

KARAKTERISTIK PETROLEUM ETER DAN DIETIL ETER SEBAGAI FLUIDA KERJA POMPA AIR ENERGI TERMAL

F.A. Rusdi Sambada, A. Prasetyadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok Sleman, Yogyakarta 55282
e-mail: rusdisambada@yahoo.co.id, pras@usd.ac.id

Abstrak

Di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik, pompa air umumnya digerakkan motor bakar. Permasalahannya adalah bahan bakar semakin langka dan mahal. Penelitian ini bertujuan membuat model pompa air energi termal dan meneliti karakteristik petroleum eter dan dietil eter sebagai fluida kerja pompa air energi termal. Parameter yang divariasikan adalah jenis fluida, massa fluida kerja dan *head* pemompaan. Parameter yang diukur adalah temperatur fluida kerja, debit pemompaan, waktu pencatatan data, tekanan fluida kerja, tekanan pompa (tekanan tabung tekan udara). Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik simpulan yakni waktu satu siklus petroleum eter (158 menit) 6 kali lebih lama dibanding waktu satu siklus dietil eter (24,3 menit). Debit rata-rata, debit minimum dan debit maksimum dietil eter (0,9; 0,7 dan 1,3 liter/menit) lebih besar dibandingkan petroleum eter (0,3; 0,1 dan 1,1 liter/menit). Dietil eter menghasilkan tekanan evaporator (0,7 bar) yang lebih besar dibandingkan petroleum eter (0,55 bar). Jumlah udara dalam tabung tekan udara dan jumlah udara dalam sistem mempengaruhi volume dan debit pemompaan air yang dihasilkan. Terdapat massa fluida kerja yang optimal pada *head* pemompaan dan jumlah udara dalam tabung tekan udara tertentu. Terdapat tinggi *head* pemompaan yang optimal pada jumlah massa fluida kerja dan jumlah udara dalam tabung tekan udara tertentu.

Kata kunci: karakteristik, fluida kerja, pompa air, energi termal

Abstract

Water pumps in areas without electricity are generally driven by fuel engine. The problem arises while the fuel is getting scarce and expensive. This research aims to create a model of thermal energy water pump and examine petroleum ether and diethyl ether characteristics as working fluid of thermal energy water pump. Parameter variations are done on type of fluid, mass of the working fluid and pumping head. Measurements are conducted on temperature of the working fluid, pumping discharge, time, working fluid pressure and pump pressure. A cycle time of petroleum ether is 158 minutes which is 6 times longer than diethyl ether (24.3 minutes). The discharges of diethyl ether are 0.9, 0.7 and 1.3 liters/min in average, minimum and maximum respectively. They are greater than petroleum ether (0.3, 0.1 and 1.1 liters/min). Diethyl ether generated evaporator pressure greater than petroleum ether (0.7 vs. 0.55 bar). Amount of air in the pressured air tube and in the system affects the volume and discharge. There is optimal mass of working fluid for specific head and amount of air in the pressured air tube. There is also optimal head for specific amount of working fluid mass and air in the pressured air tube.

Keywords: characteristics, working fluid, water pumps, thermal energy

PENDAHULUAN

Di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik, pompa air umumnya digerakkan oleh motor bakar. Bahan bakar yang semakin langka dan mahal serta sarana transportasi di daerah yang umumnya belum baik merupakan masalah dalam pengadaan bahan bakar untuk motor bakar. Di sisi lain potensi energi terbarukan seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi samudera, sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan. Hal itu terutama karena harga energi terbarukan belum kompetitif dibandingkan dengan harga energi fosil sebagai akibat belum dikuasainya teknologi pengembangan energi terbarukan dan belum dilaksanakannya kebijakan harga energi yang mendorong pengembangannya (Menteri Negara Energi dan Sumber Daya Mineral, 2003). Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan radiasi harian matahari rata-rata 4,8 kWh/m². Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaik (Menteri Negara Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2003). Dalam peta rencana kegiatan penelitian, pengembangan, dan penerapan Iptek sektor surya termal, pompa air energi surya termal merupakan salah satu produk yang akan dikembangkan sampai tahun 2025.

Salah satu metode pemanfaatan energi surya termal sebagai penggerak pompa air adalah metode termodinamik. Pada metode termodinamik, energi termal surya dikumpulkan menggunakan kolektor termal. Energi termal digunakan untuk menaikkan temperatur dan tekanan fluida kerja. Fluida kerja dengan temperatur dan tekanan tinggi ini dimanfaatkan untuk menghasilkan energi mekanik yang dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa air. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pompa air energi termal dan mengetahui karakteristik petroleum eter dan dietil eter sebagai fluida kerja pompa.

Penelitian pompa air energi termal oleh Smith menunjukkan bahwa ukuran kondenser yang sesuai dapat meningkatkan daya sampai 56% (Smith, 2005). Analisa termodinamika untuk memprediksi unjuk kerja pompa air energi termal surya pada beberapa ketinggian *head* memperlihatkan bahwa jumlah siklus/hari 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 (Wong *et al.*, 2001). Eksperimen dan pengembangan pompa air energi termal dengan prinsip siklus Stirling dapat memompa air secara efektif dengan *head* pemompaan

2 sampai 5 meter. Pompa dapat dibuat dari bahan sederhana karena temperatur dan tekanan kerja pompa tidak terlalu tinggi (Mahkamov *et al.*, 2003). Penelitian pompa air energi surya termal dengan menggunakan fluida kerja eter dan kolektor surya termal sederhana seluas 1 m² untuk memompa air dengan debit 700 sampai 1400 liter/hari (tergantung pada *head* pemompaan yaitu 6 sampai 10 m) dapat menghasilkan efisiensi antara 0,34% sampai 0,42% (Wong *et al.*, 2001). Penelitian pemanfaatan pompa air energi surya termal untuk mensirkulasikan air pada sistem pemanas air energi surya menghasilkan efisiensi termal yang lebih rendah (7-13%) dibandingkan dengan pemanas air energi surya konvensional yang menggunakan pompa listrik untuk mensirkulasikan air (30–60%), tetapi memiliki keunggulan yakni biaya operasional yang lebih rendah. Pada penelitian tersebut digunakan empat kolektor pelat datar dan tiga variasi *head* (1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter). Efisiensi harian pompa yang dihasilkan sebesar 0,0014 - 0,0019% dengan debit 12-59 liter/hari. Temperatur kolektor mencapai 70-90^oC dan tekanan uap yang dihasilkan sebesar 7-14 kPa (Natthaphon *et al.*, 2007). Pompa air energi surya termal dengan menggunakan prinsip siklus Rankine dan kolektor jenis fokus digunakan untuk irigasi di India. Efisiensi pompa mencapai 2-2,5% dengan *head*

