

KAJI EKSPERIMENTAL SIMULATOR POMPA HIDRAM DENGAN VARIASI FREKUENSI OSKILASI DAN TINGGI *DISCHARGE*

Ahmad Zamheri, Mulyadi S, Dwi Arnoldi ^{*)}

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211
E-mail: polisriwijaya.co.id

Abstrak

Di Indonesia banyak air terjun alam yang belum dapat dimanfaatkan. Di sisi lain, masih banyak areal pertanian kurang produktif karena tidak ada sarana irigasi teknis. Kedua fenomena memiliki korelasi dan dapat bersinergi melalui pemanfaatan teknologi. Penelitian memiliki tujuan jangka panjang untuk ikut mensosialisasikan pemakaian energi potensial air terjun yang dapat dimanfaatkan sebagai sarana irigasi pertanian. Metode penelitian yang diterapkan adalah kaji eksperimen terhadap sebuah Prototipe Pompa Hidram yang berfungsi untuk menaikkan air. Pompa bekerja berdasarkan prinsip Water Hammer. Pemakaian pompa Hidram untuk skala industri adalah untuk keperluan irigasi jika dilokasi terdapat sumber air terjun alam dengan ketinggian minimum sekitar 5 meter serta debit minimum 0,5 m³/detik. Kegiatan penelitian dipusatkan di Laboratorium M&R Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Variabel utama penelitian adalah efisiensi (η), sedang variabel bebas adalah ketinggian pipa buang (H_2) dan frekwensi oskilator (f). Variabel-variabel yang ditetapkan berdasarkan konstruksi adalah ketinggian air jatuh, $H_1 = 1,8$. Dari hasil pengujian dihasilkan data-data utama pada kondisi optimum adalah:

- Untuk $H_2 = 1$ m, frekwensi oskilator, $f = 196$ cpm, menghasilkan efisiensi, $\eta = 17,92$ %,
- Untuk $H_2 = 2$ m, frekwensi oskilator, $f = 168$ cpm, menghasilkan efisiensi, $\eta = 12,86$ %,
- Untuk $H_2 = 3$ m, frekwensi oskilator, $f = 138$ cpm, menghasilkan efisiensi, $\eta = 12,42$ %.

Karakteristik pompa hidram ditunjukkan oleh korekasi antara efisiensi dan tinggi angkat, Hasil pengujian statistik dari beberapa fungsi metemika diperoleh fungsi yang paling eksak yang menunjukkan karakter pompa adalah fungsi pangkat (Power funtion) : $\eta_s = 17,49 H_2^{-0,34}$ dengan koefisien Korelasi: $R^2 = 0,919$

Kata kunci: Pompa Hidram, Water Hammer, Energi terbarukan.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar mineral (meliputi minyak bumi dan batu bara), maka beberapa solusi telah dan sedang dikembangkan. Solusi tersebut antara lain pemanfaatan energi alam (matahari, angin, panas bumi dan lain-lain) serta pembuatan energi biomasa yang dapat langsung dipakai untuk menggantikan bahan bakar minyak untuk mesin-mesin yang sudah ada.

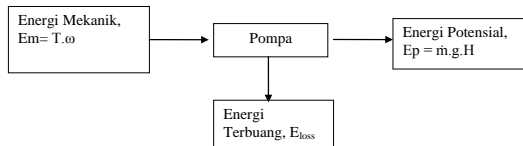
Pompa adalah bagian dari Mesin Konversi Energi yang mengubah Energi Mekanik (=Energi Gerak= Daya= Power) menjadi Energi Potensial. Pompa juga bisa didefinisikan sebagai mesin untuk mengalirkan cairan. Pada pemakaiannya, baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri, pompa bekerja menggunakan energi mekanik yang berasal dari motor listrik maupun dari mesin-mesin penghasil daya, seperti motor listrik maupun motor bakar serta turbin, semuanya berawal dari pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM).

Pompa hidram (*Hydrolics Ram*), yang dimaksud pada judul penelitian ini, adalah

pompa yang bekerja atas dasar perubahan Energi Kinetik menjadi energi potensial atau sebaliknya. Perubahan energi tersebut terjadi secara berulang-ulang, sedemikian hingga air dapat mengalir lebih tinggi dari permukaan awal.

