

KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL DENGAN BILAH BERALUR DALAM TIPE SEMI TERTUTUP

Rizky Cahya Vergiansyah

Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: rizkyvergiansyah@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar, S.T.,M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

Impeller merupakan salah satu bagian terpenting dari pompa sentrifugal yang dapat mempengaruhi performa pompa. Hal yang perlu dilihat dari performa pompa adalah nilai efisiensi, NPSH, Head dan kebisingan dari pompa. Penambahan *riblet* dengan memberikan alur dalam pada suatu impeller dapat meningkatkan performa dari pompa tetapi untuk lebih mengetahui performa pompa sentrifugal dengan cara memvariasi kecepatan motor dan temperatur air. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi bentuk alur dalam pada impeller, variasi kecepatan dan variasi temperatur air. Dalam variasi alur dalam menggunakan impeller jumlah suku 8 tanpa alur, suku 8 dengan *riblet* beralur dalam lurus dan *riblet* beralur dalam sinusoidal *riblet width (w)* = 2 mm, *Spacing (s)* = 3,4 mm, *Height (h)* = 1,7 mm. Variasi kecepatan putar motor yaitu 1500, 2000 dan 2500 rpm sedangkan variasi temperatur air 30°C. Dalam penelitian ini penambahan alur dalam pada impeller memberi dampak positif pada kapasitas, head, npsh dan juga efisiensi pompa. Untuk impeller dengan alur dalam sinusoidal mendapatkan nilai kapasitas, head, npsh dan juga efisiensi pompa tertinggi yaitu 54 LPM, 13,04 m dan efisiensi pompa 49,38 % berada pada suhu 30°C dan kecepatan 2500 RPM sedangkan nilai npsh 9,99 m pada suhu 30°C dan kecepatan 1500 RPM. Pada impeller alur dalam lurus menghasilkan efisiensi pompa 47,04%, nilai head 12,42 m pada suhu 30°C kecepatan 2500 RPM dan sedangkan nilai npsh 9,73 m pada suhu 30°C dan kecepatan 1500 RPM. Dan nilai kebisingan yang paling rendah adalah 65,7 dB berada pada kecepatan 1500 RPM di semua impeller

Kata Kunci : pompa sentrifugal, riblet, npsh, efisiensi

Abstract

The impeller is one of important for centrifugal pump, it can be influence for performance of pump. Things that need to be seen from the pump's performance are the value of efficiency, NPSH, Head and noise from the pump. The addition of a riblet by giving a deep groove to the impeller blade can improve the performance of the pump but to better know the performance of the centrifuge pump by varying the motor speed and water temperature. The independent variables in this research are variations in the shape of the deep grooves on the impeller, variations in speed and variations in water temperature. In the variation of grooves in using impeller the number of blades 8 without grooves, blade 8 with riblets grooved in straight and grooved riblets in sinusoidal riblet width (*w*) = 2 mm, Spacing (*s*) = 3.4 mm, Height (*h*) = 1, 7 mm. Motor rotational speed variations are 1500, 2000 and 2500 rpm while water temperature variations are 30°C. In this research the addition of deep grooves to the impeller has a positive impact on capacity, head, NPH and also pump efficiency. For impeller with sinusoidal groove, the highest value of capacity, head, npsh and also pump efficiency is 54 LPM, 13.04 m and pump efficiency is 49.38% at 30°C and speed of 2500 RPM while the npsh value is 9.99 m at a temperature of 30°C and a speed of 1500 RPM. In a straight deep groove impeller produces a pump efficiency of 47.04%, a head value of 12.42 m at a temperature of 30 ° C with a speed of 2500 RPM and while the npsh value of 9.73 m at a temperature of 30°C and a speed of 1500 RPM. And lowest noise is 65.7 dB obtained at a speed of 1500 rpm all impeller.

Keywords: centrifugal pump, riblet, NPSH, efficiency.

PENDAHULUAN

Fluida merupakan sebutan untuk zat yang bisa mengalir dalam bentuk cair dan gas. fluida dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Banyak manfaat yang terdapat dalam fluida terutama air untuk kebutuhan sehari-hari dalam mensejahterakan masyarakat. Dengan banyaknya manfaat air membuat masyarakat ingin mempelajari dan mengembangkan untuk kehidupan yang lebih baik.

Secara alamiah fluida khususnya air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah mengikuti gaya gravitasi bumi. Untuk aliran sebaliknya diperlukan alat yang disebut pompa, pertama kali ditemukan pada tahun 1174 oleh Al-Jazari, terdiri atas balok panjang yang ditopang dengan balok kayu horizontal, sementara penggeraknya menggunakan tenaga hewan dengan mekanisme gerak yang terdiri dari dua roda gigi. Saat ini desain dan mekanisme pompa telah berkembang.

