dan kesadaran kebutuhan teknologi di negara berkembang, pompa hidram mulai dipakai kembali. Pompa hidram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Pompa ini memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat suatu sumber air dan sebagian dari air itu dipompakan ke tempat yang lebih tinggi. Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki

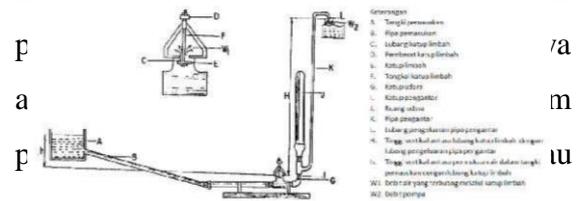
banyak keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa air lainnya, diantaranya, tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuknya sangat sederhana, dan biaya pembuatannya serta pemeliharaannya sangat murah dan tidak membutuhkan keterampilan teknik tinggi untuk membuatnya. Selain itu pompa ini mampu bekerja dua puluh empat jam per hari. Pompa hidram sangat tepat untuk daerah-daerah yang penduduknya mempunyai keterampilan teknis yang terbatas, karena pemeliharaan yang dibutuhkan sederhana. Oleh karena itu peneliti berkeinginan untuk mengimplementasikan sistem hidram penyiraman sayur di Desa Rakawatu Kabupaten Sumba Timur Nusa Tenggara Timur dengan judul tugas akhir Rancang Bangun Hidram untuk Penyiraman Sayur untuk mempermudah masyarakat dalam penyediaan air untuk menyiram tanaman sayur.

BAB 2 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. Pompa hidram ini merupakan jenis pompa tenaga air yang dapat terus menerus bekerja.



Gambar 2.1 Instalasi Pompa Hidram

Sumber : Hanafie,1979

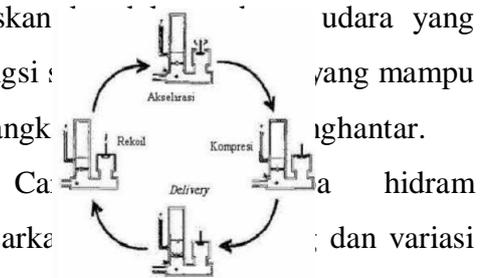
Dalam operasinya, pompa hidram mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasional murah, tidak memerlukan pelumasan, sangat kecil kemungkinan terjadinya keausan karena hanya mempunyai 2 bagian yang bergerak, perawatan 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 area perkebunan yang membutuhkan pasokan air secara kontinyu. Hal ini cocok diterapkan didaerah pertanian dan persawahan tadah hujan yang tidak terjangkau oleh jaringan irigasi dan terletak ditempat 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 industry 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 diawali dengan 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 udara yang berfungsi sebagai katup yang mampu mengangkut air ke tempat yang lebih tinggi. Cara kerja pompa hidram berdasarkan variasi kecepatan fluída terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Pompa Hidram

Sumber : Suroso,2012

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.

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.

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.

d. Rekoil

Klep tekan tertutup dan tekanan di dekat klep tekan masih lebih besar dari pada 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 pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi.

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 Buangan

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 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.

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

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

Table 2.2 Diameter Pipa Penghantar Berdasarkan Ukuran Pompa

Sumber:

<http://www.lifewater.org/resources/r4d5.html>

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

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

Tabel 2.3 Debit Air Yang Dibutuhkan Pipa Penghantar

Ukuran Pompa Hidram (inci)	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

2.3.6. Pipa Keluar

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 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 beban 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 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 70 – 120 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 beberaparus/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. Sehingga dapat dirumuskan¹:

$$\eta = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H} \dots\dots\dots 2.1$$

dimana :

- η : Efisiensi Pompa Hidram (%)
- q : Debit Hasil (m³/s)
- Q : Debit Limbah (m³/s)
- h : Head Keluar (m)
- H : Head Masuk (m)

- b. Menurut Rankine

Menurut Rankine, permukaan air pada tangki pemasukan digunakan sebagai datum.

