



Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Kajian Hubungan Debit Aliran, Head Loss dan Efisiensi dalam Menentukan Kinerja Pompa Sentrifugal

Indriyani, Dini Oktavitasari*, Memey Meidasari

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, 40559, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 19 Mei 2026
Diterima : 3 Juni 2026
Diterbitkan : 16 Juni 2026

KATA KUNCI

Debit Aliran, Efisiensi Sistem, Head Loss, Kuantitatif Deskriptif.

KORESPONDENSI

*E-mail: dini.oktavitasari@polban.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini menganalisis hubungan antara kecepatan aliran, head loss, serta kinerja pompa pada sistem perpipaan. Parameter performa yang diuji meliputi head total, daya hidrolis, dan efisiensi sistem. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yaitu melalui analisis data pengukuran serta visualisasi grafik dari beberapa parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa head loss meningkat seiring bertambahnya kecepatan aliran air. Peningkatan debit secara signifikan menyebabkan bertambahnya kehilangan energi di dalam pipa dan mengakibatkan turunnya efisiensi pompa. Berdasarkan hasil evaluasi, pompa 4 memiliki kinerja terbaik dengan efisiensi tertinggi mencapai 65,51%. Sementara itu, pompa 2 menunjukkan efisiensi terendah sebesar 34,40%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan adanya trade-off antara peningkatan head loss dan efisiensi pompa, dimana semakin tinggi head loss maka efisiensi pompa menjadi turun. Oleh karena itu, penentuan titik operasi optimal sangat diperlukan untuk mencapai sistem yang efisien.

A B S T R A C T

This research analyzes the relationship between flow velocity, head loss, and pump performance in a piping system. The performance parameters evaluated include total head, hydraulic power, and system efficiency. The research using descriptive quantitative approach through the analysis of measurement data and graphical visualization of several parameters. The results showed that head loss increases as the water flow velocity increases. A significant increase in discharge causes greater energy losses within the pipeline, which leads to a decrease in pump efficiency. Based on the evaluation results, pump 4 showed the best performance, the highest efficiency at 65.51%. Meanwhile, pump 2 showed the lowest efficiency at 34.40%. The findings indicate that there is a trade-off between increasing head loss and pump efficiency, whereas higher head loss results in lower pump efficiency. Therefore, determining the optimal operating point is essential to achieve an efficient system.

1. PENDAHULUAN

Dalam memenuhi kebutuhan air baik skala industri maupun domestik, dibutuhkan suatu alat untuk memenuhi kebutuhan tersebut berupa pompa. Pada dasarnya pompa memindahkan air dari sumber menuju pengguna dengan mengalirkannya melalui pipa dengan memanfaatkan perbedaan tekanan. Salah satu jenis pompa yang sering digunakan yaitu pompa sentrifugal [1]. Fluida yang mengalir secara kontinyu mengalami penambahan *head* tekanan, *head* kecepatan dan *head* potensial pada saat pompa sentrifugal mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Wuryanti, dkk (2023) memfokuskan hubungan antara debit, *head* dan efisiensi pada pompa tunggal dan ganda yang dioperasikan secara seri maupun paralel, di mana dalam penelitian tersebut menegaskan bahwa penggunaan pompa ganda yang dioperasikan secara paralel menunjukkan efisiensi yang lebih unggul dibandingkan dengan pompa tunggal yang dioperasikan baik secara seri maupun paralel [3].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kunarto, dkk (2025) menunjukkan bahwa pada pompa tunggal untuk kebutuhan umum kinerja yang dihasilkan cukup stabil, namun debit dan tekanannya masih terbatas. Ketika pompa disusun secara seri, tekanan (*head*) yang dihasilkan meningkat cukup signifikan, sehingga lebih cocok digunakan untuk sistem yang membutuhkan dorongan fluida ke ketinggian atau jarak yang lebih besar [4].

Penelitian lainnya Ndoen, dkk (2024) dalam hasil penelitiannya menunjukkan terjadinya penurunan *head*, daya hidrolis dan efisiensi pompa seiring meningkatkannya debit aliran baik pada pompa sistem tunggal dan paralel. Menariknya, pada pompa tunggal, daya poros cenderung relatif stabil meskipun debit meningkat, sementara pada sistem paralel daya poros ikut menurun seiring bertambahnya debit [5].

