

Studi Pengaruh Kecepatan dan Temperatur Fluida Kerja Pada Pompa Gerotor

Dibyosetiawan¹, Abdul Kayi², Rohadi Yusuf³, Rani Anggrainy⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, DKI Jakarta, 11520

²Corporate Project Management & Engineering Division, PT. Solusi Bangun Indonesia, Jawa Barat 16820

³Kompetensi Keahlian Teknik dan Bisnis Sepeda Motor, SMK Negeri 2 Kota Bekasi, Jawa Barat 17153

⁴Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Jawa Barat 13077

Email: dibyosetiawan@mputantular.ac.id, abdul.kayi@sig.id, rohadiyusuf92@gmail.com, rani_anggrainy@unkris.ac.id.

ABSTRAK

Inovasi dan pengembangan perlengkapan riset harus dilakukan seiring dengan berkembangnya cabang penelitian, khususnya pada bidang rekayasa terkait dengan energi terbarukan. Pemanfaatan *Concentrated Solar Power (CSP)* sebagai penyedia panas harus dilengkapi dengan fluida pemindah panas untuk mendistribusikan energi termal dari sumber ke beban. Salah satu komponen terpenting adalah pompa alir yang digunakan untuk memindahkan fluida kerja. Karakteristik khusus dibutuhkan untuk pompa yang digunakan karena adanya tuntutan operasi temperatur yang tinggi dan fluida yang kental. Pompa *trochoid* atau *gerotor* pilihan tepat untuk diaplikasikan pada pompa fluida pemindah panas. Studi ini membahas hubungan antara kapasitas pemompaan terhadap temperatur dan kecepatan pompa. Melalui studi eksperimen, diperoleh bahwa kapasitas pemompaan dipengaruhi oleh temperatur dan kecepatan pompa. Pada kecepatan 750 RPM, kapasitas pemompaan berkisar antara 91–98 cc untuk rentang temperatur antara 30–100 °C. Kecepatan pompa yang lebih tinggi sebesar 1150 RPM, sehingga mampu menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi sebesar 127–158 cc pada rentang temperatur yang sama.

Kata kunci: *Gerotor, Trochoid, Fluida, Viskositas, Rotor.*

ABSTRACT

Innovation and development of research equipment must be carried out in line with the development of research branches, especially in the field of engineering related to renewable energy. Utilization of Concentrated Solar Power (CSP) as a heat provider must be equipped with a heat transfer fluid to distribute thermal energy from the source to the load. One of the most important components is the flow pump which is used to move the working fluid. Special characteristics are required for pumps used because of the demands of high operating temperatures and viscous fluids. Trochoid or gerotor pumps are the right choice for application to heat transfer fluid pumps. This study discusses the relationship between pumping capacity to temperature and pump speed. Through experimental studies, it is found that the pumping capacity is affected by the temperature and speed of the pump. At a speed of 750 RPM, the pumping capacity ranges from 91–98 cc for a temperature range of 30–100 °C. Higher pump speed of 1150 RPM, so it can produce a higher capacity of 127–158 cc at the same temperature range.

Keywords: *Gerotor, Trochoid, Fluid, Viscosity, Rotor.*

PENDAHULUAN

Inovasi dan pengembangan berkelanjutan dibutuhkan dalam rangka upaya pemenuhan riset yang semakin tinggi dan semakin beragam seiring dengan perkembangan zaman. Proses uji coba eksperimen memerlukan perlengkapan khusus yang ditujukan untuk pemodelan dari tujuan riset. Salah satu bidang riset yang sangat gencar dilakukan pada masa sekarang adalah pemanfaatan sumber energi terbarukan, khususnya yang bersumber dari matahari. Energi matahari yang menembus ke bumi berupa energi cahaya dan panas. Pemanfaatan energi panas matahari masih kurang mendapatkan perhatian, karena sistem yang cukup kompleks serta

memenuhi kebutuhan perlengkapan riset yang sangat rumit.

Aplikasi pemanasan matahari dapat digunakan untuk pengering makanan, produksi air bersih melalui proses distilasi dan desalinasi serta produksi listrik dengan menggunakan *Concentrated Solar Power (CSP)* [1]. Pemanfaatan energi panas matahari untuk seluruh aplikasi tersebut umumnya membutuhkan fluida kerja (*heat transfer fluid*) sebagai media untuk memindahkan energi panas dari sumber ke beban [2]. Temperatur kerja yang digunakan tergantung kepada aplikasi dan untuk aplikasi skala kecil digunakan pada rentang 80–200°C [3]. Fluida kerja yang bersirkulasi di dalam sistem,

membutuhkan pompa. Pompa untuk aplikasi temperatur tersebut dibutuhkan karakteristik khusus [4].

