



PENGARUH KETINGGIAN AIR JATUH DAN DIAMETER INPUT TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM

Mochammad Nasywan Al Khafif Solikin¹, Bambang Irawan², Wirawan³, Asrori⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65141.

*Email: bambang.irawan@polinema.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini adalah membuat dan menganalisis *hydraulic ram pump* untuk kebutuhan dapur dan kantor. Metode penelitian ini adalah eksperimental untuk mengkaji kinerja pompa hidra,. Variabel bebas yang digunakan meliputi ketinggian air jatuh (*head input*) dan diameter pipa input. Variabel terikat yang diamati adalah debit air yang dihasilkan dan efisiensi sistem. Variabel terkontrol ketinggian pemompaan dan tekanan air konstan selama eksperimen, Hasil dari penelitian ini ketinggian air jatuh (*head input*) terbukti memiliki pengaruh paling dominan terhadap peningkatan efisiensi pompa hidram. Pada ketinggian 4 meter, efisiensi maksimum tercapai, dengan nilai tertinggi sebesar 65,75% pada diameter input terbesar 2 inci.

Kata Kunci: Pompa Hidram, Diameter Input, Ketinggian, Efisiensi

A B S T R A C T

This research involves the design and analysis of a hydraulic ram pump for kitchen and office needs. The research method employed is experimental, aimed at evaluating the performance of the hydraulic ram pump. The independent variables used include the falling water height (input head) and the input pipe diameter. The dependent variables observed are the water discharge produced and the system efficiency. The controlled variables include the pumping height and constant water pressure during the experiment. The results of this study indicate that the falling water height (input head) has the most dominant influence on improving the hydraulic ram pump's efficiency. At a height of 4 meters, maximum efficiency is achieved, with the highest value reaching 65.75% at the largest input diameter of 2 inches.

Keywords: Hydraulic Ram Pump, Input Diameter, Height, Efficiency

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagirism Checker No
234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam terbarukan yang dibutuhkan dalam semua aspek di kehidupan. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sumberdaya air yang sangat berlimpah dan berpotensi menghidupkan banyak sektor, seperti pariwisata, pertanian, dan industri. Salah satu sektor yang sangat membutuhkan air adalah sektor industri (Desti & Ula, 2021). Sektor industri memiliki peranan signifikan dalam mendukung perkembangan suatu daerah. Dalam menjalankan aktivitasnya, industri sangat bergantung pada ketersediaan air yang menjadi kebutuhan utama. Oleh karena itu, diperlukan pasokan air bersih dengan mutu dan jumlah yang memadai agar operasional industri dapat berlangsung secara optimal. Namun, dalam beberapa kondisi, penyediaan air bersih seringkali menghadapi kendala seperti keterbatasan akses, perbedaan ketinggian sumber air, serta keterbatasan energi listrik untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi. Permasalahan ini memerlukan solusi yang efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan.

PT Perkebunan sebagai salah satu perusahaan perkebunan besar di Indonesia, menghadapi tantangan serupa. Kebutuhan air untuk dapur dan kantor di kebun ini sangat tinggi, sementara pengelolaan air bersih dengan metode konvensional seringkali tidak efektif karena jarak yang jauh dari sumber air atau minimnya infrastruktur pendukung. Untuk itu, solusi dalam pemanfaatan teknologi untuk mengatasi masalah pasokan air menjadi suatu kebutuhan yang mendesak.

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah Hydraulic Ram Pump, yaitu alat yang digunakan untuk memindahkan air dari lokasi yang lebih rendah ke lokasi yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial dari sumber air tersebut (Putrawan dkk., 2020). Pompa ini mengalirkan air secara berkelanjutan dengan mengandalkan energi potensial air sebagai sumber tenaga utama, tanpa memerlukan bahan bakar atau energi tambahan dari luar (Nurfauzan 2022). Pompa ini sangat tepat untuk daerah-daerah yang jauh dari sumber listrik, karena pompa ini pemeliharaannya sangat sederhana (Supriyanto & Irawan, 2017). Dalam perancangan pompa hidram ada beberapa syarat yang harus diperhatikan yaitu ketinggian atau kemiringan terjunan air, kecepatan air mengalir pada pipa, dan besar tekanan air (Nuraeni dkk., 2020).