Berdasarkan prinsip kerjanya, Pompa Hidran dikelompokkan menjadi 3 jenis (Kent's, 1987), yaitu:

- a. Jenis pegas mekanis, dimana perubahan energi potensial mekanik diatur oleh katup dengan pengendalian pegas. Pompa hidran jenis ini memiliki kekurangan pada penurunan kinerja pompa. Hal ini didasarkan pada perubahan sifat pegas ketika pompa dioperasikan dalam waktu yang lama.
- b. Jenis diafragma. Pompa jenis ini bekerja atas dasar pemanfaatan ruang vakum yang dikendalikan oleh diafragma. Memiliki kelebihan dalam perfomansi, akan tetapi memiliki kekurangan dari segi kompleks, sehingga lebih sulit dari segi perawatan dan perbaikan.
- c. Jenis Pelampung Aktif. Jenis ini bekerja atas dasar pemanfaatan massa dan gaya apung pelampung yang dihubungkan dengan sistem katup.



Gambar 1: Perubahan Energi pada Pompa

1.2 Perumusan Masalah

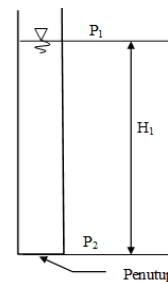
Indonesia memiliki air terjun alam yang banyak jumlahnya. Karena faktor teknis dan geografis, maka air terjun-air terjun tersebut belum sepenuhnya dapat dimanfaatkan. Selain itu juga permasalahan yang berkaitan dengan penguasaan teknologi Bidang Konversi Energi yang masih minim. Alih teknologi untuk masyarakat masih terkendala sosialisasi serta pola fikir yang berorientasi sebagai konsumen teknologi, dan bukan produsen teknologi.

Ketika sosialisasi teknologi Pompa Hidran dimulai dari dunia pendidikan, hal ini juga dijumpai permasalahan berupa belum tersedianya model maupun panduan praktek yang berkaitan dengan Pompa Hidran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pompa Hidram bekerja atas dasar pemanfaatan Penomena Ketukan Air (Fox, 1977). Penomena Ketukan Air sering disebut Water Hammer dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Jika sebatang pipa (selanjutnya disebut pipa pesat) dengan posisi vertikal ditutup di ujung bawahnya serta pipa berisi air dengan ketinggian H (m), maka didalam pipa akan terjadi distribusi tekanan Hidrostatik



Gambar 2: Air di dalam pipa vertikal

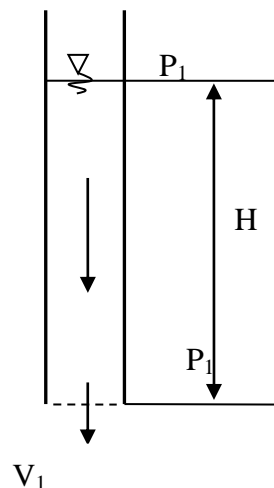
dengan persamaan:

$$P_2 = P_1 + \rho \cdot g \cdot H_1 \text{ (Pa)} \tag{1}$$

Dimana,

- P₂ : Tekanan air di dasar Pipa (Pa)
- P₁ : Tekanan air di permukaan (Pa)
- P : Massa jenis air = 1000 kg/m³ (kondisi standar)
- H₁ : Tinggi angkat (Head), (m)

- b. Jika pipa pesat dalam keadaan terbuka dan tinggi angkat (H₁) dipertahankan, air mengalir bebas dengan kondisi P₁ = P₂ (Schaum's, 1989).



Gambar 3: Pipa vertikal terbuka

Persamaan Energi yang terjadi adalah:

• Energi Potensial,

$$\dot{E}_{p1} = \dot{m}_1 \cdot g \cdot H_1 \text{ (Watt)} \quad (2)$$

Dimana,

- \dot{m}_1 : laju aliran massa air (kg/det)
- g : Konstanta percepatan gravitasi = 9,81 m/det²
- H_1 : Tinggi angkat (*Head*) statik (m)