Penelitian oleh Widodo dan Pradhana (2018) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa diameter pipa sangat mempengaruhi *head loss*. Semakin besar diameter pipa, semakin kecil nilai *head loss* yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa pipa berdiameter besar lebih efektif dalam mengurangi kerugian energi akibat gesekan [6].

Penelitian lain yang dilakukan Putro, dkk (2020) dalam hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan

seri menghasilkan *head* total lebih tinggi dibanding susunan paralel [7].

Kinerja sistem pompa dipengaruhi oleh kesesuaian antara kapasitas pompa, karakteristik jaringan perpipaan, serta besarnya kehilangan energi (*head loss*) yang terjadi sepanjang sistem. Permasalahan yang umum terjadi adalah pemilihan pompa sering hanya didasarkan pada kapasitas debit tanpa mempertimbangkan hubungan antara *head* total sistem, rugi-rugi aliran, dan efisiensi energi operasional [8].

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wuryanti et al. (2023), Kunarto et al. (2024) dan Ndoen et al (2024) yaitu terletak pada fokus kajian dan parameter analisis yang digunakan, dimana pada ketiga penelitian tersebut lebih menitikberatkan perbandingan kinerja pompa berdasarkan konfigurasi operasi tunggal, seri dan paralel. Berbeda halnya dengan penelitian yang kami lakukan dimana lebih difokuskan pada analisis karakteristik kinerja masing-masing pompa sentrifugal berdasarkan hubungan antara debit aliran, *head loss*, daya hidrolis, dan efisiensi pompa. Penelitian yang kami lakukan tidak membandingkan pengaruh konfigurasi operasi pompa, tetapi lebih ke arah mengevaluasi pengaruh perubahan debit terhadap kehilangan energi dan performa dari pompa serta menentukan pompa yang memiliki kinerja paling optimal.

Keterbaruan dari penelitian yang dilakukan pada proses analisis perhitungan dan pemilihan dengan jenis *head* dan aliran debit air yang mengakomodir keperluan pelayanan kebutuhan air di suatu wilayah atau tempat.

Ketidaktepatan dalam pemilihan pompa meningkatkan jumlah konsumsi energi, memperbesar *losses*, menurunkan umur peralatan, dan meningkatkan biaya operasi. Selain itu, meningkatnya kebutuhan air (debit) dan aliran air yang stabil menuntut sistem pompa yang lebih efisien, andal, dan teroptimasi. Berdasarkan rumusan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian yang mampu menganalisis karakteristik pompa guna meningkatkan kinerja sistem, memperkecil *losses*, menurunkan konsumsi energi listrik dan memperlambat kerusakan pada komponen pompa sehingga dapat menghemat biaya baik biaya listrik ataupun biaya perawatan komponen-komponen pompa.

2. METODOLOGI

Pendekatan pemecahan masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui metode kuantitatif deskriptif dengan menganalisis data hasil pengukuran dan visualisasi grafik hubungan antara beberapa parameter.

Masalah utama yang perlu dikaji berupa perubahan kinerja pompa akibat variasi debit aliran yang mempengaruhi besarnya *head loss* dan efisiensi sistem perpipaan. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, penelitian dilakukan dengan mengukur parameter utama sistem, seperti debit aliran, tekanan, serta daya pompa pada beberapa variasi kondisi operasi.

