

Perbandingan Karakteristik Pompa Tunggal dengan Pompa Ganda yang Dioperasikan secara Seri maupun Paralel

Sri Wuryanti*, Maridjo, Slameto, Ika Yuliyani, Indriyani
Jurusan Teknik Energi, Politeknik Negeri Bandung,
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Bandung, Jawa Barat 40559, Indonesia
*E-mail: sriwuryanti.lamda@gmail.com

Diajukan: 28-10-2022; Diterima: 01-08-2023; Diterbitkan: 21-08-2023

Abstrak

Pompa adalah mesin untuk menggerakkan fluida cair. Pompa menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Energi yang digunakan ini mempengaruhi efisiensi, sehingga perlu melakukan analisa efisiensi yang terbaik pada pompa. Berhubung pompa ada berbagai type, maka akan dilakukan perbandingan karakteristik (efisiensi pompa tunggal dan pompa ganda). Tujuan penelitian ini adalah membandingkan karakteristik pompa jenis tunggal dengan pompa ganda dengan operasi seri maupun paralel. Metode yang digunakan adalah membuat instalasi pompa baik dioperasikan secara tunggal maupun ganda, yang dipasang seri maupun paralel. Percobaan menghasilkan efisiensi terbaik adalah pompa yang dipasang paralel yakni efisiensi tertinggi 97% (dioperasikan secara paralel), diikuti pompa ganda yang dioperasikan secara seri yakni tertinggi 79%, kemudian pompa tunggal axial dengan efisiensi tertinggi adalah 68% dan terakhir pompa tunggal sentrifugal dengan efisiensi tertinggi adalah 65%.

Kata kunci: energi; fluida cair; pompa axial; pompa sentrifugal; tenaga

Abstract

A pump is a machine for moving liquid fluid. The pump forces the fluid from a low-pressure place to a place with higher pressure; to overcome this pressure difference, power (energy) is needed. The energy used affects efficiency, so it is necessary to analyze the pump's best efficiency. Since there are various types of pumps, the characteristics (efficiency of single pump and double pump) will be compared. This research aims to compare the features of a single-type pump with a double pump with series or paralel operation. The method used is to make pump installations operated singly and doubly, installed in series or paralel. The experiment resulted in the best efficiency of a paralel mounted pump, the highest efficiency of 97% (operated in similar), followed by a double pump used in series, which is the highest at 79%. An axial single pump with the highest efficiency is 68%, and a centrifugal single pump with the highest efficiency is 65%.

Keywords: energi; liquid fluid; axial pump; centrifugal pump; power

1. Pendahuluan

Pompa mendapat tenaga mekanis berupa putaran yang di hasilkan oleh motor penggerak sehingga dapat mengalirkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Penggunaan pompa yang tidak tepat akan mempengaruhi penggunaan energi, sehingga harus dicari pengoperasian pompa pada kondisi yang optimum, sehingga mampu menghasilkan efisiensi maksimum. Selain itu apabila pompa tidak dapat mencapai head atau kapasitas pompa yang diperlukan, maka dapat menggunakan dua pompa atau lebih yang bisa dioperasikan secara seri ataupun paralel [1]. Beberapa penelitian tentang pompa telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja pompa. Penelitian mengenai peningkatan kinerja pompa dengan susunan seri dan paralel [2,3]. Penelitian lain membahas mengenai keuntungan dan kerugian yang terkait dengan kombinasi paralel dan seri pompa [4]. Efisiensi penggunaan energi berkenaan dengan rangkaian pompa seri dan paralel [5].

Pompa adalah mesin atau alat yang dapat mengkonversi energi mekanis dari putaran sudu - sudu pompa menjadi energi zat alir fluida. Pengoperasiannya dengan menggunakan prinsip membuat perbedaan tekanan di sisi tekan dan sisi isap.

Pemilihan pompa yang tepat untuk suatu penerapan yang khusus sangat diperlukan untuk efisiensi dan operasi yang nyaman. Penelitian ini bertujuan untuk mencari efisiensi untuk pompa Rig (sentrifugal); pompa aliran aksial; dan pompa yang dipasang seri dan paralel.