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan

dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetik (kecepatan), dimana tenaga ini dibantu oleh impeller sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan/fluida yang masuk sebelumnya.

Keseimbangan dalam operasi dan efisiensi sangat menentukan performa dari pompa. Salah satunya penyebab yang serius yang menyebabkan menurunnya performa dari pompa yaitu kavitas, Kavitas adalah munculnya gelembung-gelembung uap di dalam cairan saat proses pada pompa. Adanya kavitas mengakibatkan penurunan daya hisap pada pompa sehingga tekanan yang dihasilkan oleh pompa semakin berkurang.

Kavitas dipengaruhi oleh perubahan pada NPSH, NPSH (*Net Positive Suction Head*) adalah kebutuhan minimum untuk bekerja secara normal. Bila NPSH mengalami penurunan, maka performasi pompa juga akan mengalami penurunan, meningkatkan kebisingan dan getaran. Hal ini merupakan suatu kerugian dalam perencanaan pompa yang harus dihindari.

Dari jurnal-jurnal tentang pompa sentrifugal yang telah dilakukan penelitian sebelumnya, antara lain :

Dalam penelitian Sembada (2017) penelitian mengenai variasi jumlah bilah pada impeller. Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah sudu impeller 8 dapat menghasilkan kapasitas yang tinggi dalam prosesnya tetapi juga menaikan nilai NPSHa.

Dalam penelitian Pratama (2017), semakin banyak jumlah sudu pada impeller dan kecepatan motor dapat meningkatkan kapasitas dan efisiensi. Adapun dampak akibat dari penambahan jumlah sudu dan kecepatan motor adalah mengakibatkan suara kebisingan pada pompa semakin tinggi.

Dalam penelitian Delly (2009) dalam penelitian ini tentang pengaruh suhu fluida terutama air terhadap kavitas, Kenaikan suhu air mempengaruhi viskositas air karena viskositas akan menurun jika temperatur air dinaikkan. Rendahnya nilai viskositas dan nilai kavitas menyebabkan tekanan uap jenuh air menjadi tinggi sehingga terjadinya kavitas.

Dalam penelitian Musyafa (2015), dalam penelitian ini tentang efisiensi dan kapasitas pompa. Dengan menambahkan kecepatan motor dalam proses ini dapat meningkatkan efisiensi dan kapasitas air. Jadi, efisiensi

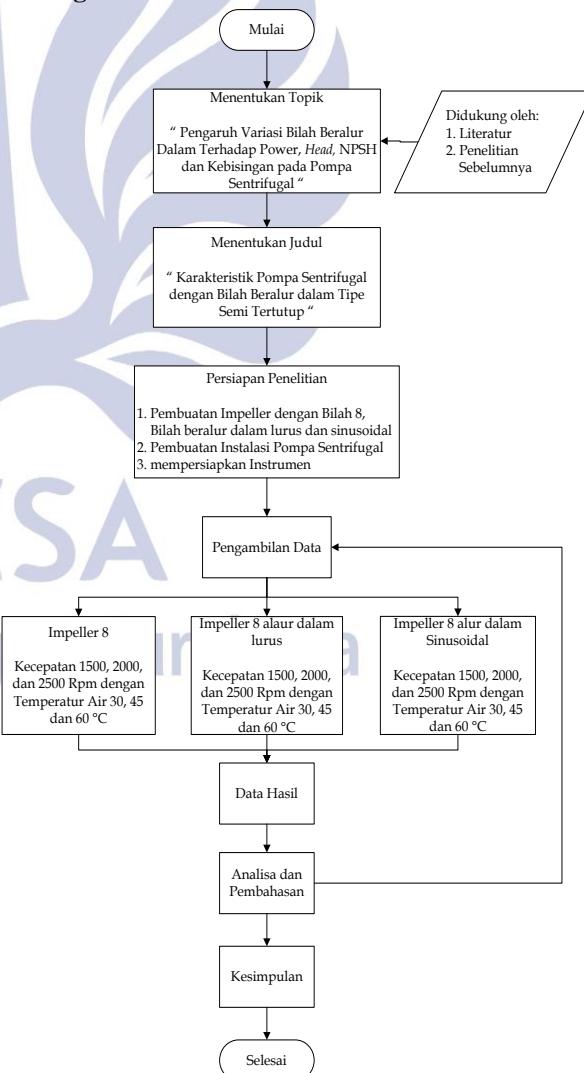
dan kapasitas air berbanding lurus dengan pertambahan kecepatan.