Dalam penelitian Budi (2019) yang berjudul pengaruh variasi diameter pipa input dan pipa output terhadap kinerja pompa hidram hasil penelitian menunjukkan bahwa Efisiensi pompa hidram terbesar adalah pada variasi diameter pipa Input 1 inchi dan pipa Output 1½ inchi dengan debit Input 8 liter/menit yaitu 9,5 %, sedangkan untuk efisiensi terendah terjadi pada debit Input 7 liter/menit pada variasi diameter pipa Input 1½ inchi dan pipa Output 1½ inchi



yaitu 4,2 %. Rasio antara diameter input dan output terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi kerja pompa hidram. Kombinasi diameter input yang lebih kecil (1 inci) dan output yang lebih besar (1½ inci) memungkinkan terjadinya tekanan balik (back pressure) yang lebih optimal, sehingga energi kinetik air dapat dikonversi menjadi tekanan secara lebih efisien (W dkk., 2019)

Dalam penelitian Hadi (2019) yang berjudul pengaruh tinggi reservoir dan debit masukan terhadap efisiensi pompa hidram hasil penelitian menunjukkan bahwa debit pemompaan tertinggi sebesar 2,1 liter/menit diperoleh pada variasi ketinggian reservoir 1 meter. Hasil serupa juga dicapai pada saat debit masukan mencapai 14 liter/menit, yang menunjukkan bahwa baik peningkatan debit input maupun ketinggian reservoir berkontribusi terhadap peningkatan debit pemompaan. Selain itu, pressure discharge menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya debit masukan dan ketinggian reservoir, menandakan adanya hubungan langsung antara kedua parameter tersebut dengan performa pompa. Performa terbaik dari pompa hidram tercapai pada debit masukan 14 liter/menit dengan ketinggian reservoir 1,5 meter, di mana nilai efisiensi D'Aubussin mencapai 44,06% dan efisiensi pompa hidram sebesar 29,91%. Ini menunjukkan bahwa peningkatan energi potensial (karena ketinggian) serta volume aliran (debit) secara bersamaan dapat meningkatkan daya dorong air melalui sistem pompa hidram (Hadi, 2019).

Dalam penelitian oleh Ridho, A. (2022) yang berjudul "Pengaruh Perbedaan Ketinggian Air Masuk terhadap Tekanan Tabung pada Pompa Hidram" membahas hubungan antara variasi ketinggian air masuk (*head input*) dan tekanan yang dihasilkan di dalam tabung udara pada pompa hidram. Penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana ketinggian air masuk memengaruhi efisiensi sistem pompa hidram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perbedaan ketinggian air masuk debit air yang masuk melalui pipa input sangat mempengaruhi efisiensi pompa hidram, semakin besar debit air pada pipa input maka tekanannya juga akan besar karena dipengaruhi volume air yang masuk jumlahnya juga besar. (Ridho, 2022)

Dalam penelitian oleh Nurfauzan, M. dkk (2019) dengan judul " Uji Kinerja Pompa Hidram" Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi ketinggian pipa outlet terhadap debit outlet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pengujian pompa hidram menggunakan 2 klep buang dan 1 klep hisap dengan 4 ketinggian inlet dengan masing-masing tinggi inlet menggunakan 6 ketinggian outlet, menunjukkan bahwa debit tertinggi sebesar 5 liter/menit terdapat pada pipa inlet 3 meter dengan tinggi pipa outlet 3,25 meter. (Nurfauzan et al., 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketinggian head input dan diameter pipa input terhadap efisiensi pompa hidram. Fokus utama diarahkan pada bagaimana masing-

masing variabel tersebut memengaruhi performa sistem, serta mencari kombinasi yang paling optimal dalam menghasilkan efisiensi maksimum. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk perancangan pompa hidram yang lebih efisien dan sesuai dengan kondisi lapangan.

Berdasarkan tujuan tersebut, rumusan masalah yang diajukan meliputi: Bagaimana pengaruh ketinggian air jatuh terhadap efisiensi yang dihasilkan, Bagaimana pengaruh diameter input terhadap nilai efisiensi, serta apakah terdapat kombinasi nilai ketinggian dan diameter input tertentu yang mampu menghasilkan efisiensi maksimum.

