

POMPA AIR ENERGI TERMAL DENGAN DUA PIPA HISAP

I Gusti Ketut Puja dan FA Rusdi Sambada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
Kampus III Paingan Maguwoharjo Depok Sleman
Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
Phone: +62-274-883037, FAX: +62-274-886529, E-mail: ketut@dosen.usd.ac.id

Abstrak

Pada umumnya pompa air di Indonesia digerakkan oleh energi listrik namun belum semua daerah di Indonesia mempunyai jaringan listrik. Pulsajet air adalah salah satu jenis pompa air yang tidak memerlukan energi listrik. Pulsajet air digerakkan oleh energi termal. Energi termal yang diperlukan pompa air jenis pulsejet air dapat berasal dari energi surya, biogas, panas buangan industri dan sebagainya. Di Indonesia unjuk kerja pompa air energi termal khususnya jenis pulsejet air belum banyak diteliti sehingga perlu dilakukan banyak penelitian untuk menjajaki kemungkinan pemanfaatannya. Penelitian unjuk kerja pompa air jenis pulsajet air yang ada umumnya menggunakan pipa tunggal dengan satu sisi hisap. Tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengetahui unjuk kerja (debit, daya dan efisiensi) pompa air energi termal jenis pulsajet air dengan 2 (dua) sisi hisap. Pompa air energi termal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama yakni evaporator, pemanas dan pipa osilasi. Evaporator pada penelitian ini terdiri dari 2 pipa sejajar berdiameter 0,5 inci, terbuat dari tembaga dan mempunyai volume total 285 cc. Pemanas yang digunakan berasal dari pembakaran spirtus. Pipa osilasi terbuat dari selang berukuran 0,375 dan 0,5 inci. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur evaporator dan debit yang dihasilkan. Variasi yang dilakukan adalah ketinggian head pemompaan (1,5 m; 1,8 m dan 2,5 m) dan diameter pipa osilasi (0,375 inci dan 0,5 inci). Hasil penelitian menunjukkan debit maksimum sebesar 1,14 liter/menit didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 1,5 m dengan menggunakan pipa osilasi 0,375 inci. Daya pompa maksimum sebesar 0,36 watt dan efisiensi pompa maksimum sebesar 0,08 % didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 2,5 m dengan menggunakan pipa osilasi 0,375 inci.

Kata kunci: pompa air, energi termal, pulsajet air

1. Pendahuluan

Pada umumnya pompa air digerakkan oleh energi listrik (motor listrik), tetapi belum semua daerah di Indonesia mempunyai jaringan listrik. Selain itu penggunaan energi listrik menyebabkan biaya penyediaan air menjadi mahal, sehingga mengurangi kemampuan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan hidup yang lain. Energi alternatif yang dapat digunakan untuk menggerakkan pompa air adalah energi termal. Beberapa jenis pompa air yang dapat digerakkan dengan energi termal adalah pompa air energi termal jenis pulsajet air, fluidyn dan nifte. Dari ketiga jenis pompa air energi termal tersebut, pompa air energi termal jenis pulsejet air merupakan jenis yang paling sederhana sehingga mudah dibuat dengan teknologi yang ada di daerah. Energi termal yang diperlukan oleh pompa air energi termal dapat berasal dari pembakaran bahan bakar, kayu, batubara, biogas, energi surya, panas bumi atau panas buangan industri yang sudah tidak terpakai lagi. Di Indonesia unjuk kerja pompa air energi termal khususnya jenis pulsejet air belum banyak diteliti

sehingga perlu dilakukan banyak penelitian untuk menjajaki kemungkinan pemanfaatannya. Penelitian unjuk kerja pompa air jenis pulsejet air yang ada umumnya menggunakan pipa tunggal dengan satu sisi hisap sehingga unjuk kerja yang dihasilkan masih rendah. Penelitian pada pompa air energi termal dengan menggunakan energi surya memperlihatkan bahwa waktu pengembunan uap dipengaruhi oleh temperatur dan debit air pendingin masuk kondensor [1]. Penelitian pompa air energi termal berbasis motor stirling dapat secara efektif memompa air dengan variasi head antara 2 – 5 m [2]. Penelitian pompa air energi termal oleh Smith menunjukkan bahwa ukuran kondenser yang sesuai dapat meningkatkan daya output sampai 56% [3]. Penelitian pompa air energi termal menggunakan energi surya memperlihatkan bahwa waktu pengembunan uap dipengaruhi oleh temperatur dan debit air pendingin masuk kondensor [1]. Penelitian secara teoritis pompa air energi termal dengan dua macam fluida kerja, yaitu n-pentane dan ethyl ether memperlihatkan bahwa efisiensi pompa dengan ethyl ether 17% lebih tinggi



dibanding n-pentane untuk tinggi head 6 m [4]. Analisa termodinamika untuk memprediksi unjuk kerja pompa air energi termal pada beberapa head ketingian memperlihatkan bahwa jumlah siklus pemompaan tergantung pada waktu pemanasan fluida kerja dan waktu yang diperlukan untuk pengembunan uap. Waktu pemanasan tergantung pada jumlah fluida awal dalam sistem. Waktu pengembunan tergantung pada luasan optimum koil pendingin [5].