1.1. Pompa sentrifugal

Pompa ini dioperasikan dengan bagian isap yang tergenang air, impeler tunggal berputar di dalam rumah pompa, air akan masuk impeler arah aksial melalui lubang searah poros dan keluar mengelilingi keliling impeler ke rumah pompa. Pada waktu cairan melalui impeler, energi diberikan ke air melalui sudu yang melengkung pada impeler, cairan akan meninggalkan impeler dengan tekanan dan kecepatan yang meningkat.

Pompa sentrifugal mampu memindahkan volume cairan yang besar tanpa tergantung pada katup atau ruang antara (clearance) yang halus dan pompa ini dapat bekerja pada katup keluaran tertutup tanpa meningkatkan tekanan yang sangat tinggi [6,7].

1.2. Pompa aksial

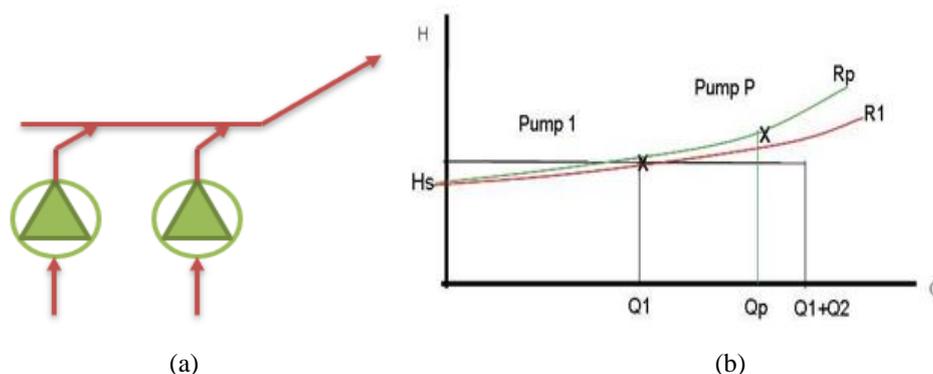
Pompa aksial mempunyai baling-baling gerak (pitch propeler) yang berputar di dalam suatu rumah pompa dengan ruang antara clearance yang cukup halus antara baling-baling (propeler) dan rumah pompa. Cairan masuk impeler pada arah aksial, melalui suatu cincin masukan sudu pengarah yang tetap. Pada waktu cairan melewati propeler, sudu-sudu memutar cairan, sudu pengarah luar akan mengubah cairan memasuki pipa keluaran. Propeler (baling-baling) pompa ini terpasang pada poros yang diperpanjang yang berputar pada suatu bantalan. Berdasarkan laju aliran yang cukup besar dibanding pompa lain maka pada pengujian ini digunakan model bendungan untuk mengukur laju aliran air. Dengan demikian, tidak ada perubahan tinggi permukaan isap. Pompa aksial sangat cocok digunakan untuk kondisi laju aliran yang besar pada tinggi tekanan yang rendah, seperti untuk pembuangan air, Irigasi, dan sebagainya [8,9]. Makin tinggi kecepatan kerja, makin kecil dan murah pompa atau motor penggerak yang diperlukan.

1.3. Pompa yang di pasang Seri Dan Paralel

Jika head (H) atau kapasitas (Q) yang diperlukan dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka untuk mendapatkan head yang lebih besar (identik dengan multistage pump) yaitu dengan operasi seri. Sedangkan untuk mendapatkan Q yang besar, maka harus melakukannya dengan operasi paralel [10].

a. Operasi Paralel

Dua atau lebih unit pompa dipasang paralel untuk mendapatkan Q yang lebih besar, namun $Q_p < Q_1 + Q_2$ tapi $H_p > H_1$.