2. KAJIAN PUSTAKA

a. Pompa hidram

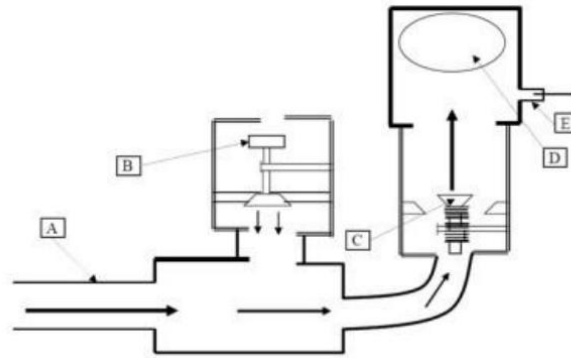


Gambar 2.1 Pompa Hidram

Pompa hidram adalah alat yang digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi tanpa menggunakan energi motor bakar, tanpa energi listrik, tapi hanya memanfaatkan energi potensial sumber air serta energi kinetik air yang dialirkan (Jafri & Gusnawati, 2016) Pompa hidram bekerja berdasarkan prinsip *water hammer*. Penutupan katup limbah menyebabkan aliran air seolah-olah dihentikan secara tiba-tiba, sehingga energi kinetik air berubah menjadi energi tekanan. Besarnya perubahan energi ini ditentukan oleh kecepatan penutupan katup buang. Jika katup buang menutup secara tiba-tiba, tekanan di dalam *drive pipe* akan meningkat secara signifikan (Eka Putra et al., 2024)

b. Prinsip Kerja Hidraulic Ram Pump

Prinsip kerja dari pompa hidram ini terdapat beberapa komponen seperti pipa suplai (A), katup buang (B), katup masuk (C), tabung udara (D), dan pipa hantar (E). Sistem kerja diawali dengan aliran air dari sumber masuk melalui pipa suplai dan keluar melalui katup buang. Dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Prinsip Kerja

Naiknya kecepatan aliran akan mendorong katup buang ke atas hingga tertutup dan menghentikan aliran air dari pipa suplai. Hal ini menyebabkan terjadinya fenomena pukulan air sehingga tekanan naik secara drastis. Kenaikan tekanan ini akan membuka katup masuk sehingga terjadi aliran menuju pipa hantar. (Saputra & Saputra, 2018)

c. Komponen Pompa Hidram

Secara dasar komponen pompa hidram adalah :

1) Katup buang

Katup buang, juga dikenal sebagai katup pelepas air limbah, dirancang untuk mendorong aliran air yang dihasilkan oleh mata air, yang menyediakan sumber tenaga untuk pompa. (Zulhendri et al., 2019)

2) Katup Penghantar

Katup penghantar merupakan katup yang menghisap air dari rumah pompa ke tabung udara, serta menahan air yang sudah masuk ke dalam tabung udara dan mengambil air dari rumah pompa agar tidak kembali lagi. (Zulhendri et al., 2019)

3) Tabung Udara

Tujuan dari tabung udara adalah untuk meningkatkan dan memperkuat kapasitas pemompaan, sehingga air dapat terangkat ketika memasuki tabung kompresor. Untuk memastikan pengoperasian yang efisien, perlu untuk menciptakan ruang udara yang sangat tertutup yang dapat bertahan dari tekanan tekanan yang dihasilkan selama siklus ram. Hal ini akan memungkinkan aliran air yang konsisten melalui pipa pengiriman, meminimalkan kehilangan daya karena berkurangnya gesekan. (Zulhendri et al., 2019)

4) Pipa Pengantar

Pipa ini berfungsi sebagai penyalur air. Pipa saluran masuk pompa hidram merupakan komponen penting karena harus cukup kuat untuk menahan tekanan luar biasa akibat penutupan katup limbah secara tiba-tiba. (Zulhendri et al., 2019)



5) Pipa masuk /pengantar

Air dapat dipompa pada ketinggian yang cukup tinggi dengan menggunakan ram hidrolik. Pipa keluar harus mengatasi gesekan antara air dan dinding pipa jika pipa keluarnya panjang. (Zulhendri et al., 2019)

d. Persamaan Dasar

Efisiensi adalah perbandingan masukan (input) dengan pengeluaran (output) ataupun ketepatan cara usaha kerja terhadap hasil didalam proses suatu unit kerja, efisiensi selalu menjadi pertimbangan penting pada proses unit kerja. Karena salah satu faktor performansinya dapat dilihat dari besar kecilnya efisiensi yang dihasilkan (Mulyo Sugeng et al., 2020). Menurut Rankine, permukaan air pada tangki pemasukan digunakan sebagai datum sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan (4) (Salimin & Ode Ahmad Barata, 2021)

$$\eta_R = \frac{q h}{Q H} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

η_R = efisiensi pompa hidram menurut Rankine (%)

q = debit air hasil pemompaan (L/s)

Q = debit air yang terbuang melalui katup limbah (L/s)

h = Head pemompaan (m)

H = Head masuk (m)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui pengujian langsung terhadap pompa hidram dengan variasi ketinggian (head input) dan diameter pipa input. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui eksperimen menggunakan alat ukur seperti stopwatch dan gelas ukur. Data yang dikumpulkan meliputi debit input dan debit output.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan pada eksperimen ini adalah debit air masukan, debit air hasil pemompaan. Data hasil eksperimen ditunjukkan pada tabel

