

ANALISIS PENGARUH KEKENTALAN FLUIDA AIR DAN MINYAK KELAPA PADA PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL

*Arijanto¹, Eflita Yohana¹, Franklin T.H. Sinaga²

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: sinaga_franklin@yahoo.co.id

Abstrak

Dunia industri sekarang ini memerlukan peralatan kerja yang efektif dan efisien untuk mengurangi biaya operasional. Salah satu alat yang sering dijumpai adalah pompa. Hal ini dikarenakan sistem pemompaan bertanggungjawab terhadap hampir 20% kebutuhan energi listrik dunia dan penggunaan energi dalam operasi pabrik industri. Salah satu masalah yang paling sering ditemui dalam proses pemompaan adalah kekentalan atau viskositas fluida yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh viskositas/kekentalan terhadap debit/kapasitas aliran, head pompa, daya pompa dan efisiensi pompa untuk aliran fluida air dengan minyak kelapa. Massa jenis air 996 kg/m^3 , massa jenis minyak 858 kg/m^3 , viskositas air $0,82 \text{ mPa s}$, viskositas minyak kelapa $3,98 \text{ mPa s}$. Variasi yang diberikan yaitu bukaan penuh atau 100%, bukaan 75%, bukaan 50% dan bukaan 25%. Data penelitian dihitung dari nilai tekanan, rpm, arus, dan kecepatan aliran. Dari data hitungan penelitian kita mendapat head, daya poros pompa dan efisiensi didapat dengan metode kurva performansi tak berdimensi. Hasil pengujian fluida air menunjukkan nilai debit maksimum adalah 36 l/min, sedangkan pada fluida minyak kelapa adalah 17 l/min. Nilai head fluida air adalah 15,18 m, sedangkan pada fluida minyak kelapa didapat 9,18 m. Nilai BHP fluida air 130,04 W, sedangkan pada fluida minyak kelapa adalah 131,98 W. Dan untuk nilai efisiensi fluida air 68,46%, sedangkan pada fluida minyak kelapa adalah 16,59%. Kesimpulan yang didapat adalah nilai debit fluida air lebih tinggi dari fluida minyak kelapa, nilai head fluida air lebih tinggi dari fluida minyak kelapa, nilai efisiensi fluida air lebih tinggi dari fluida minyak kelapa, sedangkan nilai daya pompa dari fluida minyak kelapa lebih tinggi dari fluida air.

Kata kunci: viskositas, fluida, efisiensi.

Abstract

The current industrial world requires equipment, that working effectively and efficiently to reduce operational costs. One tool that is often encountered is the pump. This is because the pumping system is responsible for nearly 20% of the world's electrical energy demand and energy use in industrial plants. One of the most frequent problems encountered in the process of pumping is the viscosity of the fluid. This research aimed to analyze the effect of viscosity of the flow capacity, pump head, power and efficiency of the pump for pump fluid flow of water and coconut oil. Water density 996 kg/m^3 , oil density of 858 kg/m^3 , water viscosity of 0.82 mPas , the viscosity of the coconut oil 3.98 mPas . Variations that give the full aperture or 100%, opening 75%, 50% and aperture openings 25%. research data calculated from the pressure, rpm, flow, and flow velocity. From the data we receive a pump head, the pump shaft and the efficiency of the performance curve obtained with the method of dimensionless. The research results show the water fluid maximum flow rate is 36 l/min, while the fluid coconut oil is 17 l/min. Value of water fluid head is 15.18 m, while the oil fluid obtained 9.18 m. The value of BHP water fluid 130.04 W, where as the oil fluid is 131.98 W. And for the value of water fluid efficiency 68.46%, while the oil fluid is 16.59%. The conclusion is the value of higher water discharge fluid from the fluid coconut oil, water fluid water head value is higher than the fluid coconut oil, water fluid efficiency values higher than coconut oil, while the value of fluid power pumps oil is higher than the fluid water.

Keywords: viscosity, fluid, efficiency

1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi sekarang ini perkembangan teknologi sangatlah pesat sehingga mengakibatkan perkembangan dunia industri juga semakin cepat. Dunia industri memerlukan sejumlah peralatan kerja yang efektif dan efisien untuk mengurangi biaya operasional. Berbagai alat bantu untuk memudahkan pekerjaan manusia banyak ditemukan. Salah satunya adalah pompa yang mempunyai peranan penting untuk menyediakan air umpan boiler. Pompa banyak

digunakan pada industri-industri karena peranannya yang bermacam-macam tergantung dari penggunaan dan instrumentasi pendukung.