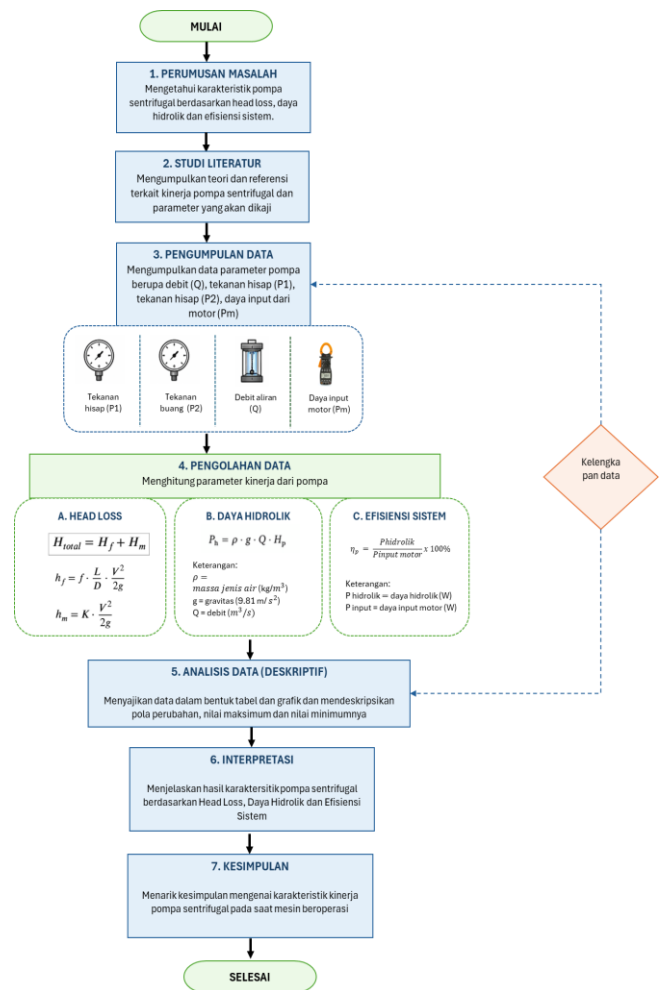
Strategi pemecahan yang dilakukan dengan mengidentifikasi pompa dan sistem perpipaan yang digunakan. Langkah selanjutnya melakukan pengambilan data dan dianalisis nilai *head loss mayor* dan *minor*, *head total*, daya hidrolik, serta efisiensi pompa. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antar variabel sehingga dapat diketahui pola perubahan kinerja pompa terhadap variasi debit aliran.

Melalui pendekatan ini, penelitian dapat menentukan titik operasi optimum pompa sentrifugal berdasarkan kondisi debit yang menghasilkan efisiensi tertinggi dengan kehilangan energi paling rendah. Pendekatan tersebut juga menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi pengoperasian sistem perpipaan yang lebih efektif, efisien, dan hemat energi sehingga dapat meningkatkan performa/kinerja pompa serta mengurangi konsumsi daya listrik pada sistem.

Sampel data penelitian diperoleh dari hasil pengujian empat pompa sentrifugal pada beberapa variasi debit aliran. Untuk meningkatkan keefektifan hasil pengukuran, untuk setiap kondisi pengujian dilakukan sebanyak empat kali pengulangan. Data yang diperoleh dari setiap pengulangan kemudian dirata-ratakan sehingga menghasilkan satu nilai representatif untuk setiap kondisi operasi. Parameter yang diukur meliputi debit, tekanan *discharge* dan *suction* dan daya *input* motor. Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis karakteristik kinerja pompa dalam sistem perpipaan.

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal dimulai dengan perumusan masalah, dimana merumuskan beberapa masalah dalam penelitian tersebut.

Tahap kedua melakukan studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi atau acuan dalam penelitian tersebut, selain itu studi mengenai parameter apa saja yang memengaruhi kinerja dari pompa.

Tahap ketiga melakukan pengumpulan data beberapa parameter seperti debit, tekanan hisap, tekanan *discharge* dan daya input motor yang merupakan data primer. Data primer tersebut didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap pompa dan motor. Pengukuran langsung dilakukan pada pompa *intake* dan distribusi berupa debit dan *head* serta parameter kelistrikan, untuk nilai debit dapat diketahui melalui pengukuran langsung menggunakan *Ultrasonic Flow Meter*.

Setelah dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data, maka dilakukan analisis data yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian

mendeskripsikan pola perubahan, nilai maksimum dan minimumnya dari parameter tersebut. Langkah terakhir menarik kesimpulan mengenai karakteristik kinerja pompa sentrifugal.

