

Analisis Performa Pompa Hidraulik Ram Hidram

Andi Muhammad Irfan
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
 Universitas Negeri Makassar

Abstrak

Pompa hidraulik ram otomatis ini tidak membutuhkan energi tambahan dari luar atau bahan bakar, tidak perlu diawasi oleh operator. Pada setiap saat tidak memerlukan pelumasan serta pompa dapat bekerja selama 24 jam sehari

Dari hasil pengamatan pada ketinggian sumber air jatuh = 1,6 m, kemudian dari hasil pengamatan diperoleh :

$$Q_1 = 6,812 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,428 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dan kecepatan aliran air

$$v = 40,65 \times 10^{-2} \text{ m/s dan}$$

$$Re = 22855,78$$

Kata kunci : unjuk kerja pompa hidraulik

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang masalah

Air adalah merupakan sarana yang penting dalam kehidupan manusia, hewan maupun tumbuhan. Dan air dalam keadaan tertentu merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam sebagai pembangkit tenaga mekanis. Di daerah-daerah tertentu khususnya dipergunungan

System kerja pompa hidraulik ram automatic tanpa menggunakan energi tambahan dari luar atau bahan bakar, karena pompa ini akan memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat suatu sumber air yang diakibatkan karena adanya grafitasi bumi dan sebagainya dari air itu di pompakan ke tempat yang lebih tinggi dari sumber air tersebut.

Pompa hidraulik ram automatic merupakan suatu alat yang dapat menaikkan air dari tempat yang lebih rendah ke suatu tempat yang lebih tinggi secara automatic, dimana energi yang

digunakan dalam pemompaan berasal dari air itu sendiri. Alat ini termasuk sederhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sangat sesuai dengan syarat-syarat operasinya. Dalam proses kerja alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan di sebabkan oleh adanya katup limbah yang tertutup secara tiba-tiba sehingga air tersebut dapat mengalir ke suatu yang lebih tinggi.

B. Tujuan Penelitian

1. menentukan efisiensi maksimum pada tiap-tiap head input (h_{in}).
2. Menggambarkan kurva hubungan antara :
 - efisiensi hidram (η_h) terhadap head out (H) yang ditentukan
 - Debit (Q) terhadap head out (H_{out}) yang ditentukan.
3. Menentukan daerah operasi yang terbaik dari pompa hidraulik ram automatic.

C. Batasan Masalah

1. Pompa hidraulik ram automatic yang di buat dan di uji satu arah
2. jumlah tabung yang dipakai satu buah
3. sifat-sifat fisis air ditentukan berdasarkan data temperature.
4. berdasarkan pipa yang digunakan diambil dari table berdasarkan jenis dari pipa tersebut.
5. Percepatan grafitasi bumi diambil 9,81 m/sec².

D. Metode Penelitian

1. Pembuatan model hidraulik ram automatic dan pengujian pompa hidraulik ram automatic dilaboraturium teknologi mekanik, serta diuji pada lokasi yang ditentukan.
2. Tinggi jatuh vertical air ke pompa hidraulik ram automatic yang akan direncanakan.
3. pengumpulan data serta pengolahan data berdasarkan hasil yang didapatkan pada pengujian.

E. Manfaat Penelitian

1. dapat memberikan data keteknikan dalam pengembangan pengkonservasian energi air.
2. diharapkan taraf hidup masyarakat pedesaan dapat ditingkatkan dalam manfaat sumber energi air.
3. Dapat diterapkan pada masyarakat pedesaan dalam penanggulangan penyediaan air untuk kebutuhan sehari-hari
4. Mengetahui karakteristik dari pompa hidraulik ram automatic.
5. Menyebarkanluaskan paket teknologi pompa hidraulik ram automatic.