Pompa adalah suatu mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain, melalui suatu media pipa (saluran) dengan cara menambah energi pada cairan, yang dipindahkan dan berlangsung kontinyu. Pompa merupakan mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida cair yang umumnya dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi melalui sistem perpipaan. Penggunaan pompa sentrifugal dalam industri minyak menuntut karakteristik pompa yang digunakan untuk minyak mendapat nilai performansi pompa dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

Salah satu masalah yang paling sering ditemui dalam karakteristik pompa adalah kekentalan atau viskositas fluida. Pengaruh viskositas fluida mempengaruhi nilai head, debit dan karakteristik daya dari pompa. Perubahan nilai tersebut dapat ditunjukkan melalui grafik karakteristik performansi pompa. Kemudian dapat digunakan secara sistematis terhadap berbagai nilai viskositas fluida yang berbeda dan variasi berbagai kecepatan poros pompa. Sehingga dapat disimpulkan untuk mengetahui performansi pompa yang sesuai dengan fluida kerja yang digunakan, kita perlu terlebih dahulu meninjau jenis pompa beserta bentuk rancangan sistem pompa yang digunakan dan nilai viskositas dari fluida yang akan diuji [1].

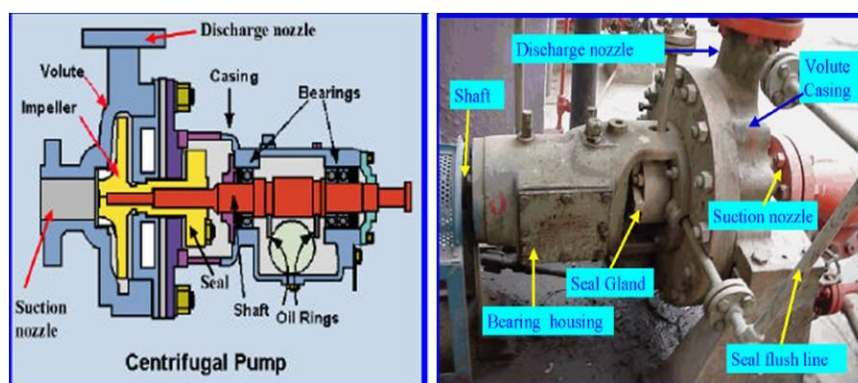
Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh viskositas terhadap head pompa, menganalisis pengaruh viskositas terhadap debit pompa, menganalisis pengaruh viskositas terhadap efisiensi pompa, menganalisis pengaruh viskositas terhadap daya poros pompa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu: fluida cair dan fluida gas. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu; kekentalan, kerapatan, berat jenis, tekanan, temperatur.

Karakteristik struktur aliran internal (dalam pipa) sangat tergantung dari kecepatan rata-rata aliran dalam pipa, densitas, viskositas dan diameter pipa. Aliran fluida (cairan atau gas) dalam pipa mungkin merupakan aliran laminar atau turbulen. Pada aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan yang halus dan lancar dengan kecepatan fluida rendah dan viskositasnya tinggi. Sedangkan aliran turbulen, partikel-partikel fluida bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan fluida tinggi dan viskositasnya rendah. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan *Osborne Reynolds*. Menurut hasil percobaan Reynold, untuk membedakan apakah aliran itu turbulen atau laminar dapat menggunakan bilangan tak berdimensi yang disebut dengan bilangan Reynold [2].

Pompa merupakan mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida cair yang umumnya dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi melalui sistem perpipaan. Proses pemindahan ini terjadi akibat perubahan energi mekanik mekanik dari motor pompa menjadi energi potensial pada fluida. Pompa beroperasi dengan mengadakan perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga cairan, dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.



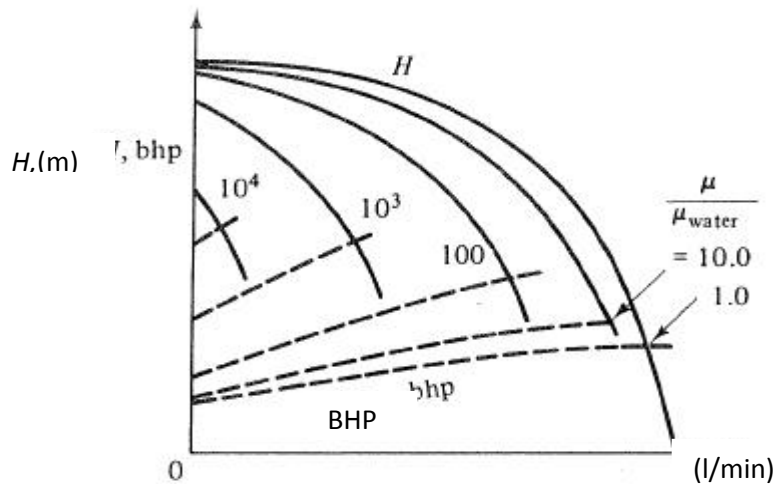
Gambar 1. Pompa Sentrifugal [3].