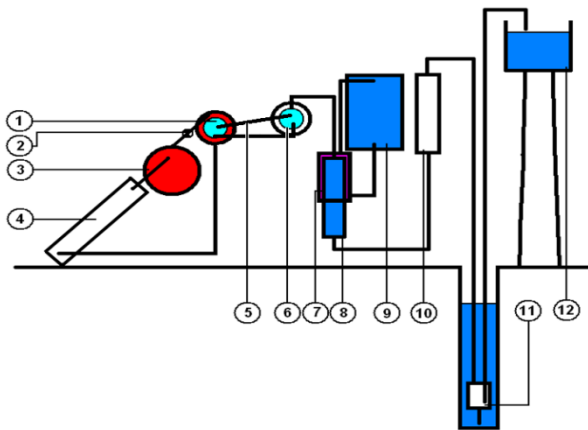
pemompaan 3,5 m dan debit sebesar 20m³/hari (Oppen *et al.*, 2001).

METODE PENELITIAN

Fluida kerja yang digunakan harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu: (a) memiliki titik didih di atas temperatur sekitar, (b) entalpi penguapan yang rendah, (c) tidak bercampur (*immiscible*) dengan air, (d) konduktivitas termal yang tinggi, (e) viskositas yang rendah, (f) kapasitas panas yang rendah, (g) massa jenis yang tinggi tetapi lebih rendah daripada massa jenis air, (h) tidak beracun, (i) tidak mudah terbakar, (j) tidak korosif, dan (k) komposisi kimia yang stabil pada kisaran temperatur kerja. Fluida kerja yang memenuhi kriteria di atas misalnya petroleum eter (titik didih 60-80 ^oC) dan dietil eter (titik didih 34-36^oC). Evaporator berfungsi untuk menguapkan fluida kerja dan menyalurkannya ke pompa. Karena menerima uap bertekanan, pompa melakukan kerja mekanik mendorong air yang ada di pompa ke tempat tujuan (tangki atas). Uap masuk ke kondenser, mengembun dan kembali ke evaporator. Pengembunan uap ini menyebabkan tekanan dalam pompa turun (di bawah tekanan atmosfer atau vakum) sehingga air dari sumber masuk dalam pompa dan proses kembali ke langkah tekan pompa karena uap yang baru dari evaporator masuk ke dalam pompa. Setiap satu langkah tekan pompa

(karena uap bertekanan masuk pompa) dan satu langkah isap (karena uap mengembun di kondenser) disebut satu siklus pemompaan.

Skema alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

Komponen alat penelitian pada Gambar 1 adalah: (1) evaporator (Gambar 2), (2) katup pengatur aliran, (3) tangki media penyimpan panas, (4) pemanas, (5) pipa penghubung evaporator ke tangki pemisah uap, (6) tangki pemisah uap, (7) kondensor, (8) tangki air, (9) tangki air pendingin kondensor, (10) tabung tekan udara, (11) tangki bawah, (12) tangki atas. Untuk mengetahui karakteristik fluida kerja dibuat model pompa air energi termal. Sebagai pemanas pada penelitian ini digunakan pemanas listrik. Penggunaan pemanas listrik dimaksudkan agar sumber pemanas dapat diatur sehingga karakteristik fluida kerja dapat diteliti lebih mudah. Parameter yang divariasikan adalah: (1) jenis fluida kerja, (2)

massa fluida kerja dan (3) besar *head* pemompaan. Parameter yang diukur adalah: (1) temperatur fluida kerja, (2) temperatur media penyimpan panas, (3) temperatur air pendingin, (4) debit pemompaan, (5) waktu pencatatan data, (6) tekanan fluida kerja, dan (7) tekanan pompa (tabung tekan udara).



Gambar 2. Evaporator Pipa Pararel dari Tembaga

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis fluida kerja pertama yang diteliti adalah petroleum eter yang mempunyai titik didih $60-80^{\circ}\text{C}$, titik *autoignition* 260°C , kalor jenis pada tekanan tetap (C_p) $1,76 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, massa jenis pada kondisi cair $0,8 \text{ gr}/\text{cm}^3$, kalor laten penguapan fluida kerja $340 \text{ kJ}/\text{kg}$ dan kelarutan dalam air $0,04$ pada 20°C . Hasil yang diperoleh adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Fluida Kerja Pompa Air Menggunakan Petroleum Eter

Variasi	t pompa (detik)	Vol. Air (ml)	Debit (l/menit)
Bukaan keran 1, head 3m, 2 tabung udara, sistem tanpa udara	20	424,1	1,27
Bukaan keran 1, head 3m, 1 tabung udara, sistem tanpa udara	463	1767,2	0,23
Bukaan keran 1, head 3m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	762	3133,7	0,25
Bukaan keran 1, head 2m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	715	2709,6	0,23
Bukaan keran 2, head 3m, 2 tabung udara, sistem tanpa udara	287	824,7	0,17
Bukaan keran 2, head 3m, 1 tabung udara, sistem tanpa udara	270	3228,0	0,72
Bukaan keran 2, head 3m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	667	2709,6	0,24
Bukaan keran 2, head 2m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	1718	3769,9	0,13
Bukaan keran 3, head 3m, 2 tabung udara, sistem tanpa udara	444	2002,8	0,27
Bukaan keran 3, head 3m, 1 tabung udara, sistem tanpa udara	826	2615,4	0,19
Bukaan keran 3, head 3m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	978	2709,6	0,17
Bukaan keran 3, head 2m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	615	3769,9	0,37
Bukaan keran 4, head 3m, 2 tabung udara, sistem tanpa udara	62	1178,1	1,14
Bukaan keran 4, head 3m, 1 tabung udara, sistem tanpa udara	270	1531,5	0,34
Bukaan keran 4, head 3m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	380	1790,7	0,28
Bukaan keran 4, head 2m, 1 tabung udara, sistem dengan udara	1541	5112,9	0,20

Pada penelitian ini laju aliran volume fluida kerja petroleum eter divariasikan sebanyak 4 (empat) variasi dengan memvariasikan bukaan keran. Variasi bukaan keran 1 adalah 0.0044 liter/detik, bukaan keran 2 adalah 0.0238 liter/detik, bukaan keran 3 adalah 0.05 liter/detik dan bukaan keran 4