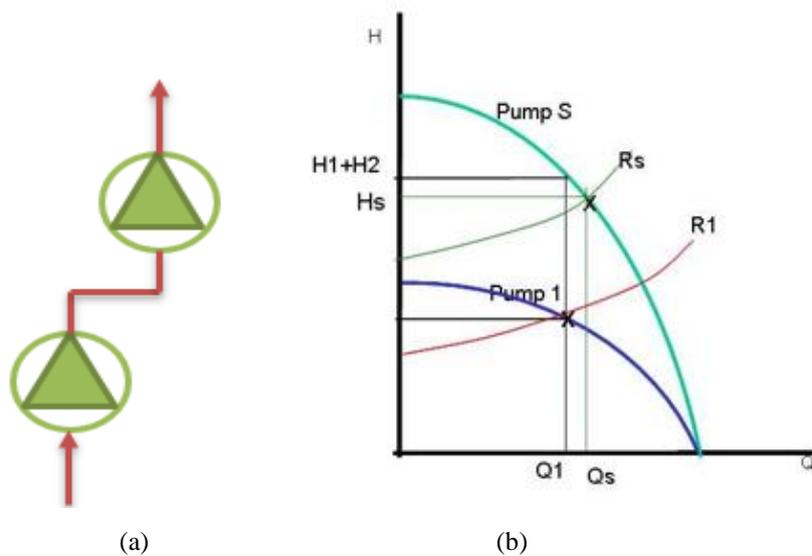


Gambar 1. (a) Rangkaian pompa paralel dan (b) Hubungan laju alir volume terhadap head

Gambar 1 menunjukkan bahwa pompa 1 mempunyai head yang lebih kecil daripada pompa P, jika dipasang paralel akan menghasilkan kurva karakteristik R_p . Untuk kurva head kapasitas sistem R akan dicapai titik operasi paralel dengan laju aliran total sebesar Q, yakni laju aliran total $Q = Q_1 + Q_2$.

b. Operasi Seri

Dua atau lebih unit pompa dipasang Seri untuk mendapatkan *head* yang lebih besar, namun $H_s < H_1 + H_2$ tapi $Q_s > Q_1$. Gambar 2 menunjukkan karakteristik dari pompa yang dipasang secara seri. Rangkaian seri menghasilkan *head* kurva yakni $H_1 + H_2$.

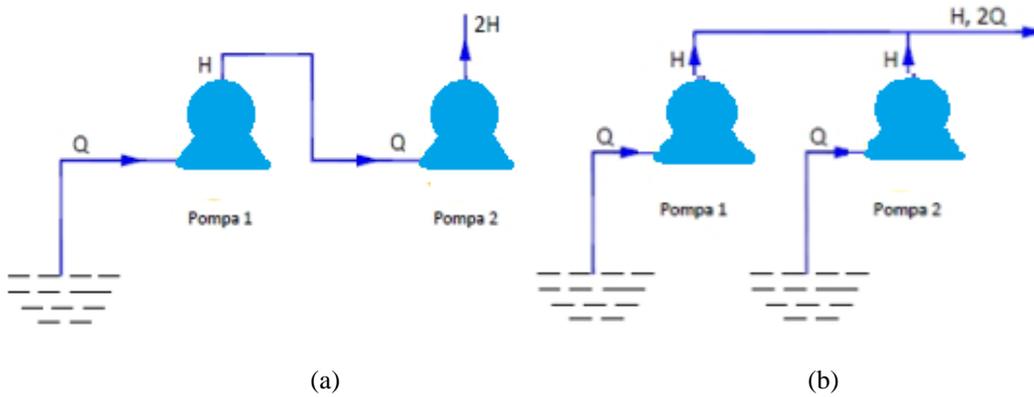


Gambar 2. (a). Rangkaian pompa seri dan (b) Grafik hubungan laju alir volume terhadap Head

Perbedaan efisiensi pompa untuk berbagai tipe menarik untuk dilakukan analisa. Penelitian akan dilakukan dengan menganalisa perbedaan pompa sentrifugal dengan axial tunggal serta terhadap pompa ganda yang dioperasikan secara seri maupun paralel, untuk mendapatkan perbedaan karakteristik pompa. Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh debit terhadap head serta pengaruh debit dan head terhadap efisiensi dari masing-masing pompa. Tujuan penelitian disini untuk mengetahui efisiensi pompa tunggal dan pompa ganda yang dioperasikan secara seri maupun paralel.

2. Material dan metodologi

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Thermal Jurusan Teknik Konversi Energi. Metode penelitian dibagi beberapa tahap, tahap pertama membuat instalasi pompa seperti pada Gambar 1 dan dan Gambar 2. Tahap kedua menguji pompa baik pompa yang operasikan secara seri maupun paralel dengan mengambail data - data (tekanan statis perbedaan ketinggian permukaan air dari datum, kecepatan air, torsi, dan putaran motor). Tahap ketiga membandingkan efisiensi pompa antara instalasi seri dan paralel dengan pompa tunggal sentrifugal dan pompa tunggal axial. Tahap keempat membuat karakteristik dari masing-masing pompa.