Secara umum pompa dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*). Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*.

Komponen berputar terdiri dari poros dan impeler, sedangkan komponen yang tetap adalah rumah pompa (*casing*), penutup casing, dan bantalan (*bearing*). Komponen lainnya dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1.

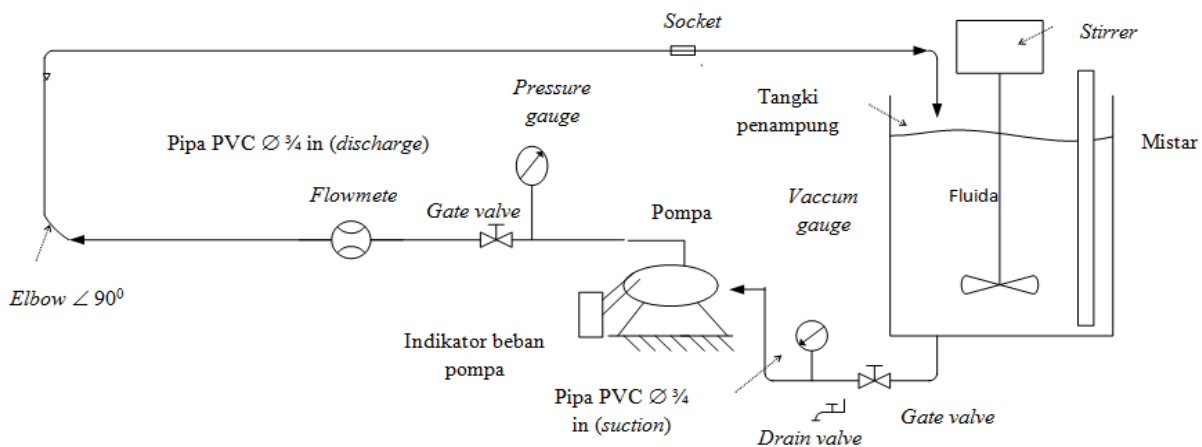
Pada penelitian ini, kita harus mencari nilai *head* pompa, kerugian mayor dan kerugian minor, daya poros pompa, dan efisiensi pompa.

Ketika pompa sentrifugal digunakan untuk memompa minyak atau cairan viskositas tinggi lainnya, bilangan Reynold menjadi turbulen rendah atau bahkan laminar. Ini memiliki dampak yang signifikan pada performansinya. Gambar 2 menunjukkan kurva uji yang khas dari *head* dan daya poros (BHP) terhadap debit aliran. Viskositas tinggi menyebabkan penurunan dramatis pada *head* dan debit aliran dan meningkatkan kebutuhan daya.



Gambar 2. Pengaruh viskositas pada kinerja pompa sentrifugal[4].