Sehingga dapat dirumuskan²:

$$\eta = \frac{qh}{QH} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

η : Efisiensi Pompa Hidram (%)

q : Debit Hasil (m³/s)

Q : Debit Limbah (m³/s)

h : Head Keluar (m)

H : Head Masuk (m)

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

$$\eta = \frac{Q_{OUT}}{Q_{IN}} \dots\dots\dots 2.3$$

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:

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

Q : Debit air yang ditampung (m³/s)

v : Volume air yang ditampung (m³)

t : Waktu (detik)

Untuk menghitung debit limbah yang dihasilkan oleh pompa hidram, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus/persamaan⁵ :

$$Q_d = \frac{H \cdot 0.6 \cdot Q_s}{h} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

Q_d : Debit air keluar (m³/s)

H : Tinggi air masuk (m)

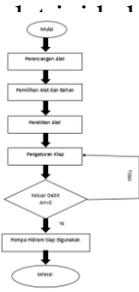
Q_s : Debit air masuk (m³/s)

h : Tinggi air keluar (m)

BAB III MRTODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perancangan Alat

Dalam perancangan alat ini akan dibahas tahap-tahap pembuatan pompa hidram dimana kinerja berdasarkan ketinggian sumber telah ditentukan dan di uji dengan ketinggian pipa masuk yang berbeda-beda. Berikut ini adalah flow chart tahap pembuatan pompa hidram :



Gambar 3.1 Flow Chart Pembuatan Pompa Hidram

Untuk menentukan rancangan alat harus mempertimbangkan sifat-sifat yang dimiliki oleh alat tersebut, sehingga dapat ditentukan bentuk, ukuran serta alat dan bahan yang diperlukan. Sifat-sifat yang dimiliki oleh suatu alat dapat diidentifikasi dengan menganalisa teori cara kerja alat yang akan dibuat. Bahasan kali ini akan mengkaji tentang pompa hidram, dimana menggunakan drum sebagai tabung udara, pipa pvc sebagai pipa pemasukan dan pipa

keluar, klep air, serta rangka kayu sebagai tempat penempatan pompa. Bahan – bahan tersebut harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Sumber air tersebut harus memiliki ketinggian tertentu dan volume yang sesuai dengan kebutuhan pompa hidram.
2. Ukuran pipa pvc harus sesuai dengan ketentuan agar kinerja pompa hidram dapat maksimal.
3. Tabung udara harus kedap udara agar dapat vakum.
4. Material bahan harus disesuaikan dengan kondisi kerja yang dibutuhkan.

3.2. Pemilihan Alat dan Bahan

Setelah rancangan pompa hidram selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah pemilihan alat dan bahan yang akan digunakan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan dalam rancangan semula. Pemilihan alat dan bahan sebaiknya diperhatikan kualitasnya, karena alat dan bahan yang berkualitas baik akan berpengaruh baik pula terhadap kualitas pompa hidram. Begitu pula sebaliknya, pemilihan kualitas alat dan bahan yang kurang baik akan berpengaruh kurang baik juga pada kualitas pompa hidram.

3.3. Pembuatan Alat

Proses dalam pembuatan pompa hidram dilakukan secara berurutan berdasarkan dari tahap yang meliputi persiapan

pembuatan, pengerjaan, persiapan pemasangan, pemasangan dan pengecekan.

3.4. Pengujian Alat Pompa Hidram

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui hasil pembuatan alat, sehingga dapat dikatakan alat tersebut sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada tahap ini dilakukan beberapa pengujian, yaitu:

- a. Pengujian stop kran pipa pemasukan

Pada tahap ini dilakukan pengujian stop kran apakah masih ada saluran angin dalam drum atau tidak.

- b. Pengujian klep air

Pada tahap ini dilakukan pengujian klep air apakah dapat menghisap air dari sumber air atau tidak.

- c. Pengujian pipa pengeluaran

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap ketinggian pipa penyalur apakah pompa dapat memompakan air atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menentukan ketinggian maksimal pipa penyalur. Jika pompa dapat memompa air hingga ketinggian yang telah ditentukan tersebut artinya pompa sudah sesuai dengan rancangan. Sedangkan jika pompa tidak mampu memompa hingga ketinggian maksimal yang ditentukan maka ketinggian pipa penyalur harus dikurangi hingga didapatkan ketinggian maksimal yang mampu dipompa oleh pompa hidram.