Dalam penelitian Heidarian, *et.al.* (2017) dalam penelitian ini menunjukkan bahwa *riblet* lebih efisien dari plat biasa. *Riblet* ini menggunakan model seperti sirip ikan hiu. Dengan adanya *riblet* bentuk sirip ikan hiu ini menghasilkan nilai *drag force* lebih rendah dari pada *drag reduction* sehingga gesekan pada permukaan bisa dikurangi dibantu dengan penggunaan ratio h/s dalam melakukan pengukuran jarak impeller.

Dalam penelitian Ali and Al-Fatlawie (2011), menunjukkan bahwa dimensi *riblet* dengan ukuran $h = 0,125$, $s = 2\text{mm}$ dan $w = 2\text{mm}$ dapat mengurangi *drag reduction* sampai 19% pada *riblet* sinusoidal. Sedangkan untuk *riblet* plat datar maksimal mencapai 14% *drag reduction* dengan dimensi $h = 0,25\text{mm}$, $s = 1\text{mm}$ dan $w = 2\text{mm}$. Rasio yang digunakan pada *riblet* sinusoidal dan lurus menggunakan rasio $a/\lambda = 0,01$ dan $h/s = 0,5$.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian



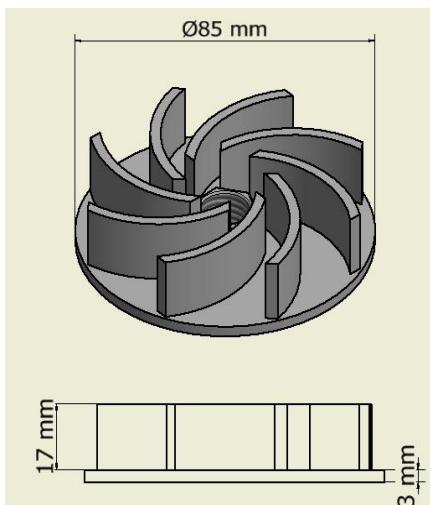
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Variabel penelitian

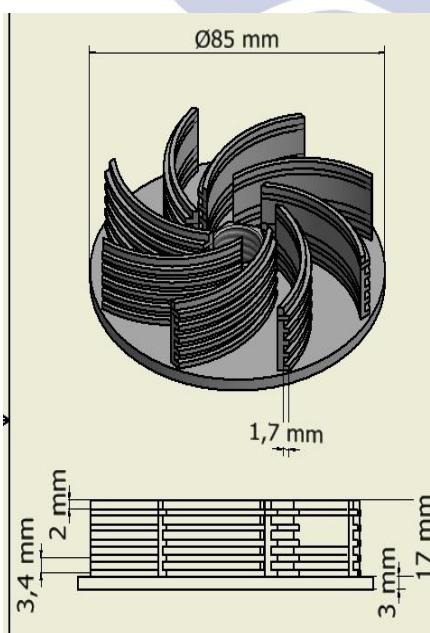
- Variabel Bebas (Independent Variable)**

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian “Karakteristik Pompa Sentrifugal Bilah Beralur Dalam Tipe Semi Tertutup” adalah sebagai berikut:

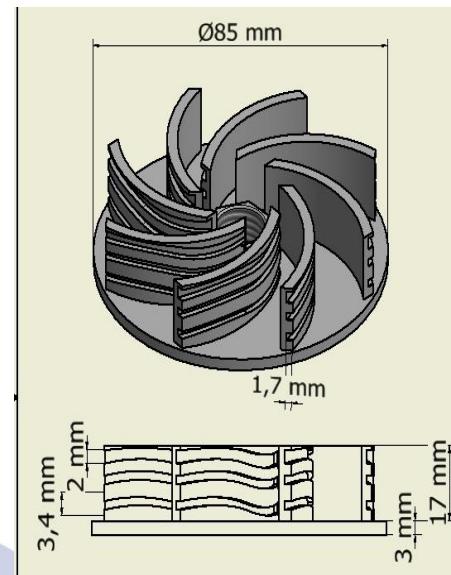
- Jumlah bilah impeller tipe semi tertutup : 8 bilah
- Jenis alur dalam : tanpa alur, beralur dalam lurus dan sinusoidal
- Riblet : width (w) = 2mm, Spacing (s) = 3,4mm, Height (h) = 1,7 mm
- Temperatur fluida (air) yang dipompakan 30° C, 45° C dan 60° C.
- Kecepatan putar poros pompa sentrifugal 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm.