F. Persamaan Rumus yang digunakan

1. Kecepatan air pada pipa masuk (V₁)

$$V_1 = \frac{Q_0}{A_1} \dots\dots\dots (m^3/sec)$$

Maka,

Q₀ = Debit air pada pipa masuk

A₁ = Luas penampang pipa masuk

2. Bilangan Reynolds pada pipa masuk

$$Re_1 = \frac{V_1 \cdot d_1}{\nu}$$

Dimana :

d₁ = diameter pipa masuk

ν = Viscositas kinematik

3. Faktor friksi sebagai fungsi bilangan Reynolds pada pipa masuk (f₁)

$$f_1 = 0,316 \cdot (Re_1)^{-1/4}$$

4. kerugian tekanan akibat air sepanjang pipa masuk (h_{f1})

$$h_{f1} = \frac{f_1 \cdot L \cdot V_1}{2 \cdot g \cdot d_1} \dots\dots\dots (m)$$

L = panjang pipa masuk, g = grafitasi

5. kerugian akibat pemakaian alat-alat bantu sepanjang pipa masuk (h_{m1})

$$h_{m1} = \frac{k \cdot V_1^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (m)$$

k = faktor kekasaran

6. Total kerugian tekanan (ΣH_L) pada pipa masuk

$$\Sigma H_{L1} = H_{f1} + H_{m1} \dots\dots\dots (m)$$

7. Head pada pipa masuk (h_{tot})

$$h_{tot} = h - \Sigma H_{L1} \dots\dots\dots (m)$$

h = ketinggian sumber air jatuh

8. Daya pada pipa masuk (H₁)

$$N_1 = \rho \cdot g \cdot Q_0 \cdot H_{tot} \dots\dots\dots (Watt)$$

ρ = Density

Untuk pipa keluar persamaan rumus yang digunakan caranya sama pada pint 1 s/d 7 seperti diatas.

9. Head pada pipa keluar (H_{tot})

$$H_{tot} = H + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \Sigma H_{L1} \dots\dots\dots (m)$$

H = Tinggi angkat/pemompaan

10. Daya pada pipa keluar (N₂)

$$N_2 = \rho \cdot g \cdot Q_2 \cdot H_{tot} \dots\dots\dots (Watt)$$

Q₂ = Debit air hasil pemompaan

11. Efisiensi hidram (η)

$$\eta = \frac{Daya \text{ pada pipa keluar}}{Daya \text{ pada pipa masuk}} \cdot 100 \%$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \Sigma H_{L1}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \Sigma H_{L1} \\ &= \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = Z_1 - \Sigma H_{L1} \\ &= \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = h_{tot} \\ &= h_{tot} = Z_1 - \Sigma H_{L1} \end{aligned}$$

Z_1 = Tinggi jatuh air (h)

h_{tot} = Energi pada pipa masuk, atau energi dititik 2 (head masuk)

Untuk pipa keluar

$$Z_3 + \frac{P_3}{\rho \cdot g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} = Z_4 + \frac{P_4}{\rho \cdot g} + \frac{V_4^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_3}{\rho \cdot g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} = Z_4 + \frac{P_4}{\rho \cdot g} + \Sigma H_{L2}$$

$$\frac{P_3}{\rho \cdot g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} = H_{tot}$$

$$H_{tot} = Z_4 + \frac{P_4}{\rho \cdot g} + \frac{V_4^2}{2 \cdot g} + \Sigma H_{L2}$$

Z_4 = Tinggi pemompaan (H)

H_{tot} = Energi pada pipa keluar, atau energi dititik 4 (head keluar)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Kerja

Prinsip Kerja hidraulik ram automatic adalah merupakan proses perubahan energi kinetic aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan palu air (water hammer) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katup limbah (waste valve) dan katup pengantar (delivery valve) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik yang terjadi didalam pipa pemasukan memaksa air naik kedalam pipa pengantar.