Pada penelitian ini dibuat model pompa air energi termal jenis pulsejet air dengan 2 (dua) sisi hisap untuk mengetahui debit, daya pompa dan efisiensi pompa maksimum yang dapat dihasilkan.

2. Metode Penelitian

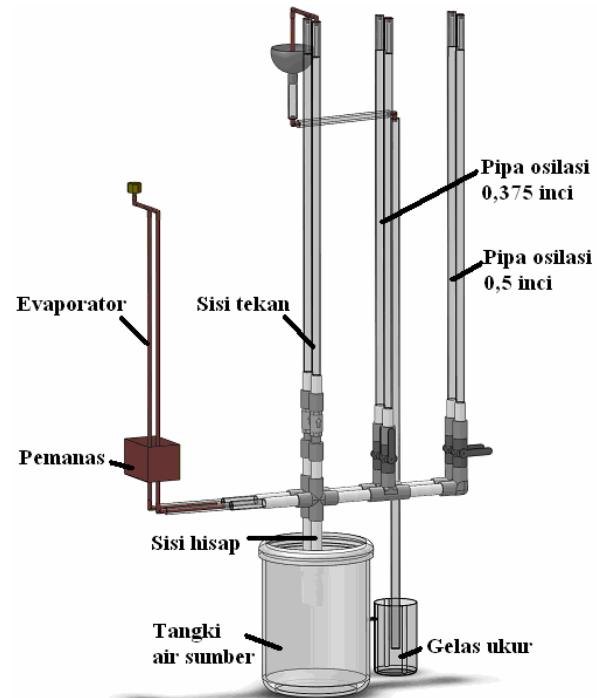
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yakni dengan membuat model pompa air energi termal jenis pulsajet air (Gambar 1 dan 2). Model pompa air energi termal jenis pulsajet air terdiri dari evaporator, pipa osilasi dan pemanas. Evaporator pada penelitian ini terdiri dari 2 pipa sejajar berdiameter 0,5 inci, terbuat dari tembaga dan mempunyai volume total 285 cc. Pemanas yang digunakan berasal dari pembakaran spirtus. Pipa osilasi terbuat dari selang dengan diameter 0,375 dan 0,5 inci. Evaporator berfungsi untuk menguapkan fluida kerja (dalam penelitian ini digunakan air sebagai fluida kerja). Proses yang terjadi selama pemompaan adalah proses penguapan dan pengembunan fluida kerja. Proses penguapan terjadi karena adanya pemanasan fluida kerja sedangkan proses pengembunan terjadi karena terjadinya 'pulse' dan adanya pendinginan. 'Pulse' adalah naiknya tekanan didalam evaporator secara cepat dan tiba-tiba yang tidak diikuti dengan kenaikan temperatur secara cepat sehingga temperatur fluida kerja di dalam evaporator saat itu menjadi dibawah titik didih fluida kerja yang digunakan dan akibatnya terjadi pengembunan. Pada saat terjadi 'pulse' tekanan yang dihasilkan oleh tinggi kolom air pada pipa osilasi harus sudah mencapai maksimum jika tidak maka akan menyebabkan proses penghisapan air dari sumber tidak dapat berjalan dengan baik. Tekanan dalam pipa osilasi dapat mencapai maksimum saat 'pulse' terjadi apabila digunakan pipa osilasi dengan ukuran (diameter) yang sesuai dengan ukuran pipa evaporator. Proses penguapan menyebabkan terjadinya pemompaan sedangkan proses pengembunan menyebabkan terjadinya penghisapan air dari sumber. Pipa osilasi berfungsi untuk membantu proses penghisapan dengan memberikan energi (potensial) tambahan kepada pompa. Tanpa pipa osilasi pompa air tidak dapat bekerja sama sekali.