Melalui metode tersebut, diharapkan penelitian ini dapat menentukan titik operasi optimum pompa sentrifugal berdasarkan kondisi debit yang menghasilkan efisiensi tertinggi dengan kehilangan energi paling rendah. Pendekatan tersebut juga menjadi dasar dalam memberikan rekomendasi pengoperasian sistem perpipaan yang lebih efektif, efisien, dan hemat energi sehingga dapat meningkatkan kinerja pompa serta mengurangi pemborosan daya listrik pada sistem. Selain itu, diharapkan dapat memperlambat kerusakan pada komponen pompa sehingga dapat menghemat biaya baik biaya listrik ataupun biaya perawatan komponen-komponen pompa.

2.2. Parameter dan Rumus Perhitungan

Parameter tekanan/head total sistem dapat dihitung dengan mengurangi tekanan *discharge* dengan tekanan *suction* pompa. *Head discharge* pompa dapat diketahui dengan memasang *pressure gauge* pada sisi keluaran pompa dengan satuan yang didapat adalah kg/cm². Selanjutnya supaya diketahui *head* dengan mengkonversi tiap kg/cm² adalah berapa mH₂O. Setelah diketahui *head discharge* selanjutnya dikurangi dengan *head* sisi *suction* pompa. Pengukuran *head* menggunakan manometer atau meteran, sehingga dapat diketahui tinggi muka air *reservoir* terhadap garis tengah/pipa *suction* pompa. Apabila pompa di atas permukaan air, nilai *head* negatif dan apabila pompa dibawah level air *reservoir* maka *head suction* bernilai positif.

Head total (Ht) diketahui dengan persamaan di bawah ini [9]

$$H_{total} = (H_{disch} - H_{suct}) + H_{loss} \quad (1)$$

Head loss, merupakan penurunan energi fluida (air) akibat adanya gesekan yang terjadi dalam pipa dan gangguan aliran fluida (air). *Head loss* disebabkan oleh dua hal yaitu gesekan sepanjang pipa (*major losses*) dimana semakin panjang pipa maka semakin besar pula kehilangan energi. Selanjutnya *head loss* disebabkan oleh gangguan aliran (*minor losses*) seperti pada belokan pipa, katup dan sambungan [10]

$$H_{loss\ tot} = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + k \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Daya Hidrolik (Ph), yaitu daya yang dipakai untuk mendorong air dari satu titik ke titik lainnya dan karena adanya hambatan dari sistem perpipaan, maka terbentuk tekanan (*head*) tertentu [10].

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad (3)$$

Efisiensi Pompa (η_p), yaitu efisiensi perubahan daya/energi poros pompa ke daya/energi hidrolik pompa. Efisiensi total dari pompa dapat dihitung dengan rumus berikut [10].

$$\eta_p = \frac{Ph_{hidrolik}}{P_{input\ motor}} \times 100\% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tabel Hasil Perhitungan

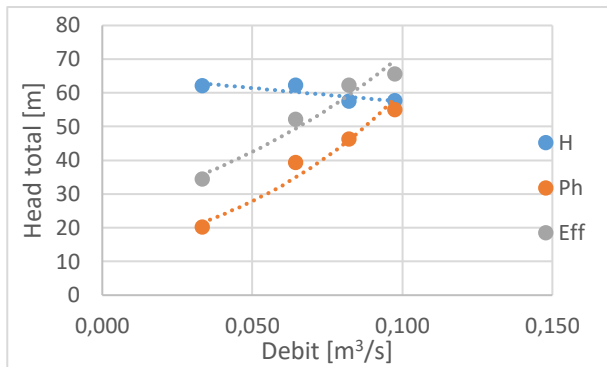
Setelah dilakukan pengolahan data berdasarkan data yang didapat, besarnya daya hidrolik, *head loss* dan efisiensi pompa dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1.
Head Loss dan Daya Hidrolik

No	Head Loss (m)	Head Total (m)	Daya Hidrolik (kW)	η_{pt} (%)
Pompa 1	0.32	62.32	39.33	52.13
Pompa 2	0.10	62.10	20.25	34.40
Pompa 3	0.063	57.49	46.27	62.31
Pompa 4	0.08	57.66	55.01	65.51

Dari tabel di atas terlihat bahwa hubungan antara daya hidrolik dengan efisiensi pompa bersifat berbanding lurus, dimana semakin besar daya hidrolik yang dihasilkan semakin besar pula efisiensi pompanya, hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pompa dipengaruhi oleh besarnya daya hidrolik yang dihasilkan pompa.