B. Cara Kerja

Cara kerja hidraulik ram automatic dan bagian-bagian utamanya dapat di lihat pada gambar 1 dan 2. Air mengalir dari suatu tangki melalui pipa pemasukan, menyebabkan energi kinetic. Energi kinetic yang terjadi makin lama makin besar, akibatnya aliran air dalam pipa pemasukan makin cepat, sehingga mampu mendorong katup limbah.

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar sebuah pompa hidraulik ram dapat bekerja, harus ada cukup banyak air dalam pipa pemasukan dengan tinggi jatuh minimal yang cukup untuk menutup katup limbah, harus ada pula tinggi air minimal tertentu dalam pipa pengantar (kurang lebih dua kali tinggi jatuh air) untuk mempertahankan tekanan dalam ruang udara, harus diingat bahwa makin tinggi pipa pengantar makin sedikit air hasil pemompaan

C. Aliran dalam Pipa

Aliran selain dapat diklasifikasikan berdasarkan macam fluidanya : ideal, real, kompresibel dan inkompresibel juga dapat diklasifikasikan, berdasarkan keadaannya (perubahan sifat-sifat fisik fluida) : Viskositas, density, temperature, tekanan dan sebagainya pada setiap interval waktu. Keadaan yang konstan pada setiap titik tersebut aliran steady, sedangkan keadaan yang selalu berubah-ubah disebut aliran unsteady.

Bilangan Reynolds adalah perbandingan gaya inersia terhadap viskositas dan secara matematis dinyatakan sebagai berikut :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Dimana : Re = bilangan Reynolds, V = Kecepatan (m/s), D = diameter (m), ν = viskositas kinematis (m²/s)

Aliran dikatakan laminar bila mana $Re \leq 2.000$ dan aliran dikatakan turbulen bila $Re \geq 2.300$. antara aliran laminar dengan turbulen terdapat daerah transisi.

Kehilangan energi untuk seluruh daerah aliran dapat dianalisa dengan menggunakan bilangan Reynolds kemudian dengan pertolongan persamaan darcyweisbach, berikutnya ini kerugian energi dapat dihitung.

Persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut :

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (\text{m})$$

Dimana :

H_f = kerugian head karena gesekan

f = factor gesek

L = panjang pipa (m)

D = kecepatan (m/s)

g = gravitasi (m/s^2)

Persoalan aliran fluida dalam pipa umumnya dikaitkan pula persoalan katup dan sambungan-sambungannya. Dimana terdapat kerugian-kerugian atau kehilangan local. Kehilangan local dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_m = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (\text{m})$$

dimana :

h_m = kerugian akibat alat bantu

v = kecepatan (m/s)

g = gravitasi (m/s^2)

k = koefisien kerugian

Untuk aliran yang stationer incompressible dan reversible berlaku persamaan bernolli yang berbentuk :

$$\frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V}{2 \cdot g} + Z = \text{konstan}$$

Sedangkan apabila aliran tidak resersibel maka bentuk persamaan diatas akan sedikit berubah dan tidak konstan lagi.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_1 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + H_L$$

a. Kerugian Head

Kerugian ini disebabkan oleh :

1. Gesekan pipa
2. Adanya perubahan kecepatan arah aliran.

Kedua macam kerugian ini pada umumnya disebut kerugian mayor (kerugian utama) dan kerugian minor.

- b. kerugian Mayor (kerugian Utama)
kerugian mayor merupakan kerugian head yang kontinu yang

terjadi sepanjang pipa sebab adanya gesekan dalam pipa (h_f)

c. kerugian minor

kerugian minor disebabkan oleh :

- kerugian head (h_f) disebabkan karena kontraksi atau pengecilan penampang. Pengecilan ini dapat secara tiba-tiba atau secara konis, yang selalu menghasilkan peningkatan kecepatan.
- Kerugian head (h_f) disebabkan karena pembesaran luas penampang. Pembesaran ini dapat secara tiba-tiba atau berangsur-angsur yang selalu menghasilkan pengurangan kecepatan
- Kerugian head (h_f) disebabkan karena halangan seperti pintu atau katup yang menghasilkan perubahan luas penampang.
- Kerugian head (h_f) disebabkan karena belokan dalam pipa sebagai tambahan kerugian yang terjadi pada panjang yang sama dari pipa lurus lengkungan tersebut dapat terjadi bermacam-macam sudut dan radius belokan, kadangkadang dapat berupa reducing elbow.