Gambar 3.2 Impeller tanpa alur dalam



Gambar 3.3 Impeller alur dalam lurus



Gambar 3.4 Impeller alur dalam sinusoidal

- Variabel Terikat (Dependent Variable)**

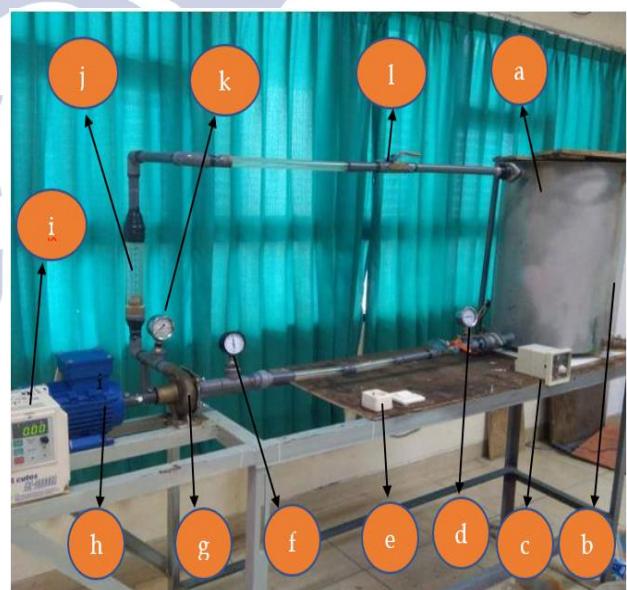
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan *section*, tekanan *discharge* dan kapasitas pompa.

- Variabel Kontrol (Control Variable)**

Variable control dalam penelitian ini adalah jenis fluida yang digunakan yaitu air.

Instrumen Dan Alat Penelitian

Alat penelitian adalah alat yang digunakan dalam penelitian, dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Rangkaian instrumen penelitian

Keterangan:

- a. Tabung penampung air (*Reservoir*)
- b. Pengukur ketinggian air
- c. *Thermocontrol*
- d. *Thermometer*
- e. Stop kontak
- f. *Pressure gauge suction*
- g. Rumah pompa (*Volute*)
- h. Motor listrik
- i. Inverter
- j. *Flowmeter*
- k. *Pressure gauge discharge*
- l. *Valve discharge*

Prosedur Penelitian

- Persiapan awal
 - Menyiapkan alat-alat dan instrumen penelitian.
 - Melakukan perangkaian alat dan instrumen sesuai dengan desain rancangan.
 - Menyiapkan lembar berisi tebel pengambilan data.
 - Melakukan uji coba pada instrumen guna mengetahui apabila terjadi suatu kesalahan sebelum proses pengambilan data dimulai.
- Pengambilan data NPSH
 - Memasang impeller dengan jumlah sudu 8 tanpa alur ke dalam rumah pompa (*volute*).
 - Memanaskan air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 30° C.
 - Menyalakan motor listrik sebagai sumber penggerak pompa sentrifugal.
 - Mengatur putaran motor dengan mengatur inverter yang terhubung dengan motor listrik pada putaran 1500 rpm.
 - Mengatur bukaan *valve section* dari posisi 90° sampai 0°.
 - *Valve discharge* dalam keadaan terbuka penuh.
 - Mengamati dan mencatat data hasil pengukuran ke dalam tabel, yaitu tekanan *section*, tekanan *discharge* dan kapasitas.
 - Mengulangi langkah d sampai g untuk putaran 2000 rpm.
 - Mengulangi langkah d sampai g untuk putaran 2500 rpm.
 - Memanaskan kembali air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 45° C dan mengulangi langkah d sampai i.
 - Memanaskan kembali air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 60° C dan mengulangi langkah d sampai i.
 - Lakukan kembali langkah a sampai k untuk mengambil data pada variasi jumlah sudu 8 alur dalam lurus dan sudu 8 alur dalam sinusoidal.
- Pengambilan data efisiensi
 - Memasang impeller dengan jumlah sudu 8 tanpa alur ke dalam rumah pompa (*volute*).

- Memanaskan air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 30° C
- Menyalakan motor listrik sebagai sumber penggerak pompa sentrifugal.
- Mengatur putaran motor dengan mengatur inverter yang terhubung dengan motor listrik pada putaran 1500 rpm.
- Mengatur bukaan *valve discharge* dari posisi 90° sampai 0°.
- *Valve section* dalam keadaan terbuka penuh. Mengamati dan mencatat data hasil pengukuran ke dalam tabel, yaitu tekanan *section*, tekanan *discharge*, *flowmeter*, *ampere meter*, kecepatan putar poros pompa dan kapasitas air yang keluar pada sisi *discharge* serta kebisingan yang ditimbulkan pompa.
- Lakukan kembali langkah c sampai f untuk putaran 2000 rpm.
- Lakukan kembali langkah c sampai f untuk putaran 2500 rpm.
- Memanaskan kembali air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 45° C dan mengulangi langkah d sampai g.
- Memanaskan kembali air pada tabung penampung air (*reservoir*) hingga temperatur 60° C dan mengulangi langkah d sampai g.
- Lakukan kembali langkah a sampai k untuk mengambil data pada variasi jumlah sudu 8 alur dalam lurus dan sudu 8 alur dalam sinusoidal.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada perhitungan ini, data yang digunakan sebagai contoh perhitungan adalah impeller bilah 8 pada kecepatan 2000 rpm. Berikut perhitungan *torque flow impeller* dengan impeller bilah 8 kecepatan 2000 rpm.