Terdapat dua tipe pompa yang umum digunakan antara lain pompa centrifugal dan pompa perpindahan positif (*positive displacement pump/PD*) [5]. Pompa centrifugal merupakan pompa yang digemari, karena performa yang baik dan tingkat kematangan teknologi yang tinggi [6]. Tantangannya untuk pompa ini adalah ukuran yang relatif besar dan perlu biaya yang lebih mahal, khususnya untuk pompa yang bekerja pada temperatur tinggi. Pompa perpindahan positif memiliki karakteristik yang lebih sederhana dan dapat digunakan pada temperatur yang relatif lebih tinggi [7]. Salah satu pompa perpindahan positif yang banyak digunakan untuk aplikasi temperatur tinggi adalah pompa *gerotor*. Pompa *gerotor* atau *trochoid* umumnya digunakan untuk memompakan fluida yang memiliki viskositas tinggi dan pada temperatur yang relatif tinggi [8]. Umumnya pompa *gerotor* digunakan untuk aplikasi sistem pelumasan kendaraan dengan kondisi temperatur tinggi dan pelumas yang memiliki tingkat viskositas tinggi [9].

Pompa *gerotor* dapat dikembangkan lebih lanjut untuk diaplikasikan sebagai pompa pemindah fluida kerja skala kecil. Pompa *gerotor* dipilih dengan pertimbangan harga yang lebih murah dan memiliki performa yang cukup baik. Pompa *gerotor* memiliki tingkat kebisingan yang lebih rendah dan sesuai untuk digunakan pada aplikasi khusus yang memiliki kebutuhan pemompaan khusus, misalnya temperatur yang tinggi dan fluida kental [10]. Besarnya celah antar *rotor* dan rumah *rotor* merupakan kunci penting dalam fungsi pompa *gerotor* yang dapat digunakan pada temperatur tinggi dan fluida yang lebih kental [11]. Profil *gerotor* yang unik dengan hanya satu komponen yang berputar, mampu mencapai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan pompa perpindahan positif tipe lainnya [12].

Perhatian yang lebih tinggi ditunjukkan pada perkembangan *gerotor* pada aplikasi khusus. Namun sayangnya, belum ada studi yang membahas secara komprehensif terkait dengan performa pompa *gerotor* untuk digunakan sebagai aplikasi fluida pemindah panas. Studi ini fokus untuk membahas performa pompa *gerotor* terkait kemampuan pemompaan berdasarkan variasi kecepatan pompa dan temperatur dari fluida yang digunakan. Hasil yang diharapkan adalah dapat diketahui bagaimana pengaruh dari temperatur dan kecepatan putar terhadap kapasitas pemompaan sehingga dapat menentukan kapasitas yang lebih spesifik sesuai dengan kebutuhan.

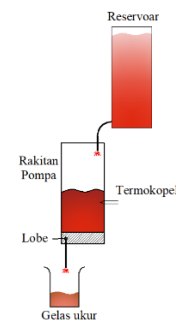
METODE PENELITIAN

Pompa yang dibuat terdiri dari dua unit terpisah antara lain unit rakitan pompa dan penggerak. Gambar 1 memperlihatkan unit rakitan pompa dan mekanis penggerak yang digunakan. Penelitian ini menggunakan pompa *gerotor* dengan jumlah gigi pada *rotor* sebanyak tujuh gigi dan jumlah gigi pada rumah *rotor* sebanyak delapan gigi. Unit rakitan pompa memiliki penampungan yang digunakan untuk tempat pemanasan fluida kerja. Proses pemanasan dilakukan secara konduksi dengan menggunakan pemanas listrik yang ditempelkan pada unit pompa. Motor *DC* digunakan untuk menggerakkan pompa. Proses pemindahan daya dari motor *DC* ke pompa menggunakan sistem penerus daya puli.



Gambar 1. Rakitan pompa dan motor penggerak

Uji eksperimen dilakukan untuk mengamati banyaknya fluida yang keluar dari pompa pada kecepatan motor tertentu. Untuk mengatur kecepatan motor, pengendali tipe *pulse width modulation (PWM)* digunakan. Gambar 2 menyajikan gambar skema pengujian yang dilakukan. *Thermocouple* (tipe *K*) digunakan untuk mengukur temperatur fluida kerja pada penampungan. Pengukuran kecepatan putar motor dilakukan dengan menggunakan *tachometer*. Fluida kerja yang digunakan untuk mengukur kapasitas pemompaan adalah oli *SAE 20*.