• Energi Kinetik,

$$\dot{E}_{k1} = \frac{1}{2} \dot{m}_1 \cdot V_1^2 \text{ (Watt)} \quad (3)$$

Dimana,

- \dot{m}_1 : laju aliran massa air (kg/det)
 - V_1 : Kecepatan aliran air (m/det)
- Karena kedua energi nilainya sama (Kreith, 1988), maka diperoleh persamaan:
 Kecepatan aliran air,

$$V_1 = f \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1} \quad (4)$$

dimana,

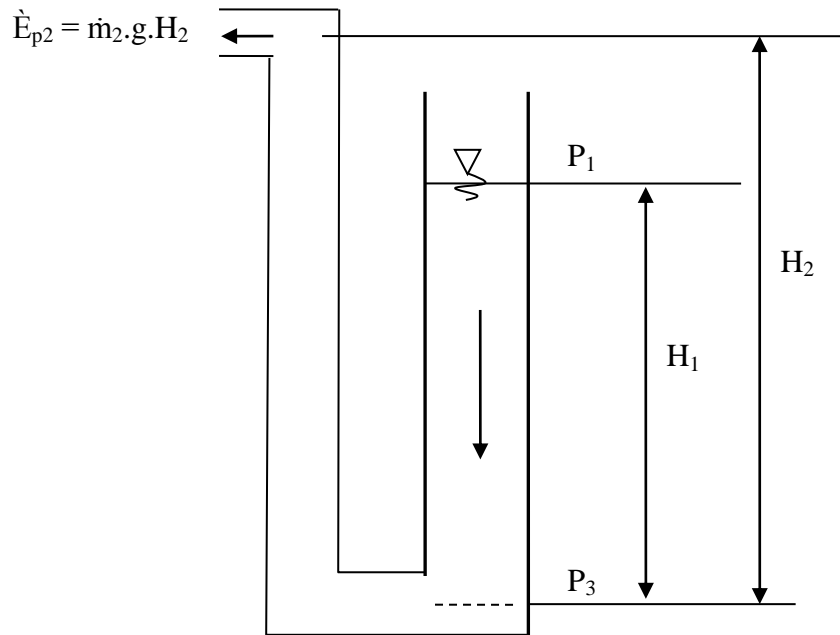
- f : koefisien gesek antara air dan pipa
- Laju aliran massa air (Persamaan kontinuitas).
- $\dot{m}_1 = \rho \cdot Q$ (kg/det)
- $= \rho \cdot V_1 \cdot A \cdot Q$ (kg/det)

Dimana,

- Q = debit/kapasitas (m³/det)
- A = luas penampang pipa (m²)

c. Jika pipa pesat ditutup secara tiba-tiba, maka aliran air akan berhenti. Tekanan hidrostatik air di dasar pipa akan naik menjadi P_3 lebih besar dari P_1 . Bersamaan dengan itu, Energi Potensial dan Energi Kinetik 'seolah-olah' hilang. Fenomena ini disebut sebagai *Water Hammer*. Energi yang 'hilang' tersebut dapat diubah menjadi energi potensial baru (di pipa buang) dengan nilai yang sama dengan energi potensial pada pipa pertama.

$$\dot{E}_{p1} = \dot{E}_{p2} \quad (4)$$



Gambar 4: Fenomena *Water Hammer*

Nilai \dot{E}_{p2} akan selalu lebih rendah dari \dot{E}_{p1} . Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: gesekan fluida, mekanisme sistem katup serta faktor alam yang secara matematis sulit untuk dipecahkan. Dampak dari faktor-faktor tersebut adalah timbulnya efisiensi sistem (η_s) yang diformulasikan sebagai:

$$\eta_s = \frac{\dot{E}_{p2}}{\dot{E}_{p1}} \times 100\% = \frac{\dot{m}_2 \cdot g \cdot H_2}{\dot{m}_1 \cdot g \cdot H_1} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan mengeliminir g (percepatan gravitasi) serta t (waktu). Maka persamaan (5) menjadi

$$\eta_s = \frac{m_2 \cdot H_2}{m_1 \cdot H_1} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana,

- m_2 : massa air yang dihasilkan oleh pipa discharge, kg
- m_1 : massa air yang dikeluarkan oleh pipa suction melalui oskulator, kg

H_2 : Tinggi angkat pipa discharge, m

H_1 : Tinggi angkat pipa suction, m

Dalam pemakaian analisis tersebut pada pompa hidran, variabel laju alir massa pada (m_2) bernegosiasi dengan variabel tinggi angkat ($Head, H_2$). Untuk selanjutnya skala prioritas diambil berdasarkan keperluan.