Jika symbol H_L digunakan untuk menotasikan semua jenis kerugian head dalam suatu system pipa yang mempunyai aliran steady dan ontinu maka :

$$H_L = h_f + h_c + h_g + h_b$$

1. Energi pada aliran fluida

Didalam keadaan mengalir dan alirannya steady (tidak ada perubahan besaran intensif terhadap waktu), maka fluida selama alirannya dipegaruhi oleh tiga macam yang paling dominan yaitu : energi kinetic, energi potensial, dan energi tekanan.

2. Energi Kinetik

Suatu partikel dengan massa (m) dan kecepatan(v), maka mempunyai energi

kinetic sebesar $= \frac{1}{2} m.v^2$, atau dapat juga ditulis sebagai $\frac{1}{2} .v^2$ persatuan massa. Dengan adanya pengaruh gravitasi bumi (g) maka energi kinetic persatuan berat adalah $= \frac{v^2}{2.g}$.

3. Energi Potensial

Energi Potensial adalah energi yang terkandung dari benda karena ketinggian relative terhadap suatu bidang.

Bila sebuah benda diangkat dari permukaan bumi ketinggian z, maka benda tersebut menerima energi sebesar kerja yang diperlukan untuk mengangkat benda tersebut, maka besarnya kerja yang diperlukan untuk mengangkat benda adalah :

$$W = G . z \quad \text{Joule}$$

Dimana : $G = m . g$ N
 Sehingga besarnya energi potensial benda yang telah erada di ketinggian Z adalah

$$E_p = m . g . z \quad \text{Joule}$$

Dimana : E_p = energi potensial (joule),
 m = massa benda (kg), z = ketinggian benda (m), g = gravitasi bumi (m/s^2).

4. Energi Tekanan

Energi Tekanan adalah energi yang dibawa fluida yang mengalir karena perbedaan tekanan. Besarnya tekanan adalah :

$$E_t = p . V \quad \text{joule)$$

Dimana :

E_t = energi tekanan (joule)
 P = tekanan absolute fluida (Pa)
 V = volume fluida yang mengalir (m^3)

5. Tekanan dinamik Zat cair dalam pipa

Jika elemen zat cair tiba-tiba mengalami perubahan dalam besaran dan arahnya, maka gaya yang tertentu mulai berpengaruh , yaitu sama

dengan gaya percepatan atau perlambatan pada benda padat.

Gaya-gaya tersebut dinyatakan dengan perubahan tekanan dalam zat cair itu sendiri dan perubahan yang sama dalam dorongan terhadap dinding padat yang mengatasi ya. Keadaan perubahan menyebabkan terjadinya tipe spesifik dari tekanan dinamik atau tekanan inersia, yang merupakan percepatan atau perlambatan kolom. Zat cair dalam saluran tertutup, juga disebut efek palu air (water hammer effect).

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Pengujian

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dilihat dalam pengujian pompa hidram yang meliputi sebelum dan disaat pengujian.

a. Sebelum Pengujian

Sebelum melakukan pengujian harus diperhatikan antara lain :

1. Memeriksa landasan pompa hidram apakah dalam posisi kuat bilamana menerima getaran dari katup limbah serta mampu menahan pergolakan aliran air dalam pipa.
2. Memeriksa tiap-tiap sambungan pipa apakah pengeleman sudah betul, tidak terdapat kebocoran.
3. Mengisi bak penampang dengan air yang bersih penuh, baik bak induk maupun bak cadangan dengan tujuan agar dapat mempertahankan tinggi permukaan air disaat melakukan pengujian.
4. Pemberat katup limbah harus disesuaikan dengan katup limbah pada tiap-tiap tinggi jatuh air (h) jadi sebelum melakukan pengujian, tetapkan timbangan katup limbah guna memperoleh denyutan yang baik.

b. Contoh Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan pada ketinggian sumber air jatuh (h) = 1,60 m,

dengan pembukaan katup penuh diperoleh besaran debit air yang keluar melalui katup limbah, dan debit air dari hasil pemompaan pada harga H (head) yang tertentu.