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Instalasi Pengujian Pompa

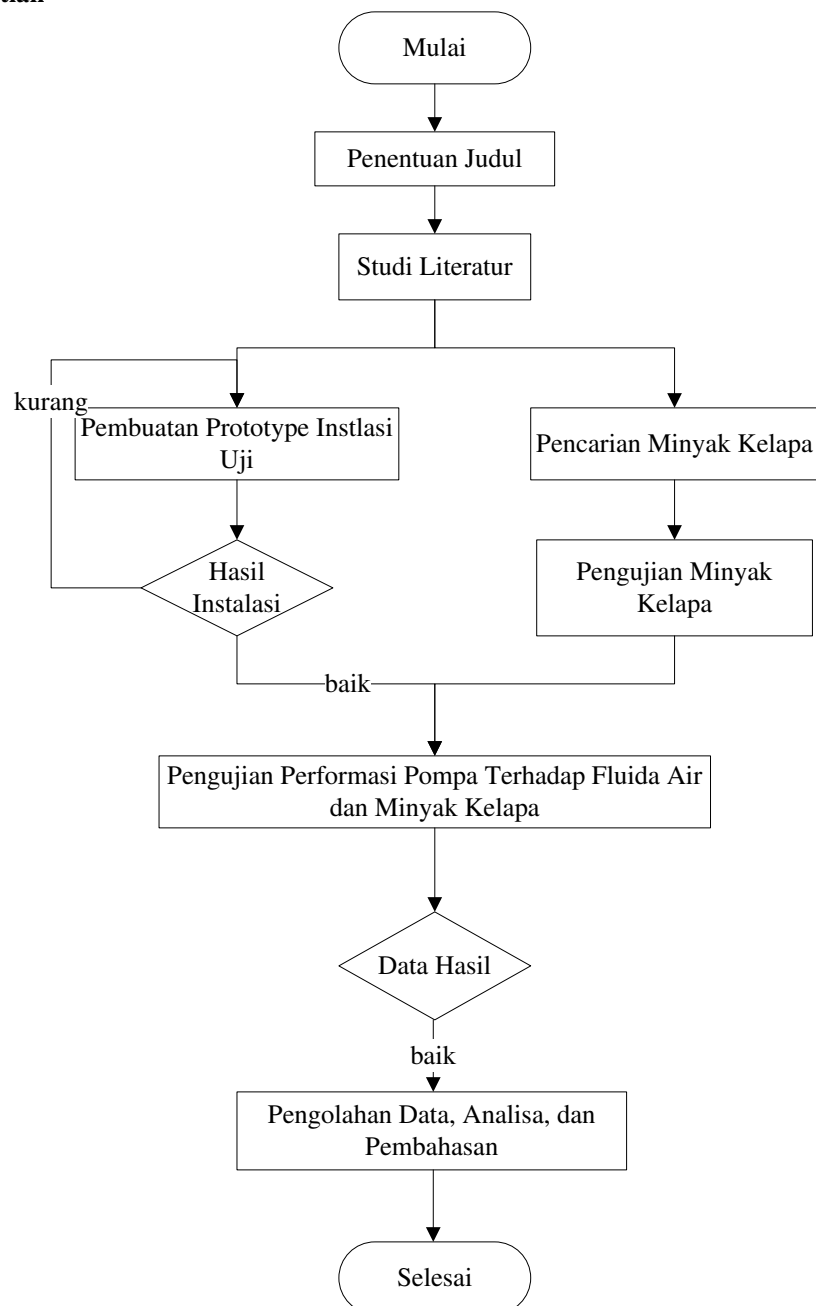
Data hasil eksperimen diperoleh dengan melakukan percobaan yang menggunakan fasilitas eksperimental yang dirancang. Diagram skematis instalasi pengujian pompa ditunjukkan dalam Gambar 3.

3.1. Peralatan proses penelitian

- Pompa sentrifugal, untuk memindahkan fluida cair dari satu tempat ke tempat lain.
- Motor listrik, untuk memutar poros pompa.
- Pipa PVC isap, diameter $\frac{3}{4}$ in dan pipa PVC tekan, diameter $\frac{3}{4}$ in.
- *Vaccum gauge*, untuk mengukur tekanan *suction*.
- *Pressure gauge*, untuk mengukur tekanan *discharge*.
- Flowmeter, untuk mengukur debit aliran.
- Tangki penampung dari bahan *acrylic* dengan volume 45,4 liter.
- Katup isap dan katup tekan, untuk mengatur besar kecilnya kapasitas aliran fluida.
- Indikator beban pompa, untuk mengukur gaya pembebanan pada poros pompa.
- Penggaris, untuk mengukur ketinggian permukaan air antara sisi isap dan sisi tekan.

- *Drain valve*, sebagai komponen tambahan untuk mempermudah pembuangan fluida dari dalam tangki disaat pengujian berakhir.

3.2. Flowchart Penelitian



Gambar 4. Flowchart Penelitian

Sifat fisik air adalah *Density* (ρ_w) = 0,996 g/cm³, *Dynamic Viscosity* (μ_w) = 0,82 mPa.s, *Kinematic Viscosity* (ν_w) = 0,823 cSt. Sedangkan sifat fisik minyak kelapa adalah *Density* (ρ_w) = 0,996 g/cm³, *Dynamic Viscosity* (μ_w) = 0,82 mPa.s, *Kinematic Viscosity* (ν_w) = 0,823 cSt.