3.5. Pengukuran Debit Air Pompa Hidram

Pengukuran debit air pompa hidram dilakukan dengan variasi ketinggian yang di tentukan. Tahap mengukur debit hasil sebagai berikut :

- a. Pastikan alat-alat sudah terpasang dan siap digunakan.
- b. Siapkan tempat untuk menampung air yang keluar dari pipa pengeluaran.
- c. Hidupkan stop kran pipa penyalur selama 1 menit setelah itu matikan stop kran untuk mengambil volume yang di dapat.
- d. Ukur volume yang didapat dari pipa pengeluaran menggunakan gelas ukur.
- e. Hitung debit pompa hidram menggunakan volume yang didapat dalam waktu 1 menit.
- f. Ulangi langkah diatas sebanyak 10 kali untuk mendapat debit hasil yang relevan, begitu juga dengan variasi ketinggian pipa penghisap 1,5 meter dan 2 meter.

3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk mempermudah proses penelitian berjalan sesuai rencana. Diagram alir menunjukkan proses penelitian secara penuh dari awal dimulai penelitian hingga selesai. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 3.2.

9	10,20
10	10,80
Rata-rata	10,25

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran debit air yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter dalam selang waktu 1 menit sekali. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai debit yang dihasilkan pada pengukuran berbeda-beda sehingga dirata-ratakan. Setelah dihitung nilai rata-rata total didapatkan nilai debit sebesar 10,25 liter/menit.

4.2.2. Pengukuran Debit Hasil Pompa Hidram Pada Ketinggian 2 Meter

Pada pengukuran dengan ketinggian pipa pemasukan 2 meter kinerja klep buang sangat terlihat stabil dengan kecepatan pemompaan konstan.

Aliran air yang dihasilkan sangat besar dan sangat lancar sehingga pengukuran debit mudah dilakukan.

Tabel 4.2 Pengukuran Debit Hasil pada Ketinggian Pipa Pemasukan 2 Meter

Waktu (Menit)	Debit hasil (liter/menit)
1	30
2	30,16
3	29,80
4	30
5	29,90
6	30,16
7	29,80
8	30
9	29,90
10	30,16
Rata-rata	29,99

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran debit air yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian pipa pemasukan 2 meter dalam selang waktu 1 menit. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai debit yang

dihasilkan pada pengukuran berbeda-beda sehingga dirata-ratakan. Setelah dihitung nilai rata-rata total didapatkan nilai debit sebesar 29,99 liter/menit.

4.3. Efisiensi Kinerja Pompa Hidram

Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui tingkat efektifitas kinerja pompa dalam setiap siklus kerjanya. Perhitungan efisiensi ini sangat berhubungan erat dengan dua faktor penting yaitu debit dan ketinggian permukaan air. Oleh karena itu, perhitungan efisiensi pompa hidram ini dilakukan berdasarkan masing masing ketinggian permukaan air keluar yg telah dilakukan pengujian.

Untuk menghitung efisiensi pompa hidram menggunakan persamaan atau rumus D'Aubuisson dan rumus rankine terlebih dahulu harus diketahui debit limbah yang dihasilkan oleh pompa hidram pada setiap ketinggian permukaan air keluar.

4.3.1. Konversi Satuan Debit Hasil dari Liter/menit menjadi m³/s

Contoh konversi satuan debit dengan data pengujian 1 pada ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter sebagai berikut:

Debit Hasil (q)

Pengujian 1

q= 10 Liter/menit

$$q = 10 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times 0.001 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}}$$

$$q = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

seperti perhitungan diatas diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data Debit Hasil Yang Sudah Dikonversi

Pengujian	Waktu (menit)	Debit Hasil (m ³ /s)	
		Ketinggian 1,5 m	Ketinggian 2 m

1	1	$1,667 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
2	2	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,02 \times 10^{-4}$
3	3	$1,65 \times 10^{-4}$	$4,97 \times 10^{-4}$
4	4	$1,633 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
5	5	$1,667 \times 10^{-4}$	$4,98 \times 10^{-4}$
6	6	$1,69 \times 10^{-4}$	$5,02 \times 10^{-4}$
7	7	$1,8 \times 10^{-4}$	$4,97 \times 10^{-4}$
8	8	$1,667 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
9	9	$1,7 \times 10^{-4}$	$4,98 \times 10^{-4}$
10	10	$1,8 \times 10^{-4}$	$4,99 \times 10^{-4}$