3.2. Grafik Karakteristik Pompa



Gambar 2. Hubungan Head, Debit Aliran (Q), Daya Hidrolik dan efisiensi

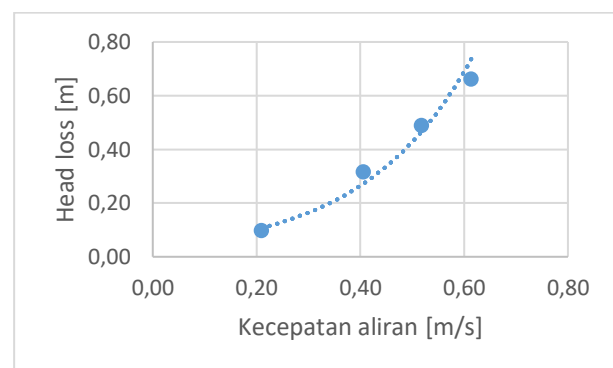
Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa karakteristik utama dari pompa sentrifugal yaitu debit (Q) bersifat berbanding terbalik dengan head (H), dimana kenaikan debit aliran air (Q) menyebabkan adanya penurunan head (H), hal tersebut dapat terlihat pada saat debit rendah di sekitar $0.033 \text{ m}^3/\text{s}$ head berada di sekitar 62.10 m, kemudian ketika terjadi kenaikan debit pada $0.098 \text{ m}^3/\text{s}$ head mengalami penurunan dan berada disekitar 57.66 m. Pola tersebut menunjukkan karakteristik umum dari pompa sentrifugal, dimana semakin besar debit air yang dialirkan, maka head yang dihasilkan mengalami penurunan akibat adanya peningkatan rugi gesek (*losses*) yang terjadi pada pipa.

Disisi lain daya hidrolik pompa (Ph) menunjukkan tren yang berlawanan, dimana debit (Q) bersifat berbanding lurus dengan head (H). Kenaikan debit air (Q) menyebabkan daya hidrolik pompa mengalami peningkatan, hal tersebut dapat terlihat pada saat debit rendah di sekitar $0.033 \text{ m}^3/\text{s}$ daya hidrolik berada di sekitar 20.25 kW, kemudian ketika terjadi kenaikan debit pada $0.098 \text{ m}^3/\text{s}$ head mengalami penurunan dan berada di sekitar 55.01 kW. Hal ini dapat dijelaskan karena daya hidrolik dipengaruhi oleh debit, sebagaimana dinyatakan dalam persamaan $Ph = \rho g H Q$. Meskipun adanya penurunan nilai head, peningkatan debit yang lebih dominan menyebabkan daya hidrolik tetap meningkat. Dengan demikian, semakin besar debit yang dioperasikan, semakin besar pula energi yang dibutuhkan oleh pompa.

Sementara itu, efisiensi pompa (η) menunjukkan tren meningkat seiring dengan adanya kenaikan debit. Pada saat debit rendah di sekitar $0.033 \text{ m}^3/\text{s}$ efisiensi berada di sekitar 34.40% kemudian meningkat hingga mencapai sekitar 65.51% pada debit $0.098 \text{ m}^3/\text{s}$. Hal ini menunjukkan bahwa pompa bekerja lebih optimal

pada debit menengah hingga tinggi. Efisiensi rendah terjadi pada saat debit rendah, hal tersebut disebabkan karena adanya rugi - rugi (*losses*) yang terjadi pada pipa seperti gesekan sepanjang pipa (*major losses*) dimana semakin panjang pipa maka semakin besar pula kehilangan energi, selain itu disebabkan adanya gangguan aliran (*minor losses*) seperti pada belokan pipa, katup dan sambungan. Seiring meningkatnya debit, aliran menjadi lebih stabil sehingga efisiensi meningkat hingga mendekati titik efisiensi maksimum atau *Best Efficiency Point (BEP)* [11], [12].