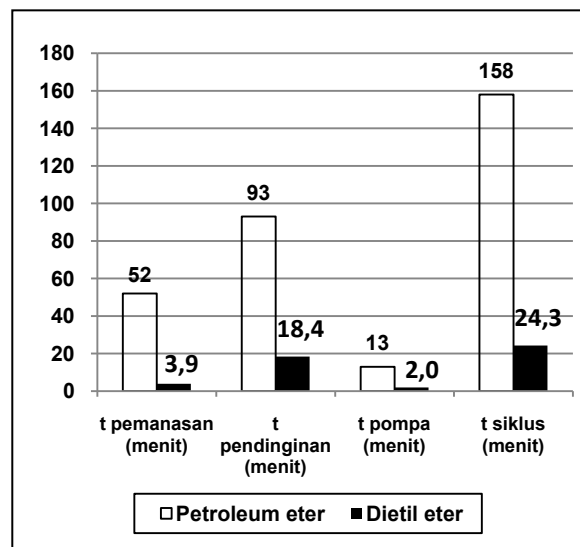
adalah 0.0714 liter/detik. Selain laju alir volume fluida kerja, volume udara awal dalam tabung tekan udara dan kondisi awal sistem juga divariasikan. Volume udara awal dalam tabung tekan udara divariasikan dengan memvariasikan jumlah tabung tekan udara yang digunakan. Pada penelitian ini

digunakan variasi jumlah tabung tekan udara sebanyak 1 (satu) dan 2 (dua) tabung tekan udara. Kondisi awal sistem divariasikan dengan memvariasikan udara dalam sistem. Pada penelitian ini divariasikan 2 (dua) kondisi awal sistem yakni kondisi sistem dengan udara dan kondisi sistem tanpa udara. Kondisi sistem dengan udara artinya di dalam sistem terdapat udara. Terdapatnya udara di dalam sistem disebabkan pada saat pengisian fluida kerja ke dalam sistem tanpa didahului dengan pemvakuman sistem dari udara. Kondisi sistem tanpa udara disebabkan pada saat pengisian fluida kerja ke dalam sistem didahului dengan proses pemvakuman sistem dari udara menggunakan pompa vakum.

Jenis fluida kerja berikutnya yang diteliti adalah dietil eter yang mempunyai titik didih $34-36^{\circ}\text{C}$, titik *autoignition* 170°C , C_p $2,33\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, massa jenis eter pada kondisi cair $0,7134\text{ gr}/\text{cm}^3$, kalor laten penguapan fluida kerja $360,23\text{ kJ}/\text{kg}$ dan

kelarutan dalam air $0,069$ pada 20°C . Hasil yang diperoleh adalah seperti pada Tabel 2.

Pembahasan akan lebih mudah dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara parameter. Grafik-grafik hubungan antara parameter dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 24.



Gambar 3. Waktu Pemanasan, Pendinginan, Pemompaan dan Satu Siklus Pemompaan yang Diperlukan Fluida Kerja untuk Kerja Pemompaan

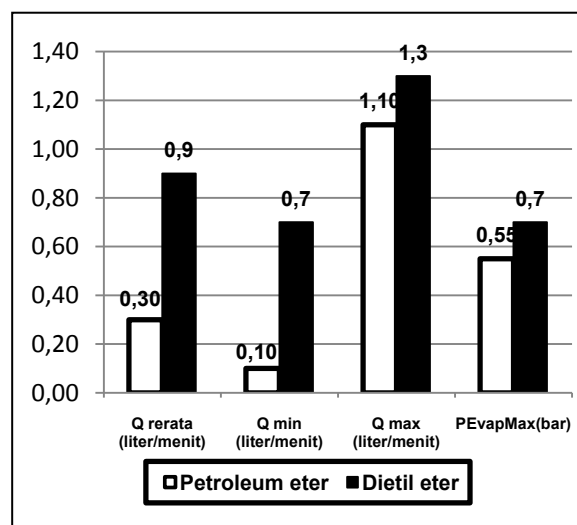
Gambar 3 menunjukkan waktu yang diperlukan fluida kerja untuk melakukan satu siklus

Tabel 2. Fluida Kerja Pompa Air Menggunakan Dietil Eter

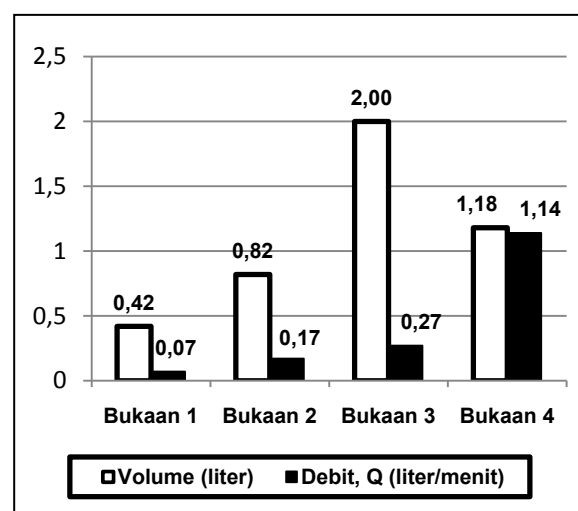
Variasi	t pompa (detik)	Vol. Air (ml)	Debit (l/menit)
Fluida kerja 600 ml, head 3,25 m & 2 tabung tekan udara	89	1000	0,674
Fluida kerja 670 ml, head 3,25 m & 2 tabung tekan udara	100	1550	0,930
Fluida kerja 730 ml, head 3,25 m & 2 tabung tekan udara	127	1510	0,713
Fluida kerja 600 ml, head 3,25 m & 2 tabung tekan udara	96	1350	0,844
Fluida kerja 600 ml, head 2,44 m & 2 tabung tekan udara	132	2000	0,909
Fluida kerja 600 ml, head 1,70 m & 2 tabung tekan udara	148	1630	0,661
Fluida kerja 670 ml, head 3,25 m & 1 tabung tekan udara	141	2950	1,255
Fluida kerja 600 ml, head 3,25 m & 1 tabung tekan udara	136	2550	1,125

