

# PERUBAHAN *HEAD SUCTION* TERHADAP *HEAD DISCHARGE* DAN KAPASITAS POMPA HIDRAM

Arwanto A. M. Lakat

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

## ABSTRAK

Pompa hidram adalah pompa yang memanfaatkan palu air sebagai sumber energi untuk menaikkan fluida dari dataran rendah ke dataran yang lebih tinggi sehingga pompa jenis ini harus dilengkapi dengan katup yang berfungsi untuk membangkitkan palu air dalam pipa masuk dan perencanaannya dibutuhkan keseimbangan antara pegas katup yang digunakan pada pipa bagian pembuangan dan pegas katup pada bagian tabung. Cara kerja pompa hidram adalah sebagai berikut; sewaktu air mengalir pada pipa saluran masuk maka air tersebut mempunyai kecepatan tertentu sehingga pada saat masuk ke pompa maka air akan mendorong katup pembuangan dalam selang waktu tertentu sampai katup pembuangan tertutup dan aliran air tidak bisa mengalir melewati katup pembuangan dan pada saat tersebut akan terjadi kenaikan tekanan dalam pompa dan air akan menekan katup pada saluran menuju tabung yang berisi udara sampai terjadi keseimbangan antara tekanan dalam tabung dengan tekanan air dalam pompa selanjutnya katup dalam tabung akan tertutup sehingga air yang telah masuk kedalam tabung tidak dapat kembali, pada kondisi tersebut maka katup pembuangan akan terbuka dan air akan kembali melewati katup pembuangan sambil menekan katup pembuangan sampai menutup dan tekanan air akan berpindah pada katup menuju tabung, pada saat katup pembuangan terbuka dan aliran air mengalir lewat katup pembuangan maka memberikan kesempatan pada air dalam pompa untuk mengalir dengan kecepatan tertentu atau energi potensial berangsur - angsur berubah menjadi energi kinetik. Diameter pompa : 3 in, diameter katup limbah : 3,1 cm, diameter katup discharge : 3,1 cm, Diameter tabung tekan : 3 in, diameter saluran discharge : 5/8 in, diameter pipa saluran masuk : 3 in, sudut pipa saluran masuk : 45<sup>0</sup>, tinggi sumber air : 140 cm, tinggi penampung : 275 cm, jenis sensor tekanan yang dipakai : MPX4250AP dan massa beban pada katup limbah : 0,75 kg. Dengan spesifikasi tersebut, pompa ini dapat menghasilkan kapasitas air yang dapat dipompakan pompa ini yaitu sebesar 9,1 mL/detik dan tekanan maksimum yang bisa dicapai adalah 140 kPa.

**Kata Kunci :** Kapasitas, Pompa hidram.

## 1. PENDAHULUAN.

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari suatu tempat rendah ke suatu tempat yang lebih tinggi dan sebagai tenaga penggerak pompa dilengkapi dengan motor listrik atau motor bakar torak. Kendala yang sering terjadi adalah besarnya daya yang dipakai tenaga penggerak pompa baik yang memakai energi listrik maupun minyak atau gas sehingga menjadi tidak efektif dalam penggunaan pompa karena dibutuhkan orang untuk menjaga dan mengawasi penggunaan bahan bakar selama pompa beroperasi, disamping itu kebanyakan belum tersedia jaringan listrik pada daerah - daerah yang tersedia sumber air sehingga biaya operasionalnya masih terlalu tinggi dan menyulitkan masyarakat desa untuk menggunakannya. Untuk mengatasi kendala - kendala tersebut maka dapat digunakan pompa hidram yang tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar untuk menggerakkan pompa karena pompa hidram hanya memanfaatkan *water hammer* dari fluida dalam pipa sehingga terjadi perbandingan tekanan antara tekanan pada pipa masuk (*suction*) dan pada tabung

sehingga terjadi gaya hidrolik untuk mendorong fluida keluar melalui saluran keluar (*discharge*), makin banyak dan besar tekanan *water hammer* yang terjadi maka makin tinggi juga *head* tekan yang tersedia sehingga makin tinggi juga air yang bisa dinaikkan pada suatu tempat yang lebih tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pengujian pada pompa hidram atas perubahan *head suction* terhadap perubahan *head discharge*, dan kapasitas fluida yang dapat dihasilkan pompa hidram karena pada hakekatnya semua hasil yang diperoleh pada analisis akan berbeda dengan data hasil pengujian. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penggunaan katup dan kekasaran permukaan material yang pada dasarnya sulit diketahui karena perlu dilakukan pengujian tersendiri agar penelitian ini lebih terfokus pada tinggi tekan (*head discharge*) dan kapasitas pompa hidram bukan pada kerugian tekanan akibat gesekan pada sambungan dan katup - katup.