Berdasarkan pola tersebut, dapat diidentifikasi bahwa titik operasi paling optimal berada pada kisaran debit $0.098 \text{ m}^3/\text{s}$, di mana efisiensi mencapai nilai tertinggi sebesar 65.51%. Pada kondisi ini, pompa bekerja dengan performa terbaik, ditandai dengan efisiensi tinggi, kerugian energi minimum, serta risiko kerusakan mekanis yang lebih rendah. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kinerja sistem yang optimal, pompa sebaiknya dioperasikan di sekitar titik tertinggi dari performa pompa tersebut. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan karakteristik tipikal dari pompa sentrifugal, dimana head menurun seiring meningkatnya debit, daya hidrolik pompa meningkat seiring meningkatnya debit, dan efisiensi mencapai maksimum pada 65.51%.



Gambar 3. Hubungan antara Kecepatan Aliran & Head Loss

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan kenaikan kecepatan menyebabkan head loss menjadi tinggi. Hubungan tersebut bersifat berbanding lurus antara kecepatan dengan head loss. Pada kecepatan rendah sekitar 0,21 m/s, nilai head masih relatif kecil yaitu sebesar 0.10 m, kemudian meningkat secara bertahap hingga sekitar 0,32 m pada 0,41 m/s, dan selanjutnya mengalami kenaikan lebih signifikan hingga mencapai 0.66 m pada kecepatan 0,61 m/s.

Fenomena tersebut sesuai dengan persamaan kehilangan energi pada aliran dalam pipa, khususnya

persamaan Darcy–Weisbach, di mana *head loss* berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan aliran ($H \propto v^2$). Hal ini terjadi karena peningkatan kecepatan menyebabkan gaya gesek antara fluida dan dinding pipa meningkat, sehingga energi yang hilang juga bertambah lebih cepat. Selain itu, faktor turbulensi aliran pada kecepatan yang lebih tinggi turut memperbesar *losses* dalam sistem. Peningkatan kecepatan memperbesar bilangan Reynolds, yang memperkuat efek turbulensi dan menyebabkan hilangnya energi yang lebih besar dalam bentuk *head loss* [13].

Berdasarkan grafik tersebut, *head loss* terlihat menunjukkan kecenderungan meningkat secara nonlinier terhadap kecepatan aliran air. Sehingga hubungan tersebut belum bisa dinyatakan secara definitif sebagai hubungan eksponensial. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya titik atau data pengujian yang dilakukan. Oleh sebab itu, penelitian ini lebih menekankan kearah identifikasi tren peningkatan *head loss* seiring bertambahnya kecepatan aliran yang sesuai dengan teori kehilangan energi pada sistem perpipaan.

Disisi lain grafik tersebut menunjukkan bahwa peningkatan *head loss* berdampak langsung pada kebutuhan energi pompa. Semakin *besar head loss*, maka semakin besar head total yang harus diatasi oleh pompa untuk mempertahankan aliran. Akibatnya, konsumsi energi sistem meningkat, dan efisiensi operasional dapat menurun jika sistem dioperasikan pada kecepatan yang terlalu tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan kecepatan aliran agar tidak menghasilkan kerugian energi yang berlebihan [14], [15].

Selain itu pemilihan desain pompa yang tepat dapat mempengaruhi kinerja dari sistem pompa tersebut, salah satunya dengan mempertimbangkan pemilihan desain geometri *impeller* berupa jumlah sudu dengan tujuan untuk menghasilkan tekanan yang tinggi pada debit yang relatif kecil, di mana semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, aliran fluida di dalam pompa membentuk pusaran (*vortisitas*) yang lebih kuat, sehingga mampu meningkatkan tekanan yang dihasilkan dan meningkatkan kinerja pompa [16]. Disisi lain pemilihan konfigurasi pompa dalam memenuhi kebutuhan sistem perlu dipertimbangkan agar kinerja yang dihasilkan lebih optimal dan efisien dalam penggunaannya [17]. Selain pemilihan konfigurasi, kecepatan putaran pompa harus disesuaikan dengan kebutuhan, apakah lebih

mengutamakan tekanan atau kapasitas aliran, agar sistem dapat bekerja lebih optimal dan efisien [18].