3. TUJUAN DAN MANFAAT

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bersifat induktif, artinya berhubungan langsung dengan kejadian nyata. Kegiatan dipusatkan di Bengkel M & R Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya dengan melibatkan dua orang staf pengajar. Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai, antara lain:

1. Membuat rancang bangun Model Pompa Hidram. Diharapkan model yang dihasilkan dapat dijadikan alat bantu ajar (*teaching Aid*) bagi staf pengajar Jurusan Teknik mesin Polstri, pada disiplin Ilmu: Mekanika Fluida dan Konversi Energi.
2. Melakukan pengujian model pompa Hidram, yang akan menghasilkan data-data penelitian untuk dijadikan referensi pada penelitian lainnya.
3. Membuat modul praktikum, yang dapat dipakai sebagai SOP (*Standard Operation Procedure*) ketika mahasiswa maupun dosen mengoperasikan model Pompa Hidran.

3.2 Manfaat Penelitian

Hasil rancang bangun Pompa Hidram pada kegiatan penelitian ini, akan banyak memberikan manfaat dalam bentuk kontribusi bagi masyarakat. Mesin bersifat *portable* (mudah dipindahkan dalam waktu yang cepat), *lockdown* (mudah dibongkar pasang) serta dilengkapi sistem keamanan baik bagi operator maupun komponen - komponen mesin yang terlibat.

Kontribusi hasil penelitian dalam dunia pendidikan adalah untuk mengembangkan ilmu yang berkaitan dengan Mesin Konversi Energi, baik bagi mahasiswa maupun kalangan akademisi yang *concern* pada Pemanfaatan *Renewable Energy*. Mesin hasil rancang bangun ini juga dapat diaktifkan sebagai paket praktikum pada Jurusan Mesin untuk Mata Kuliah Teknik Perawatan & Perbaikan yang sudah diajarkan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.

4. METODE PENELITIAN

Atas dasar pertimbangan faktor teknis lapangan, maka pompa hidran yang akan dibuat sekaligus dijadikan adalah dari jenis Pelampung Aktif. Penelitian dimulai dengan observasi lapangan dengan tujuan untuk mengetahui kesiapan peralatan, ketersediaan komponen serta kemampuan sumber daya manusia yang terlibat. Hasilnya adalah bahwa semua telah siap dan dapat dilaksanakan. Selanjutnya kegiatan dibagi menjadi 3 bagian yang terdiri dari:

4.1. Rancang Bangun Instalasi Pompa Hidran

Kegiatan ini bersifat fisik yang melibatkan pekerjaan produksi serta pengadaan material/komponen. Unit yang dibuat akan bersifat *knock down*, dengan tujuan untuk kemudahan dalam hal perawatan dan perbaikan. Secara runut kegiatan dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Sistem Rangka Pendukung

Rangka Pendukung berfungsi sebagai infra struktur dimana Instalasi pompa Hidran ditempatkan. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam pembuatan rangka antara lain:

aspek geometrik (kesejajaran, kesimetrisan, kesebidangan), aspek konstruksi (kekuatan, kekakuan, kestabilan dan usia pakai) serta aspek ergonomis (meliputi: kemudahan dalam mengoperasikan mesin). Pada sistem Rangka terdapat beberapa subsistem, antara lain:

- Rangka Penyangga, berfungsi untuk memegang, mengangkat dan mempertahankan posisi komponen mesin. Dirancang dan dibuat dengan sasaran untuk menjamin signifikansi data-data ketika mesin diuji.
- Sistem Pembawa, berfungsi untuk mempermudah ketika mesin akan dipindahkan.

