

Kajian Eksperimental Kinerja Pompa Sentrifugal pada Konfigurasi Tunggal, Seri, dan Paralel

Kunarto, Made Ngurah Arya Nanda Prayoga, Riza Muhida, Muhammad Riza, Indra Surya, Bambang Pratowo, Zein Muhamad, Harjono Saputro, Mulyana

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia

Email: made.21321016@student.ubl.ac.id

Email Pembimbing: kunarto@ubl.ac.id

Abstract. Penelitian ini menyajikan evaluasi eksperimental terhadap kinerja pompa sentrifugal tipe GP-125 pada tiga konfigurasi operasi, yaitu tunggal, seri, dan paralel. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan putaran (712,5 rpm, 1.425 rpm, dan 2.850 rpm) serta pembukaan katup (1/4, 1/2, 3/4, dan penuh). Parameter utama yang dianalisis mencakup head total, debit aliran, dan efisiensi pompa. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa konfigurasi paralel menghasilkan debit tertinggi dengan nilai maksimum 0,000967 m³/s pada kecepatan 2.850 rpm, sedangkan konfigurasi seri memberikan peningkatan signifikan pada head hingga 19,60 m. Efisiensi terbaik diperoleh pada konfigurasi paralel dengan nilai 0,34% pada katup penuh. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan konfigurasi pompa yang tepat sesuai kebutuhan sistem, baik untuk aplikasi yang memerlukan debit besar maupun head tinggi.

Keywords: Pompa Sentrifugal, Konfigurasi Tunggal, Konfigurasi Seri, Konfigurasi Paralel, Head, Debit, Efisiensi.

1 Pendahuluan

Pompa merupakan mesin fluida yang berfungsi memindahkan zat cair dari daerah bertekanan rendah menuju daerah bertekanan lebih tinggi dengan memberikan energi mekanik melalui elemen pemutar (impeller) [1]. Dalam bidang industri maupun domestik, pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang paling banyak digunakan karena memiliki kemampuan untuk mengalirkan fluida dalam jumlah besar secara kontinu, konstruksi yang sederhana, serta biaya perawatan yang relatif rendah [2].

Namun demikian, dalam aplikasi nyata seringkali satu unit pompa tidak mampu memenuhi kebutuhan sistem, baik dari sisi debit maupun tekanan yang diinginkan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, digunakan konfigurasi pompa ganda yang dapat disusun secara seri maupun paralel. Konfigurasi paralel umumnya diaplikasikan untuk meningkatkan kapasitas aliran, sedangkan konfigurasi seri digunakan ketika dibutuhkan tekanan (head) yang lebih tinggi [3], [4]. Pemilihan konfigurasi yang tepat menjadi

faktor penting dalam perancangan sistem pemompaan yang efisien, terutama pada sistem yang memerlukan kinerja optimal dengan keterbatasan energi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji kinerja pompa sentrifugal dengan berbagai variasi konfigurasi. Nurkholis [5] meneliti pengaruh variasi putaran terhadap karakteristik pompa sentrifugal dan menunjukkan bahwa peningkatan putaran berpengaruh signifikan terhadap debit dan head. Widodo [6] melakukan analisis eksperimental pada susunan seri dan paralel yang memperlihatkan perbedaan karakteristik kinerja antara keduanya. Meskipun demikian, studi komprehensif mengenai perbandingan kinerja pompa sentrifugal tunggal, seri, dan paralel dengan variasi putaran dan bukaan katup masih perlu diperluas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi eksperimental terhadap kinerja pompa sentrifugal tipe GP-125 pada tiga konfigurasi utama, yaitu tunggal, seri, dan paralel. Parameter yang dianalisis meliputi head total, debit, serta efisiensi pada berbagai variasi kecepatan putaran dan bukaan katup. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem pemompaan yang lebih efektif dan efisien sesuai dengan kebutuhan aplikasi industri maupun domestik.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan satu unit pompa sentrifugal tipe GP-125 sebagai objek utama pengujian. Untuk mendukung eksperimen, digunakan beberapa instrumen ukur, antara lain flowmeter untuk mengukur debit aliran, manometer untuk mengukur tekanan hisap dan tekan, serta dimmer untuk mengatur kecepatan putaran motor penggerak pompa.



