

## KARAKTERISTIK BILAH BANYAK TIPE *TORQUE FLOW IMPELLER*

Oktavian Pratama

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [oktavianpratama@mhs.unesa.ac.id](mailto:oktavianpratama@mhs.unesa.ac.id)

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [indrasiregar@unesa.ac.id](mailto:indrasiregar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Fluida merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut segala jenis zat yang dapat mengalir. Pompa sentrifugal digunakan sebagai peralatan untuk memindahkan fluida cair pada berbagai macam aplikasi industri dan rumah tangga. Parameter yang paling menentukan dari kinerja pompa sentrifugal adalah kapasitas debit keluaran air, kemudian sudut keluar dari sudu *impeller*, banyaknya sudu *impeller*, dan laju kecepatan aliran fluida. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen pembuatan instalasi pompa sentrifugal dengan menggunakan jenis bilah *torque flow impeller* dengan menambahkan variasi putaran, variasi suhu dan variasi jumlah bilah terhadap kinerja pompa sentrifugal yang di gunakan di penelitian ini adalah sudu 7, 8 dan 9 dan putaran motor 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm dan suhu 30°C, 45°C dan 60°C. Pada pengujian Efisiensi, nilai head mengalami perubahan pada penambahan jumlah bilah, peningkatan suhu, dan penambahan kecepatan putaran. Sedangkan nilai kebisingan mengalami peningkatan pada peningkatan kecepatan putaran. Nilai NPSHa tertinggi didapatkan pada titik bukaan valve suction 90° (terbuka penuh) bilah torque bilah 7 kecepatan putaran 1500rpm dengan suhu fluida 30°C dengan nilai 9,46 m. Nilai NPSHa terendah didapatkan pada pengujian bilah torque flow 8 kecepatan putaran 2500rpm, suhu fluida 60°C dengan nilai 1,74. Nilai efisiensi tertinggi pada bilah 8 kecepatan 2500rpm yaitu 51,85% dengan kapasitas 51m suhu fluida 30°C. Nilai efisiensi terenda pada bilah 7 kecepatan 1500rpm yaitu 20% dengan kapasitas 28m suhu fluida 30°C. Nilai kebisingan tertinggi pada bilah 9 yaitu 85 db pada kecepatan 2500 Rpm dan nilai terenda pada bilah 7 yaitu 66,5 db pada kecepatan 1500 rpm.

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

### Abstract

*Fluid is a term used to refer to all types of substances that can flow. Centrifugal pumps are used as equipment to move liquid fluids to a variety of industrial and household applications. The most decisive parameter of the performance of a centrifugal pump is the output discharge capacity of the water, then the exit angle of the impeller blade, the number of impeller blades, and the velocity of fluid flow. This type of research is an experimental study of making a centrifugal pump installation using a type of torque flow impeller by adding rotation variations, temperature variations and variations in the number of blades to the performance of centrifugal pumps used in this study are blades 7, 8 and 9 and motor cycle 1500 rpm , 2000rpm, 2500 rpm and temperatures of 30 oC, 45 oC and 60 oC. In Efficiency testing, the head value changes in the addition of the number of blades, increase in temperature, and increase the speed of rotation. While the noise value has increased in increasing the rotation speed. The highest NPSHa value was obtained at the point of the suction valve opening 90o (full open) torque blades 7 rotation speed 1500 Rpm with fluid temperature 30 °C with a value of 9.46 m. The lowest NPSHa value was obtained from testing the torque flow blade 8 rotation speed 2500 Rpm, fluid temperature 60 °C with a value of 1.74. The highest efficiency value on the 8 speed blade is 2500 Rpm which is 51.85% with a capacity of 51m fluid temperature of 30 oC. The highest efficiency value on the 7 blade is 1500 Rpm speed which is 20% with 28m capacity 30 oC fluid temperature. The highest noise value in bar 9 is 85 db at a speed of 2500 Rpm and the finest value is in blade 7 which is 66.5 db at a speed of 1500 Rpm.*