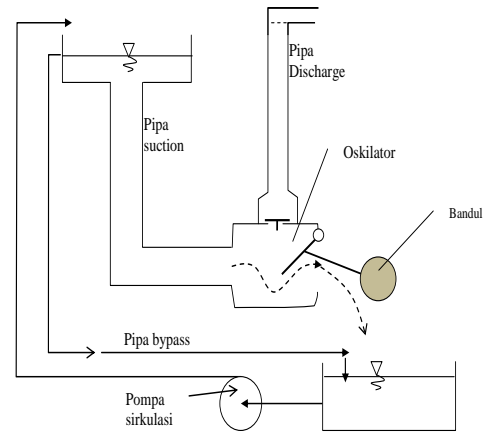
b. Instalasi Pompa Hidran, yang meliputi:

- Sistem Perpipaan, terdiri dari: Pipa pesat yang berfungsi sebagai saluran air jatuh. Ditetapkan dengan bahan PVC dengan panjang 4 m dan diameter 4" Pipa. Pipa buang dengan bahan PVC, panjang 8 m diameter ¾". Pipa air pengisi dengan ukuran: panjang 3 m diameter 1", bahan PVC.
- Sistem Katup, terdiri dari: Katup Buang dengan bahan *Thermset*, memiliki ukuran diameter 5 cm dan tebal 4 mm. Katup Angkat, terbuat dari *fibreglass*.

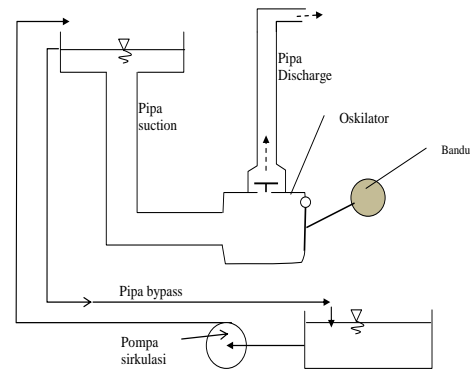
- Dengan ukuran: tebal 3 mm dan diameter 2 cm.
 - Pelampung Aktif. Berbentuk bola dengan diameter 8 cm, terbuat dari bahan plastik polipropilen.
 - Pompa air pengisi, berfungsi untuk mensuplai air dari penampung bawah ke penampung atas
- c. Sistem instrumentasi dipasang dengan tujuan untuk pengambilan data pengujian, sedangkan sistem kendali dipasang untuk mendapatkan stabilitas kerja sistem.
- Sistem instrumentasi terdiri dari: *flowmeter* berfungsi untuk mengukur debit air, mistar digital untuk mengukur *head* serta *Stopwatch* untuk mengukur waktu oskilasi air.
 - Sistem Kendali yang akan dipergunakan adalah dari jenis *I/O Feedback* dengan signal input gaya dan output Termokopel, berfungsi untuk mengukur emperatur reaksi
- d. Sistem Keamanan.
- Sistem keamanan diperlukan untuk menjamin keamanan dan keselamatan, baik untuk operator maupun peralatan/mesin uji, terdiri dari:
- Pengatur Tegangan listik (*Voltage Regulator*), berfungsi untuk menetapkan tegangan suplai ke pmpa sirkulasi
 - Proteksi panas, yaitu dengan menempatkan termostat pada motor listik pompa sirkulasi. Dimana jika terjadi temperatur diatas normal, maka jaringan listrik akan diputuskan.

Gambar berikut menampilkan secara skematik instalasi Pompa Hidram. Dua Konfigurasi pokok yang terjadi, yaitu:

- Posisi buang. Katup Oskilasi yang terbuka memungkinkan air mengalir bebas pada pipa pesat melewati katup oskilasi menuju penampung utama diman terdapat pelampung aktif. Lubang buang yang tertutup memunkinkan permukaan air naik serta mengangkat pelampung.
- Poisi Angkat. Setelah pelampung mencapai ketinggian tertentu, katup oskilasi, secara tiba-tiba tertutup. Saat itu terjadi efek *Water Hammer* yang dapat mengangkat air lebih tinggi ke pipa hasil. Ketika pelampung mencapai ketinggian maksimum, maka penutup lubang penampung utama akan terbuka serta menlirkan air ke penampung bantuan



Gambar 5: Pompa Hidram posisi buang



Gambar 6: Pompa Hidram posisi angkat

4.2. Pegujian Pompa Hidram

Dengan pertimbangan mobilitas dan portabilitas, maka variabel-variabel yang ditetapkan adalah:

- a. Tinggi air jatuh pada pipa pesat, $H_1=1,8\text{m}$
- b. Debit Pompa sirkulasi untuk mensuplai air, $Q = 2,3 \text{ m}^3/\text{menit}$ pada ketinggian 1,8m
- c. Diameter pipa pesat, $\phi_1 = 1,5''$
- d. Diamater pipa buang, $\phi_2 = \frac{1}{2}''$
- e. Massa air pada pipa dari pipa pesat, $m_1= 12,1 \text{ kg}$