• NPSH

$$\begin{aligned} H_{sv} &= \frac{p_a - p_v}{\rho} + \frac{p_s}{\rho} + z_{ps} + \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{10132,49 \frac{kg}{m^2} - 432,4 \frac{kg}{m^2}}{995,7 \frac{kg}{m^3}} + \frac{(-2133,12) \frac{kg}{m^2}}{995,7 \frac{kg}{m^3}} \\ &\quad + 0,46 m + \frac{(3,16 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \\ &= 8,57 m \end{aligned}$$

• Head

$$\begin{aligned} H &= \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{V_{2z}^2 - V_{1z}^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_{LT} \\ &= \frac{3200 \frac{kg}{m^2} - (-933,24) \frac{kg}{m^2}}{995,7 \frac{kg}{m^3}} \frac{(2,60 \frac{m}{s})^2 - (2,60 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + \\ &\quad 0,115 m + 3,79 m \end{aligned}$$

$$= 7,92 \text{ m}$$

- Water Horse Power

$$\begin{aligned} \text{WHP} &= \rho \times g \times Q \times H \\ &= 995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,0007 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 13,04 \text{m} \\ &= 114,64 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Break Horse Power

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{Efisiensi motor} \times P_m \\ &= 0,69 \times 336,43 \text{ watt} \\ &= 232,14 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Efisiensi

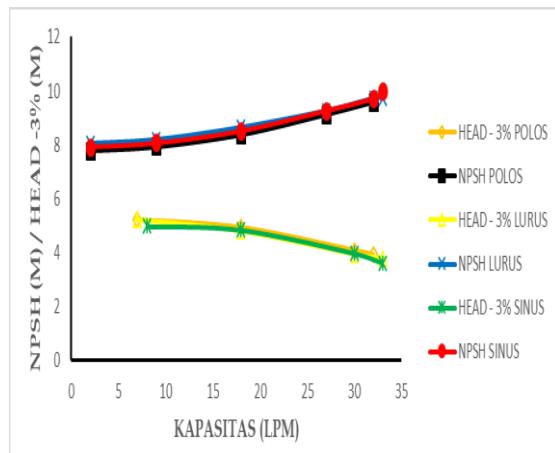
$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{WHP}}{\text{BHP}} \times 100\% \\ &= \frac{114,64 \text{ watt}}{232,14 \text{ watt}} \times 100\% \\ &= 49,38 \% \end{aligned}$$

Analisis

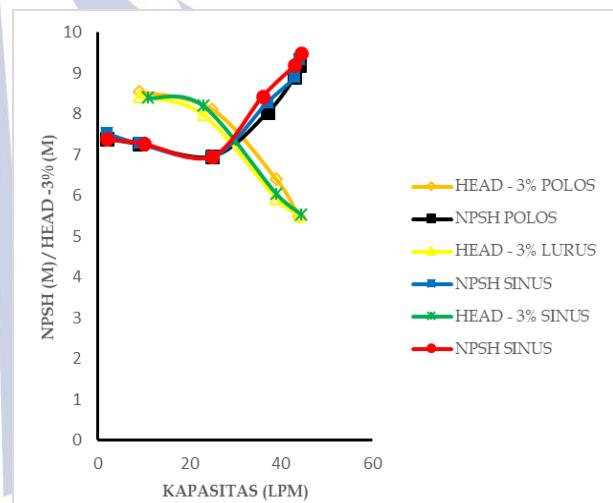
- Pengaruh Temperatur Air, Kecepatan Putar Pompa, dan Jumlah Bilah Impeller Terhadap NPSH Pompa