Gambar 1. Pompa Sentrifugal

Bahan yang digunakan adalah pipa PVC berdiameter 3/4 inci, sambungan pipa (elbow 90°, elbow 45°, dan tee), serta lem pipa sebagai perekat. Fluida yang digunakan dalam pengujian adalah air bersih yang ditampung dalam tangki penampung. Rangkaian pipa dibentuk ke dalam tiga konfigurasi utama, yaitu tunggal, seri, dan paralel, yang kemudian diletakkan di atas meja uji dengan bak penampung berada di bagian bawah sebagai sumber sirkulasi fluida.

2.2. Metode

Untuk mendapatkan informasi penelitian, metode yang dipakai ialah eksperimen. Metode eksperimen dipilih karena cocok untuk mengumpulkan data yang bersifat destruktif. Jumlah parameter dapat dibatasi agar biaya dan waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan dapat dihemat. Guna melihat bagaimana ketiga perubahan head yang dimaksudkan mempengaruhi kinerja, prosedur pemrosesan dijalankan. Data yang diperlukan untuk studi ini, serta studi masa depan tentang pompa sentrifugal, dikumpulkan dengan memanfaatkan peralatan pengujian yang dibuat khusus.

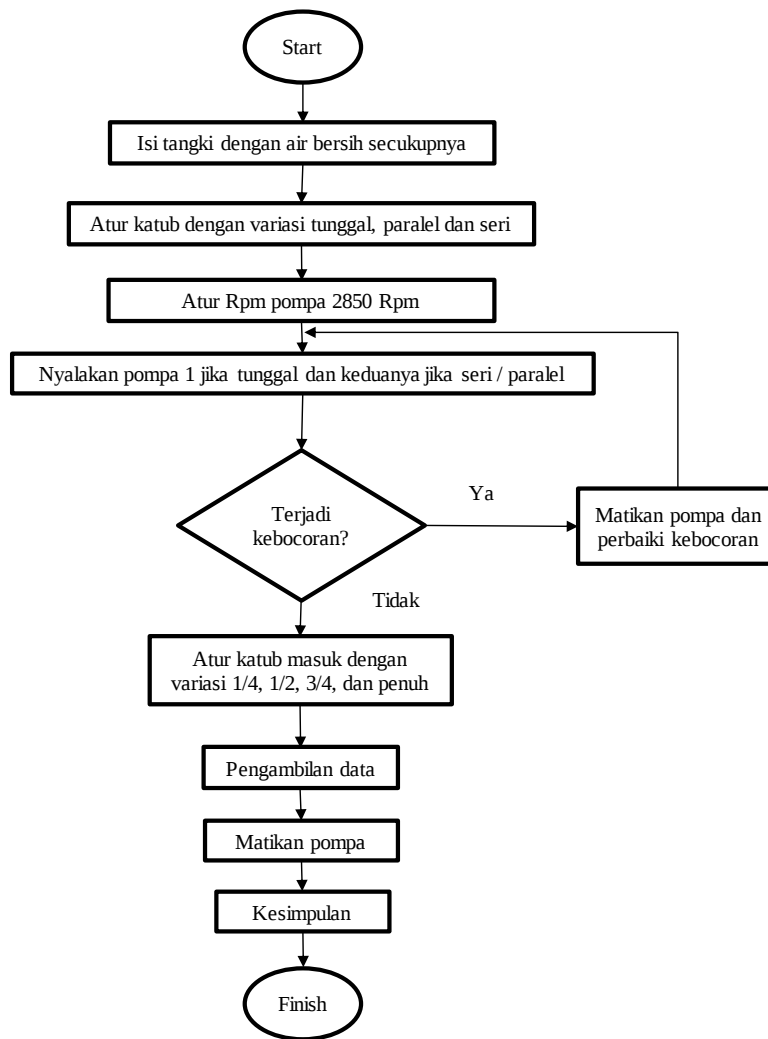
2.3. Proses Fabrikasi

Hasil Proses fabrikasi sistem diintegrasikan ke dalam prosedur pengujian. Tahapan ini ditunjukkan pada diagram alir yang meliputi persiapan tangki, perakitan konfigurasi pompa, pengecekan kebocoran, pengaturan putaran motor, pengambilan data, hingga tahap akhir analisis.



Gambar 2. Instalasi pemipaan

Dengan rancangan instalasi ini, penelitian dapat dilakukan secara fleksibel pada berbagai konfigurasi pompa, sehingga hasil eksperimen lebih komprehensif dalam menggambarkan perbedaan karakteristik antara konfigurasi tunggal, seri, dan paralel.



Gambar 3. Flowchart Perancangan

2.4. Variabel uji

Pada Pengujian dilakukan dengan tiga variasi konfigurasi pompa, yaitu tunggal, seri, dan paralel. Setiap konfigurasi diuji pada kecepatan putaran motor yang berbeda, yaitu 712,5 rpm, 1.425 rpm, dan 2.850 rpm, serta variasi pembukaan katup sebesar 1/4, 1/2, 3/4, dan penuh. Variasi tersebut dipilih untuk menganalisis perbedaan karakteristik performa pompa pada kondisi operasi yang berbeda.

