

UJI EKSPERIMEN PENGARUH JUMLAH SUDU *TORQUE FLOW IMPELLER* TERHADAP KINERJA POMPA SENTRIFUGAL

Erik Wahkidur Rohman

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: Wapincy@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lain. Kinerja pompa saat ini masih bisa ditingkatkan dengan mengubah desain impeller pompa salah satunya adalah jumlah sudu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu torque flow impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal dan pengaruh putaran terhadap kinerja pompa sentrifugal. Pada penelitian ini jenis impeller yang digunakan adalah torque flow impeller menggunakan variabel jumlah sudu 3, 4, 5, dan 6 dan putaran motor 1300 rpm, 2000 rpm dan 2700 rpm. Motor penggerak yang digunakan berupa motor AC dengan daya 250 watt sedangkan pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal radial flow dengan pipa suction dan discharge $\frac{3}{4}$ inci. Dari penelitian ini dihasilkan head tertinggi torque flow impeller adalah 19.178 meter pada sudu 6 dengan kecepatan putaran 2700 rpm. Dan kapasitas sebesar 35,923 liter permenit pada putaran 2700. Sedangkan efisiensi terbesar adalah 42.053 % dengan jumlah sudu 6 pada putaran 2700rpm. Dari analisa didapatkan semakin banyak jumlah sudu impeller semakin tinggi pula head pompa. Begitu juga dengan kapasitas pompa, semakin banyak sudu dan putaran semakin banyak pula kapasitas air yang dipompakan.

Kata Kunci : *Pompa sentrifugal, jumlah sudu torque flow impeller, kinerja pompa sentrifugal.*

Abstract

The pump is a device used to move a fluid from one place to another forging. Current pump performance can still be improved by changing the design of impeller pumps one of which is the number of vanes. This research aims to know the influence of the number of vanes torque flow impeller of centrifugal pump performance and influence round terhadap sentrifugal pump performance. In this research the type of impeller used is the torque flow impellers with variable number of vanes using 3, 4, 5, and 6 and a round motor 1300 rpm, 2000 rpm and 2700 rpm. Motor mover used a motor with a power of 250 Watts while the pump used is the radial flow centrifugal pumps with suction and discharge pipes $\frac{3}{4}$ inches. From this research produced the highest head torque flow impeller is 19.178 metres on 6 vanes with a speed round of 2700 rpm. And a capacity of 35,923 litres per minutes at 2700. While the greatest efficiency is the number of vanes 42.053 % with 6 round 2700rpm. Of the analysis obtained by the greater number of impeller vanes are increasingly higher head pump. So also with the capacity of the pump, a growing number of vanes and round the more water pumped capacity any way.

Key words: *centrifugal pump, number of vanes torque flow impeller, performance centrifugal pump.*

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (*fluida*) dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung kontinu. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*).

Kinerja dari sentrifugal pump ditentukan oleh head dan efisiensi kerja pompa. Head merupakan kemampuan pompa untuk mengangkat fluida, sedangkan efisiensi adalah perbandingan daya pompa dibandingkan dengan energy yang dibutuhkan oleh motor penggerak untuk menjalankan pompa.

Jafarzadeh et al. (Jafarzadeh et al., 2011) meneliti tentang pengaruh jumlah impeller dengan variasi 5, 6, dan 7 impeller terhadap *head coefficient* dan efisiensi pada pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa pada *head coefficient* terbesar didapat pada pompa sentrifugal dengan jumlah impeller 7. Sementara itu, efisiensi optimal didapat dengan jumlah impeller 5 dan 7..

Kennie A.Lempoy (Kennie A.Lempoy, 2010) meneliti tentang desain bentuk impeller sudut-sudut arah radial pada pompa sentrifugal dengan sudut β_2 kurang dari 90° sama dengan 90° dan lebih dari 90° . Dari penelitian itu disimpulkan desain bentuk sudut impeller berpengaruh terhadap head suatu pompa terutama sudut

$\beta/2$ yang merupakan sudut yang terbentuk dari garis kecepatan relative fluida terhadap impeller.