3.3. Prosedur pengujiannya

Selama pengujian, temperatur laboratorium dijaga mendekati konstan yang berkisar antara 26 sampai 30°C. Motor penggerak pompa juga dioperasikan pada putaran konstan. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- Memasukkan air ke dalam tangki penampung, kemudian memompanya dalam kondisi kedua katup terbuka 100%, sehingga air mengalir melalui sistem aliran yang ditunjukkan dalam Gambar 3.

- Setelah aliran bersirkulasi selama 5 menit dimana katup tekan terbuka penuh, dilakukan pengukuran pada tekanan *suction* dan tekanan *discharge*, debit aliran, ketinggian permukaan air antara sisi isap dan sisi keluar pompa, kecepatan putaran pada poros pompa, besar gaya pembebanan pada poros pompa, besar voltase dan arus listrik yang masuk pada motor.
- Mengulangi prosedur ke-2 untuk tiap variasi bukaan katup dengan cara mengatur bukaan katup tekan. Variasi bukaan katup selanjutnya adalah 75%, 50%, 25%.
- Mengganti fluida dengan minyak kelapa, kemudian ulangi prosedur 1 sampai 3.

4. DATA, HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Percobaan

Tabel 1. Tabel data hasil percobaan air 220V

Fluida : Air										
Variasi bukaan	Q l/min	$V_1=V_2$ m/s	p_1 bar	p_2 bar	z_1 meter	z_2 meter	U volt	I ampere	m kg	n rpm
100%	36	1.743	-0.120	1.153	0.210	0.250	220	2.320	0.303	2610
75%	35	1.695	-0.100	1.200	0.210	0.250	220	2.250	0.308	2607
50%	30	1.453	-0.090	1.229	0.213	0.250	220	2.230	0.316	2618
25%	21	1.017	-0.030	1.423	0.217	0.250	220	2.160	0.328	2663

Tabel 2. Tabel data hasil percobaan minyak kelapa 220V

Fluida : Air										
Variasi bukaan	Q l/min	$V_1=V_2$ m/s	p_1 bar	p_2 bar	z_1 meter	z_2 meter	U volt	I ampere	m kg	n rpm
100%	17	0.823	-0.060	0.600	0.150	0.250	220	3.450	0.335	2396
75%	15	0.726	-0.043	0.617	0.152	0.250	220	2.950	0.348	2350
50%	13	0.629	-0.040	0.633	0.154	0.250	220	2.970	0.363	2310
25%	10	0.484	-0.037	0.767	0.157	0.250	220	2.960	0.367	2298

4.2. Hasil Perhitungan

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan debit, head, daya poros dan efisiensi dari fluida air dan minyak kelapa

Air				Minyak Kelapa				Bukaan
Q	H	BHP	η	Q	H	BHP	η	
36	15.18	130.04	68.46	17	9.18	131.98	16.59	100%
35	15.53	132.03	67.06	15	9.52	134.47	14.89	75%
30	15.92	136.03	57.18	13	9.73	137.88	12.87	50%
21	18.60	143.63	44.28	10	11.20	138.68	11.33	25%

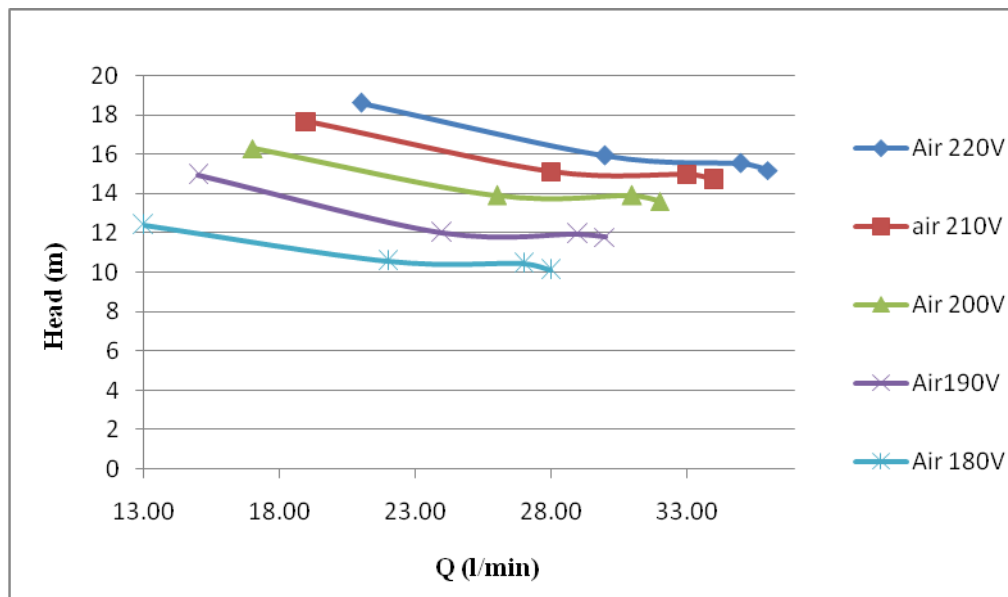
4.2.1. Grafik Grafik perbandingan antara debit dengan head