Tabel 4.1 Data Debit dan Efisiensi

H_{in}	H_{out}	D_{out}	D_{in}	Q_{out}	Q_{limbah}	Efisiensi
m	m	ln	ln	m^3/s	m^3/s	%
2	10	0.5	1	0.012	0.402	11.31%
				0.012	0.401	11.56%



				0.012	0.401	11.51%
			1.25	0.013	0.400	12.66%
				0.013	0.400	12.55%
				0.013	0.400	12.52%
			1.5	0.014	0.399	13.59%
				0.014	0.399	13.69%
				0.014	0.399	13.69%
			2	0.016	0.397	15.75%
				0.017	0.397	15.99%
				0.016	0.397	15.75%
2.5	10	0.5	1	0.023	0.390	17.74%
				0.023	0.390	17.69%
				0.023	0.390	17.77%
			1.25	0.024	0.389	18.47%
				0.023	0.390	18.07%
				0.024	0.390	18.37%
			1.5	0.026	0.387	20.46%
				0.026	0.387	20.33%
				0.027	0.387	20.66%
			2	0.029	0.384	22.62%
				0.030	0.384	22.89%
				0.029	0.384	22.66%
3	10	0.5	1	0.038	0.375	24.50%
				0.038	0.375	24.58%
				0.038	0.375	24.83%
			1.25	0.045	0.369	28.82%
				0.045	0.369	28.82%
				0.045	0.369	28.82%
			1.5	0.054	0.359	35.16%
				0.055	0.359	35.34%
				0.055	0.359	35.25%
			2	0.063	0.350	40.68%
				0.063	0.351	40.46%
				0.063	0.350	40.70%
4	10	0.5	1	0.100	0.313	48.46%
				0.101	0.312	48.81%
				0.102	0.312	49.16%
			1.25	0.110	0.303	53.18%
				0.110	0.303	53.45%
				0.111	0.303	53.55%
			1.5	0.120	0.293	58.18%
				0.121	0.293	58.36%
				0.120	0.293	58.28%
			2	0.135	0.279	65.20%
				0.135	0.278	65.46%
				0.136	0.277	65.76%



Pada tabel 4.1 ditunjukkan hasil dari pengambilan data debit limbah dan debit pemompaan. Data diambil dengan variasi ketinggian air jatuh (H_{in}) yaitu 2 m, 2.5 m, 3 m, dan 4 m serta diameter input pipa (D_{in}) 1 in, 1.25 in, 1.5 in, dan 2 in. Setelah debit limbah dan pemompaan diketahui, lalu dihitung nilai efisiensinya menggunakan rumus [1] dengan bantuan aplikasi *excel*. Hasil dari perhitungan dapat dilihat sebagai berikut

Data uji ketinggian air jatuh (H_{in}) 2 m dan Diameter input (D_{in}) 1 in

$$\eta = \frac{q \times h}{(q + Q_{limbah}) \times H} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.012 \times 8}{(0.012 + 0.402) \times 2} \times 100\%$$

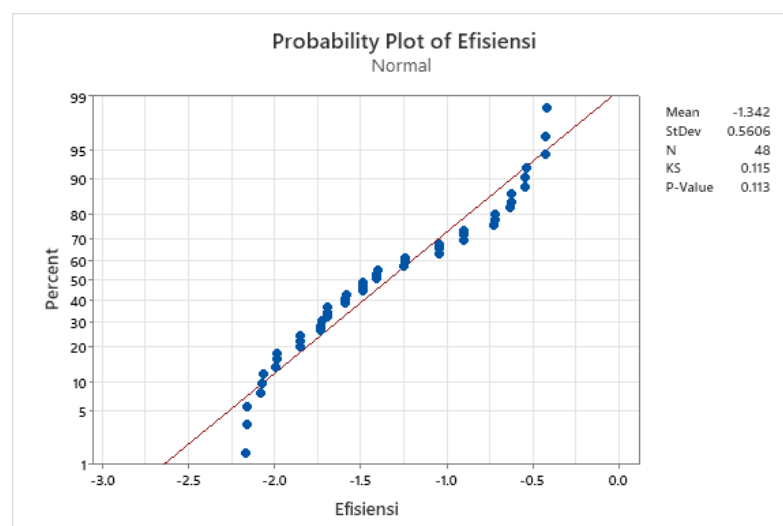
$$\eta = 11.31 \%$$

Setelah data diperoleh dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan Two-Way Anova Faktorial.

a. Uji Normalitas Data

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data efisiensi pompa hidram terdistribusi normal, yang menjadi syarat dalam uji parametrik Two-Way ANOVA.