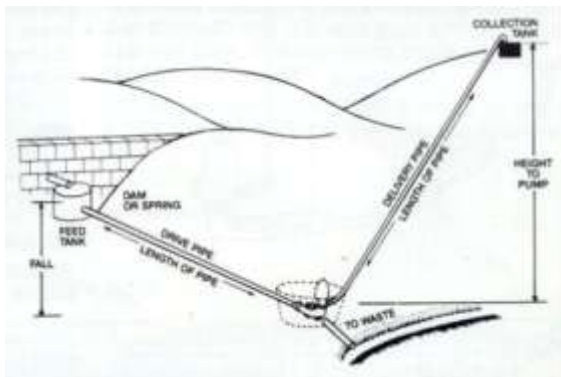
## 2. TINJAUAN PUSTAKA.

### 2.1. Pengertian Pompa.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang

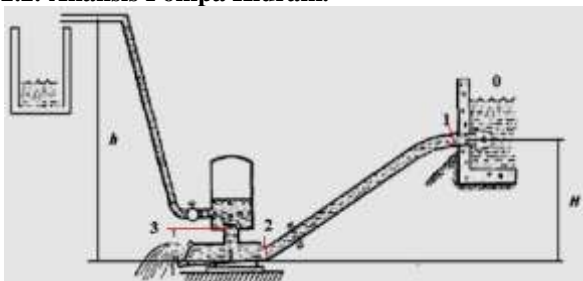
bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan.

Cara kerja pompa hidram adalah sebagai berikut; sewaktu air mengalir pada pipa saluran masuk maka air tersebut mempunyai kecepatan tertentu sehingga pada saat masuk ke pompa maka air akan mendorong katup pembuangan dalam selang waktu tertentu sampai katup pembuangan tertutup dan aliran air tidak bisa mengalir melewati katup limbah dan pada saat tersebut akan terjadi kenaikan tekanan dalam pompa dan air akan menekan katup pada saluran menuju tabung yang berisi udara sampai terjadi keseimbangan antara tekanan dalam tabung dengan tekanan air dalam pompa selanjutnya katup dalam tabung akan tertutup sehingga air yang telah masuk kedalam tabung tidak dapat kembali, pada kondisi tersebut maka katup limbah akan terbuka dan air akan kembali melewati katup limbah sambil menekan katup pemlimbahan sampai menutup dan tekanan air akan berpindah pada katup menuju tabung, pada saat katup pembuangan terbuka dan aliran air mengalir lewat katup pembuangan maka memberikan kesempatan pada air dalam pompa untuk mengalir dengan kecepatan tertentu atau energi potensial berangsur - angsur berubah menjadi energi kinetik. Proses ini akan berulang dan berlangsung terus sampai ketinggian air pada pipa saluran keluar (*discharge*) mencapai ketinggian tertentu atau terjadi keseimbangan antara tekanan yang disebabkan oleh palu air dengan tekanan pada pipa saluran keluar atau sistem mencapai kestimbangan dan air tidak dapat dipompakan lagi.



Gambar 2.1. Instalasi Pompa Hidram.

## 2.2. Analisis Pompa Hidram.



## Gambar 2.2. Skema instalasi pompa hidram.

Jika aliran fluida dalam pipa yang kaku dihentikan seketika maka akan terjadi kenaikan tekanan tiba - tiba yang besarnya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1.

$$\Delta H = V \cdot C / g \quad (1)$$

dengan,

$\Delta H$  = kenaikan tekanan (m).

$V$  = kecepatan fluida dalam pipa (m/s).

$C$  = kecepatan gelombang akustik dalam fluida (m/s).

$g$  = akselerasi akibat gravitasi = 9,81 m /s<sup>2</sup>

Menurut David dan Edward, kecepatan gelombang akustik dalam fluida diberikan oleh persamaan 2.

$$C = (E_v / \rho)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Dengan  $E_v$  adalah modulus elastisitas yang mengekspresikan kompresibilitas fluida yang merupakan rasio perubahan tekanan satuan terhadap perubahan volume per satuan volume yang sesuai. Nilai  $E_v$  untuk air adalah 2,07 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>, dan kecepatan gelombang suara dalam air adalah  $C = 1440$  m/s.  $\rho$  adalah kerapatan cairan (kg/m<sup>3</sup>). Kenaikan tekanan sebenarnya akan lebih rendah dari yang diberikan oleh persamaan (1), karena semua pipa memiliki elastisitas dan tidak mungkin seketika menghentikan arus dalam pipa selanjutnya, air akan mengalir melewati katup limbah dengan besar percepatan seperti diekspresikan oleh persamaan 3.

$$H - f(L/D) \frac{V_2}{2g} - S \left( K \frac{V_2}{2g} \right) = (L/g) \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

dengan,

$H$  = head suplai (m).