Sedangkan Variabel yang akan divariasikan adalah:

- a. Kenaikan tinggi air pada pipa buang, H_2 , masing-masing 1m, 2 m dan 3 m
- b. Frekwensi oskilasi pada katup penutup, f (dalam satuan cpm: *cycle per menit*), ada tiga harga yang akan diambil, bergantung pada kondisi pengujian.
- c. Efisiensi pompa hidram, η_s (%), harganya dihitung menggunakan rumus (6)

Kegiatan dimulai dengan pengujian awal serta kalibrasi alat ukur yang akan dipakai pada pengujian. Dilanjutkan dengan pengujian awal (*Comossioning*) dengan

tujuan untuk melihat respon instalasi terhadap tekanan dan kecepatan air, serta dijamin dalam keadaan aman ketika dilakukan pengujian.

Secara garis besar prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Sistem katup dalam keadaan tertutup dan pelampung ditahan untuk tetap pada posisi diam
- b. Pompa sirkulasi dihidupkan, instalasi akan terisi air. Jika air sudah penuh mengisi instalasi maka katup utama dibuka.
- c. Sistem pelampung aktif digerakkan secara manual, selanjutnya gerakan oskilasi akan terjadi akibat efek Ketukan Air.
- d. Jika pompa Hidram sudah beroperasi normal, maka data-dat pengujian dapat diambil. Data- data tersebut meliputi:
 - Tinggi angkat (*Head*) pada pipa pesat, H_1 (m)

- Tinggi angkat (*Head*) pada hasil, H_2 (m)
 - Laju aliran massa air pada pipa pesat, \dot{m}_1 (kg/det)
 - Laju aliran massa air pada pipa hasil, \dot{m}_2 (kg/det)
- e. Analisis data pengujian menggunakan korelasi Statistik menggunakan program Komputer Excel.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

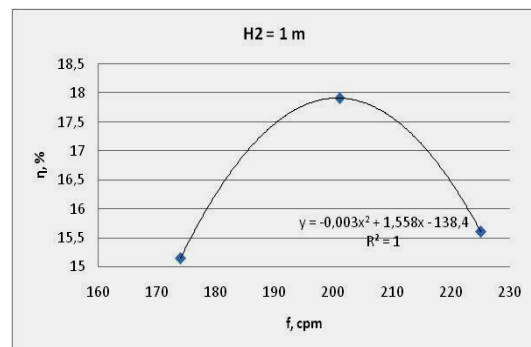
Setiap satu data dibentuk dari lima sampel yang secara statistik telah diuji, baik Variansi maupun Deviasinya standarnya. Tabel berikut menyajikan rekapitulasi data akhir dari pengujian mesin pompa Hidram. Frekwensi oskilasi diatur dengan memutar baut *spacer*. Efisiensi pompa hidram dihitung menggunakan rumus (6).

Tabel 1 . Data pengujian Pompa Hidram

Kenaikan <i>Head</i> pada pipa buang, H_2 (m)	Frekwensi Oskilasi, f (cpm)	Masa air dari pipa buang, m_2 (kg)	Efisiensi Pompa Hidram, η_s (%)
1	225	3,4	15,61
	201	3,9	17,91
	174	3,3	15,15
2	186	1,2	11,02
	172	1,4	12,85
	159	1,3	11,93
3	163	0,7	9,64
	142	0,9	12,39
	121	0,8	11,02

5.2 Pembahasan

Sifat-sifat pompa Hidram ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik dua dimensi yang melibatkan Frekwensi oskilasi (f) serta efisisensi pompa (η_s). Untuk menentukan efisiensi maksimum pada frekwensi optimum dipergunakan metode turunan pertama. Dengan bantuan pogram Komputer Excel. pemilihan fungsi matematik yang menunjukkan korelasi antar variabel ditentukan berdasarkan Koefisien Korelasi (R^2) tertinggi