Gambar 4.1 merupakan Probability Plot dari efisiensi pompa hidram yang digunakan untuk menguji distribusi normalitas data. Pada grafik tersebut, terlihat bahwa jumlah sampel yang digunakan sebanyak 48 data, dengan nilai rata-rata (mean) sebesar -1,342 dan standar deviasi sebesar 0,5606. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov (KS) menghasilkan nilai sebesar 0,115 dengan p-value sebesar 0,113.



Gambar 4.1 Propability Plot

Berdasarkan hasil Probability Plot efisiensi, terlihat bahwa sebagian besar titik data mengikuti garis normal, yang ditunjukkan oleh penyebaran data yang cukup rapat di sekitar



garis diagonal. Hasil uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov menghasilkan nilai p-value sebesar 0,113. Karena p-value lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data efisiensi berdistribusi normal. Selain itu, nilai KS (Kolmogorov-Smirnov) sebesar 0,115 menunjukkan bahwa deviasi data terhadap distribusi normal tergolong kecil dan masih dapat diterima. Dengan demikian, data efisiensi yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi asumsi normalitas, sehingga pengolahan data dapat dilanjutkan menggunakan metode Two-Way ANOVA untuk menguji pengaruh ketinggian air jatuh dan diameter input pipa terhadap efisiensi pompa hidram.

b. Analisis Variasi

Berdasarkan hasil Analisis of Variance (ANOVA) pada gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa baik faktor ketinggian air jatuh (H_{input}), diameter input (D_{input}), maupun interaksi keduanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidram. Hal ini ditunjukkan oleh nilai p-value sebesar 0.000 pada masing-masing faktor, yang berarti lebih kecil dari tingkat signifikansi 0.05, sehingga semua faktor tersebut secara statistik berpengaruh

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	3	1.37793	0.45931	887.64
Linear	2	1.36688	0.68344	1320.78
Ketinggian Air Jatuh (H_{input})	1	1.30021	1.30021	2512.72
Diameter Input (D_{input})	1	0.08397	0.08397	162.28
2-Way Interactions	1	0.01681	0.01681	32.48
Ketinggian Air Jatuh (H_{input})*Diameter Input (D_{input})	1	0.01681	0.01681	32.48
Error	44	0.02277	0.00052	
Lack-of-Fit	12	0.02268	0.00189	686.28
Pure Error	32	0.00009	0.00000	
Total	47	1.40070		

Source	P-Value
Model	0.000
Linear	0.000
Ketinggian Air Jatuh (H_{input})	0.000
Diameter Input (D_{input})	0.000
2-Way Interactions	0.000
Ketinggian Air Jatuh (H_{input})*Diameter Input (D_{input})	0.000
Error	
Lack-of-Fit	0.000
Pure Error	
Total	

Gambar 4.2 Analysis of Variance

Selain itu, nilai F-count yang tinggi pada masing-masing faktor, khususnya pada ketinggian air jatuh ($F = 2512.72$), menunjukkan bahwa variasi yang disebabkan oleh perubahan ketinggian air jatuh jauh lebih besar dibandingkan variasi akibat kesalahan. Faktor diameter input juga memberikan pengaruh signifikan dengan F-value sebesar 162.28. Interaksi antara kedua faktor juga signifikan dengan F-value sebesar 32.48, menandakan bahwa efek gabungan dari



ketinggian dan diameter memberikan dampak terhadap efisiensi.

Dari hasil uji lack-of-fit, diperoleh p-value sebesar 0.000 yang menunjukkan bahwa terdapat ketidaksesuaian model dengan data, yang bisa menjadi indikasi bahwa ada faktor lain di luar model yang mempengaruhi hasil atau kemungkinan model yang digunakan perlu disesuaikan lebih lanjut. Namun secara keseluruhan, model yang digunakan signifikan dalam menjelaskan variasi data. Total variasi data yang dianalisis berjumlah 47 derajat kebebasan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua variabel independen dan interaksinya secara signifikan mempengaruhi efisiensi pompa hidram yang diuji.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0227475	98.37%	98.26%	98.10%

Gambar 4.3 Model Summary

Berdasarkan hasil Model Summary pada gambar 4.3 diperoleh nilai R-squared (R^2) sebesar 98,37%, yang menunjukkan bahwa model yang digunakan mampu menjelaskan 98,37% variasi yang terjadi pada efisiensi pompa hidram. Artinya, model ini memiliki tingkat keakuratan yang sangat tinggi dan hanya sekitar 1,63% variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