pemompaan yang terdiri dari proses tekan (waktu (t) pemanasan), proses pemompaan (waktu (t) pemompaan) dan proses hisap (waktu (t) pendinginan). Dari Gambar 3 terlihat waktu satu siklus petroleum eter 6 kali lebih lama dibanding waktu satu siklus dietil eter. Waktu satu siklus yang terlalu lama akan menyebabkan kapasitas pompa menjadi kecil. Dari pengambilan data ini terlihat dietil eter mempunyai karakteristik lebih baik sebagai fluida kerja pompa termal dibandingkan dengan petroleum eter. Selain waktu satu siklus pemompaan yang lebih baik dietil eter juga mempunyai kemampuan pemompaan yang lebih baik dibandingkan dengan petroleum eter. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4, dietil eter dapat menghasilkan debit rata-rata, debit minimum dan debit maksimum yang lebih besar dibandingkan petroleum eter. Selain itu dietil eter juga dapat menghasilkan tekanan pada evaporator yang lebih besar dibandingkan petroleum eter. Gambar 5 menunjukkan volume dan debit air pemompaan dengan variasi jumlah massa fluida kerja petroleum eter. Variasi massa fluida kerja diatur dengan menggunakan bukaan keran 1 sampai 4. Dari Gambar 5 terlihat debit pemompaan air yang dihasilkan semakin bertambah dengan bertambahnya massa fluida kerja tetapi volume air pemompaan terlihat maksimum pada bukaan keran ke 3. Hal tersebut

menunjukkan bahwa pada jumlah massa fluida kerja tertentu tidak semua fluida kerja dapat diuapkan oleh pemanas, karena hal ini sangat bergantung pada kemampuan atau kapasitas pemanas dalam menguapkan fluida kerja. Kapasitas pemanas dipengaruhi oleh bentuk dan bahan evaporator.

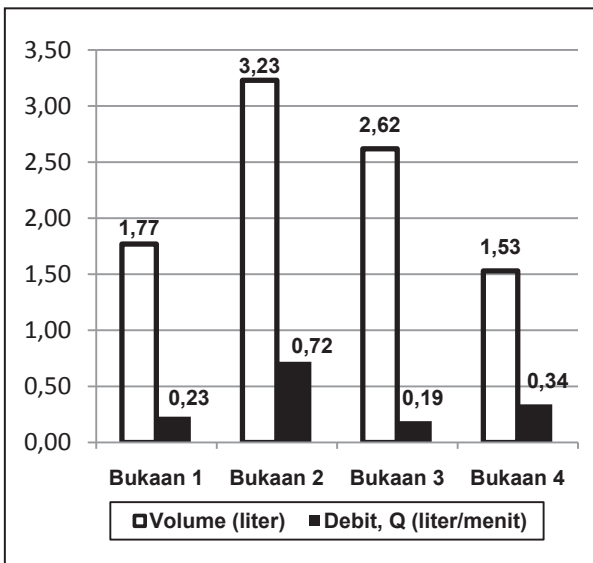


Gambar 4. Debit Rata-Rata, Debit Minimum, Debit Maksimum dan Tekanan Maksimum Evaporator yang Dihasilkan Fluida Kerja

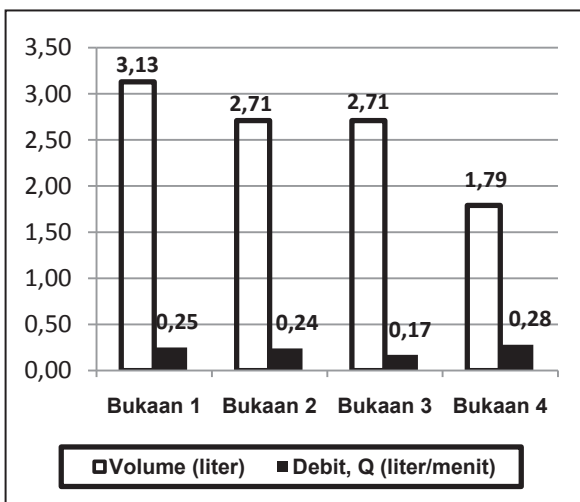


Gambar 5. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Bukaan Keran pada Head 3m, Menggunakan 2 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Tidak Ada Udara

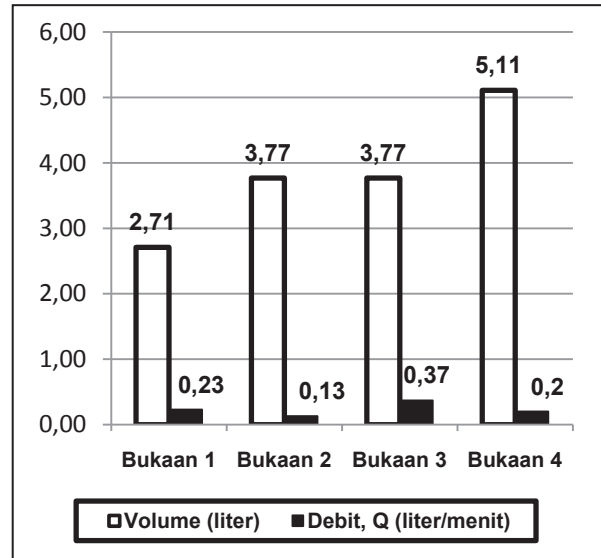
Selain kapasitas pemanas beberapa faktor lain juga mempengaruhi hasil volume dan debit pemompaan air pada variasi massa fluida kerja. Faktor-faktor tersebut adalah jumlah udara pada tabung tekan udara (Gambar 6), ada tidaknya udara dalam sistim pompa (Gambar 7) dan tinggi *head* pemompaan (Gambar 8).



Gambar 6. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Bukaan Keran pada *Head* 3m, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Tidak Ada Udara

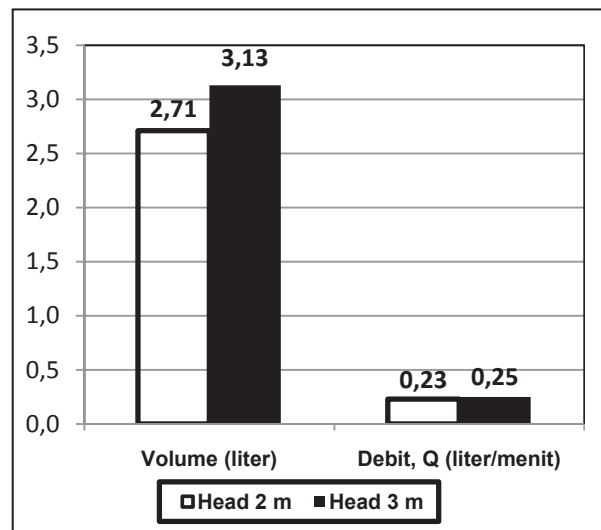


Gambar 7. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Bukaan Keran pada *Head* 3m, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara



Gambar 8. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Bukaan Keran pada *Head* 2m, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara

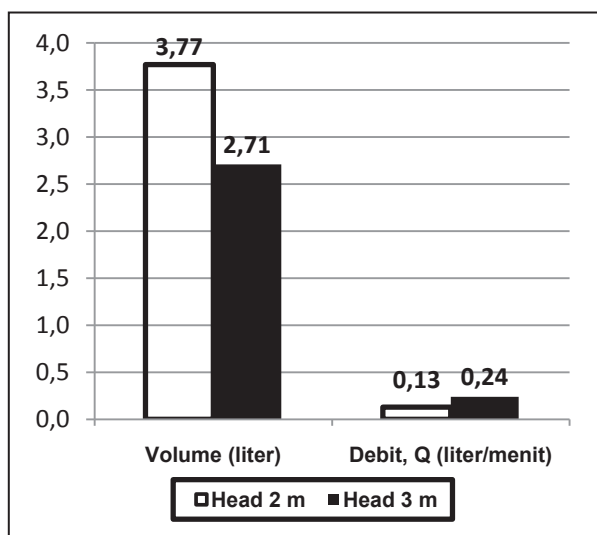
Pada pompa air energi listrik volume dan debit pemompaan air akan bertambah jika *head* pemompaan diturunkan. Hal tersebut belum tentu terjadi pada pompa air energi termal, hal ini terlihat pada Gambar 9.



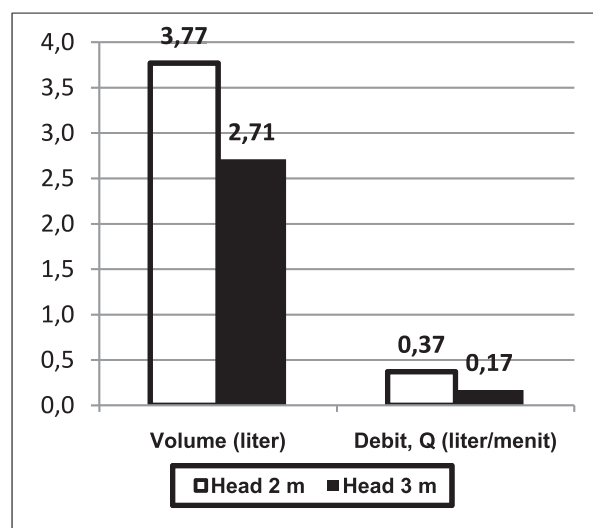
Gambar 9. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi *Head* pada Bukaan Keran 1, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara

Gambar 9 menunjukkan volume dan debit air pemompaan air yang berkurang dengan berkurangnya head pemompaan. Hal tersebut terjadi karena penurunan *head* pemompaan mempengaruhi proses penguapan fluida kerja. Penurunan *head* pemompaan menurunkan batas tekanan pada tabung tekan udara, hal inilah yang mempengaruhi proses penguapan fluida kerja. Jika batas tekanan pada tabung tekan udara tidak sesuai maka proses penguapan tidak akan optimal sehingga hasil volume dan debit pemompaan air akan menurun.

Pada bukaan keran ke 2 dan ke 3 (Gambar 10 dan 11) penurunan *head* pemompaan menaikkan volume dan debit pemompaan air, hal ini menunjukkan pada bukaan keran 2 dan 3, jumlah fluida kerja

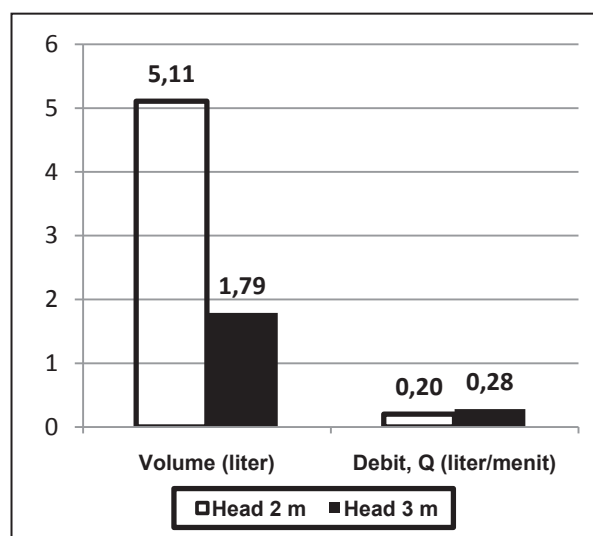


Gambar 10. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi *Head* pada Bukaan Keran 2, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara



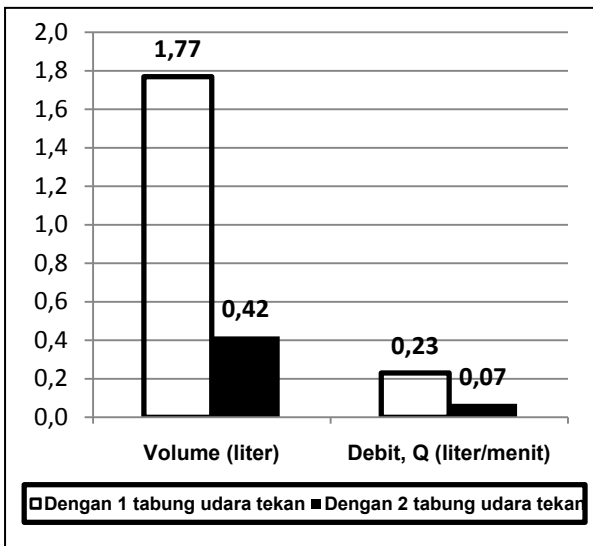
Gambar 11. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi *Head* pada Bukaan Keran 3, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara

yang diupayakan lebih sesuai dengan batas tekanan pada tabung tekan udara dibandingkan pada bukaan keran ke 1. Pada bukaan keran ke 4 (Gambar 12), penurunan *head* pemompaan menaikkan volume pemompaan