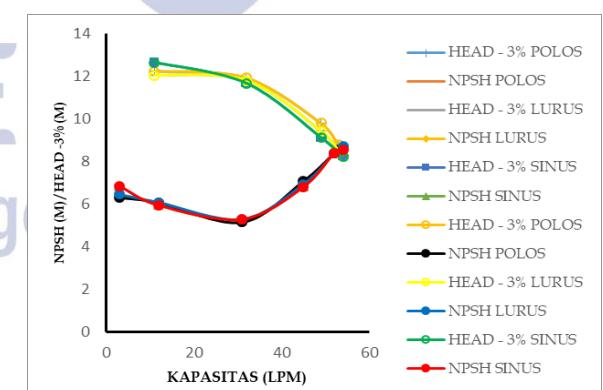
Gambar 4.1 Perbedaan kavitas pada impeller beralur dalam *sinusoidal* kecepatan 2000 RPM dan temperatur 45°C



Gambar 4.2 Grafik NPSH pada kecepatan 1500 rpm temperatur 30°C



Gambar 4.3 Grafik NPSH pada kecepatan 2000 rpm temperatur 30°C



Gambar 4.4 Grafik NPSH pada kecepatan 2500 rpm temperatur 30°C

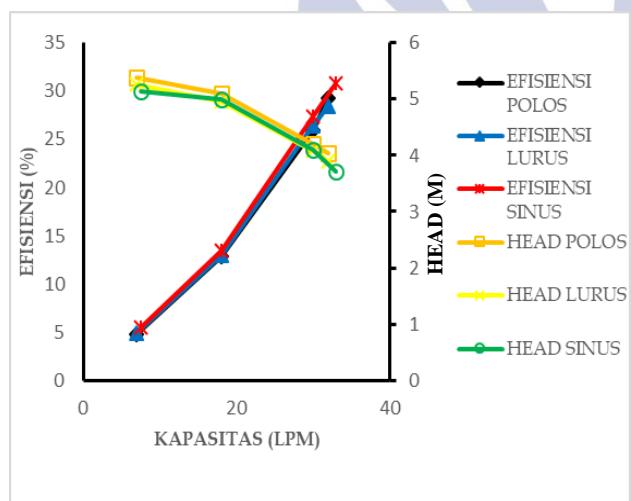
Dari grafik gambar 4.1 dapat di amati bahwa ketiga impeller tidak mengalami kavitas pada temperatur 30°C dan kecepatan 1500 rpm, ini dikarenakan nilai NPSHa lebih besar dari nilai NPSHr. Pada grafik 4.2 berada pada

kecepatan 2000 RPM sudah mengalami kavitas karena pada kecepatan ini mengalami penurunan tekanan *suction* pada pompa dan juga pada kecepatan 2500 RPM, semakin tinggi kecepatan maka tekanan *suction* semakin turun yang mengakibatkan nilai NPSHa semakin turun sehingga munculnya kavitas semakin tinggi.

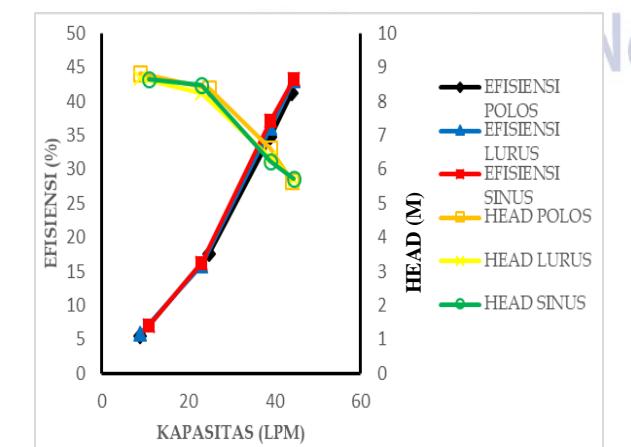
Semakin tingginya kecepatan putar motor listrik menyebabkan debit air yang masuk di dalam pompa semakin besar tetapi aliran fluida menjadi turbulensi. Terjadinya turbulensi mengakibatkan munculnya gaya gesekan antara fluida dengan permukaan rumah pompa sehingga menyebabkan adanya energi tambahan di dalam rumah pompa sehingga munculnya kavitas di dalam rumah pompa (*volute*).

Jadi, dapat di simpulkan bahwa munculnya kavitas akibat dari bertambahnya kecepatan putar motor.

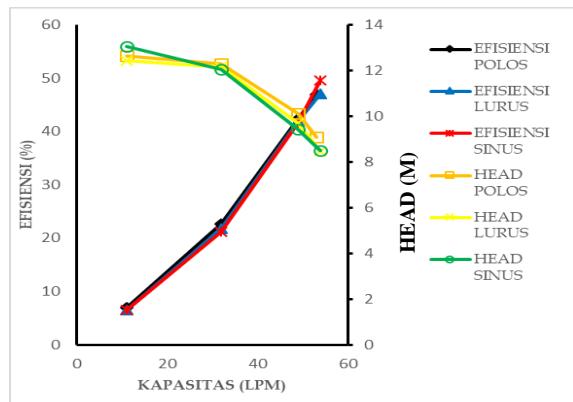
- Analisis Pengaruh Temperatur Air, Kecepatan Putar Pompa, dan variasi bentuk alir dalam pada Impeller Terhadap Efisiensi Pompa.