Gambar 3. Instalasi Pompa (a) seri (b) paralel

2.1. Parameter penting yang harus diamati di dalam pengujian pompa

Kapasitas pompa, Q (m^3/s) yaitu laju aliran (debit) air yang dihasilkan pompa. Tinggi tekanan pompa, H (m) adalah selisih netto Head Tinggi tekan masukan dan keluaran pompa.

$$H = \left(\frac{P_d}{\rho g} + Z_d + \frac{C_d^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_s}{\rho g} + Z_s + \frac{C_s^2}{2g} \right) \quad (1)$$

dengan P merupakan tekanan statis (N/m), Z adalah perbedaan ketinggian permukaan air dari datum (m), C adalah kecepatan air (m/s), d , s adalah (*discharge*, *suction*) menunjukkan tanda masukan dan keluaran dari pompa.

2.2. Daya hidrolis, N (watt)

Daya hidrolis adalah daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengangkat sejumlah zat cair pada ketinggian tertentu. Persamaan untuk mendapatkan nilai daya hidrolis adalah sebagai berikut:

$$N = \rho \times g \times H \times Q \quad (2)$$

dengan ρ merupakan densitas air (kg/m^3), g adalah kecepatan gravitasi (m/s^2), H adalah tinggi tekanan (m), Q adalah debit (m^3).

2.3. Daya pompa, N_p (Watt)

Daya pompa adalah besarnya energi per satuan waktu pada rangkaian suatu pompa untuk melakukan unjuk kerja. Perhitungan daya pompa menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = T \times \omega \quad (3)$$

kecepatan sudut adalah:

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (4)$$

torsi adalah:

$$T = F \times L \tag{5}$$

dengan T merupakan torsi (Nm), ω adalah kecepatan sudut (rad/s), F adalah gaya (N), dan L adalah panjang (m).

2.4. Efisiensi pompa, (%)

Persamaan untuk menghitung performansi pompa adalah daya hidrolis dibagi daya untuk menggerakkan poros [7]:

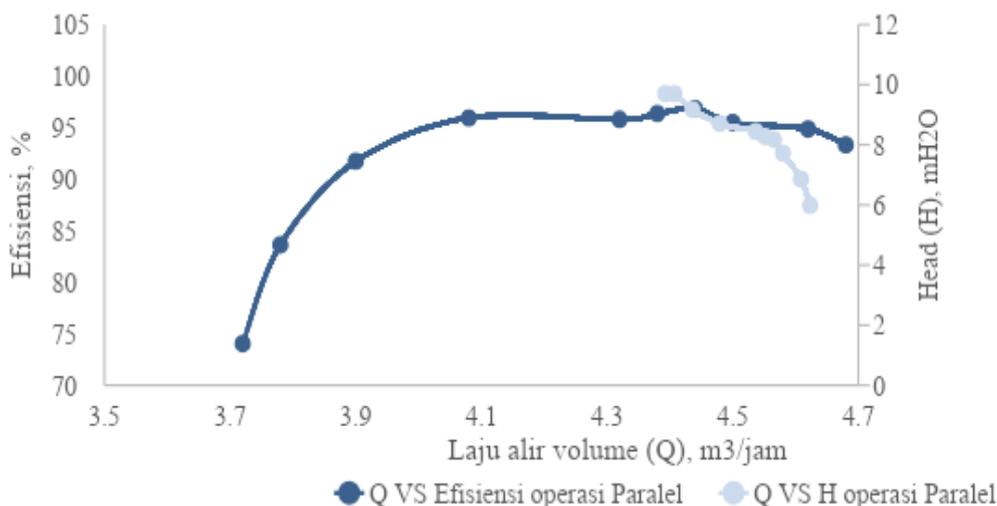
$$\eta_p = \frac{N}{N_p} \times 100\% \tag{6}$$

Harga parameter tersebut pada berbagai kondisi kerja, bervariasi dan menunjukkan kemampuan kerja pompa untuk suatu daerah kerja tertentu.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Laju Alir Volume vs Head vs Efisiensi untuk Pompa Operasi Paralel