Dari salah satu hasil pengamatan tersebut diperoleh data-data sebagai berikut : kapasitas air yang masuk pada system

$$Q_1 = 40,870 \text{ ltr/mnt} = 40,870 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit} = 6,812 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 8,570 \text{ ltr/menit} = 8,570 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit} = 1,428 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan data-data tersebut diatas maka dapat dihitung :

Kecepatan air pada pipa masuk (v_1)

$$V_1 = \frac{Q_o}{A_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_o = Q_1 + Q_2 = 6,812 \cdot 10^{-4} + 1,428 \cdot 10^{-4} = 8,240 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad d_1 = 5,08 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (0,0508)^2 = 2,027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{Q_o}{A_1} = \frac{8,240 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 40,65 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

Dimana :

- V_1 = kecepatan air pada pipa masuk m/s
- Q_o = Debit air pada pipa masuk m³/s
- A_1 = Luas penampang pipa masuk m²
- d_1 = diameter pipa masuk m²
- Q_1 = Debit air yang keluar melalui katup limbah m³/s
- Q_2 = Debit air hasil pemompaan m³/s

Bilangan Reynolds pada pipa masuk (Re_1)

$$Re_1 = \frac{V_1 \cdot d_1}{\nu}$$

$$Re_1 = \frac{40,65 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 5,08 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{0,9035 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 22855,78$$

Faktor friksi sebagai fungsi bilangan Reynolds pada pipa masuk (f_1)

$$h_{f1} = f_1 \cdot \frac{L \cdot V_1^2}{2 \cdot g \cdot d_1} \quad \text{m}$$

dimana :

f_1 = factor friksi, L = panjang pipa masuk (m), G = Gravitasi bumi (m/s²), $L = 3,5 \text{ m}$

$$h_{f1} = \frac{0,0257 \cdot 3,5 \text{ m} \cdot (40,65 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2)}{2 \cdot 8,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5,08 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 0,0149 \text{ m}$$

Kerugian tekanan akibat pemakaian alat-alat bantu sepanjang pipa masuk (h_{m1})

$$h_{m1} = \frac{k \cdot V_1^2}{2 \cdot g} \quad (\text{m})$$

dimana : k = faktor kekerasan, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

nilai k dapat dilihat pada table : untuk pipa masuk

Lubang masuk	= 0,82
Knie 1 (satu) buah	= 0,27
Sambungan Tee 1 (satu) buah	= 1,80
Elbow 2 (dua) buah	= 0,32
Sambungan lurus 3 (tiga) buah	= 0,75
Stop kran 1 (satu) buah	= 10,00
<hr/>	
total k	= 13,96

$$h_{m1} = 13,96 \cdot \frac{40,65 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,1175 \text{ m}$$

Total kerugian tekanan (ΣH_L) pada pipa masuk

$$\Sigma H_L = h_{f1} + h_{m1} = 0,0149 \text{ m} + 0,1175 \text{ m} = 0,1324 \text{ m}$$

Head pada ipa masuk (h_{tot})

$$h_{tot} = h - \Sigma H_L \dots\dots\dots \text{m}$$

$$h = \text{ketinggian sumber air jatuh} = 1,60 \text{ m}$$

$$h_{tot} = 1,60 \text{ m} - 0,1324 \text{ m} = 1,4676 \text{ m}$$

Daya pada pipa masuk (N_1)

$$N_1 = \rho \cdot g \cdot Q_o \cdot h_{tot} \dots\dots\dots \text{Watt}$$

Dimana :