2.5. Parameter Pengukuran

Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi:

Head Pompa (H), yaitu selisih energi per satuan berat fluida antara sisi tekan (discharge) dan sisi hisap (suction).

Debit (Q), yaitu volume fluida yang dialirkan pompa per satuan waktu.

Brake Horse Power (BHP), yaitu daya mekanis yang diperlukan poros pompa untuk memutar impeller.

Water Horse Power (WHP), yaitu daya fluida yang dihasilkan pompa untuk memindahkan zat cair.

Efisiensi (η), yaitu perbandingan antara daya fluida (WHP) dengan daya mekanis yang disuplai ke pompa (BHP).

Perhitungan parameter dilakukan menggunakan persamaan dasar sebagai berikut:

Head pompa (Hp):

$$H_p = (Z_D - Z_S) + 2gV^2 + (dsfL_s + \sum k) + (\gamma_p d - \gamma_p s) \quad (1)$$

Brake Horse Power (BHP):

$$BHP = V \cdot I \cdot \eta_{em} \cdot \eta_{tran} \quad (2)$$

Water Horse Power (WHP):

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

Efisiensi Pompa (η):

$$\eta = \frac{WHP}{BHP} \times 100\% \quad (4)$$

2.6. Prosedur Pengujian

Proses pengujian dilakukan secara bertahap sesuai dengan diagram alir perancangan sistem. Tahap pertama adalah mengisi tangki dengan air bersih hingga mencukupi kapasitas aliran. Selanjutnya, pompa dihubungkan ke instalasi pipa sesuai konfigurasi yang diuji (tunggal, seri, atau paralel).

Pompa kemudian dijalankan pada variasi kecepatan putaran yang telah ditentukan. Pada setiap kondisi putaran, dilakukan variasi pembukaan katup sebesar 1/4, 1/2, 3/4, dan penuh. Data tekanan, debit, serta daya listrik yang dikonsumsi dicatat untuk setiap kondisi pengujian. Apabila terjadi kebocoran pada sistem pipa, pompa dimatikan sementara untuk dilakukan perbaikan, lalu pengujian dilanjutkan kembali.