$f(L/D) V_2 / (2g)$  = head yang hilang pada pipa (m).

$f$  = faktor gesekan (Formula Darcy-Weibach).

$S (K (V_2) / (2g))$  = Jumlah kerugian head minor lainnya (m).

$K$  = faktor kontraksi atau pembesaran.

$L$  = panjang dari pipa tekan (m).

$D$  = diameter pipa penggerak (m).

$V$  = kecepatan aliran dalam pipa (m/s).

$t$  = waktu (s).

Nilai  $K$  dan  $f$  dapat ditentukan dari literatur. Akhirnya akselerasi arus ini mendorong katup limbah untuk menutup. Hal ini terjadi ketika gaya dorong air sedikit lebih besar dari pemberat pada katup limbah. Gaya dorong  $F_d$  diberikan dengan persamaan 4.

$$F_d = C_d A_v \rho \cdot \frac{V_2}{2g} \quad (4)$$

dengan

$F_d$  = gaya dorong pada katup limbah (N).

$A_v$  = luas penampang dari katup limbah (m<sup>2</sup>).

$\rho$  = densitas air = 1000 (kg/m<sup>3</sup>).

$C_d$  = koefisien serat dari waste valve.

Koefisien serat  $C_d$  bergantung pada bilangan Reynolds dari aliran dan bentuk obyek. Untuk bentuk disk melingkar,  $C_d = 1,12$ .

### Efisiensi Hidram.

Ada dua metode yang biasa digunakan untuk menghitung efisiensi instalasi hidram yaitu, metode Rankine dan D'Aubuisson yang diberikan oleh persamaan 5 dan 6 ;

$$\eta_{(Rankine)} = \frac{Q h}{((Q + Q_w) H)} \quad (5)$$

$$\eta_{(D'Aubuisson)} = \frac{Q H_d}{((Q + Q_w) H)} \quad (6)$$

dengan,

$\eta$  = efisiensi hidram (-) adalah aliran terpompa (l / min).

$Q$  = aliran terpompa (l / menit).

$Q_w$  = aliran yang terbuang (l / min).

$h$  = head sumber air pompa (m).

$H$  = kepala suplai di atas pembukaan katup limbah (m).

$H_d$  = total head di atas pembukaan katup limbah = ( $H + h$ ) (m).

### 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.

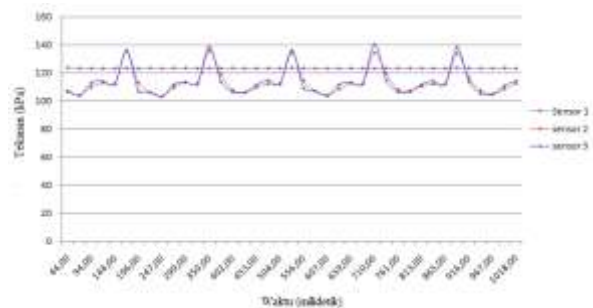
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih jauh tentang pompa hidram dan variabel - variabel yang mempengaruhi unjuk kerja pompa hidram disamping itu, untuk mempelajari kekuatan *water hammer* yang terjadi pada pompa hidram melalui tekanan yang dihasilkan sehingga pompa ini dapat mengalirkan air dari tempat sumber air yang lebih rendah ke tempat penampung yang lebih tinggi secara terus menerus tanpa berhenti dan tanpa masukan energi dari luar.

### 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Konstruksi serta peralatan pengukur disusun seperti ditunjukkan pada gambar 4.1. pengujian selanjutnya dilakukan pengujian dan didapat data-data seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 dan gambar :