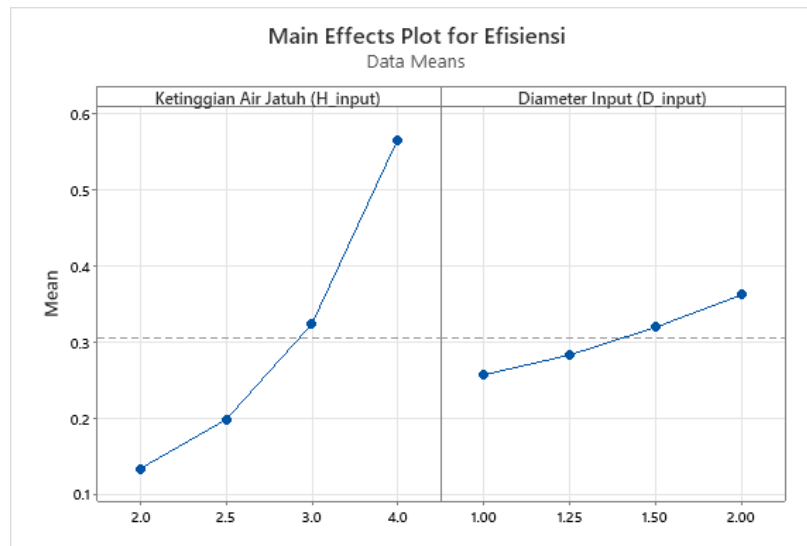
Nilai R-sq (adj) atau Adjusted R-squared sebesar 98,26% menunjukkan bahwa setelah disesuaikan dengan jumlah variabel dalam model, tingkat kecocokan model masih tetap sangat tinggi. Hal ini penting karena nilai R^2 yang terlalu tinggi kadang bisa menyesatkan jika tidak memperhitungkan kompleksitas model, tetapi dalam kasus ini model tetap valid.

Selain itu, R-sq (pred) sebesar 98,10% menunjukkan kemampuan model dalam memprediksi data baru. Nilai ini yang mendekati R^2 menunjukkan bahwa model ini tidak hanya cocok untuk data yang dianalisis, tetapi juga memiliki performa yang baik dalam memprediksi efisiensi di luar sampel yang diuji.

Nilai S sebesar 0.0227 merupakan standar deviasi residual, yang menunjukkan seberapa jauh rata-rata data aktual terhadap hasil prediksi model. Semakin kecil nilai S, semakin akurat model tersebut.



c. Faktorial Plot



Gambar 4.4 *Main Effects Plot*

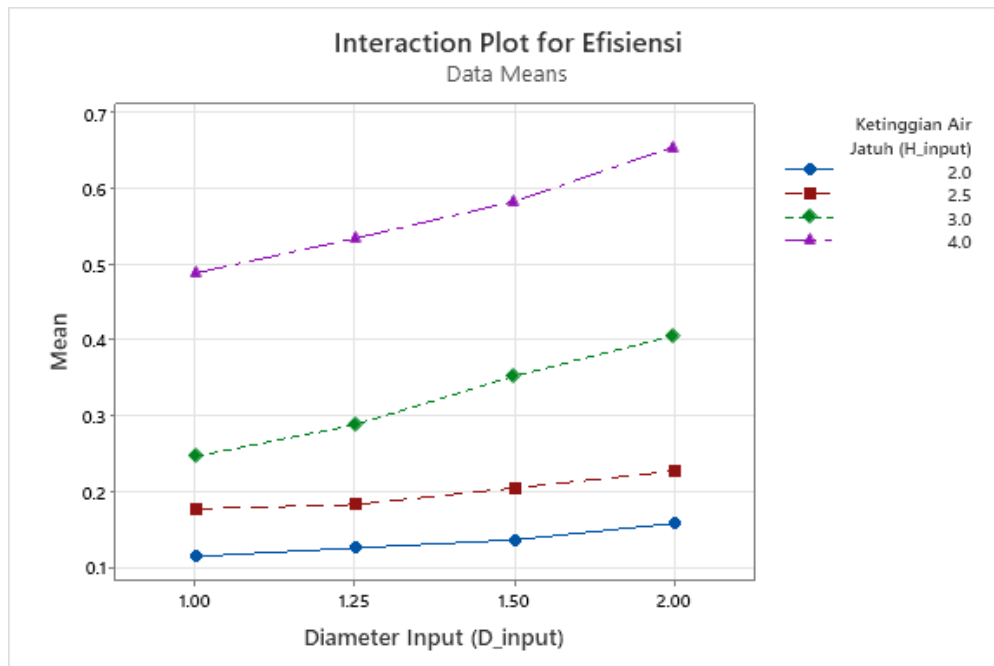
Pada grafik sisi kiri, terlihat bahwa semakin besar ketinggian air jatuh (H_{input}), rata-rata efisiensi pompa semakin meningkat secara signifikan. Peningkatan efisiensi terjadi secara tajam terutama setelah ketinggian air jatuh melewati 3 meter, yang berarti semakin tinggi ketinggian air jatuh, energi potensial air semakin besar, sehingga efisiensi pompa menjadi lebih tinggi. Sesuai dengan persamaan energi potensial yaitu hasil kali dari massa air (m) kg, gravitasi (g) m/s^2 , dan ketinggian air jatuh (h) m, yang mengakibatkan adanya pengaruh energi potensial terhadap debit yang dihasilkan (Putrawan dkk., 2020).