Pompa yang dioperasikan secara paralel disini merupakan pompa tipe sentrifugal. Pompa tipe ini merupakan pompa yang paling sering dan banyak digunakan baik dalam kehidupan sehari-hari maupun di industri. Gambar 4 menunjukkan efisiensi tertinggi 97% dan laju alir 4,4 m³/jam. Grafik hubungan antara laju alir volume terhadap head yang dioperasikan secara paralel dengan kecenderungan harganya turun, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Helmizar [11]. Sedangkan pada Q besar kecenderungan efisiensinya naik dan mencapai maksimum pada laju alir volume 4,4 m³/jam, hal ini sesuai dengan teori bahwa pompa yang dioperasikan secara paralel akan menaikkan debit yang pada akhirnya menaikkan nilai efisiensi dan setelah mencapai titik maksimum nilai efisiensi akan turun. Hal ini disebabkan karena debit yang terlalu tinggi akan menurunkan head, sehingga menurunkan kemampuan melawan head sistem (paralel), yang pada akhirnya menurunkan nilai efisiensi.

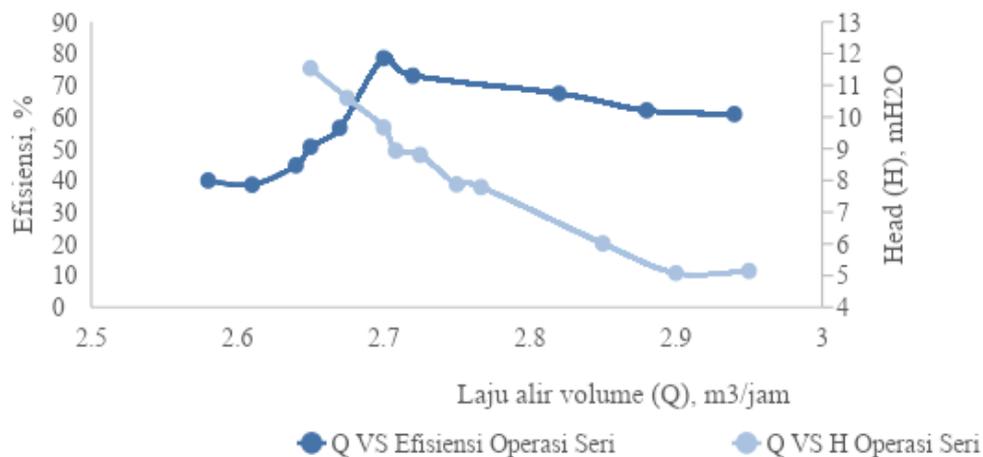


Gambar 4. Grafik hubungan antara Head Vs Efisiensi dan Head Vs Laju alir volume pada Pompa Paralel

3.2. Head vs Laju Alir dan Efisiensi untuk Pompa Operasi Seri

Pengujian pompa seri menggunakan dua buah pompa dengan satu sisi hisap, jadi head pompa 1 diteruskan oleh pompa 2 untuk di tekan dikeluarkan ke bak penampungan sehingga mendapatkan nilai head yang lebih tinggi bila di dibandingkan dengan pompa tunggal maupun pompa tersusun paralel.

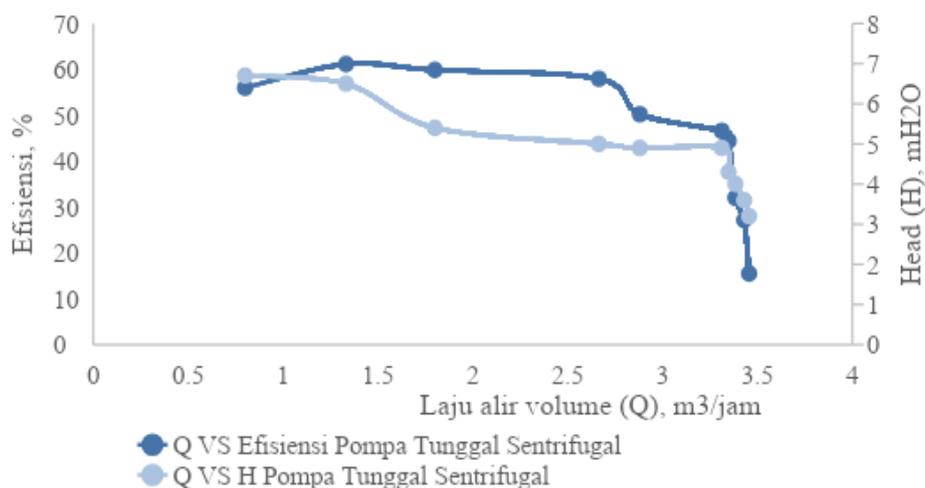
Gambar 5 menunjukkan efisiensi tertinggi adalah 79 % pada head 10,6 mH₂O. Grafik hubungan antara laju alir volume terhadap head yang dioperasikan secara seri membuktikan bahwa instalasi pompa seri mampu menghasilkan head yang lebih besar bila dibandingkan dengan instalasi pompa paralel maupun instalasi pompa tunggal. Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian Pandu [12]. Sedangkan pada H besar kecenderungan efisiensinya naik dan mencapai maksimum pada head 10,6 mH₂O.