Meskipun banyak penelitian yang sudah mengangkat tentang pompa sentrifugal, namun pada saat ini efisiensi pompa tertinggi adalah sebesar 54,42% dengan sudut β impeller sebesar $36,5^{\circ}$. Nilai efisiensi dari pompa tersebut tentunya masih dapat ditingkatkan dengan merubah desain dari parameter-parameter pompa sentrifugal, salah satu parameter yang sangat berpengaruh dari pompa sentrifugal adalah impeller. Impeller pompa memegang peranan penting untuk meningkatkan head dan kapasitas pompa. Semakin tinggi head dan kapasitas pompa berpengaruh untuk meningkatkan efisiensi dari pompa sentrifugal tersebut.

Desain impeller yang diaplikasikan pada saat ini rata-rata adalah impeller dengan sudut β kurang dari 90° . Seperti dijelaskan oleh Kenie Lempoy bahwa impeller terdiri dari tiga sudut β , yaitu kurang dari 90° sama dengan 90° dan lebih dari 90° . Meskipun sudah ada beberapa pompa sentrifugal yang mengaplikasikan impeller dengan sudut 90° namun belum ada upaya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan impeller dengan sudut 90° . Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang desain impeller dengan menggunakan sudut $\beta = 90^{\circ}$

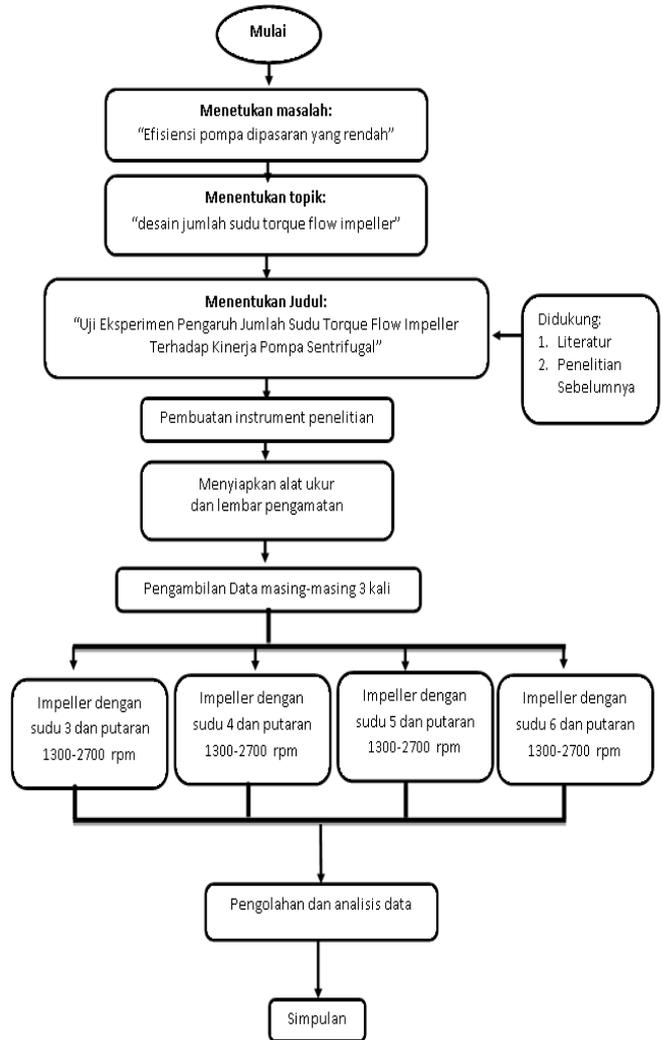
Melihat besarnya pengaruh desain impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap desain impeller yang memiliki efisiensi dan head tertinggi, hal itulah yang mendasari penulis mengangkat judul penelitian yang membahas tentang impeller yaitu uji eksperimen pengaruh jumlah sudu *torque flow impeller* terhadap kinerja pompa sentrifugal.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh variasi putaran dan jumlah sudu pada torque flow impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal. Mengetahui besarnya head dan efisiensi kerja tertinggi pompa sentrifugal dengan variasi putaran dan jumlah sudu torque flow impeller

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Membantu dalam mengetahui karakteristik pompa pada setiap pemasangan impeller yang berbeda. Menentukan optimasi desain pada torque flow impeller sehingga dapat membantu menentukan pemilihan impeller yang efisien. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan perbedaan antara tinggi tekan (head) dan kapasitas suatu pompa digunakan untuk rumah tangga. Mengurangi pemborosan dalam penggunaan energi listrik, dimana energi listrik yang digunakan tidak sesuai dengan hasil yang didapat dari pompa. Mengetahui hubungan antara jumlah bilah suatu impeller dan kecepatan putar pompa rumah tangga. Menghasilkan informasi yang bermanfaat berkaitan dengan pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja pompa. Sebagai referensi bacaan dalam penelitian selanjutnya..