Gambar 4.5 Grafik efisiensi pada kecepatan 1500 rpm temperatur 30° C



Gambar 4.6 Grafik efisiensi pada kecepatan 2000 rpm temperatur 30°C



Gambar 4.7 Grafik efisiensi pada kecepatan 2500 rpm temperatur 30°C

Dari grafik-grafik di atas dapat diamati bahwa semakin tinggi kecepatan putar motor maka nilai efisiensi pompa semakin naik karena debit air yang masuk ke dalam pompa semakin besar akibatnya kapasitas yang diserap pompa semakin besar sehingga efisiensi juga naik.

Peran dari adanya alur dalam pada sudut impeller dapat mengurangi aliran *cross-flow* yang bisa mengurangi aliran turbulensi dalam aliran yang menyebabkan bertambahnya gaya gesek di dalam impeller. Tetapi dengan adanya alur dalam menghasilkan lapisan voteks di dalam alur dalam yang digunakan sebagai bantalan untuk air sehingga dapat mengurangi gaya gesek. Berkurangnya gaya gesek air dapat terangkat dengan maksimal.

Nilai *head* tertinggi 13,04 m, kapasitas tertinggi yaitu 54 lpm dan efisiensi tertinggi 49,38% didapatkan pada temperatur 30° C, kecepatan 2500 rpm dan impeller alur dalam sinusoidal.

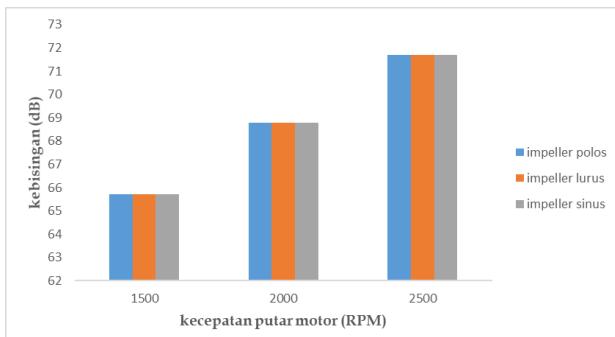
- Analisis Pengaruh variasi bentuk alir dalam pada Impeller dan Variasi Kecepatan Putaran Terhadap Kebisingan Pompa.

Pada tabel 4.1 di bawah, menunjukkan data kebisingan yang dihasilkan oleh bentuk alir dalam pada impeller dan variasi kecepatan putaran.

Tabel 4.1 Data Kebisingan Pada Variasi Jumlah Impeller dan Variasi Kecepatan Putaran

Kacepatan motor	Kebisingan		
	impeller polos	impeller lurus	impeller sinus
1500	65,7 dB	65,7 dB	65,7 dB
2000	68,8 dB	68,8 dB	68,8 dB
2500	71,7 dB	71,7 dB	71,7 dB

Dari tabel 4.1 di atas, selanjutnya dibuat grafik yang akan dianalisis sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik kebisingan yang ditimbulkan oleh variasi bentuk alur dalam pada impeller dan variasi kecepatan putaran

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa pada impeller alur dalam lurus mengalami kebisingan yang paling tinggi yaitu mencapai 71,7 dB pada kecepatan putar motor 2500 RPM berada pada ketiga impeller. Dari grafik di atas bisa disimpulkan semakin besar kecepatan motor putar maka semakin besar juga kebisingan pompa, semakin tinggi kecepatan mengakibatkan getaran sehingga menyebabkan kebisingan pompa semakin bertambah. Pada tabel kebisingan menunjukkan bahwa pada nilai 71,7 dB berada pada titik bising dan sangat bising sehingga disarankan untuk tidak mendengarkan lebih dari 8 jam.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh temperatur air, kecepatan putar pompa, dan variasi bentuk alur dalam dalam impeller terhadap karakteristik pompa sentrifugal semi tertutup, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penambahan alur dalam pada impeller dapat meningkatkan nilai *head*, kapasitas air yang dihasilkan, efisiensi pompa dan juga kebisingan pompa, tetapi hal itu berbanding terbalik untuk NPSHa pompa. *Head* tertinggi yaitu 13,04 m, kapasitas tertinggi yaitu 54 lpm, dan efisiensi tertinggi yaitu 49,38 % didapatkan pada impeller beralur dalam sinusoidal. Untuk kebisingan tertinggi yaitu 72,5 dB didapatkan pada impeller beralur dalam lurus. Sedangkan untuk NPSHa tertinggi yaitu 9,99 m didapatkan pada impeller beralur dalam *sinusoidal*.
- Semakin tinggi kecepatan putaran pada pompa maka semakin besar pula nilai *head*, kapasitas air, efisiensi dan kebisingan pompa, tetapi hal itu berbanding terbalik untuk nilai NPSHa pompa. *Head* tertinggi yaitu 13,04 m, kapasitas tertinggi yaitu 54 lpm, dan