Secara ideal, *Best Efficiency Point* (BEP) ditentukan berdasarkan kurva performa yang mencakup banyak variasi debit di sekitar titik efisiensi maksimum. Berdasarkan grafik, hanya terdapat 4 titik yaitu sekitar 35%, 52%, 63% dan 66%. Efisiensi pompa bisa terus meningkat sampai di titik akhir operasi kemudian menurun, namun pada penelitian ini masih terbatas dan berdasarkan data tersebut didapatkan titik tertinggi sebesar 65.51% atau dibulatkan menjadi 66% sehingga lebih tepat disebut efisiensi tertinggi yang diperoleh selama melakukan pengujian dari pada parameter BEP yang sesungguhnya.

Penelitian yang dilakukan lebih menekankan ke arah mengidentifikasi titik operasi dengan efisiensi tertinggi pada rentang pengujian yang dilakukan. Namun untuk dapat memastikan nilai BEP secara lebih akurat diperlukan variasi debit yang lebih banyak berdasarkan rentang pengujian yang dilakukan saat ini.

Kemudian data performa pompa dari pabrikan belum dapat digunakan sebagai pembandingan dalam penelitian ini, sehingga data yang diperoleh hanya menggambarkan karakteristik pompa berdasarkan kondisi pengujian aktual. Pada penelitian selanjutnya penggunaan performa pompa dari pabrikan akan dilakukan guna memberikan validasi yang lebih akurat terhadap hasil pengujian dan membantu menentukan tingkat deviasi kinerja pompa dari spesifikasi desain pompa tersebut.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai karakteristik pompa sentrifugal, *head loss* meningkat secara signifikan terhadap kecepatan aliran, sehingga kontrol debit sangat penting dalam meminimalkan kerugian energi. Selain itu, pada grafik hubungan debit terhadap *head* total, daya hidrolis, dan efisiensi pompa terlihat bahwa *head* total cenderung sedikit menurun seiring peningkatan debit, yang merupakan karakteristik umum pompa sentrifugal. Di sisi lain, daya hidrolis meningkat karena energi yang ditransfer ke fluida semakin besar, dan efisiensi pompa juga mengalami peningkatan hingga mendekati titik optimal operasi (*Best Efficiency Point*/BEP).