Computer Time	Time (m Sec.)	Sensor 3 (kPa)	Sensor 2 (kPa)	Sensor 1 (kPa)
7:54:55	44.00	107.4	106.73	123.59
7:54:55	68.00	104.07	104.29	123.37
7:54:55	94.00	112.94	110.06	123.15
7:54:55	118.00	114.05	113.16	123.15
7:54:55	144.00	112.28	112.5	123.15
7:54:55	171.00	136.23	135.57	123.37
7:54:55	196.00	107.17	113.16	123.15
7:54:55	222.00	106.51	106.29	123.37
7:54:55	247.00	103.4	103.4	123.15
7:54:55	273.00	111.83	109.84	123.37
7:54:55	299.00	113.61	113.39	123.37
7:54:55	324.00	112.28	112.72	123.15
7:54:55	350.00	138.89	135.57	123.37
7:54:55	375.00	114.05	119.15	123.15
7:54:55	402.00	106.51	107.84	123.37
7:54:55	428.00	106.07	106.29	123.15
7:54:55	453.00	111.61	109.84	123.15
7:54:55	479.00	114.72	112.5	123.37
7:54:55	504.00	112.28	112.72	123.15
7:54:55	530.00	136.23	134.46	123.59
7:54:56	556.00	109.17	114.72	123.37
7:54:56	581.00	107.17	107.17	123.15
7:54:56	607.00	103.85	104.29	123.15
7:54:56	633.00	111.83	108.73	123.15
7:54:56	659.00	113.39	112.72	123.15
7:54:56	685.00	112.28	112.5	123.15
7:54:56	710.00	140.67	134.46	123.15
7:54:56	736.00	114.94	119.6	123.37
7:54:56	761.00	106.73	108.28	123.37
7:54:56	787.00	106.73	107.4	123.37
7:54:56	813.00	112.05	110.72	123.37
7:54:56	838.00	114.27	112.28	123.15
7:54:56	865.00	112.28	112.28	123.15
7:54:56	890.00	138.45	133.79	123.59
7:54:56	916.00	114.05	116.71	123.37
7:54:56	942.00	105.4	107.62	123.37
7:54:56	967.00	104.73	105.18	123.15
7:54:56	993.00	110.95	108.73	123.37
7:54:56	1018.00	114.49	112.72	123.15



Gambar 4.2. Grafik Perubahan Tekanan Pada Pompa Hidram.

kapasitas air yang dapat dipompakan pompa ini yaitu sebesar 9,1 mL/detik.

Data hasil pengujian diatas menunjukkan perubahan tekanan yang disebabkan terjadinya fenomena *water hammer* dimana, sensor 3 adalah sensor yang membaca perubahan tekanan pada tabung *discharge* yang tekanannya fluktuatif berdasarkan besar kenaikan ketinggian (*head pressure*) pada sisi *discharge* dan besar tekanan akibat *water hammer* sedangkan sensor 1 tekanannya tidak berfluktuasi secara signifikan karena hanya dipakai untuk mendeteksi perubahan tekanan pembukaan katup limbah yang diberi beban sebesar 0,75 kg. Sedangkan perubahan tekanan pada sensor 2 disebabkan perubahan *water hammer* dan pembukaan katup pada tabung *discharge*.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pompa hidram akan sangat dipengaruhi oleh perubahan tekanan, baik tekanan pada bagian pemasukan air (*suction*) maupun pada bagian pengeluaran (*discharge*) sehingga pompa jenis ini harus bisa dipertahankan tekanan yang terjadi karena bila terjadi perubahan tekanan maka bisa mengakibatkan pompa berhenti juga dapat berakibat perubahan kapasitas air yang dipompakan. Untuk masalah beban yang dipakai pada katup limbah, dapat diganti dengan pegas yang lebih efektif dalam hal penyetelan beban sehingga pompa dapat dioperasikan pada tempat lain dengan tekanan yang berbeda disamping itu pemusatan beban dengan memakai pegas lebih baik dari menggunakan pemberat.

Hal lain yang perlu mendapat perhatian yaitu perbandingan dimensi - dimensi pada pompa hidram seperti diameter pipa aliran masuk tabung *discharge* dan diameter pipa pada saluran katup limbah yang akan memberi efek pada kapasitas fluida yang dipompakan dan tekanan maksimum dari *water hammer*.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN.

### 5.1. Kesimpulan.

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa tekanan maksimum yang bisa dicapai oleh katup *discharge* dengan ketinggian( $H$ ) = 140 cm adalah 138 kPa dan tekanan rata - rata pada katup limbah adalah sebesar 123,274 kPa. Sedangkan

kapasitas yang dapat dihasilkan pompa hidram ini sebesar 9,1 mL/detik.

### 5.2. Saran.

Pada pengujian ini ditemui kendala - kendala pada dimensi menurut desain teoritis dan kapasitas air yang dibutuhkan dalam pengujian dimana ukuran - ukuran hasil analisa teoritis adakalanya tidak ditemukan di pasaran sehingga diperlukan kebijakan dari peneliti untuk menentukan sendiri ukuran - ukurannya.

### Referensi

- [1]. Bruce R. Munson, Donald F. Young., 2004., "Mekanika Fluida" .PT Gelora Aksara Pratama. Jakarta.
- [2]. International Development Research Centre,2005," *Designing a Hydraulic Ram Pump*", USA.
- [3]. Robert W. Fox., 1985., "Introduction to fluid mechanics". By John Wiley & Sons.Ich.
- [4]. Taye, T., 1998, Hydraulic Ram Pump, *Journal of the ESME*, Vol II.