Gambar 5. Grafik hubungan antara Head vs Efisiensi dan Head vs Laju alir volume pada Pompa Seri

3.3. Head vs Laju Alir dan Efisiensi untuk Pompa Tunggal Tipe Sentrifugal

Apabila debit pompa sentrifugal tunggal bertambah maka head akan berkurang dan sebaliknya apabila kapasitas berkurang maka head akan bertambah.

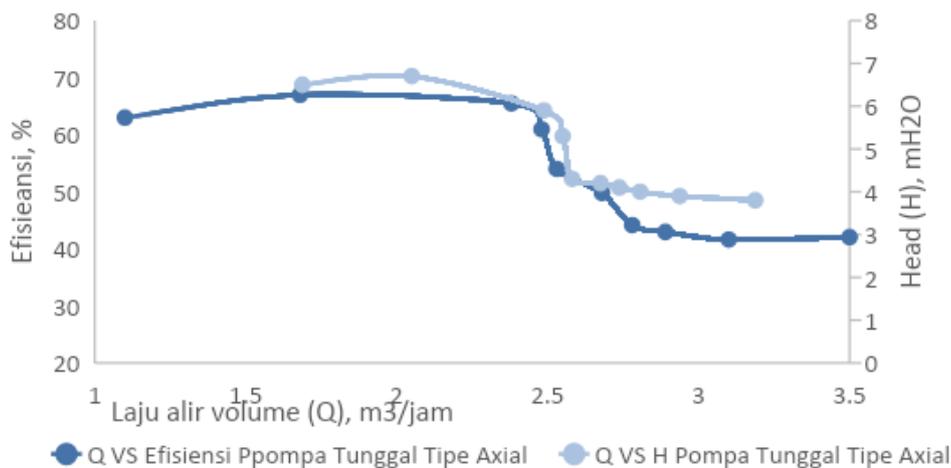


Gambar 6. Grafik Hubungan antara Head vs Efisiensi dan Head vs Laju Alir Volume pada Pompa Tunggal Sentrifugal

Pada grafik hubungan antara efisiensi dengan debit didapat bahwa untuk debit yang makin tinggi, efisiensi akan bertambah besar dan akan turun setelah mencapai efisiensi maksimum. Bila dibandingkan dengan pompa sentrifugal rangkaian seri dan paralel, maka bentuk grafik di atas sesuai dengan grafik efisiensi untuk 1 tingkat pompa sentrifugal [13].

3.4 Head Vs Laju Alir dan Efisiensi untuk Pompa Tunggal Tipe Axial

Pompa dengan impeler aksial dapat memecahkan beberapa kekurangan dari pompa yang banyak dipakai dilapangan yaitu konsumsi energi yang besar dan output debit yang kecil [14]. Penelitian ini menghasilkan efisiensi tertinggi 67% dengan debit 1,7 m³/jam, debit yang lebih besar dibandingkan dengan pompa sentrifugal (Gambar 6) yakni 1,3 m³/jam dan efisiensi tertinggi 61%.



Gambar 7. Grafik hubungan antara Head vs Efisiensi dan Head vs Laju alir volume pada Pompa Tunggal Axial

Dua pompa disusun paralel menghasilkan debit pompa sebesar 4,7 m³/jam, lebih banyak daripada kapasitas pompa seri yang sebesar 2,9 m³/jam. Dua pompa disusun seri akan menghasilkan head pompa sebesar 11,5 mH₂O lebih besar dari head pompa paralel yaitu sebesar 9,7 mH₂O, hal ini sesuai dengan teori bahwa operasi secara paralel meningkatkan debit, sedangkan pengoperasian secara seri akan meningkatkan head pompa [15].