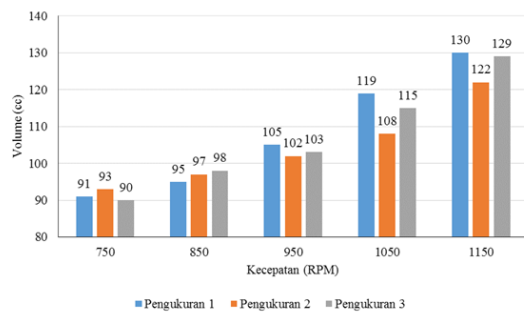
Gambar 2. Skematik pengukuran kapasitas pompa dan pengukuran temperatur

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan gelas ukur untuk menampung fluida yang berhasil dikeluarkan oleh pompa.

Banyaknya kapasitas pemompaan diukur dengan menggunakan gelas ukur. Nilai kapasitas pemompaan diukur berdasarkan banyaknya fluida yang dikeluarkan dalam waktu 1 (satu) menit (cc). Nilai kapasitas pemompaan diketahui berdasarkan kecepatan putar pompa pada temperatur tertentu. Tujuannya adalah mengetahui performa pemompaan berdasarkan variasi temperatur dan kecepatan putar motor. Temperatur yang digunakan adalah 30 °C, 60 °C dan 100 °C. Pengukuran kapasitas dilakukan sebanyak tiga kali untuk melihat perubahan hasil pengukuran. Kapasitas pompa diukur selama 1(satu) menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pompa *gerotor* merupakan pompa perpindahan positif yang biasa digunakan sebagai pompa transfer. Penggunaan gigi dari bahan logam memungkinkan untuk pengoperasian pada temperatur yang relatif lebih tinggi. Mekanisme yang sederhana dari pompa *gerotor* yang memudahkan dalam pengoperasian sehingga dapat dengan mudah diatur. Aspek terpenting dari pompa perpindahan positif adalah kapasitas pemompaan. Kapasitas pemompaan merupakan banyaknya fluida yang mampu dipindahkan oleh pompa dalam satuan waktu. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran volume yang dialirkan oleh pompa berdasarkan kecepatan putar pada temperatur 30 °C.

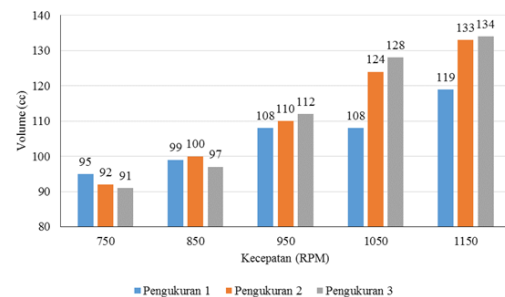


Gambar 3. Kapasitas pemompaan pada temperatur 30 °C

Fluida yang dialirkan oleh pompa pada kecepatan berbeda menunjukkan nilai yang berbeda. Berdasarkan Gambar 3, pada temperatur 30 °C, volume yang dialirkan oleh pompa pada kecepatan 750 RPM berkisar antara 90–93 cc. Pada kecepatan putar 850 RPM, terjadi kenaikan volume dari fluida yang dipompakan dengan rentang antara 95–98 cc. selanjutnya pada kecepatan 950 dan 1050 RPM, banyaknya fluida yang berhasil dialirkan oleh pompa adalah 102–105 cc dan 108–119 cc. Kapasitas tertinggi dicapai oleh pompa pada kecepatan 1150 RPM

dengan banyaknya fluida yang dipompa pada rentang 122–130 cc. Berdasarkan Gambar 3, terlihat semakin tinggi kecepatan pompa maka nilai rentang pengukuran semakin jauh. Pada kecepatan antara 750 sampai 950 RPM, rentang pengukuran tertinggi hanya 3 cc, sedangkan pada kecepatan 1050 dan 1150 RPM rentang pengukuran tertinggi adalah 11 cc.