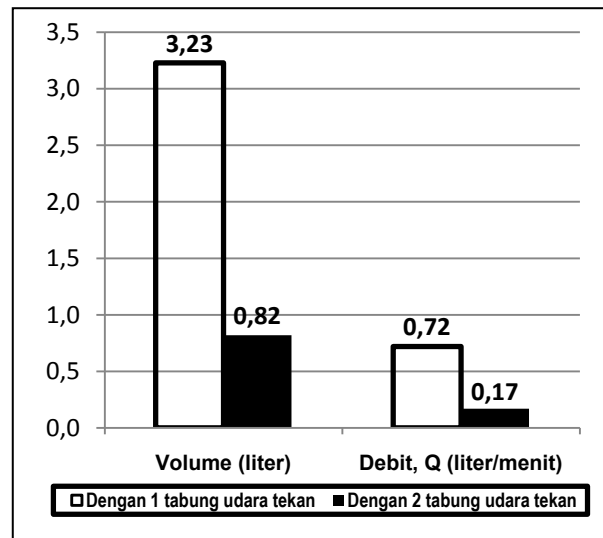
Gambar 12. Volume Air dan Debit Pemompaan Yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi *Head* pada Bukaan Keran 4, Menggunakan 1 Tabung Udara dan Kondisi Pompa Terdapat Udara

tetapi menurunkan debit pemompaan air, artinya waktu pemompaan yang terjadi lebih lama. Hal ini menunjukkan mulai bukaan ke 4 batas tekanan pada tabung tekan udara mulai menjadi tidak sesuai sehingga dapat diduga jika bukaan keran diperbesar lagi dari bukaan ke 4 maka volume dan debit pemompaan air akan menjadi lebih buruk. Gambar 13 menunjukkan pengaruh jumlah udara pada tabung tekan udara terhadap volume dan debit

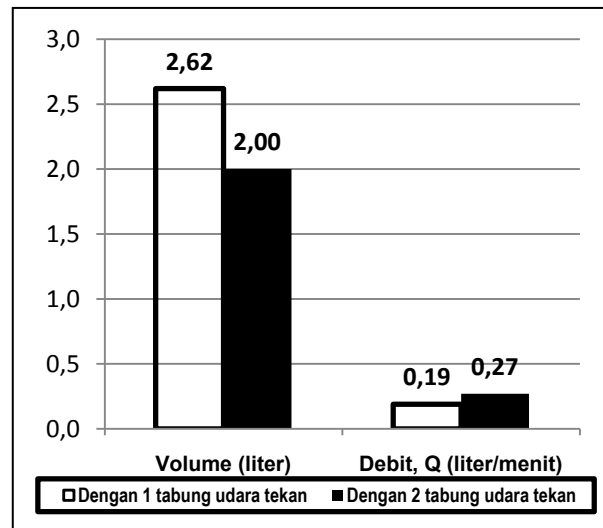


Gambar 13. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Bukaan Keran 1, Head 3m dan Kondisi Pompa Tanpa Udara

pemompaan air. Pada penelitian ini jumlah udara pada tabung tekan udara divariasikan dengan mengatur jumlah tabung tekan udara yang bekerja. Dalam hal ini pengaturan keran dapat menentukan jumlah tabung tekan udara yang bekerja. Dari Gambar 13 sampai Gambar 16 terlihat volume pemompaan air

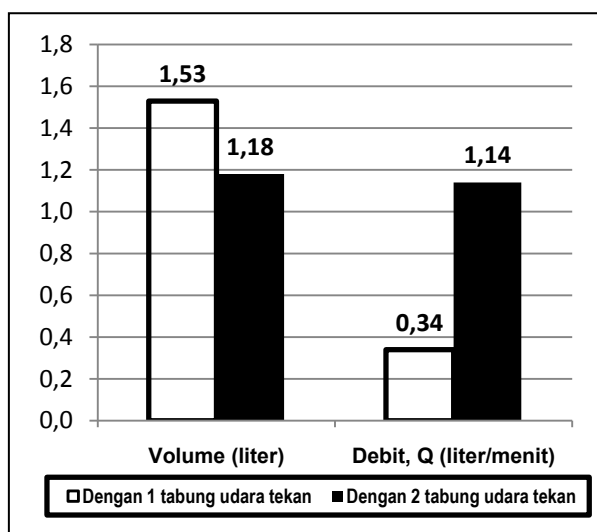


Gambar 14. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Bukaan Keran 2, Head 3m dan Kondisi Pompa Tanpa Udara

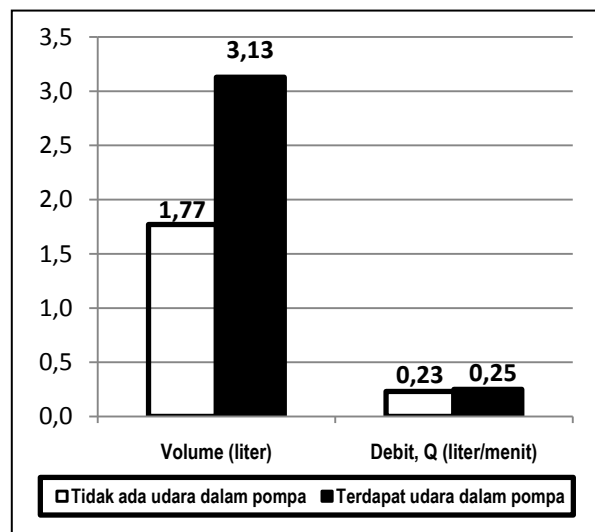


Gambar 15. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Bukaan Keran 3, Head 3m dan Kondisi Pompa Tanpa Udara

dengan jumlah udara pada tabung tekan udara yang lebih sedikit (dengan menggunakan satu tabung tekan udara) lebih baik dibandingkan denan bila menggunakan dua tabung tekan udara.

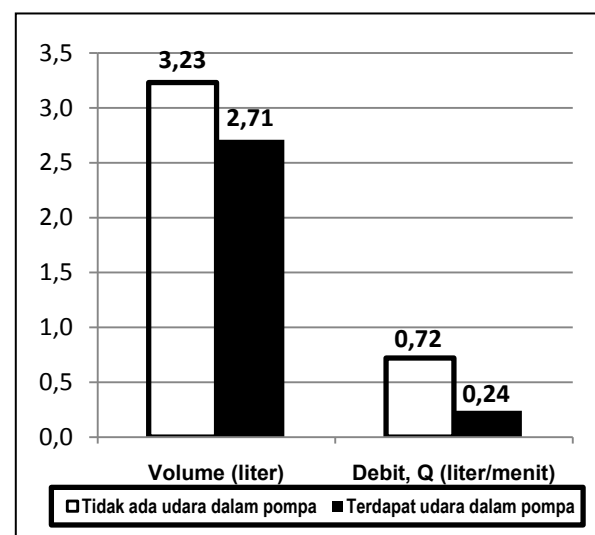


Gambar 16. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Bukaannya Keran 4, Head 3m dan Kondisi Pompa Tanpa Udara