**Keywords:** Centrifugal pump, design of the number of torque flow impellers, senrifugal pump performance, NPSH.

## PENDAHULUAN

Fluida merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut segala jenis zat yang dapat mengalir. Baik itu dalam bentuk cairan ataupun gas, selama zat tersebut dapat mengalir maka akan disebut fluida, fluida memiliki sifat, yaitu dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain. Fluida merupakan suatu zat yang keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia terutama dalam bentuk air. Manusia dapat hidup dan berkembang dan mendapatkan kesejahteraan hidupnya, karena banyak hal yang bisa dipelajari dari fluida yang diaplikasikan kedalam kehidupan sangat bermanfaat.

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 horisontal, sementara penggerakannya menggunakan tenaga hewan dengan mekanisme gerak yang terdiri dari dua roda gigi. Saat ini desain dan mekanisme pompa telah berkembang.

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari posisi potensial rendah ke posisi potensial tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa maka akan terjadi krisis energi. Beberapa tempat di Indonesia sudah mengalami krisis energi yang parah, sehingga pemadaman listrik sering terjadi khususnya di luar pulau Jawa.

Pompa sentrifugal merupakan peralatan dengan komponen yang paling sederhana pada pembangkit. Tujuannya adalah mengubah energi penggerak utama (motor listrik atau turbin) menjadi kecepatan atau energi kinetik dan kemudian energi tekan pada fluida yang sedang dipompakan. Perubahan energi terjadi karena dua bagian utama pompa, impeller dan volute atau difuser. Impeller adalah bagian berputar yang mengubah energi dari penggerak menjadi energi kinetik. Volute atau difuser adalah bagian tak bergerak yang mengubah energi kinetik menjadi energi tekan.

Manohar Gourav and Vadaliya, (2014) Penelitian tentang parameter yang paling menentukan dari kinerja pompa sentrifugal adalah kapasitas debit keluaran air, kemudian sudut keluar dari sudu impeller, banyaknya sudu impeller, dan laju kecepatan aliran fluida. Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa sentrifugal. Parameter tersebut

akan mempengaruhi efisiensi pompa desain pengerjaan pompa dan debit aliran yang konstan.

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.

Pengaruh sudut  $\beta_2$  terhadap head dan efisiensi pompa sentrifugal diteliti oleh (Bacharoudis et al., 2008). Penelitian tersebut melibatkan tiga impeller dengan sudut  $\beta_2 = 20^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $50^\circ$ . Dari ketiga variasi sudut tersebut, pompa sentrifugal dengan sudut  $\beta_2 = 50^\circ$  memiliki head paling tinggi sementara efisiensi terbesar diperoleh pada  $\beta_2 = 20^\circ$ .

Kennie (2010) meneliti tentang desain bentuk impeller sudut-sudut arah radial pada pompa sentrifugal dengan sudut  $\beta_2$  kurang dari  $90^\circ$  sama dengan  $90^\circ$  dan lebih dari  $90^\circ$ . 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 relatif fluida terhadap impeller.

Dalam penelitian Wahkidur (2015) meneliti tentang pengaruh jumlah sudu *torque flow impeller* terhadap kinerja pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa 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 dan kapasitasnya.

Dalam penelitian Cahyono (2016) penelitian mengenai jumlah bilah *torque flow impeller* terhadap NPSHa, maka dapat disimpulkan penambahan jumlah bilah *torque flow impeller*, kecepatan putaran dan peningkatan suhu fluida mengakibatkan penurunan pada nilai NPSHa.

Sudah banyak penelitian yang mengangkat tentang kinerja dan efisiensi pompa sentrifugal, namun belum lengkap apabila tidak diketahui secara detail terjadi atau tidaknya kavitasi terhadap setiap penelitian tersebut dengan mengetahui efisiensi, head, NPSH dan kebisingan pada pompa. Dari setiap penelitian kinerja dan efisiensi pompa, sebagian besar ditujukan pada desain impeller, melihat pentingnya mengetahui pengaruh desain impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap desain impeller yang memiliki efisiensi dan head tertinggi serta nilai NPSH dan tingkat kebisingan sehingga penulis mengangkat judul penelitian "Karakteristik Bilah Banyak Tipe Torque Flow Impeller".