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara *head* dan debit pompa pada fluida air dan minyak kelapa. Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai head pada masing-masing kurva cenderung turun seiring bertambahnya nilai debit (Q). Dan kurva head pada aliran air 220 V lebih tinggi daripada kurva head pada aliran air lainnya. Hal itu dikarenakan perubahan tegangan arus membuat nilai rpm akan menurun mengakibatkan turnnya nilai debit aliran. Ketika pompa beroperasi pada debit 21 l/min, head yang diperoleh di tiap kurva fluida air 220V sampai air 180V berturut-turut yaitu 18,60 m; 17,09 m; 15,16 m; 12,87 m dan 10,74 m. Selain itu, debit pun tampak semakin menurun seiring menurunnya

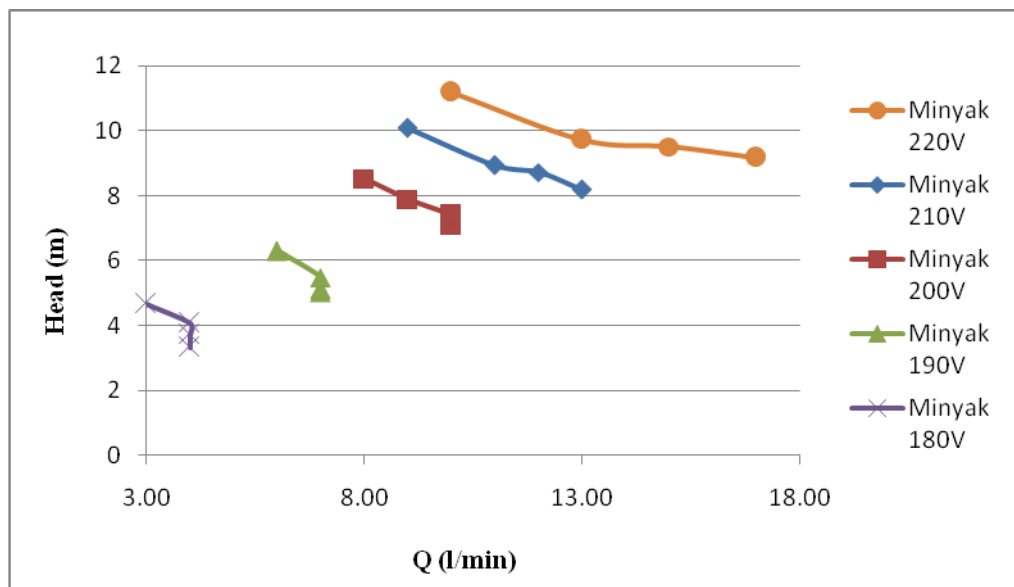
nilai tegangan arus. Debit maksimum di tiap kurva dari air 220V sampai air 180V berturut-turut adalah 36 l/min; 34 l/min; 32 l/min; 30 l/min; 28 l/min.

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara *head* dan debit pompa pada fluida air dan minyak kelapa. Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai *head* pada masing-masing kurva cenderung turun seiring bertambahnya nilai debit (Q). Ketika pompa beroperasi pada debit 10 l/min, *head* yang diperoleh di tiap kurva fluida air 220V sampai air 200V berturut-turut yaitu 11,20 m; 9,51 m; dan 7,39 m, sedangkan pada kecepatan aliran 190V dan 180V tidak sampai 10 l/min sehingga nilai *head* pada kecepatan 10 l/min tidak ada.

Nilai debit akan semakin menurun seiring menurunnya nilai tegangan arus. Debit maksimum di tiap kurva dari minyak kelapa 220V sampai minyak kelapa 180V berturut-turut adalah 17 l/min; 13 l/min; 10 l/min; 7 l/min; 4 l/min. Dan kurva *head* pada aliran minyak kelapa 220 V lebih tinggi daripada kurva *head* pada aliran minyak kelapa lainnya. Hal ini dikarenakan semakin turun nilai tegangan arus yang diberikan maka akan menyebabkan turunnya nilai rpm, debit aliran sehingga nilai *head* akan semakin turun.