Gambar 7: Kurva f - η untuk kenaikan pipa buang 1 m

Kedua variabel membentuk fungsi matematik:

$$Y = -0,003 x^2 + 1,558 x - 138,4$$

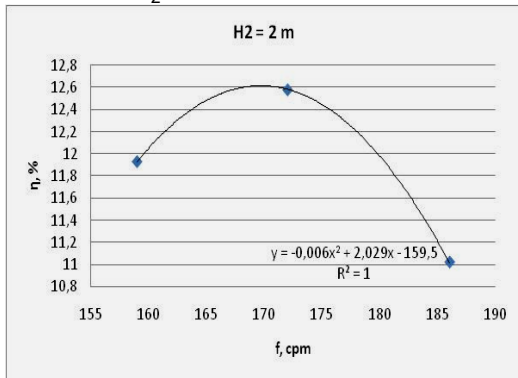
Dengan Koefisien Korelasi: $R^2 = 1$

Kondisi optimum diperoleh pada:

Frekwensi, $f = 198$ cpm

Efisiensi, $\eta_s = 17,92\%$

a. Untuk $H_2 = 2$ m



Gambar 8: Kurva $f-\eta$ untuk kenaikan pipa buang 2 m

Kedua variabel membentuk fungsi matematik:

$$Y = -0,006 x^2 + 2,029 x - 159,5$$

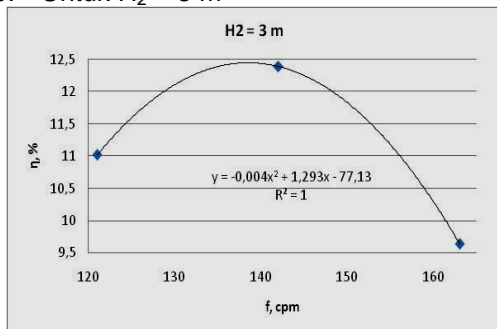
Dengan Koefisien Korelasi: $R^2 = 1$

Kondisi optimum diperoleh pada:

Frekwensi, $f = 168,2$ cpm

Efisiensi, $\eta_s = 12,86$ %

b. Untuk $H_2 = 3$ m



Gambar 9: Kurva $f-\eta$ untuk kenaikan pipa buang 3 m

Kedua variabel membentuk fungsi matematik:

$$Y = -0,004 x^2 + 1,293 x - 77,13$$

Dengan Koefisien Korelasi:

$$R^2 = 1$$

Kondisi optimum diperoleh pada:

Frekwensi, $f = 138$ cpm

Efisiensi, $\eta_s = 12,42$ %

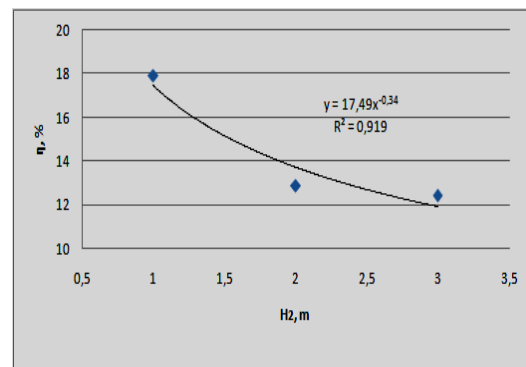
Dari ketiga kurva tersebut dihasilkan kurva karakteristik Pompa Hidram, dengan Tinggi pipa buang sebagai sumbu datar dan efisiensi sebagai sumbu tegak. Dari hasil percobaan untuk beberapa fungsi aljabar, maka fungsi yang paling eksak yang menunjukkan karakter pompa adalah fungsi pangkat (Power function) :

$$\eta_s = 17,49 H_2^{-0,34}$$

Dengan koefisien Korelasi:

$$R^2 = 0,919$$

Fungsi matematik tersebut bersifat Asimptotik, yang mengindikasikan bahwa kenaikan pipa buang, sebarangpun besarnya, akan tetap menghasilkan efisiensi. Artinya, bahwa popa Hidram dapat bekerja untuk ketinggian pipa buang tak terbatas. Hal ini sesuai dengan Konsep Kapasitor pada sistem rangkain listrik. Nilai $R^2 = 0,919$ adalah nilai tertinggi yang bisa dicapai. Secara ststistik, fungsi yang diambil adalah Signifikan , artinya dapat mewakili kecenderungan ketiga koordinat yang ada.