Variasi yang dilakukan adalah ketinggian head pemompaan (1,5 m; 1,8 m dan 2,5 m) dan diameter pipa osilasi (0,375 inci dan 0,5 inci) sedangkan variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur evaporator dan debit yang dihasilkan. Penelitian dimulai dengan mengatur ketinggian head pemompaan sebesar 1,5 m

dan diameter pipa osilasi 0,375 inci. Mengisi semua sistem pompa dengan air dan mengisi kotak pemanas dengan spirtus. Pada pengisian sistem pompa dengan air harus dipastikan tidak ada udara yang tertinggal di dalam sistem. Adanya udara di dalam sistem dapat mengganggu proses kerja pompa. Hal lain yang dapat mengganggu kerja pompa adalah adanya kebocoran pada katup satu arah baik pada sisi hisap maupun pada sisi tekan. Setelah diisi dengan air selanjutnya pemanas mulai dinyalakan, setelah terjadi pemompaan temperatur evaporator dan debit air keluar mulai dicatat. Setelah pemanas mati, pompa didiamkan supaya temperaturnya kembali seperti semula. Pengambilan data untuk ketinggian head pemompaan 1,5 m diulangi dengan mengganti diameter pipa osilasi yang digunakan menjadi 0,5 inci. Semua langkah tersebut diulangi untuk ketinggian head pemompaan 1,8 m dan 2,5 m. Setelah pengambilan data selesai dilakukan perhitungan dan analisis unjuk kerja pompa.

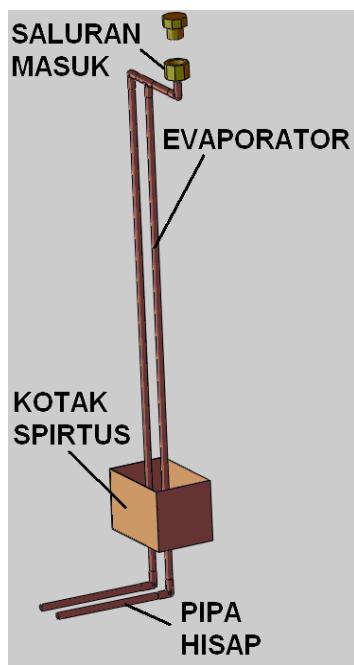
Efisiensi pompa didefinisikan sebagai perbandingan antara daya pemompaan yang dihasilkan selama waktu tertentu dengan besarnya daya pemanas yang diberikan . Efisiensi pompa dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_{pompa} = \frac{\text{Daya Pompa}}{\text{Daya Pemanas}} \quad (1)$$



Gambar 1. Pompa air energi termal jenis pulsajet air



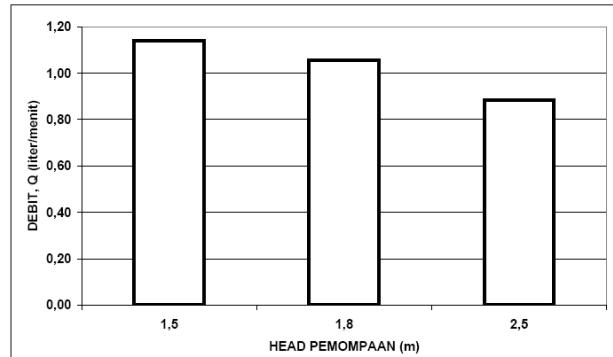


Gambar 2. Detil evaporator dan pemanas

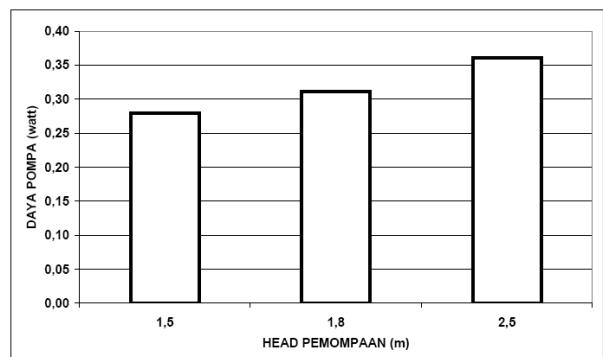
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan debit air maksimum sebesar 1,14 liter/menit didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 1,5 m (Gambar 3) sedangkan daya pompa maksimum sebesar 0,36 watt didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 2,5 meter (Gambar 4). Kedua hasil tersebut didapatkan dengan menggunakan diameter pipa osilasi 0,375 inci. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa debit pemompaan akan turun jika ketinggian head pemompaan dinaikkan. Karakteristik tersebut juga didapatkan pada pompa air dengan penggerak energi listrik. Karakteristik yang berbeda antara pompa air energi termal ini dengan pompa air energi listrik adalah dalam hal daya pompa. Pada pompa air energi listrik daya pompa relatif tetap sedangkan pada pompa air energi termal daya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: kesetimbangan antara pemanasan dengan pendinginan dan ketinggian head pemompaan. Dalam penelitian ini daya pemanasan dihasilkan oleh pembakaran spiritus. Untuk mengetahui besar daya pemanas dilakukan eksperimen sederhana yakni dengan memanaskan sejumlah massa air tertentu. Kenaikan temperatur air dalam selang waktu tertentu digunakan untuk memperkirakan daya pemanasan. Dalam penelitian ini daya pemanasan yang digunakan sebesar 438 watt. Efisiensi pompa yang dihasilkan berbanding lurus dengan daya pemompaan (Gambar 5), karena efisiensi merupakan perbandingan antara daya pemompaan dengan daya pemanas (daya pemanas dalam penelitian ini besarnya diasumsikan tetap). Pendinginan yang digunakan pada penelitian ini adalah udara sekitar. Ketidak setimbangan antara pemanasan dan pendinginan