Gambar 5. Grafik perbandingan antara debit dengan *head* fluida air

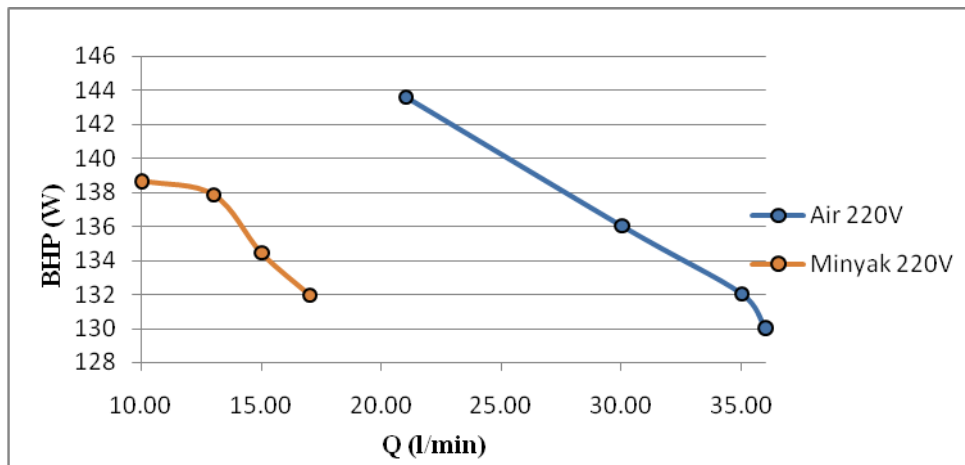


Gambar 6. Grafik perbandingan antara debit dan *head* fluida minyak kelapa

4.2.2. Perbandingan debit dengan daya poros pompa antara fluida air dan minyak kelapa

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara debit dengan daya poros pompa (BHP) pada fluida air dan minyak kelapa. Pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai BHP pada fluida air dari bukaan penuh menuju bukaan 25% adalah 130,04

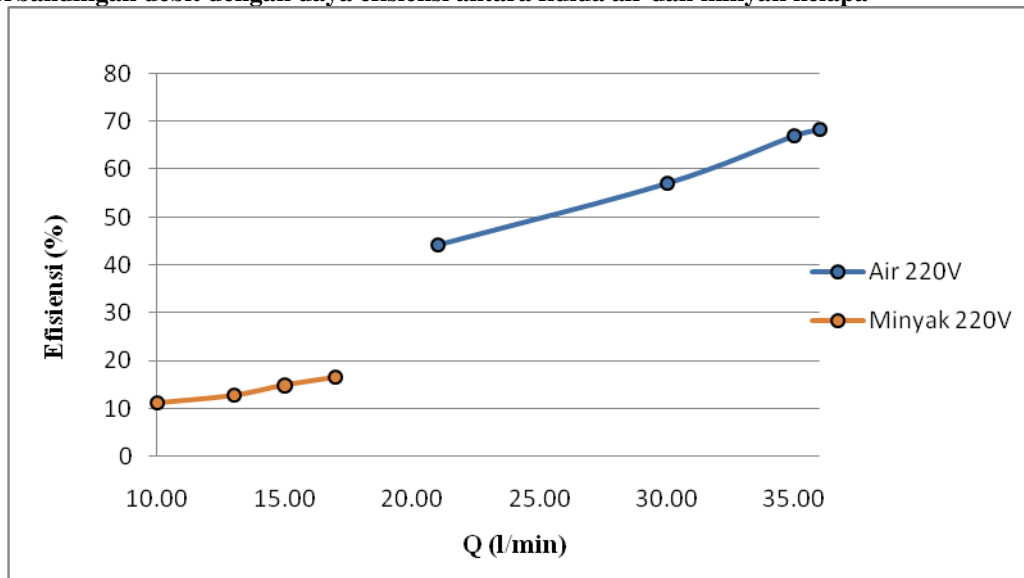
W, 132,03 W, 136,05 W, 143,68 W. Nilai BHP pada fluida minyak kelapa adalah 131,99 W, 134,47 W, 137,88 W, 138,68 W.



Gambar 7. Grafik perbandingan antara debit dengan BHP antara fluida air dan fluida minyak kelapa.