4. Kesimpulan

Pelaksanaan penelitian mengenai efisiensi pompa berhasil dilakukan, sesuai dengan teori bahwa pompa ganda yang dipasang secara seri menunjukkan hasil dengan peningkatan head, sedangkan dengan mengoperasikan secara paralel meningkatkan laju alir. Terjadinya peningkatan tersebut, diperoleh efisiensi pompa ganda yang tinggi dibandingkan dengan pompa tunggal. Hasil pengambilan data dan setelah dihitung dengan persamaan (1) sampai (4) menghasilkan efisiensi pompa terkecil 42 % dan terbesar 68 % untuk pompa tunggal tipe aksial. Hasil efisiensi terkecil 15,5 % dan terbesar 65 % untuk pompa tunggal tipe sentrifugal. Efisiensi terkecil 39 % dan terbesar 79 % untuk pompa dipasang seri. Pompa yang dipasang paralel menghasilkan efisiensi terkecil 74% dan terbesar 97%.

Daftar pustaka

- [1] Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P. & Heald, C. C. Pump handbook. McGraw-Hill, New York, USA, 2001.
- [2] Faisal Ansoria and Edi Widodo. Analysis on Centrifugal Pump Performance in Single, Serial, and Parallel. JEMMME. 2018; 3(2): p. 79-86.

- [3] Ambo Intang and Hendra Dwipayana. Series and parallel relationship pump performance in FT. Unitas's practicum tools. Sriwijaya international Conference on Science, Engineering, and Technology, IOP publishing; 2019. 620: p. 2019 012113.
- [4] K.T. Ajayi and D. K. Mofikoya. Study of Pumps in Multiple Connections. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS). 2012; 3(5): p. 795-800.
- [5] Iman Syahrizal dan Daud Perdana. Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap efisiensi penggunaan energi. TURBO. 2019; 8(2): 194-200.
- [6] Firman Yasa Utama dan Juan Ardi Kusuma. Analisis Maintenance Centrifugal Pump Tipe Eta-N 125x100-40 pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri. INAJET. 2018; 1(1): p. 16-22.
- [7] Eflita Yohana, Bachtiar Yusuf, Muhammad Arrafi Lazuardi, Mohamad Endy Julianto, Vita Paramita. Analysis of High Vibration Causing 211-P-25 A Centrifugal Pump Damage in Hydrocraker Process. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. 2021; 80(2): p. 13-21.
- [8] Zelimkhan, Rianto Wibowo, Sugeng Slamet. Rancang Bangun Pompa Air Sistem Aksial. Crankshaft. 2022; 5(1): p. 46-54.
- [9] Pauk, P., & Cho Khaing, C. Design Calculation of Impeller for Axial Flow Pump. International Journal of Scientific and Research Publications. 2018; 8(8): p. 12-19.
- [10] Ifan Febrianto, Masruki Kabib. Bachtiar Satya Nugraha, Perancangan Sistem Pompa Paralel Dengan Daya Bervariasi Untuk Meningkatkan Kapasitas Air. Jurnal Crankshaft. 2018; 1(1): p. 49-54.
- [11] Helmizar, Endry Setiawan, Agus Nuramal. Karakteristik Aliran Pada Susunan Pompa Yang Berbeda Head Secara Seri Dan Paralel. Jurnal Rekayasa Mekanik. 2019; 3(1): p. 31-35.
- [12] Pandu Lesmana, Agus Nuramal, Dedi Suryandi. Karakteristik Aliran Pada Pompa Yang Tersusun Secara Seri Dan Paralel. Rekayasa Mekanika. 2021; 5(2): p. 41-46.
- [13] Larry Bachus, Angel Custodio. Know and Understand Centrifugal pump. Elsevier Bachus Company. Inc., Oxford UK; 2003; p. 227.
- [14] Korakianitis Theodosios, Mohammad Amin Rezaenia, Gordon, Paul, Eldad Avital, Martin Rothman, Sahand Mozafari. Optimization of Axial Pump Characteristic Dimensions and Induced Hemolysis for Mechanical Circulatory Support Devices, ASAIO Journal. 2018, 64(6): p. 727-734.
- [15] Ambo Intang, Hendra Dwipayana. Series and parallel relationship pump performance in FT. Unitas's practicum tools. Proceeding of Sriwijaya international Conference on Science, Engineering, and Technology; 15-16 October 2018; Palembang, Indonesia. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering; 2019. 620: p. 012113.