Data hasil pengukuran kemudian dihitung menggunakan persamaan dasar untuk memperoleh nilai head, BHP, WHP, dan efisiensi. Hasil perhitungan selanjutnya direkapitulasi dalam bentuk tabel dan grafik untuk dianalisis lebih lanjut.

3 Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Rekapitulasi performa pompa sentrifugal pada berbagai konfigurasi

Konfigurasi	RPM	Katup	Q (m ³ /s)	Head (m)	W_{HP} (HP)	B_{HP} (HP)	Efisiensi (%)
Tunggal	2850	1/4	0.000267	10.63	0.0008	0.4694	0.17
Tunggal	2850	1/2	0.000350	8.70	0.0010	0.4694	0.22
Tunggal	2850	3/4	0.000417	6.18	0.0009	0.4694	0.19
Tunggal	2850	Full	0.000483	12.93	0.0011	0.4694	0.23
Tunggal	1425	Full	0.000400	9.99	0.0007	0.4694	0.15
Tunggal	712.5	Full	0.000300	5.99	0.0003	0.4694	0.07
Seri	2850	1/4	0.000300	17.31	0.0011	0.9387	0.12
Seri	2850	1/2	0.000350	15.19	0.0012	0.9387	0.13
Seri	2850	3/4	0.000367	10.63	0.0009	0.9387	0.10
Seri	2850	Full	0.000400	19.60	0.0014	0.9387	0.15
Seri	1425	Full	0.000400	11.93	0.0008	0.9387	0.09
Seri	712.5	Full	0.000300	3.94	0.0002	0.9387	0.02
Paralel	2850	1/4	0.000683	16.37	0.0020	0.9387	0.21
Paralel	2850	1/2	0.000717	14.26	0.0020	0.9387	0.21
Paralel	2850	3/4	0.000833	11.49	0.0019	0.9387	0.20
Paralel	2850	Full	0.000967	18.58	0.0032	0.9387	0.34
Paralel	1425	Full	0.000717	10.03	0.0013	0.9387	0.13
Paralel	712.5	Full	0.000467	3.58	0.0003	0.9387	0.03

Tabel 1 menunjukkan rekapitulasi performa pompa sentrifugal pada konfigurasi tunggal, seri, dan paralel dengan variasi kecepatan putaran dan bukaan katup. Parameter yang dianalisis meliputi debit (Q), head (H), daya hidraulik (WHP), daya poros (BHP), serta efisiensi pompa.

3.1 Konfigurasi Tunggal

Pada konfigurasi tunggal, pompa menghasilkan debit maksimum 0,000483 m³/s pada putaran 2850 rpm dengan katup terbuka penuh, disertai head sebesar 12,93 m. Efisiensi tertinggi dicapai sebesar 0,23%. Hasil ini menunjukkan bahwa konfigurasi tunggal mampu memberikan kinerja yang stabil pada rentang operasi menengah, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi umum dengan kebutuhan debit sedang. Namun, keterbatasan konfigurasi tunggal terlihat pada kemampuan head yang relatif rendah dibandingkan dengan konfigurasi seri.