Dari nilai BHP fluida air dan fluida minyak kelapa mengalami penurunan seiring meningkatnya nilai kapasitasnya. Hal ini disebabkan semakin kecil bukaan yang diatur maka nilai kapasitas aliran akan semakin kecil tetapi nilai kecepatan rpm-nya meningkat. Meningkatnya nilai rpm membuat nilai BHP menjadi naik.

4.2.3. Perbandingan debit dengan daya efisiensi antara fluida air dan minyak kelapa



Gambar 8. Grafik perbandingan antara *head* dengan efisiensi pompa antara fluida air dan fluida minyak kelapa.

Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa efisiensi pompa cenderung naik sejalan dengan naiknya debit aliran. Efisiensi pompa pada fluida air bukaan penuh menuju 25% adalah 68,46%; 67,06%; 57,18%; 44,28%. Sedangkan nilai efisiensi yang ditunjukkan dari fluida minyak kelapa adalah 16,59%; 14,89%; 12,87%; 11,33%. Sehingga nilai efisiensi dari fluida air lebih besar dari nilai efisiensi yang didapat oleh fluida minyak kelapa.

Nilai efisiensi dipengaruhi oleh debit aliran, *head* pompa yang merupakan variabel untuk menghitung daya air dan daya poros pompa sebagai pembandingnya. Dapat dikatakan nilai efisiensi berbanding lurus dengan nilai debit aliran dan nilai *head* pompa tetapi berbanding terbalik dengan nilai BHP. Sehingga semakin tinggi nilai kapasitas aliran maka semakin tinggi nilai efisiensi pompa.

5. KESIMPULAN

Dari perolehan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Menganalisis pengaruh viskositas terhadap *head* pompa:

Semakin besar nilai viskositas suatu fluida, maka akan semakin kecil nilai head pompa. Hal ini dibuktikan dengan nilai *head* maksimum pada fluida air adalah antara 18,60 m, sedangkan nilai *head* maksimum dari fluida minyak kelapa adalah 11,20 m. Sehingga dapat dibuktikan bahwa *head* air lebih besar dari *head* minyak kelapa.

- Menganalisis pengaruh viskositas terhadap debit pompa.
Semakin besar nilai viskositas suatu fluida, maka akan semakin kecil nilai debit pompa. Hal ini dibuktikan dengan nilai debit maksimum pada fluida air adalah 36 l/min, sedangkan nilai debit maksimum dari fluida minyak kelapa adalah 17 l/min. Sehingga dapat dibuktikan bahwa debit air lebih besar dari debit minyak kelapa.
- Menganalisis pengaruh viskositas terhadap daya poros pompa.
Semakin besar nilai viskositas suatu fluida, maka akan semakin besar pula nilai daya poros pompa. Hal ini dibuktikan dengan nilai BHP dari fluida air pada kecepatan maksimum 36 l/min adalah 130,04 W. Nilai BHP fluida minyak kelapa pada kecepatan maksimum 17 l/min adalah 131,98 W.
- Menganalisis pengaruh viskositas terhadap efisiensi pompa
Semakin besar nilai viskositas suatu fluida, maka akan semakin kecil nilai efisiensi pompa. Hal ini dibuktikan dengan efisiensi terbaik pompa pada kecepatan maksimum 36 l/min dari fluida air adalah 68,46%. Sedangkan nilai efisiensi yang ditunjukkan dari fluida minyak kelapa pada kecepatan maksimum adalah 16,59. Nilai efisiensi fluida air lebih besar dari nilai efisiensi fluida minyak kelapa.

6. SARAN

Penelitian selanjutnya hendaknya menggunakan *pressure transducer* untuk mendapatkan hasil pengukuran tekanan yang lebih teliti. Penelitian selanjutnya hendaknya membuat perangkat pompa yang lebih kemampuan dan kepresisian hasilnya. Penelitian serupa menggunakan software diperlukan untuk kepentingan validasi atas pengujian yang telah dilakukan ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ippen, A.T., 2009, "The Influence of Viscosity on Centrifugal Pump Performance", Trans ASME, pp.823.
- [2] Munson, B. R., 2006, *Fundamental of Fluid Mechanics*. Iowa-USA. John Wiley And Sons, Inc.
- [3] Sahdev, M., *Centrifugal Pumps: Basic concepts of operation, maintenance and trouble shooting, Part I*. Presented at The Chemical Engineers' Resource Page.
- [4] White, F. M., 1999, *Fluid Mechanics*, 4th Edition, McGraw-Hill International Edition.