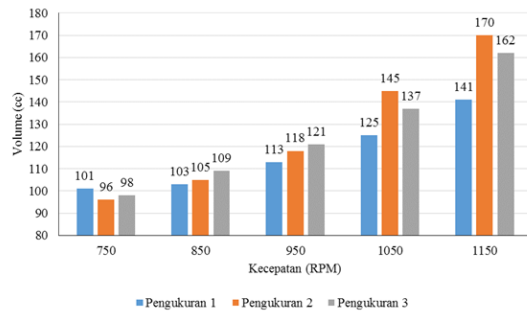
Pengujian berikutnya dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi antara 60 °C. Temperatur dinaikan dengan cara meningkatkan aliran listrik pada pemanas elektrik. Terjadi perubahan kapasitas pemompaan sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4. Terdapat kenaikan yang cukup signifikan pada kapasitas pemompaan dengan temperatur fluida kerja sebesar 60 °C. Dari Gambar 4 terlihat bahwa pada kecepatan 750 RPM, kapasitas pemompaan berkisar antara 91–95 cc. Pada kecepatan yang lebih tinggi antara 850 RPM, terjadi kenaikan volume fluida yang dipompakan antara pada rentang 97–100 cc. Kecepatan 950 dan 1050 RPM menunjukkan nilai masing-masing 108–112 cc dan 108–128 cc. Kapasitas pemompaan tertinggi terjadi pada kecepatan 1150 RPM dimana rentang volume berada antara 119–134 cc. Pada kecepatan yang lebih rendah antara 750–950 RPM, kisaran rentang pengukuran tertinggi adalah 4 cc. Kecepatan pompa 1050 dan 1150 memiliki rentang pengukuran tertinggi dengan selisih pengukuran hingga 20 cc pada kecepatan 1050 RPM.



Gambar 4. Kapasitas pemompaan pada temperatur 60 °C

Temperatur fluida kembali dinaikan menjadi 100 °C dan pompa dioperasikan pada kecepatan yang sama antara 750–1150 RPM. Terjadi kenaikan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan yang sama pada temperatur 60 °C. Gambar 5 memperlihatkan grafik perbandingan hasil pengukuran pada masing-masing kecepatan. Volume yang dipompakan pada temperatur 100 °C dengan kecepatan 750 RPM adalah 96–101 cc. Ketika kecepatan pompa dinaikan menjadi 850 RPM, terjadi kenaikan kapasitas pemompaan dengan

rentang volume yang dialirkan oleh pompa pada kisaran 103–109 cc. Kecepatan 950 RPM memiliki kapasitas pemompaan pada rentang 113–121 cc dan 125–145 cc untuk kecepatan 1050 RPM. Kecepatan pompa 1150 RPM memiliki kapasitas tertinggi dengan kapasitas berkisar antara 141–170 cc.



Gambar 5. Kapasitas pemompaan pada temperatur 100 °C

Berdasarkan Gambar 5, temperatur fluida 100 °C memiliki kapasitas pemompaan yang paling tinggi dibandingkan dengan temperatur fluida 30 °C dan 60 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan temperatur fluida menyebabkan pompa semakin mudah dalam mengalirkan fluida sehingga pada kecepatan yang sama, temperatur fluida yang lebih tinggi menyebabkan kenaikan kapasitas pemompaan. Di sisi lain, rentang kenaikan kapasitas pemompaan semakin tinggi dengan kecepatan putar yang lebih tinggi pada temperatur 100 °C. Hal ini menjadi kunci penting bahwa hubungan antara kapasitas pemompaan dan kecepatan putar adalah linear dimana kenaikan kecepatan putar akan menaikkan kapasitas pemompaan.

Tabel 1 menyajikan data rerata terkait dengan kapasitas pemompaan dan kecepatan putar pada tiap temperatur. Rentang kenaikan antara kecepatan 750–950 RPM tidak terlalu signifikan pada semua temperatur pengujian. Sebaliknya, rentang kenaikan kapasitas pemompaan pada kecepatan 1050 dan 1150 RPM cukup signifikan. Hal ini menandakan bahwa pada kecepatan putar tinggi, pompa bekerja lebih maksimal dengan mengalirkan fluida lebih banyak. Kenaikan temperatur pada prinsipnya memudahkan pompa dalam mengalirkan fluida karena adanya penurunan nilai viskositas.

Tabel 1. Rerata kapasitas pemompaan berdasarkan temperatur dan kecepatan.

Kecepatan (RPM)	Kapasitas pada temperatur:		
	30 °C	60 °C	100 °C
750	91	93	98
850	97	99	106

Kecepatan (RPM)	Kapasitas pada temperatur:		
	30 °C	60 °C	100 °C
950	103	110	117
1050	114	120	136
1150	127	129	158

Perubahan viskositas menyebabkan adanya perubahan kekentalan fluida. Kenaikan temperatur menyebabkan penurunan nilai viskositas karena adanya penurunan kekuatan tarik menarik antar molekul. Fluida yang kental memiliki kekuatan Tarik menarik yang lebih tinggi sehingga menyebabkan sulitnya mengalir fluida. Hal ini dapat diamati pada temperatur rendah dimana kapasitas pemompaan menjadi lebih sedikit.