3.2 Konfigurasi Seri

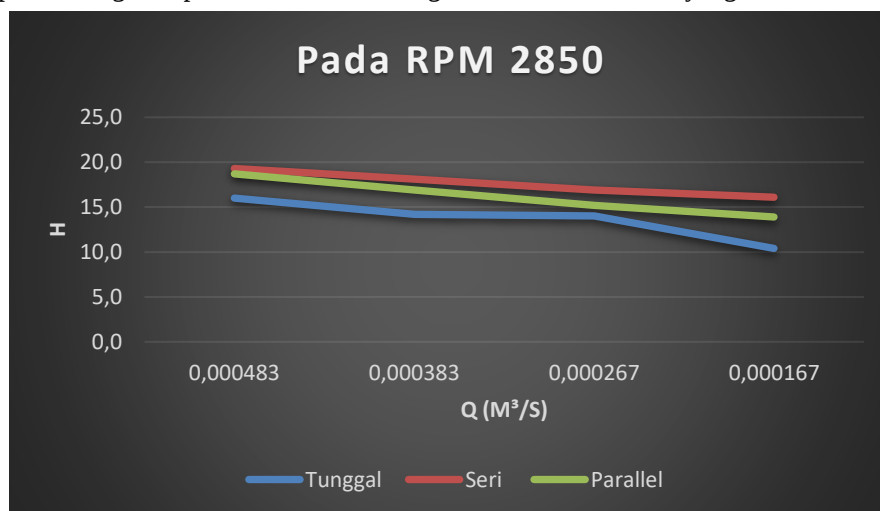
Susunan seri menghasilkan peningkatan head yang signifikan. Pada putaran 2850 rpm dengan katup penuh, head mencapai 19,60 m, lebih tinggi sekitar 51% dibandingkan konfigurasi tunggal. Meskipun demikian, debit maksimum hanya sebesar 0,000400 m³/s, lebih rendah dibandingkan konfigurasi paralel. Efisiensi relatif rendah (maksimum 0,15%) disebabkan oleh meningkatnya kerugian tekanan akibat gesekan tambahan dan aliran turbulen. Dengan demikian, konfigurasi seri lebih sesuai diterapkan pada sistem yang membutuhkan tekanan tinggi, seperti distribusi air bertingkat atau instalasi industri dengan perbedaan elevasi besar.

3.3 Konfigurasi Paralel

Konfigurasi paralel menunjukkan performa paling unggul dalam menghasilkan debit. Debit maksimum tercatat sebesar 0,000967 m³/s pada putaran 2850 rpm dengan katup terbuka penuh, hampir dua kali lipat dibandingkan konfigurasi tunggal. Head yang dihasilkan relatif lebih rendah (18,58 m), namun efisiensi sistem meningkat signifikan hingga 0,34%, nilai tertinggi di antara semua konfigurasi. Hal ini menjadikan konfigurasi paralel sesuai untuk aplikasi dengan kebutuhan kapasitas aliran besar, seperti sistem irigasi, pendingin, atau sirkulasi air bersih.

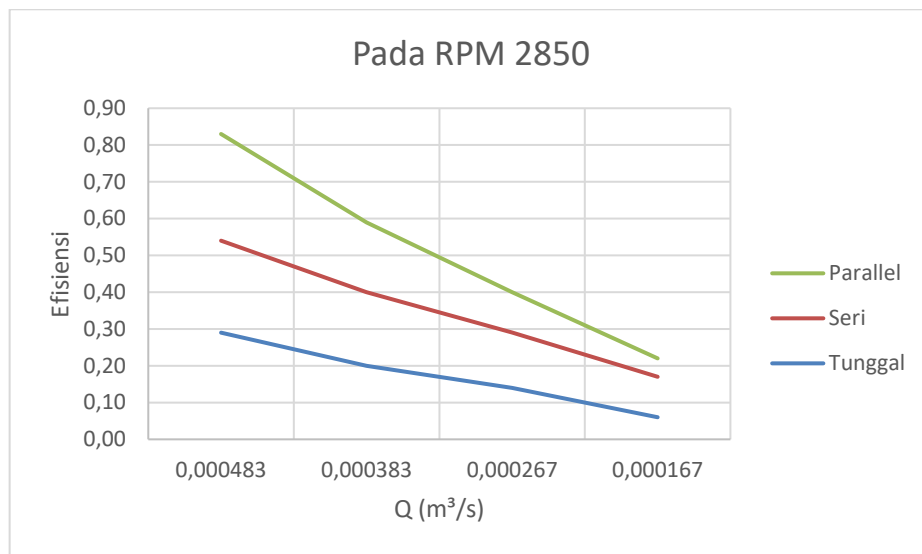
3.4 Analisis Grafik Kinerja

Hubungan debit (Q) terhadap head (H) pada Gambar 4 menunjukkan kecenderungan bahwa peningkatan debit akan menurunkan head pada semua konfigurasi. Tren ini sesuai dengan karakteristik dasar pompa sentrifugal yang dijelaskan oleh White [8]. Pada konfigurasi seri, kurva Q-H bergeser ke arah head yang lebih tinggi, sedangkan pada konfigurasi paralel kurva cenderung melebar ke arah debit yang lebih besar.