Pada grafik sisi kanan, diameter input (D_{input}) juga menunjukkan tren peningkatan efisiensi, meskipun peningkatannya tidak setajam pengaruh ketinggian air jatuh. Efisiensi cenderung meningkat seiring bertambahnya diameter input, yang menunjukkan bahwa debit aliran masuk yang lebih besar dapat meningkatkan efisiensi sistem.

Secara keseluruhan, pengaruh ketinggian air jatuh terlihat lebih dominan dibandingkan diameter input. Hal ini juga konsisten dengan hasil ANOVA sebelumnya yang menunjukkan nilai F terbesar pada variabel ketinggian air jatuh. Jadi, berdasarkan grafik ini, ketinggian air jatuh merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi pompa hidram, sementara diameter input memberikan kontribusi tambahan dalam meningkatkan efisiensi, tetapi dalam skala yang lebih kecil.



d. Interaksi Faktorial Plot



Gambar 4.5 *Interaction Plot*

Berdasarkan gambar 4.5 Interaction Plot for Efisiensi yang ditampilkan, dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian air jatuh (H_{input}) dan diameter input (D_{input}) terhadap efisiensi pompa hidram.

Pada grafik tersebut, terlihat bahwa semua garis antar level ketinggian air jatuh tidak sejajar dan memiliki kemiringan yang berbeda-beda, yang menunjukkan adanya efek interaksi. Artinya, pengaruh diameter input terhadap efisiensi tidak sama pada setiap ketinggian air jatuh.

Secara spesifik pada ketinggian air jatuh 2 meter, peningkatan diameter input memberikan peningkatan efisiensi yang relatif kecil. Pada ketinggian air jatuh 3 meter dan 4 meter, peningkatan diameter input memberikan dampak yang jauh lebih besar terhadap efisiensi, di mana efisiensi meningkat tajam seiring bertambahnya diameter input.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh diameter input semakin signifikan ketika ketinggian air jatuh lebih tinggi. Dengan kata lain, efek diameter input terhadap efisiensi semakin besar jika dipadukan dengan ketinggian air jatuh yang tinggi.

Interaksi ini menguatkan hasil ANOVA yang sebelumnya menunjukkan bahwa interaksi antara kedua variabel memiliki p-value signifikan (0.000), artinya keduanya secara bersama-sama mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Dengan demikian, baik ketinggian air jatuh maupun diameter input harus dipertimbangkan secara bersamaan untuk mendapatkan efisiensi maksimum pada sistem pompa hidram.



5. KESIMPULAN

ketinggian air jatuh (head input) terbukti memiliki pengaruh paling dominan terhadap peningkatan efisiensi pompa hidram. Semakin tinggi ketinggian air jatuh, semakin besar energi potensial yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tekanan dalam sistem, sehingga debit air output meningkat dan efisiensi menjadi lebih tinggi. Pada ketinggian 4 meter, efisiensi maksimum tercapai, dengan nilai tertinggi sebesar 65,75% pada diameter input terbesar (2 inci).

diameter input pipa juga memengaruhi efisiensi pompa, meskipun pengaruhnya tidak sebesar ketinggian air jatuh. Diameter input yang lebih besar memungkinkan volume aliran air masuk lebih banyak, sehingga energi kinetik yang disuplai ke dalam pompa meningkat. Kombinasi diameter input 2 inci dengan ketinggian air jatuh yang tinggi menghasilkan performa pompa yang paling optimal.

terdapat interaksi yang signifikan antara ketinggian air jatuh dan diameter input. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi keduanya memberikan dampak yang lebih besar terhadap efisiensi daripada jika hanya memperhatikan salah satu variabel saja. Artinya, peningkatan diameter input akan lebih efektif bila dipadukan dengan ketinggian air jatuh yang tinggi. Hal ini ditunjukkan melalui interaction plot, contour plot, dan surface plot yang semuanya mengindikasikan bahwa efisiensi tertinggi hanya dicapai jika kedua parameter ditingkatkan secara simultan.