KESIMPULAN

Pemanfaatan *gerotor* sebagai pompa fluida pemindah panas menunjukkan fungsi yang mumpuni dimana fluida dapat dipompa pada temperatur yang relatif tinggi. Sebagai pompa perpindahan positif, kenaikan kecepatan putar akan meningkatkan kapasitas pemompaan. Berdasarkan hasil pengujian, hal ini dapat diamati dimana semakin tinggi kecepatan putar dapat meningkatkan kapasitas. Perubahan temperatur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas pemompaan. Fluida pemindah panas memiliki nilai viskositas tertentu, yang mana perubahan temperatur akan menyebabkan perubahan nilai viskositas menjadi turun. Pada temperatur 30 °C, kapasitas pemompaan maksimal hanya sebesar 127 cc dengan kecepatan putar 1150 RPM. Pada temperatur 60 dan 100 °C, terjadi kenaikan yang signifikan pada kecepatan yang sama dimana kapasitas pemompaan menjadi lebih tinggi antara 129 dan 158 cc. Hal ini menunjukkan performa *gerotor* sebagai pompa pemindah fluida panas cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dimana kapasitas pemompaan menjadi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Mohana, R. Mohanapriya, T. Anukiruthika, K. S. Yoha, J. A. Moses, and C. Anandharamakrishnan, "Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances," *Sol. Energy*, vol. 208, no. February, pp. 321–344, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.07.098.
- [2] C. Kang, Y. Zhu, and Q. Li, "Effects of hydraulic loads and structure on operational stability of the *rotor* of a

- molten-salt pump,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 117, no. October 2017, p. 104821, 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104821.
- [3] F. M. Rad, A. S. Fung, and W. H. Leong, “Feasibility of combined solar thermal and ground source heat pump systems in cold climate, Canada,” *Energy Build.*, vol. 61, pp. 224–232, 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.02.036.
- [4] G. Bonandrini, G. Mimmi, and C. Rottenbacher, “Design and simulation of meshing of a particular internal rotary pump,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 49, pp. 104–116, 2012, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2011.11.001.
- [5] S. M. Kwon, H. S. Kang, and J. H. Shin, “Rotor profile design in a hypogenerator pump,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 23, no. 12, pp. 3459–3470, 2009, doi: 10.1007/s12206-009-1007-y.
- [6] Z. Xie *et al.*, “Analysis of the flow noises of the nuclear main pump caused by the high temperature liquid Sodium in the two-circuit main loop liquid Sodium pump system,” *Ann. Nucl. Energy*, vol. 145, p. 107550, 2020, doi: 10.1016/j.anucene.2020.107550.
- [7] A. Fritsch, J. Flesch, V. Geza, C. Singer, R. Uhlig, and B. Hoffschmidt, “Conceptual Study of Central Receiver Systems with Liquid Metals as Efficient Heat Transfer Fluids,” *Energy Procedia*, vol. 69, no. 0, pp. 644–653, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.03.074.
- [8] J. Stryczek, S. Bednarczyk, E. Codina, P. J. Gamez-Montero, L. Ivanovic, and M. Matejic, “Gears or rotors-three approaches to design of working units of hydraulic machines,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 659, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/659/1/012006.
- [9] G. Jacazio and A. De Martin, “Influence of rotor profile geometry on the performance of an original low-pressure gerotor pump,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 100, pp. 296–312, 2016, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2016.02.012.
- [10] S. H. Lee, H. S. Kwak, G. Bin Han, and C. Kim, “Design of gerotor oil pump with 2-expanded cardioids lobe shape for noise reduction,” *Energies*, vol. 12, no. 6, 2019, doi: 10.3390/en12061126.
- [11] C. Hao, Y. Wenming, and L. Guangming, “Design of gerotor oil pump with new rotor profile for improving performance,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 230, no. 4, pp. 592–601, 2016, doi: 10.1177/0954406215618228.
- [12] C. F. Hsieh and Y. W. Hwang, “Geometric design for a gerotor pump with high area efficiency,” *J. Mech. Des. Trans. ASME*, vol. 129, no. 12, pp. 1269–1277, 2007, doi: 10.1115/1.2779887.