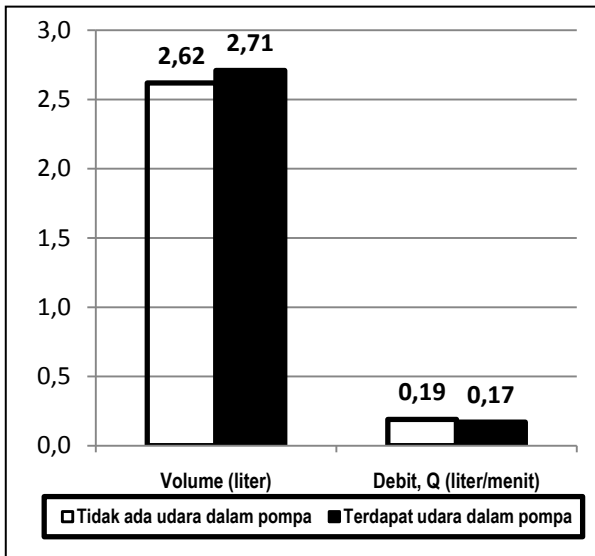
Gambar 17. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Udara dalam Pompa pada Bukaannya Keran 1, Head 3m dan Menggunakan 1 Tabung Udara

Debit pemompaan yang dihasilkan pada variasi jumlah udara dalam tabung tekan udara ini berbeda untuk bukaan keran yang berbeda. Pada bukaan keran 1 dan 2, debit pemompaan air yang dihasilkan dengan menggunakan satu tabung tekan udara lebih baik dibandingkan dengan menggunakan dua tabung tekan udara. Pada bukaan keran 3 dan 4 terjadi sebaliknya, penggunaan dua tabung tekan udara lebih baik dibandingkan penggunaan satu tabung tekan udara. Hal ini juga disebabkan kesesuaian antara jumlah udara dalam tabung tekan udara dengan massa fluida kerja yang mengalir. Selain jumlah udara dalam tabung tekan udara, jumlah udara dalam pompa juga mempengaruhi volume dan debit pemompaan air yang dihasilkan, hal ini terlihat pada grafik Gambar 17 sampai 20.

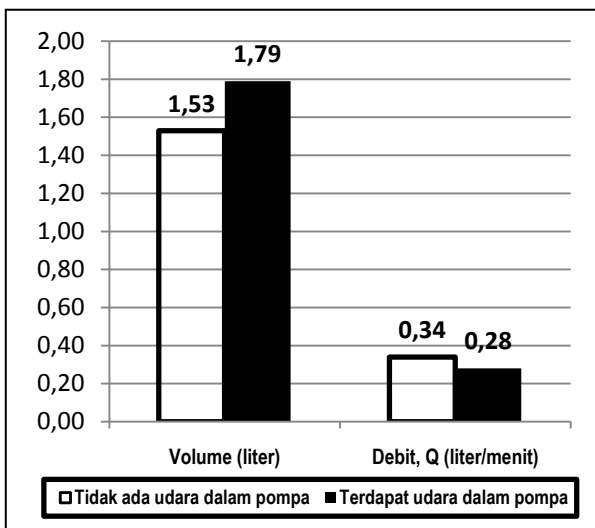


Gambar 18. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Udara dalam Pompa pada Bukaannya Keran 2, Head 3m dan Menggunakan 1 Tabung Udara

Pada jumlah laju aliran massa fluida kerja tertentu adanya udara dapat menaikkan volume dan debit pemompaan air tetapi pada laju aliran massa fluida kerja yang lain adanya udara dalam pompa dapat menurunkan volume dan debit pemompaan air.



Gambar 19. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Udara dalam Pompa pada Bukaan Keran 3, Head 3m dan Menggunakan 1 Tabung Udara

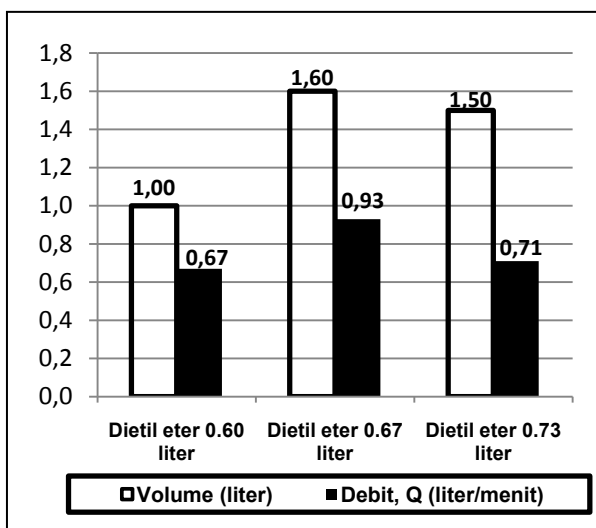


Gambar 20. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Petroleum Eter dengan Variasi Jumlah Udara dalam Pompa pada Bukaan Keran 4, Head 3m dan Menggunakan 1 Tabung Udara

Hal ini disebabkan pada dasarnya udara dan uap fluida kerja tidak dapat bercampur. Jika uap fluida kerja mempunyai tekanan yang cukup untuk mendesak udara, hal ini dapat menguntungkan proses tekan karena uap

fluida kerja tetap berada dekat dengan sisi pemanas, tentu saja kondisi ini dapat tidak menguntungkan pada proses isap. Jika uap fluida kerja tidak cukup kuat mendesak udara maka keberadaan udara menjadi beban tambahan bagi pompa.

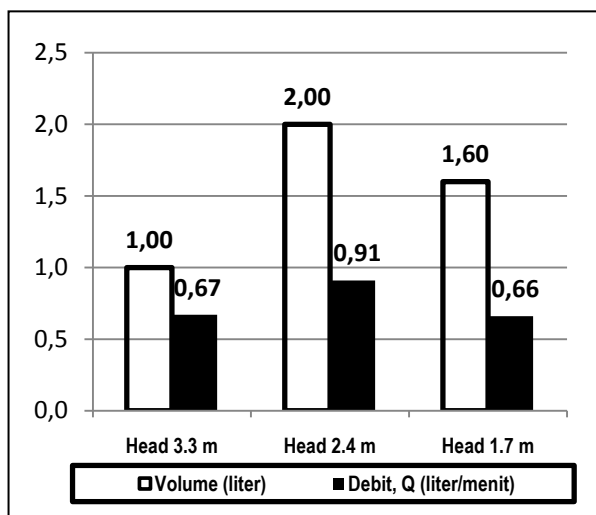
Gambar 21 menggambarkan volume dan debit pemompaan air dengan variasi massa fluida kerja dengan menggunakan fluida kerja dietil eter. Hasil yang sama pada percobaan sebelumnya dengan menggunakan fluida kerja petroleum eter juga terjadi pada fluida kerja dietil eter. Terlihat terdapat massa