Pompa 4 menunjukkan kinerja terbaik dengan efisiensi tertinggi sebesar 65,51% dan daya hidrolis terbesar 55.01 kW, sehingga dapat dianggap sebagai pompa paling optimal untuk digunakan. Pompa 3 juga memiliki performa yang cukup baik dengan efisiensi mendekati Pompa 4. Sementara itu, Pompa 1 memiliki efisiensi sedang namun membutuhkan daya input yang cukup besar, dan Pompa 2 merupakan yang paling tidak efisien dengan nilai efisiensi terendah, sehingga menunjukkan adanya kerugian energi yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis dengan hormat menyampaikan apresiasi dan terima kasih atas dukungan pendanaan yang diberikan oleh Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui dana DIPA Politeknik Negeri Bandung Tahun Anggaran 2026.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Waluyo, K. Mahardhika, and R. Waluyo, "Analisis Kinerja Pompa Sentrifugal pada Variasi Trim Diameter Menggunakan Simulasi Numerik," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 467–474, Aug. 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.02.23.
- [2] M. Ir. Sularso, *Pompa dan Kompresor*, 7th ed., vol. 7. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [3] S. Wuryanti and I. Yuliyani, "Perbandingan Karakteristik Pompa Tunggal dengan Pompa Ganda yang Dioperasikan secara Seri maupun Paralel," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 21–29, Aug. 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [4] Kunarto *et al.*, "Kajian Eksperimental Kinerja Pompa Sentrifugal pada Konfigurasi Tunggal, Seri, dan Paralel," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*, vol. 14, no. 2, pp. 120–128, Oct. 2025.
- [5] A. Ndoen, M. M. Dwinanto, and I. S. Limbong, "Analisis Kinerja Pompa Regeneratif Tunggal dan Paralel," *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, vol. 11, no. 02, pp. 19–26, Oct. 2024, Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: <http://ejournal.undana.ac.id/index.php/LJTMU>
- [6] E. Widodo and R. Y. Pradhana, "Analysis of pipe diameter variation in axial pumps for reducing head loss," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 403, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012029.
- [7] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and I. Iswanto, "ANALISIS HEAD POMPA SENTRIFUGAL PADA RANGKAIAN SERI DAN PARALEL," *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 46–56, Jul. 2020, doi: 10.23917/mesin.v21i2.10671.
- [8] R. Choirul Anam, E. Widodo, Iswanto, and A. Fahrudin, "Comparative Analysis of the Head Loss of Two Centrifugal Pumps in a Fluid Test Laboratory," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2020, doi: 10.21070/r.e.m.v5i1.409.
- [9] Y. A. Cengel and J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill, 2006.
- [10] B. R. Munson, D. F. Young, T. H. Okiishi, and W. W. Huebsch, *Fluid Mechanic*, 6th ed., vol. 6th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2009.
- [11] E. Afrian Nizar, "Penguujian Kinerja Test Bed Pompa Sentrifugal Pada Tekanan Isap 0,6 Bar," *TECHNOPEX*, vol. 09, no. 01, pp. 1207–1212, Jan. 2025, Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: <https://semnas.iti.ac.id/tpx/index.php/c/article/view/644>
- [12] S. Jabir and D. Dahlan, "Analisis Kinerja Pompa Sentrifugal dengan Perlakuan Resurfacing," *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 170–179, 2023, doi: 10.35814/teknobiz.v13i3.5753.
- [13] W. Nur Alfiawan *et al.*, "Analisis Kinerja Mesin Pompa Sentrifugal Dengan Penambahan Turbulance Inducer Untuk Meningkatkan Head dan Efisiensi," *Jurnal Informatika Multimedia dan Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 87–91, 2026, doi: 10.71456/jimt/v2i2.1585.
- [14] Z. Anwar and A. Imam Rifa, "Variasi Jumlah Sudu Impeller Terhadap Kinerja Mini Pompa Sentrifugal," *Jurnal Unitek*, vol. 18, no. 1, pp. 76–82, 2025, doi: 10.52072/unitek.v18i1.1385.
- [15] Z. D. Septiani, K. Rozi, B. Fajar, and T. Kiono, "Perbandingan Hasil Pengujian Performa Pompa dan Perhitungan Teoritis Pada Karakteristik Pompa Terhadap Kecepatan Putar Impeller," *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol.

11, no. 4, pp. 43–50, Accessed: May 18, 2026.
 [Online]. Available:
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/41898/0>

- [16] M. Naufal, H. Musyaffa, N. Sinaga, and B. Yuniarto, “Simulasi Kinerja Pompa Rumah Tangga Menggunakan Metode Numerik,” *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. 11, no. 3, pp. 338–343, 2023.
- [17] O. : Lundu, P. Sitanggang, Y. Ngongira Sinaga, E. W. B. Siahaan, and H. Sitanggang, “Desain Dan Analisis Uji Karakteristik Pompa Sentrifugal Dengan Rangkaian Seri Pada Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik,” vol. 5, no. 2, pp. 133–143, 2024.
- [18] Suryadi, M. Sayuthi, and R. Syahputra, “Analisa Pengaruh Putaran Pompa Centrifugal (Seri dan Paralel) Terhadap Aliran Fluida dan Efisiensi Pompa,” vol. 6, no. 3, pp. 34–39, 2022.

NOMENKLATUR

H	<i>Head loss</i>
P_h	Daya hidrolik
η_p	Efisiensi pompa
ρ	Massa jenis air
g	gravitasi
Q	Debit aliran
f	Gaya gesek
d	Diameter
l	Panjang
v	Kecepatan