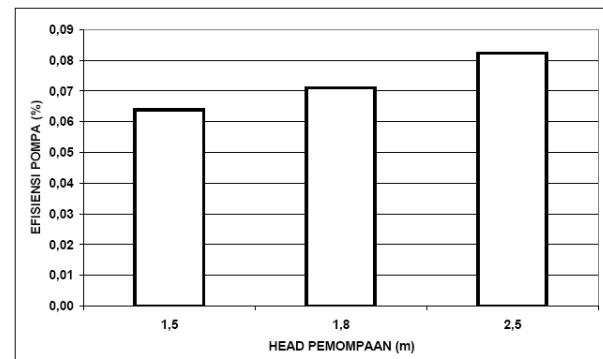
dapat menurunkan daya pemompaan yang dihasilkan. Pemanasan yang kurang memadai misalnya pada saat pompa mulai bekerja atau karena pendinginan yang berlebih menyebabkan lambatnya proses penguapan fluida kerja di dalam evaporator. Lambatnya proses penguapan fluida kerja menyebabkan tidak terjadinya proses pemompaan air dari sumber dan uap yang terbentuk hanya menyebabkan osilasi pada pipa osilasi.



Gambar 3. Debit yang dihasilkan pada beberapa variasi head pemompaan



Gambar 4. Daya pompa yang dihasilkan pada beberapa variasi head pemompaan

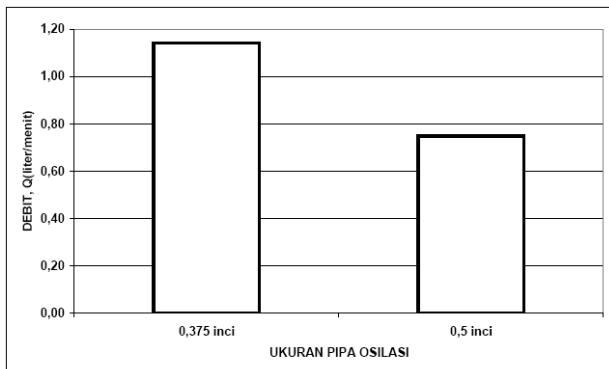


Gambar 5. Efisiensi pompa yang dihasilkan pada beberapa variasi head pemompaan

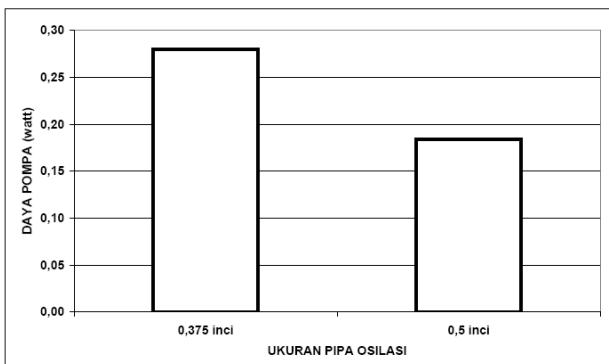
Pemanasan yang berlebih juga menyebabkan menurunnya daya pemompaan. Pemanasan yang berlebih terjadi misalnya pada pompa yang bekerja



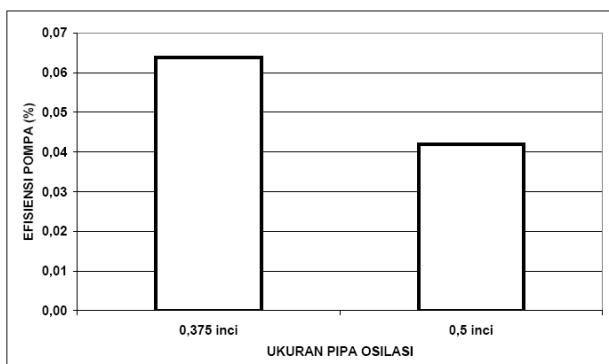
dalam waktu yang lama dan pendinginan yang ada kurang memadai. Pemanasan yang berlebih menyebabkan fluida kerja yang akan masuk kembali ke evaporator (pada proses pengembunan) terlalu cepat menguap dan uap tersebut menghalangi fluida kerja lain yang akan masuk ke dalam evaporator sehingga fluida kerja yang dapat masuk kedalam evaporator menjadi sangat sedikit.