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di:

- Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Negeri Surabaya.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah sudu *torque flow impeller* dan putaran motor Terhadap Kinerja Pompa sentrifugal.



Gambar 2. Variasi Sudu Torque Flow Impeller

Tabel 1. Variasi Jumlah Sudu dan Putaran Motor pada Pompa Sentrifugal.

No. Sampel	Jumlah sudu impeller	Putaran motor (rpm)	Jenis Fluida
1	3	1300	Air
2	4	1300	
3	5	1300	
4	6	1300	
5	3	2000	
6	4	2000	
7	5	2000	
8	6	2000	
9	3	2700	
10	4	2700	
11	5	2700	
12	6	2700	

- Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan *input*, tekanan *output*, , debit air *output*, Efisiensi pompa..
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jenis fluida yaitu air.

Instrumen dan Alat Penelitian

- Pompa sentrifugal Motor : digunakan untuk menggerakkan pompa
- Pipa:
 - Diameter pipa discharge : 0.01905 m
 - Diameter pipa suction : 0.01905 m
 - Panjang pipa discharge : 1 m
 - Panjang pipa suction : 1 m
- Globe valve.
- Manometer (pressure gauge)
- Bak penampung air.
- V-Notch.
- Tachometer.
- Mistar ukur
- Puley.
- Clamp meter.

Skema Perancangan Pompa Sentrifugal



Gambar 3. Skema Perancangan Pompa

Keterangan:

1. Bak penampung
2. Pompa
3. Motor Listrik
4. V-notch weir 30°
5. *Ball Valve*
6. *Pressure gauge*
7. Kabel dan colokan untuk mengukur tegangan dan arus.
8. Puley dan van belt

Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data. Prosedur penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data guna mengetahui kinerja pompa sentrifugal dengan variasi jumlah sudu impeller ini adalah sebagai berikut:

- Persiapan awal.
 - Menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan instrument.
 - Membuat Instrumen penelitian.
 - Membuat Impeller dengan jumlah sudu 3, 4, 5, dan 6.
 - Pembuatan tabung V-notch.
 - Melakukan pengukuran torsi motor listrik yang digunakan.
 - Memasang pompa dan motor listrik dan rangkaiannya pada instrument penelitian.
 - Memasang alat ukur (pressure gage, penggaris, ampere meter, dan volt meter) dalam rangkaian.
 - Menyiapkan lembar pengukuran pengambilan data.
 - Melakukan pengecekan kebocoran instalasi.
- Proses pengambilan data
 - Memasang impeller dengan jumlah sudu 3 kedalam rumah pompa.
 - Menyalakan motor listrik yang digunakan penggerak pompa sentrifugal.
 - Mengatur putaran dengan mengatur puley pada putaran 1300 rpm .
 - Membuka posisi globe valve dari posisi 0° sampai dengan 90° dan mengamati nilai tekanan discharge, tekanan suction, volt meter, ampere meter, dan tinggi V-notch weir.
 - Mencatat data yang ditunjukkan pada alat ukur kedalam tabel.
 - Merubah putaran motor listrik menjadi 2000 rpm dan mengulangi langkah d dan e.
 - Mengganti impeller menjadi 4 dan mengulangi langkah b sampai dengan f untuk mendapatkan data impeller dengan sudu 4. Dan melakukan langkah-langkah diatas untuk mendapatkan data untuk impeller 5 dan 6..

Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika

deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147).