Gambar 21. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Dietil Eter dengan Variasi Volume Fluida Kerja pada Tinggi Head 3,25 m dan Menggunakan Dua Tabung Tekan Udara

fluida kerja tertentu yang menghasilkan volume dan debit pemompaan air yang optimum. Hal ini juga dipengaruhi kapasitas pemanas dalam menguapkan fluida kerja. Hasil volume dan debit air pemompaan

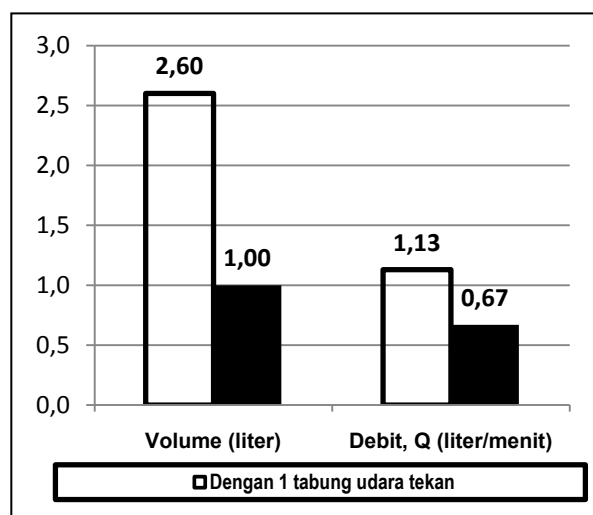
dengan variasi *head* pemompaan pada fluida kerja dietil eter (Gambar 22) juga serupa dengan yang terjadi pada saat menggunakan



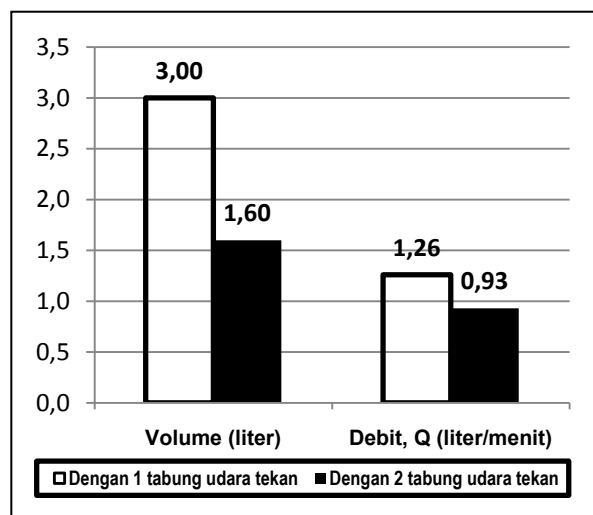
Gambar 22. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Dietil Eter dengan Variasi *Head* Pemompaan pada Volume Fluida Kerja 600 ml dan Menggunakan Dua Tabung Tekan Udara

fluida kerja petroleum eter. Terdapat tinggi *head* pemompaan yang optimal pada jumlah massa fluida kerja dan jumlah udara dalam tabung tekan udara tertentu. Hal ini disebabkan kesesuaian batas tekanan pada tabung tekan udara dengan proses penguapan fluida kerja. Gambar 23 dan Gambar 24 menunjukkan hasil volume dan debit pemompaan air pada variasi jumlah udara dalam tabung tekan udara dengan fluida kerja dietil eter.

Hasil variasi ini sebenarnya sama dengan pada saat menggunakan petroleometer yakni jumlah udara dalam tabung tekan udara mempengaruhi proses penguapan fluida kerja karena sifat kompresibilitas udara. Pada



Gambar 23. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Dietil Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Volume Fluida Kerja 600 ml dan *Head* 3,25 M



Gambar 24. Volume Air dan Debit Pemompaan yang Dihasilkan Fluida Kerja Dietil Eter dengan Variasi Jumlah Tabung Tekan Udara pada Volume Fluida Kerja 670 ml dan *Head* 3,25 M

fluida kerja dietil eter yang digunakan pada penelitian ini jumlah udara dalam tabung tekan udara yang lebih sedikit (dengan menggunakan satu tabung tekan udara) menghasilkan volume dan debit pemompaan yang lebih baik dibandingkan dengan jumlah

udara dalam tabung tekan udara yang lebih banyak (menggunakan dua tabung tekan udara).

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik simpulan sebagai berikut: waktu satu siklus petroleum eter (158 menit) 6 kali lebih lama dibandingkan dengan waktu satu siklus dietil eter (24,3 menit). Debit rata-rata, debit minimum dan debit maksimum dietil eter (0,9; 0,7 dan 1,3 liter/menit) lebih besar dibandingkan dengan petroleum eter (0,3; 0,1 dan 1,1 liter/menit). Dietil eter menghasilkan tekanan pada evaporator (0,7 bar) yang lebih besar dibandingkan dengan petroleum eter (0,55 bar). Jumlah udara dalam tabung tekan udara dan jumlah udara dalam pompa mempengaruhi volume dan debit pemompaan air yang dihasilkan. Terdapat massa fluida kerja yang optimal pada *head* pemompaan dan jumlah udara dalam tabung tekan udara tertentu. Terdapat tinggi *head* pemompaan yang optimal pada jumlah massa fluida kerja dan jumlah udara dalam tabung tekan udara tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Mahkamov, K., Djumanov, D. 2003. Thermal water pumps on the basis of fluid piston solar stirling engine. *1st International*

Energy Conversion Engineering Conference, 17-21 August 2003, Portsmouth, Virginia.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. 2003. *Kebijakan pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi (energi hijau)*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.

Menteri Negara Riset dan Teknologi. 2006. *Indonesia 2005-2025 buku putih penelitian, pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi*. Jakarta: Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia.

Natthaphon Roonprasang, N.; Namprakai, P.; Pratinthong, N. 2007. Experimental studies of a new solar water heater system using a solar water pump, *Journal Energy*.

Oppen, M.V.; Chandwalker, K. 2001. Solar power for irrigation the small solar thermal pump, *An Indian Development, Re Focus Publications*, New Delhi, Mei 2001.

Smith, T.C.B. 2005. Asymmetric heat transfer in vapour cycle liquid-piston engines, *Proceedings of the 2nd IECEC*, August 2005.

Wong, Y.W., Sumathy, K. 2001. Thermodynamic analysis and optimization of a solar thermal water pump, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 21, Issue 5, 613-627.

Wong, Y.W., Sumathy, K. 2001. Performance of a solar water pump with ethyl ether as working fluid, *Renewable Energy*, Vol. 22, 389-394.