4.3.2. Perhitungan Debit Limbah

Dari data hasil pengukuran debit hasil bisa dilakukan perhitungan debit limbah

Perhitungan debit limbah menggunakan rumus sebagai berikut :

Contoh perhitungan data pengujian 1 pada ketinggian 1,5 meter

$$Q_d = \frac{H^{0.6} Q_s}{h}$$

$$1.667 \times 10^{-4} = \frac{1.5 \times 0.6 \times Q_s}{1}$$

$$Q_s = \frac{1.667 \times 10^{-4}}{0.9}$$

$$Q_s = 1.85 \times 10^{-4}$$

contoh perhitungan data pengujian 1 ketinggian 2 meter

$$Q_d = \frac{H^{0.6} Q_s}{h}$$

$$5 \times 10^{-4} = \frac{2 \times 0.6 \times Q_s}{1}$$

$$Q_s = \frac{1.667 \times 10^{-4}}{1.2}$$

$$Q_s = 4.17 \times 10^{-4}$$

Dengan langkah yang sama menghasilkan :

Tabel 4.4 hasil perhitungan debit limbah

Waktu	Debit Limbah (m ³ /s)
-------	----------------------------------

(menit)	Ketinggian 1,5 meter	Ketinggian 2 meter
1	$1,85 \times 10^{-4}$	$4,17 \times 10^{-4}$
2	2×10^{-4}	$4,18 \times 10^{-4}$
3	$1,83 \times 10^{-4}$	$4,14 \times 10^{-4}$
4	$1,81 \times 10^{-4}$	$4,17 \times 10^{-4}$
5	$1,85 \times 10^{-4}$	$4,15 \times 10^{-4}$
6	$1,88 \times 10^{-4}$	$4,17 \times 10^{-4}$
7	2×10^{-4}	$4,14 \times 10^{-4}$
8	$1,85 \times 10^{-4}$	$4,17 \times 10^{-4}$
9	$1,89 \times 10^{-4}$	$4,15 \times 10^{-4}$
10	2×10^{-4}	$4,15 \times 10^{-4}$

4.3.3. Perbandingan Debit Hasil Dan Debit Limbah

Pada ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter debit hasil yang dihasilkan oleh pompa hidram lebih kecil daripada debit limbah yang dihasilkan oleh pompa hidram sedangkan pada ketinggian pipa pemasukan 2 meter debit hasil yang dihasilkan oleh pompa hidram lebih besar daripada debit limbah yang dihasilkan oleh pompa hidram.

4.3.4. Perhitungan Efisiensi Pompa Hidram

Efisiensi pompa hidram dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan D'Aubuisson dan persamaan rankine dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah.

1. Menurut D'Aubuisson

Contoh perhitungan data pengujian 1 untuk ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter, data untuk debit hasil dari tabel 4.1 dan data untuk debit limbah dari tabel 4.3

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

$$\eta = \frac{(1.667 \times 10^{-4})(1.5+1)}{((1.85 \times 10^{-4}) + (1.667 \times 10^{-4}))1.5}$$

$$\eta = 0,7899 \times 100\%$$

$$\eta = 78,99\%$$

Seperti contoh perhitungan diatas diperoleh nilai efisiensi untuk ketinggian 1.5 meter sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Efisiensi Menurut D'Aubuisson pada Ketinggian 1,5 meter

Pengujian	Waktu (menit)	Hasil Perhitungan Efisiensi % (ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter)
1	1	79,99 %
2	2	78,94 %
3	3	79,02 %
4	4	79,04 %
5	5	78,99 %
6	6	78,89 %
7	7	78,94 %
8	8	78,99 %
9	9	78,92 %
10	10	78,94 %

Seperti contoh perhitungan diatas diperoleh nilai efisiensi untuk ketinggian 2 meter sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Efisiensi Menurut D'Aubuisson pada Ketinggian 2 meter

Pengujian	Waktu (menit)	Hasil Perhitungan Efisiensi (ketinggian pipa pemasukan 2 meter)
1	1	81,78 %
2	2	81,84 %
3	3	81,83 %
4	4	81,78 %
5	5	81,81 %
6	6	81,94 %
7	7	81,83 %
8	8	81,78 %
9	9	81,81 %
10	10	81,89 %