optimasi sistem pompa hidram menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik untuk efisiensi maksimum adalah pada ketinggian air jatuh 4 meter dan diameter input 2 inci. Kombinasi ini menghasilkan efisiensi pompa tertinggi, yaitu rata-rata di atas 65%, yang menjadikannya sangat layak digunakan untuk keperluan distribusi air tanpa listrik maupun bahan bakar tambahan. Dengan demikian, pompa hidram hasil rancangan dalam penelitian ini terbukti mampu memberikan solusi yang efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan untuk kebutuhan air di wilayah dengan akses terbatas terhadap sumber energi konvensional

6. PENUTUP

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa ketinggian (head input) memiliki pengaruh paling signifikan terhadap efisiensi pompa hidram, di mana peningkatan ketinggian secara konsisten menghasilkan peningkatan efisiensi yang tajam. Sementara itu, diameter pipa input juga memengaruhi efisiensi, namun peningkatannya bersifat lebih bertahap. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ketinggian merupakan faktor dominan dalam meningkatkan efisiensi pompa hidram dibandingkan diameter input.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Eka Putra, I., Wardianto, D., & Pratama, A. (2024). VARIASI KETINGGIAN SUMBER AIR TERHADAP TEKANAN DAN DEBIT AIR POMPA HIDRAM. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 2(2), 77-83. <https://doi.org/10.21063/jtv.2024.2.2.9>
- Jafri, M., & Gusnawati. (2016). *OPTIMALISASI UNJUK KERJA POMPA HIDRAULIK RAM (HIDRAM) 3 INCHI SEBAGAI TEKNOLOGI TANPA ENERGI LISTRIK DAN BAHAN BAKAR MINYAK* (Vol. 3). Undana Press.
- Hadi, M. S., Nugroho, S., & Safitra, A. G. (2019, Agustus). Pengaruh tinggi reservoir dan debit masukan terhadap efisiensi pompa hidram. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, 2, B1.1-B1.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Mulyo Sugeng, U., Yafi Mukhtar, I., Moh Kahfi, J. I., Srengseng Indah, B., & Selatan, J. (2020). *Perancangan Pompa Hidram Pada Tabung Udara Dengan Metode VDI 2221* (Vol. 7, Issue 1).
- Nurfauzan, M., Zulkarnain, I., Suharyatun, S., & Ridwan. (2022). Uji Kinerja Pompa Hidram. *Desember*, 1(4), 616-622. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/ABE/index>
- Ridho, A. (2022). *PENGARUH PERBEDAAN KETINGGIAN AIR MASUK TERHADAP TEKANAN TABUNG PADA POMPA HIDRAM*. 2, 57-64.
- Saputra, M., & Saputra, H. S. (2018). *Kombinasi Pompa Vakum Dengan Pompa Hidrolik Ram (Hidram)*. 4(6).
- Salimin, & Ode Ahmad Barata, L. (2021). *Perancangan dan Pengujian Pompa Hidram*. 6(2), 11-22. <http://piston-jt.uho.ac.id/https://dx.doi.org/10.xx/xx.xyz>
- Wibowo, B. S., Setiawan, Y., & Tasman, L. (2019). Pengaruh variasi diameter pipa input dan pipa output terhadap kinerja pompa hidram. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 41-44.
- Zulhendri, Yuliaman, Menhendry, Effiandi, N., & Adeliza, P. (2019). PENGARUH TINGGI AIR MASUK DAN DIAMETER PIPA OUTLET TERHADAP TINGGI AIR KELUAR POMPA HIDRAM. *JURNAL Teknik Mesin*, 12(2), 61-68.
- Desti, I., & Ula, A. (2021). *ANALISIS SUMBER DAYA ALAM AIR*. 3(2).
- Nuraeni, A., Wulandari, S., Azzahra, U. H., Rm, A., Ardianti, R., & Maulidah, R. (2020). Uji Eksperimen Efisiensi Kerja pada Rancangan Hydraulic Ram Pump dengan Water Hammer. *DIFFRACTION*, 2(1), 52-58. <https://doi.org/10.37058/diffraction.v2i1.1800>
- Putrawan, A., Abdullah, S. H., & Priyati, A. (2020). ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN PIPA OUTLET TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM. *Jurnal Agrotek Ummat*, 7(2), 122. <https://doi.org/10.31764/jau.v7i2.2888>



- Supriyanto, A., & Irawan, D. (2017). PENGARUH VARIASI JARAK SUMBU KATUP LIMBAH DENGAN SUMBU TABUNG UDARA TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v6i2.615>
- W, B. S., Setiawan, Y., & Tasman, L. (2019). PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA INPUT DAN PIPA OUTPUT TERHADAP KINERJA POMPA HIDRAM. *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 41-44. <https://doi.org/10.33019/jm.v5i2.1366>