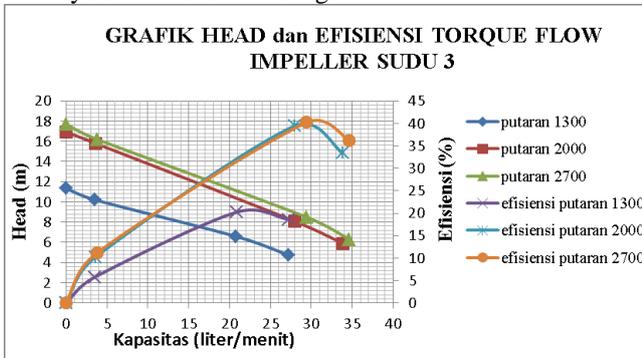
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil:

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Torque Flow Impeller* Pompa Sentrifugal Sudu 3 .

Bukaan Valve	putaran 1300			
	Kapasitas (m ³ /sekon)	Kapasitas (liter/menit)	Head (m)	Efisiensi (%)
0	0,00045	27,203	4.751	18.623
30	0,00035	20,817	6.581	20.218
60	0,00006	3,465	10.230	5.730
90	0,00000	0,000	11.348	0.000
putaran 2000				
0	0,00056	33,810	5.916	33.416
30	0,00047	27,934	8.099	39.432
60	0,00006	3,572	15.818	10.211
90	0,00000	0,000	16.935	0.000
putaran 2700				
0	0,00058	34,648	6.297	33.016
30	0,00049	29,438	8.492	40.803
60	0,00006	3,791	16.202	11.184
90	0,00000	0,000	17.680	0.000

Dari hasil perhitungan diatas dibuat grafik yang nantinya akan dianalisis sebagai berikut:



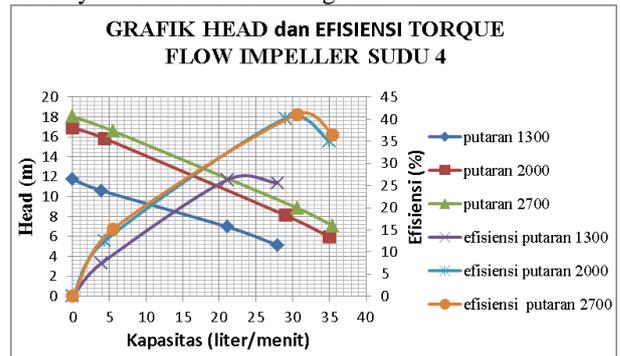
Gambar 3. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* Sudu 3 pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tinggi putaran motor mempengaruhi head, kapasitas dan efisiensi pompa. Hubungan antara putaran motor terhadap head , kapasitas dan efisiensi pompa adalah semakin tinggi putaran maka semakin tinggi pula head, kapasitas dan efisiensi pompa.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Torque Flow Impeller* Pompa Sentrifugal Sudu 4.

Bukaan Valve	putaran 1300			
	Kapasitas (m ³ /sekon)	Kapasitas (liter/menit)	Head (m)	Efisiensi (%)
0	0,00047	27,942	5.131	25.588
30	0,00035	21,123	6.958	26.331
60	0,00007	3,903	10.611	7.418
90	0,00000	0,000	11.720	0.000
putaran 2000				
0	0,00058	35,076	5.928	34.971
30	0,00048	29,055	8.115	40.225
60	0,00007	4,377	15.830	12.511
90	0,00000	0,000	16.935	0.000
putaran 2700				
0	0,00059	35,495	7.058	36.537
30	0,00051	30,595	8.880	41.116
60	0,00009	5,566	16.575	15.202
90	0,00000	0,000	18.053	0.000

Dari hasil perhitungan diatas dibuat grafik yang nantinya akan dianalisis sebagai berikut:



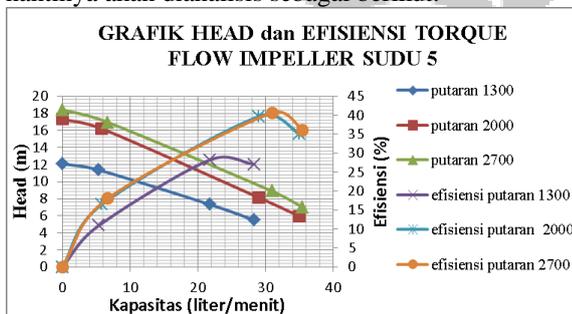
Gambar 4. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* Sudu 4 pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tinggi putaran motor mempengaruhi head, kapasitas dan efisiensi pompa. Hubungan antara putaran motor terhadap head , kapasitas dan efisiensi pompa adalah semakin tinggi putaran maka semakin tinggi pula head, kapasitas dan efisiensi pompa.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Torque Flow Impeller* Pompa Sentrifugal Sudu 5 .