2. Menurut Rankine

Contoh perhitungan data pengujian 1 untuk ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter, data

untuk debit hasil dari tabel 4.1 dan data untuk debit limbah dari tabel 4.3

$$\eta = \frac{q h}{QH}$$

$$\eta = \frac{(1.667 \times 10^{-4})1}{(1.85 \times 10^{-4})1.5}$$

$$\eta = 0,6007 \times 100 \%$$

$$\eta = 60,70\%$$

Seperti contoh perhitungan diatas diperoleh nilai efisiensi untuk ketinggian 1.5 meter sebagai berikut :

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Efisiensi Menurut Rankine pada Ketinggian 1,5 meter

Pengujian	Waktu (menit)	Hasil Perhitungan Efisiensi (ketinggian pipa pemasukan 1,5 meter)
1	1	60,07 %
2	2	60 %
3	3	60,11 %
4	4	60,15 %
5	5	60,07 %
6	6	59,93 %
7	7	60 %
8	8	60,07%
9	9	59,96 %
10	10	60 %

Seperti contoh perhitungan diatas diperoleh nilai efisiensi untuk ketinggian 2 meter sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Efisiensi Menurut Rankine pada Ketinggian 2 meter

Pengujian	Waktu (menit)	Hasil Perhitungan Efisiensi (ketinggian pipa pemasukan 2 meter)
1	1	59,95 %
2	2	60,05 %
3	3	60,02 %
4	4	59,95 %
5	5	60 %

6	6	60,19 %
7	7	60,02 %
8	8	59,95 %
9	9	60 %
10	10	60,12 %

Setelah melakukan perhitungan efisiensi pompa hidram pada masing-masing ketinggian pipa pemasukan.

Berdasarkan nilai hasil perhitungan yang diperoleh bahwa pipa pemasukan dengan tinggi 1,5 meter memiliki efisiensi tertinggi yaitu sebesar 60,15 % dan 79,99%, sedangkan pada ketinggian pipa pemasukan 2 meter memiliki efisiensi paling rendah yaitu sebesar 59,95% dan 81,78%. Dari data yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi pipa pemasukan sumber air, efisiensi yang dihasilkan pompa hidram semakin tinggi dan semakin rendah pipa pemasukan sumber air efisiensi yang dihasilkanpun semakin rendah. Hal tersebut mengidentifikasi bahwa tinggi/rendahnya pipa pemasukan sumber air sangat mempengaruhi kinerja maupun efisiensi pompa hidram. Perbedaan efisiensi yang terjadi pada setiap ketinggian pipa pemasukan permukaan sumber air.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Semakin tinggi pipa pemasukan sumber air yang digunakan maka debit air yang dihasilkan pompa hidram semakin besar dan semakin rendah pipa pemasukan sumber air maka debit air yang dihasilkan semakin kecil.
2. Semakin tinggi pipa pemasukan sumber air yang digunakan maka efisiensi yang dihasilkan pompa hidram semakin besar dan semakin rendah pipa penyalur sumber air maka efisiensi yang dihasilkan semakin kecil.

5.2. Saran

1. Kemiringan pipa pemasukan pompa hidram
2. Untuk mendapat debit air pengeluaran pompa hidram yang tinggi, maka pasang kelp buang .

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafie, J., dan H.D. Longh. 1979. Teknologi Pompa Hidraulik Ram Buku Petunjuk Pembuatan dan Pemasangan. PTP-ITB Ganesha, Bandung
- Anggit, Hari. (2013): Uji Efisiensi Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara, Tesis Magister Pengajaran Fisika, Institut Teknologi Bandung.
- Meylani, Lya. (2014): Pemanfaatan Pompa Hidram Dalam Penyediaan Air Bersih, Puskim.
- Siahaan, Parulian. (2013): Rancang Bangun Dan Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Drive Pipe Dan Diameter Air Chamber Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. TA Progam Studi Teknik Mesin, Universitas Sumatra Utara.
- Surya. (2013). Analisis Pompa Hidram dengan Variasi Tinggi Datum. Jakarta: P.T Pradnya Paramita
- Sularso. (2015). Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- Saroha, J. (2017). Karakteristik Tekanan Pada Badan Pompa Hidram. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.