Gambar 4. Grafik Q-H

Selain itu, grafik hubungan kecepatan putaran (RPM) terhadap debit pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa peningkatan kecepatan rotasi menghasilkan debit lebih besar pada semua konfigurasi. Efisiensi sistem meningkat pada putaran tinggi (2850 rpm), khususnya pada konfigurasi paralel. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh Widodo [7] yang melaporkan bahwa performa paralel lebih dominan pada debit besar, sedangkan konfigurasi seri unggul pada head tinggi.



Gambar 5. Grafik rpm-Q

Secara keseluruhan, hasil eksperimen ini menegaskan bahwa pemilihan konfigurasi pompa harus disesuaikan dengan kebutuhan sistem: konfigurasi seri optimal untuk kebutuhan head tinggi, sedangkan konfigurasi paralel lebih efisien untuk kebutuhan debit besar.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap pompa sentrifugal dengan tiga konfigurasi berbeda yaitu tunggal, seri, dan paralel, dapat disimpulkan. Pompa dengan konfigurasi seri menghasilkan head total yang paling tinggi dibandingkan konfigurasi lainnya, sekitar 19,50 meter pada putaran 2850 rpm, konfigurasi paralel menghasilkan debit (Q) yang terbesar terutama pada putaran 2850 rpm dengan katup terbuka penuh yaitu sekitar $0,000697 \text{ m}^3/\text{s}$ dan dari hasil perhitungan efisiensi konfigurasi paralel dengan putaran 2850 rpm memberikan efisiensi tertinggi yaitu 0,34% horse power.

References

1. Sularso, & Tahara, S. (2001). *Pompa dan kompresor*. Pradnya Paramita.
2. Tardia, L. (2014). *Pompa sentrifugal dan aplikasinya: Jilid 1*.
3. Sularso dan Suga, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1996.
4. Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., dan Heald, C. C., *Pump Handbook*, 4th ed., New York: McGraw-Hill, 2008.
5. Kadir, Abdul, *Dasar-Dasar Termodinamika*, Jakarta: Erlangga, 2005.
6. Nurkholis, M., “Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 45–52, 2018.
7. Widodo, A., “Analisis Eksperimen Pompa Sentrifugal pada Rangkaian Seri dan Paralel,” *Jurnal Rekayasa Mekanika*, vol. 10, no. 1, pp. 30–36, 2019.
8. White, F. M., *Fluid Mechanics*, 8th ed., New York: McGraw-Hill, 2016.
9. Syamsudin, A., *Perpindahan Fluida dan Aplikasinya dalam Sistem Pompa*, Bandung: Deepublish, 2020.
10. Idelchik, I. E., *Handbook of Hydraulic Resistance*, 3rd ed., Oxford: Elsevier, 2005.
11. Emal, T., & Elena, K. (2018). Pump characteristic curves and system curves. *Journal of Mechanical Engineering*, 6(2), 35–42.
12. Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
13. Philip, A. W., & John, P. C. (2011). *Fluid mechanics with engineering applications*. McGraw-Hill Education.
14. Siregar, Z. H., Mawardi, M., Siregar, R., Soaloon, H. R., Saragih, E. S., & Refiza, R. (2023). Analisis kinerja pompa sentrifugal dalam sistem paralel dan seri. *Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 12(1), 21–30.
15. Church, A. H. (1944). *Centrifugal pumps and blowers*. John Wiley & Sons.