Bukaan Valve	putaran 1300			
	Kapasitas (m ³ /sekon)	Kapasitas (liter/menit)	Head (m)	Efisiensi (%)
0	0,00047	28,307	5.508	27.073
30	0,00036	21,759	7.334	28.210
60	0,00009	5,410	11.360	10.944
90	0,00000	0,000	12.093	0.000
putaran 2000				
0	0,00058	35,067	5.936	35.018
30	0,00048	29,055	8.123	39.704
60	0,00010	5,834	16.202	16.468
90	0,00000	0,000	17.308	0.000
putaran 2700				
0	0,00059	35,495	5.948	30.067
30	0,00052	30,987	8.884	40.642
60	0,00011	6,739	16.951	18.076
90	0,00000	0,000	18.429	0.000

Dari hasil perhitungan diatas dibuat grafik yang nantinya akan dianalisis sebagai berikut:



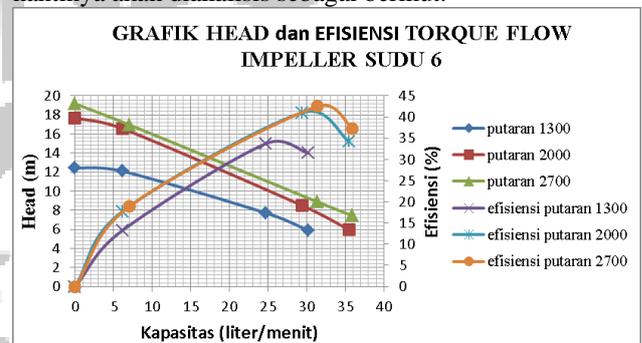
Gambar 5. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* Sudu 5 pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tinggi putaran motor mempengaruhi head, kapasitas dan efisiensi pompa. Hubungan antara putaran motor terhadap head , kapasitas dan efisiensi pompa adalah semakin tinggi putaran maka semakin tinggi pula head, kapasitas dan efisiensi pompa.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Torque Flow Impeller* Pompa Sentrifugal Sudu 6.

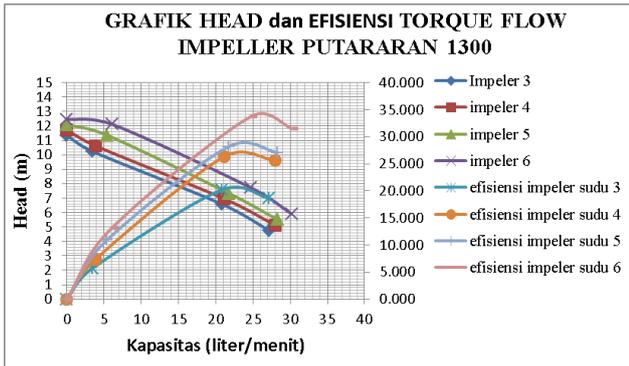
Bukaan Valve	putaran 1300			
	Kapasitas (m ³ /sekon)	Kapasitas (liter/menit)	Head (m)	Efisiensi (%)
0	0,00050	30,204	5.900	31.516
30	0,00041	24,726	7.719	33.752
60	0,00010	6,127	12.105	13.256
90	0,00000	0,000	12.465	0.000
putaran 2000				
0	0,00059	35,495	5.956	34.250
30	0,00049	29,438	8.496	41.066
60	0,00010	6,127	16.575	17.757
90	0,00000	0,000	17.680	0.000
putaran 2700				
0	0,00060	35,923	7.446	37.215
30	0,00052	31,379	8.888	42.053
60	0,00012	7,058	16.959	18.941
90	0,00000	0,000	19.178	0.000

Dari hasil perhitungan diatas dibuat grafik yang nantinya akan dianalisis sebagai berikut:



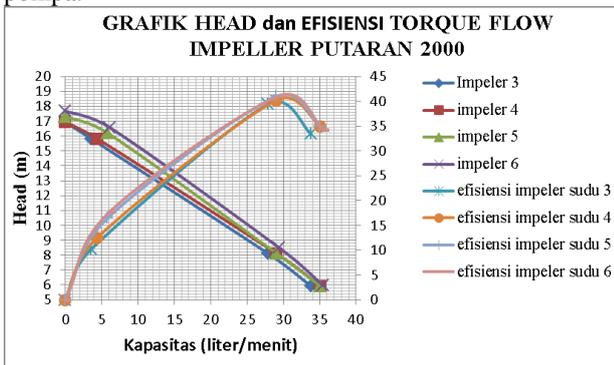
Gambar 6. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* Sudu 6 pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tinggi putaran motor mempengaruhi head, kapasitas dan efisiensi pompa. Hubungan antara putaran motor terhadap head , kapasitas dan efisiensi pompa adalah semakin tinggi putaran maka semakin tinggi pula head, kapasitas dan efisiensi pompa.



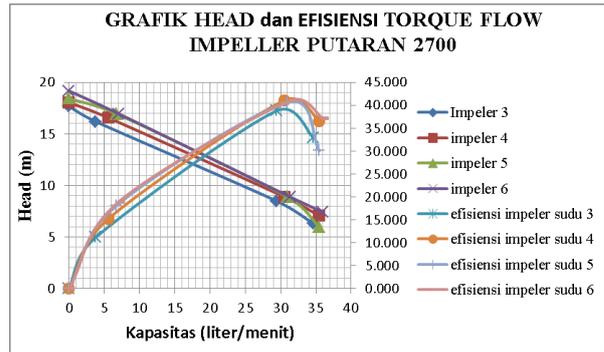
Gambar 7. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* pada Putaran 1300 rpm pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Sudu.

Dari grafik diatas dapat dilihat pada putaran yang sama dengan memvariasikan jumlah sudu *torque flow impeller* dari jumlah sudu 3, 4, 5, dan 6. Nilai *head* dan kapasitas dari pompa sentrifugal terus mengalami kenaikan. kenaikan *head* dan kapasitas ini dipengaruhi oleh semakin banyak sudu pada *impeller* maka semakin besar pula fluida yang dipindahkan dari sisi inlet ke sisi *discharge*. Dengan meningkatnya jumlah fluida yang dipompakan maka semakin meningkat pula tekanan dan kapasitas air yang dipompakan. Sehingga mengakibatkan semakin banyak sudu semakin besar pula nilai *head* dan kapasitas pompa.



Gambar 8. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* pada Putaran 2700 rpm pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Sudu.

Dari grafik diatas dapat dilihat pada putaran yang sama dengan memvariasikan jumlah sudu *torque flow impeller* dari jumlah sudu 3, 4, 5, dan 6. Nilai *head* dan kapasitas dari pompa sentrifugal terus mengalami kenaikan. kenaikan *head* dan kapasitas ini dipengaruhi oleh semakin banyak sudu pada *impeller* maka semakin besar pula fluida yang dipindahkan dari sisi inlet ke sisi *discharge*. Dengan meningkatnya jumlah fluida yang dipompakan maka semakin meningkat pula tekanan dan kapasitas air yang dipompakan. Sehingga mengakibatkan semakin banyak sudu semakin besar pula nilai *head* dan kapasitas pompa.



Gambar 9. Grafik H-Q dan Efisiensi *Torque Flow Impeller* pada Putaran 2000 rpm pada Pompa Sentrifugal dengan Berbagai Variasi Sudu.