Gambar 6. Debit pompa yang dihasilkan pada beberapa variasi diameter pipa osilasi



Gambar 7. Daya pompa yang dihasilkan pada beberapa variasi diameter pipa osilasi



Gambar 8. Efisiensi pompa yang dihasilkan pada beberapa variasi diameter pipa osilasi
Ketinggian head pemompaan yang berbeda menyebabkan tekanan maksimum yang berbeda di dalam sistem pompa. Tekanan maksimum yang berbeda

tersebut akan mempengaruhi proses penguapan dan pengembunan fluida kerja di dalam evaporator. Hal tersebut pada akhirnya akan mempengaruhi daya pemompaan yang dihasilkan. Dari hasil penelitian diperkirakan daya pemompaan yang dihasilkan akan mencapai maksimum pada ketinggian head pemompaan tertentu dan head pemompaan yang lebih tinggi lagi akan menurunkan daya pemompaan yang dihasilkan.

Debit, daya dan efisiensi pemompaan juga sangat dipengaruhi oleh diameter pipa osilasi yang digunakan (Gambar 6, 7 dan 8). Jika diameter pipa osilasi dapat menghasilkan osilasi yang sesuai dengan frekuensi pembentukan uap di dalam evaporator maka debit yang dihasilkan akan besar. Untuk ukuran pipa evaporator seperti yang digunakan pada penelitian ini terlihat pipa osilasi dengan diameter 0,375 inci menghasilkan frekuensi yang lebih sesuai dibandingkan pipa osilasi dengan diameter 0,5 inci. Selain dipengaruhi ukuran pipa osilasi frekuensi pembentukan uap di dalam evaporator juga dipengaruhi oleh jumlah kalor yang dapat diterima fluida kerja di dalam evaporator, hal ini sangat tergantung pada efisiensi dan efektivitas pemanasan. Dari osilasi yang terjadi pada pipa osilasi dapat diketahui pembentukan uap yang terjadi pada kedua pipa evaporator relatif sama. Temperatur pada evaporator merupakan indikator kesesuaian diameter pipa osilasi yang digunakan. Jika diameter pipa osilasi yang digunakan tidak sesuai maka temperatur pada evaporator cenderung akan tinggi dan fluktuatif.

4. Kesimpulan

1. Debit maksimum sebesar 1,14 liter/menit didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 1,5 m dengan menggunakan diameter pipa osilasi 0,375 inci
2. Daya pompa maksimum sebesar 0,36 watt didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 2,5 m dengan menggunakan diameter pipa osilasi 0,375 inci.
3. Efisiensi pompa maksimum sebesar 0,08 % didapatkan pada variasi ketinggian head pemompaan 2,5 m dengan menggunakan diameter pipa osilasi 0,375 inci.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada saudara Lukito atas bantuannya dalam proses pengambilan data pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada segenap staf laboratorium Konversi Energi atas ketersediaan peralatan dan fasilitas lab.

Daftar Pustaka

- [1] Sumathy, K.; Venkatesh, A.; Sriramulu, V., (1995). The importance of the condenser in a solar water pump, Energy Conversion and Management,



Volume 36, Issue 12, December 1995, Pages 1167-1173

- [2] Mahkamov, K; Djumanov, D., Thermal Water Pumps On The Basis Of Fluid Piston Solar Stirling Engine. 1st International Energy Conversion Engineering Conference, 17-21 August 2003, Portsmouth, Virginia
- [3] Smith, Thomas. C. B, (2005), Asymmetric Heat Transfer In Vapour Cycle Liquid-Piston Engines . Pages 1-3
- [4] Wong, Y.W.; Sumathy, K., (2000). Performance of a solar water pump with n-pentane and ethyl ether as working fluids, Energy Conversion and Management, Volume 41, Issue 9, 1 June 2000, Pages 915-927.
- [5] Wong, Y.W.; Sumathy, K., (2001). Thermodynamic analysis and optimization of a solar thermal water pump, Applied Thermal Engineering, Volume 21, Issue 5, April 2001, Pages 613-627.