- Q_o = Debit air pada pipa masuk (m³/s)
- ρ = Density (kg/m³) = 997 kg/m³

$$N_1 = 997 \cdot 9,81 \cdot 1,4676 = 11,82 \text{ Watt}$$

Kecepatan air pada pipa keluar (V_2)

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} \quad (\text{m/s})$$

$$Q_2 = 1,428 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad d_2 = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 = 5,067 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{1,428 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{5,067 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 28,18 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Dimana :

V_2 = kecepatan air pada pipa keluar (m/s)

Q_2 = Debit air pada pipa keluar (m³/s)

d_2 = diameter pipa keluar (m)

A_2 = Luas enampang pipa keluar (m²)

$$H_{\text{tot}} = 2 \text{ m} + \frac{(28,18 \cdot 10^{-2} \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} + 0,0398 \text{ m}$$

$$= 2,0438 \text{ m}$$

Daya pada pipa keluar (N_2)

$$N_2 = \rho \cdot g \cdot Q_2 \cdot h_{\text{tot}} \quad (\text{Watt})$$

Dimana :

Q_2 = Debit air pada pipa keluar (m³/s)

$$N_2 = 997 \cdot 9,81 \cdot 1,428 \cdot 10^{-4} \cdot 2,0438$$

$$= 2,85 \text{ Watt}$$

Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_2 \cdot H_{\text{tot}}}{\rho \cdot g \cdot Q_0 \cdot H_{\text{tot}}} \cdot 100 \% = 24,11 \%$$

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian pompa hidram yang kami lakukan diperoleh berbagai data, yang hasil perhitungannya ditabulasikan dalam bentuk table-tabel, serta digambarkan secara grafik, sehingga terlihat bahwa :

Untuk tinggi jatuh air (h) = 3,10 m, efisiensi maksimum yang mencapai = 49,14% pada ketinggian pemompaan (h) = 5,75 m.

Untuk ketinggian jatuh air (h) = 2,70 m diperoleh efisiensi maksimum yang mencapai = 57,38% pada ketinggian pemompaan (h) = 4,75 m.

Untuk ketinggian jatuh air (h) = 1,60 m diperoleh efisiensi maksimum yang mencapai = 46,58% pada ketinggian pemompaan (h) = 3,75 m.

Dari berbagai ketinggian jatuh air (h), pada pemompaan yang ditentukan (divariasikan) (h) setelah melewati tinggi pemompaan terbaik maka efisiensi pompa hidram cenderung menurun, disebabkan leh karena tambahan tinggi pemompaan.

Pada pengujian ompa hidram yang kami lakukan maka dari grafik memperlihatkan efisiensi (η) versus dengan ketinggian pemompaan, didapat efisiensi tertinggi dari berbagai tinggi jatuh air (h) adalah 57,38 % pada tinggi jatuh air yaitu = 2,70 m

Efisiensi yang diperoleh dari hasil berbagai tinggi jatuh air pada tinggi pemompaan tertentu (h) dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti :

- Debit pemasukan pada pompa hidram
- Tinggi jatuh air (h) ke pompa hidram

Dari grafik debit (Q) versus pada tinggi pemompaan (h) pemompaan, maka debit yang masuk (Q_0) juga semakin besar, sehingga debit hasil pemompaan (Q_2) semakin kecil, sedang debit yang tertumpah pada katup limbah (Q_1) cenderung bertambah (besar), ini terjadi dari berbagai tinggi jatuh air (h)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian pompa hidraulik ram pada beberapa variasi ketinggian sumber air jatuh (h) diperoleh bahwa :