Dari grafik diatas dapat dilihat pada putaran yang sama dengan memvariasikan jumlah sudu *torque flow impeller* dari jumlah sudu 3, 4, 5, dan 6. Nilai *head* dan kapasitas dari pompa sentrifugal terus mengalami kenaikan. kenaikan *head* dan kapasitas ini dipengaruhi oleh semakin banyak sudu pada *impeller* maka semakin besar pula fluida yang dipindahkan dari sisi inlet ke sisi *discharge*. Dengan meningkatnya jumlah fluida yang dipompakan maka semakin meningkat pula tekanan dan kapasitas air yang dipompakan. Sehingga mengakibatkan semakin banyak sudu semakin besar pula nilai *head* dan kapasitas pompa.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh jumlah sudu *torque flow impeller* terhadap kinerja pompa sentrifugal, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin banyak jumlah sudu *impeller* sebanding dengan meningkatnya *head*, kapasitas air yang dipompakan dan efisiensi pompa. begitu juga dengan pengaruh putaran terhadap kinerja pompa, sebanding pula dengan *head*, kapasitas dan efisiensi pompa.
- Dari penelitian yang peneliti lakukan didapatkan nilai *head* tertinggi dari desain *impeller* berupa *torque flow impeller* adalah 19.178 meter dengan jumlah sudu 6. Dan kapasitas tertinggi didapatkan pada *impeller* dengan jumlah sudu 6 dengan nilai kapasitas yaitu 35.923 liter permenit. Sedangkan efisiensi tertinggi didapatkan pada desain jumlah sudu 6 dengan nilai 42.053 % pada putaran 2700 rpm.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh jumlah sudu *torque flow impeller* terhadap kinerja *impeller*, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Sebaiknya untuk penelitin selanjutnya komponen rumah keong pada pompa sentrifugal

menggunakan bahan yang transparan sehingga dapat terlihat laju aliran dari fluida yang dipompakan.

- Sebisa mungkin ruangan kosong dalam pompa sentrifugal dikurangi sekecil mungkin.
- Sebaiknya untuk pengaturan putaran digunakan inverter yang lebih presisi dan tidak mengurangi daya motor.
- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa memodifikasi lebar sudu impeller, panjang sirip impeller dan diameter impeller untuk meningkatkan head, kapasitas dan efisiensi pompa.
- Jumlah sudu maksimal hingga mencapai titik maksimal perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui jumlah sudu paling efisien untuk jenis impeller torque

Solso, R. L MacLin, M. K, O. H. (2005). *Cognitive Psychology*. New York. Pearson

Sugiyono, Dr. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Alfabeta

Sularso, Ir and Tahara Haruo, 1987, "*Pompa dan Kompresor*", Jakarta: Pradnya Paramitha.

Thoharudin, arif setyo nugroho, stefanus unjanto. 2014. "*Optimisasi tinggi tekan dan efisiensi pompa sentrifugal dengan perubahan jumlah sudu impeller dan sudut sudu keluar impeller menggunakan simulasi computational fluid dynamic*". Prosiding Seminar nasional aplikasi sains dan teknologi (SNAST). ISSN:1979-911X

DAFTAR PUSTAKA

Bacharoudis, E.C., Filios, A.E., Mentzos, M.D. & Margaris, D.P., 2008. *Parametric Study of a Centrifugal Pump Impeller by Varying the Outlet*. The Open Mechanical Engineering Journal, pp.75-83.

Danim, S. 2002. *Menjadi Peneliti Kualitatif*. Bandung: Pustaka Setia.

Jafarzadeh, B., Hajari, A., Alishahi, M.M. & Akbari, M.H., 2011. *The Flow Simulation of A Low-Specific-Speed High-Speed Centrifugal Pump*. Applied Mathematical Modelling, pp.242-49.

Julian alfajar, 2008. *Pengaruh putaran motor dan variasi bukaan katup terhadap kapasitas aliran air dam pipa 1,5"*. Jurnal UNIMUS. Vol 7 (1).

Kennie A.Lempoy. 2010. *Desain Bentuk Sudut-sudut Arah Radial Pada Pompa Sentrifugal*. Jurnal TEKNO. Vol 08 No.53.

Manohar Gaurav, M. AND Vadaliya, A. 2014. *Parametric Study of Centrifugal Pump Impeller- A Review*. International Journal of Advance Research and Technology. Vol 02, pp.1-4.

Shen, John. 1981. *Discharge characteristics of triangular-notch thin-plate weirs*. Washington D.C : United states department of the interior.

Singh, R.R. & Nataraj, 2012. *Parametric Study and Optimization of Centrifugal Pump Impeller by The Design Parameter Using Computational Fluid Dynamics: Part I*. Journal of Mechanical and Production Engineering, pp.87-97.

Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*. Surabaya: Unesa University Press.

Soenoko R., 2002. *Sistem Perancangan Mesin Konversi Energi dan Mesin-Mesin Turbo*, Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana UNIBRAW, Malang.