kebisingan pompa tertinggi yaitu 72,5 dB didapatkan pada putaran 2500 rpm. Untuk efisiensi tertinggi didapatkan pada putaran 2500 rpm. Sedangkan untuk NPSHa tertinggi yaitu 9,99 m didapatkan pada kecepatan 1500 rpm.

Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh temperatur air, kecepatan putar pompa, dan variasi bentuk alur dalam dalam impeller terhadap karakteristik pompa sentrifugal semi tertutup, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya digunakan rumah keong yang lebih transparan agar aliran air bisa lebih terlihat.
- Untuk meningkatkan head, kapasitas dan efisiensi disarankan untuk memberi variasi jarak antar bilah dengan cara memodifikasi panjang dan lebar bilah serta melebarkan diameter impeller.
- Menambahkan variasi dimensi alur dalam pada impeller agar bisa mendapatkan nilai tertinggi pada kinerja pompa pada penelitian selanjutnya.
- Disarankan untuk menguji tingkat getaran yang dihasilkan pompa untuk penelitian selanjutnya.
- Sebisa mungkin meningkatkan temperatur air sampai titik didih maksimum untuk mengetahui lebih jauh mengenai hubungan tekanan uap jenuh pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Imad S and Al-Fatlawie, Noor H. 2011. “*Drag Reduction In Turbulent Flow Using Different Kinds of Rilets*”. ME 457-469
- Bixler, G. D., & Bhushan, B. 2012. “*Biofouling: lessons from nature*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences”. 2381-2417
- Delly, Jenny. 2009. “Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal”. Vol. 01(01): ISSN 2085-8817
- Heidarian, A., Ghassemi, H., Liu P. 2017. “*Numerical Analysys of The Effects of Rilets on Drag Reduction of a Flat Plate* ”. Vol. x(x): pp x-x, 200x
- Junaidi, Fathona Fajri. 2014. “ Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro)”. Vol. 2(03)

- Karasik, Igor J., William C. Krutzsc, Warren H. Frase, Joseph Messina. 2001. *Pump Handbook* 3th edition. McGraw Hillbokk: Amerika Serikat Menggunakan Metode Analitik". Vol. 18(01): 8-12
- Kurdi, Ojo dan Arijanto. 2007. "Aspek Torsi dan Daya pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah dengan Bahan Campuran Premium – Methanol". Vol. 9(02)
- Musyafa, Achmad Aliyin. 2015. "Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas dan Efisiensi Pompa Sentrifugal". Vol. 03(03): hal. 136-144
- Nouwen, A dan Amir, B.S. 1981. *Pompa 1*. Jakarta: Bhataraka Karya Aksara
- Pratama, Dimas Alief. 2017. "Uji Eksperimental Impeller Dengan Blades Splitter Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal". Vol. 05(01): hal. 83-88
- Sembada, Satrya. 2017. "Pengaruh Jumlah Bilah Centrifugal Impeller Terhadap NPSH Pompa". Vol. 05(01): hal. 101-110
- Sihite, Alexander Nico P., Nasution, A. Halim. 2013. "Analisis Kerugian Head Pada Sistem Perpipaan Bahan Bakar HSD PLTU Sicanang Menggunakan Program Analisis Aliran Fluida ". Vol. 04(04): ISSN 2338-1035
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*. Surabaya: University Press
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Penerbit Alfabeta
- Sularso dan Tahara, Haruno. 2000. *Pompa dan Kompressor*. Jakarta: Penerbit Pradnya Paramitha.
- Tim Penulis. 2014. *Buku Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa*. Surabaya: Unesa.
- Wibowo,Priyo Ari. 2013. "Analisis Penurunan Head Losses Pada Belokan Pipa 180⁰ Dengan variasi Non Tube Bundle, Tube Bundle 0,25 Inchi dan Tube Bundle 0,5 Inchi". Vol. 01(01): ISSN 2085-8817
- Yohana, Eflita dan Nugroho, Ari. 2016. " Analisa Perhitungan Efisiensi *Circulating Water Pump* 76LKSA-18 Pembangkit Listrik Tenaga Uap