1. Tinggi pemompaan maksimum (H_{maks}) = 9,50 m pada tinggi air jatuh (h) = 3,10 diperoleh debit pemompaan (Q_2) = $0,710 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. sedang untuk tinggi jatuh air (h) = 2,70 m pada

- tinggi pemompaan maksimum (H_{maks}) = 8,25 m diperoleh debit pemompaan (Q_2) = $0,793 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dan pada tinggi air jatuh (h) = 1,60 m diperoleh debit pemompaan (Q_2) = $0,420 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. tinggi pemompaan maksimum (H_{maks}) = 6,75 m.
2. Debit maksimum pemompaan (Q_2) = $2,470 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ untuk tinggi air jatuh (h) = 3,10 m berada pada tinggi pemompaan (H) = 5,75 m. sedang pada tinggi air jatuh (h) = 2,70 m debit maksimum hasil pemompaan (Q_2) = $2,635 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ berada pada tinggi pemompaan (H) = 4,75 m. dan Debit maksimum pemompaan (Q_2) = $1,640 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ untuk tinggi air jatuh (h) = 1,60 m berada pada tinggi pemompaan (H) = 3,75 m.
 3. Efisiensi maksimum (η_{maks}) = 49,14 % untuk tinggi air jatuh (h) = 3,10 m, pada tinggi pemompaan (H) = 5,75 m, sedang Efisiensi maksimum (η_{maks}) = 57,38 % untuk tinggi air jatuh (h) = 2,70 m, pada tinggi pemompaan (H) = 4,75 m, dan untuk tinggi air jatuh (h) = 1,60 m di peroleh Efisiensi maksimum (η_{maks}) = 46,58 %, pada tinggi pemompaan (H) = 3,75 m
 4. Dari berbagai variasi ketinggian air jatuh (h) terdapat efisiensi yang terbaik yaitu di ketinggian air jatuh (h) = 2,70 m, pada ketinggian pemompaan (H) = 4,75 . dengan efisiensi di peroleh = 57,38%.
 5. Semakin tinggi pemompaan (H), maka debit yang masuk (Q_o) semakin besar, demikian pula debit yang tertumpah dari katup limbah (Q_1) , sedangkan hasil pemompaan semakin kecil (Q_2).

B. Saran-saran

1. Jika berkeinginan menerapkan pompa hidram dipedesaan, terlebih dahulu melakukan orservasi, melihat langsung keadaan air yang akan dimanfaatkan sebagai sumber tenaga penggerak, apakah dapat menjamin agar pompa

hidram bekerja secara terus. Diupayakan pembuatan pompa hidram dapat bertahan lama sehingga masyarakat desa benar-benar merasakan manfaat dari pompa hidram tersebut.

2. Pembuatan pompa hidram harus disesuaikan berdasarkan kebutuhan air masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Yahya Hanafio dan Hans De Lench, *Teknologi pompa hidraulik ram*, penerbit ITB, Bandung 1979.
- Renald V. Giles, *Mekanika Fluida dan Hidraulika*, terjemahan Ir. Herman Widodo soemtro, penerbit Erlangga, Jakarta 1984.
- Direktur Jendral Pembangunan Desa Teknologi Pedesaan, penerbit Erlangga, Jakarta 1981
- Sastrapmaja A. Sudrajad, *Mekanika Fluida Hidraulika* penerbit Nova, Bandung 1981.
- Sularso, *Pompa dan Compressor* Penerbit PT. Pradaya Paramita, Jakarta 1983.
- Sutedjo, *Fluida Flow* Penerbit PT. Pradaya Paramita, Jakarta 1985.
- Magaratnam, S, *Fluida Mechanics*, Khanna Publishers Delhi 1973.
- Streter, V, L, *Fluida mechanics*, Sixth Edition, Mc Graw-Hill kegakuasha, Ltd, Tokyo 1980
- Addisen, H, A Toeatise, *Applied Hidraulic*, Fifth Edition, sir Isaac Pitman & Sens, Ltd, Soetland 1964.