Gambar 10. Kurva Karekteristik Pompa Hidram obyek penelitian

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Luaran penelitian telah sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian ini bersifat Induktif, yaitu melakukan eksperimen terhadap obyek penelitian, baik dalam bentuk Kuantitatif. Kegiatan dimulai dengan studi lapangan untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan sumber air terjun am. Dilanjutkan dengan rancang bangun pompa Hidram serta pengujian mesin.

- Pompa Hidram obyek penelitian, dapat dijadikan sebagai modul Praktikum yang berkaitan dengan Konversi Energi.
- Pengujian sistem menghasilkan Korelasi matematik:

$$Y = 17,49 x^{-0,34}$$

Dengan koefisien Korelasi:

$$R^2 = 0,91$$

Data-data pendukung dari literatur sangat membantu untuk mengatasi masalah dan kendala yang dijumpai. Data-data eksperimen serta korelasi dari variabel-variabek penelitian dapat dijadikan rujukan (referensi) kepada pihak terkait jika tertarik

menggunakan teknologi yang dikembangkan pada penelitian ini.

6.2 Saran

Berkaitan dengan luaran kegiatan penelitian yang sudah dihasilkan, maka penulis memberikan saran kepada pihak yang akan mengoperasikan pompa hidran, antara lain:

- a. Selalu menjaga kebersihan air agar tidak mengganggu sistem katup yang ada, sehingga dapat menghindari sistem dari kerusakan.
- b. Kepada para mahasiswa yang melakukan praktikum, gunakan SOP (*Standar Operation Procedure*), baik untuk pengoperasian maupun perawatan

1. Fox, G,(1987), *Fundamental Fluid Mechanics*, 4th edition, Mc Graw-Hill Book Company, Toronto.
2. Kharasik, N dan Nasby,K.L (1982)., *Pumpa Handbook.*, 3rd edition, International Book Publisher, New Delhi
3. Schaum's Outline Serries alih bahasa Hidirman Y(1988), *Mekanika Fluida dan Hidrolika.*, edisi2, Penerbit Balai Akasara, Jakarta
4. Varray X, at al, (2008).,'Optimization Setting of Autotransfer Hydrolics Ram', *Ashrae Internatinal Journal* Vol.1, Frankfurt
5.www/http:renewableenergy/autopump/Hydrolic

DAFTAR PUSTAKA

DOKUMENTASI PENELITIAN

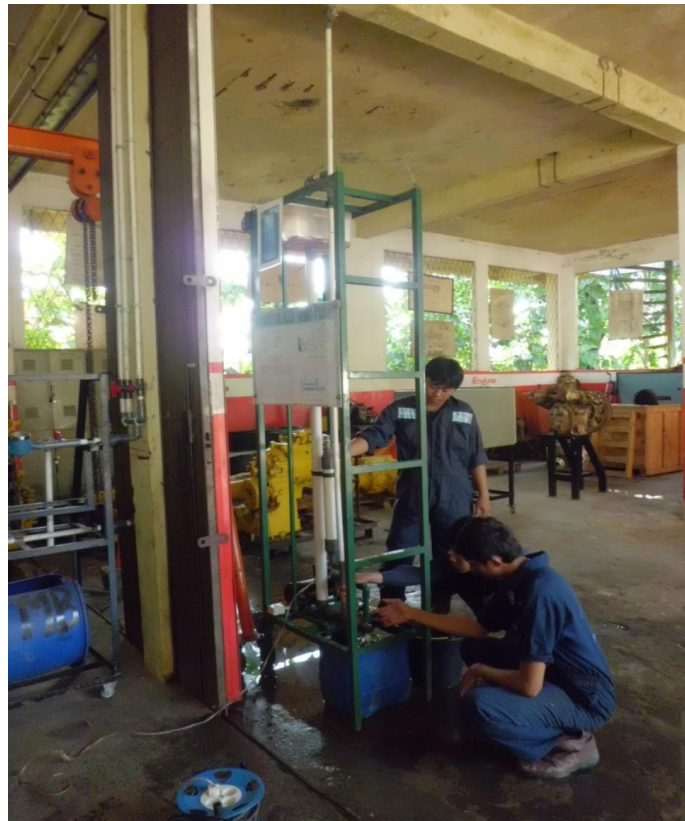


Foto Konstruksi Simulator Pompa Hidram