**Rumusan Masalah**

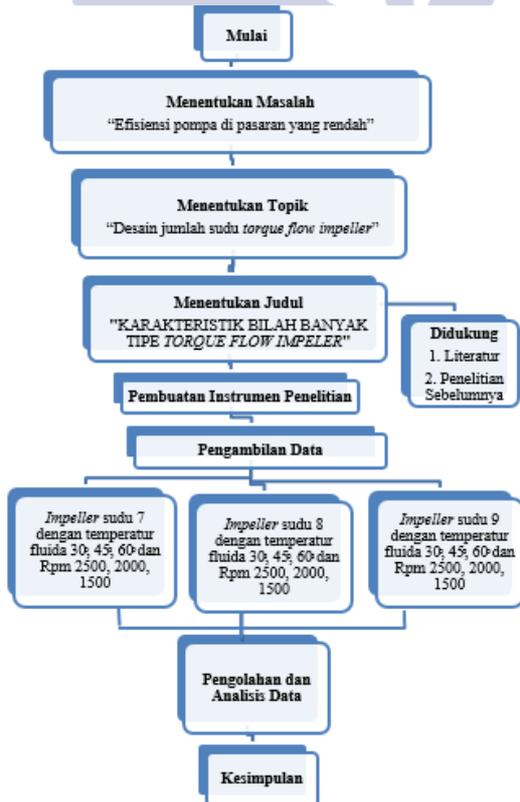
Berdasarkan identifikasi masalah diatas maka penulis merumuskan permasalahan yang berkaitan dengan pompa sentrifugal yaitu:

- Bagaimanakah pengaruh putaran dan jumlah sudu torque flow impeller terhadap NPSH, efisiensi dan head pompa sentrifugal?
- Berapakah head pompa dan efisiensi kinerja pompa sentrifugal yang tertinggi setelah dirubah putaran, suhu fluida dan jumlah sudu impellernya?
- Berapakah NPSH pompa dan tingkat kebisingan pompa sentrifugal yang tertinggi setelah dirubah putaran, suhu fluida dan jumlah sudu impellernya?

**Tujuan Penelitian**

- Mengetahui pengaruh variasi putaran dan jumlah sudu pada torque flow impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal.
- Mengetahui pengaruh variasi suhu dan jumlah sudu pada torque flow impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal.
- Mengetahui besarnya tingkat kebisingan tertinggi pompa sentrifugal dengan variasi putaran dan jumlah sudu torque flow impeller.

**METODE**



Gambar 1. Flow chart penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan pompa sentrifugal dengan desain *torque flow impeller*.

**Variabel Penelitian**

- ❖ Variabel bebas (Independent Variable)
 

Variabel bebas dalam penelitian karakteristik bilah banyak tipe torque flow impeller terhadap power, efisiensi, head, NPSH, dan kebisingan dengan variasi jumlah bilah *torque flow impeller* yaitu bilah 6, bilah 7 dan bilah 8. Variasi kecepatan putaran yaitu 1500 Rpm, 2000 Rpm dan 2500 Rpm. Variasi perubahan suhu 30°C, 45°C dan 60°C.
- ❖ Variabel Terikat (Dependent Variable)
 

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan input, tekanan output, debit air output, Efisiensi pompa, head pompa dan NPSH.
- ❖ Variabel Kontrol (Control Variable)
 

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis fluida yaitu air, bukaan valve suction dan discharge.

**Instrument dan Alat Penelitian**

- Tabung *reservoir*
- Pengukur ketinggian air dalam *reservoir*
- Kran penguras air dalam *reservoir*
- Thermometer*
- Thermocontrol*
- Saklar
- Rumah pompa sentrifugal
- Flow meter*
- Manometer*
- Manometer*
- Valve sisi *suction*
- Valve sisi *discharge*
- Inventer



Gambar 2. Skema Alat Uji Pompa Sentrifugal



Gambar 3. Variasi Jumlah Bilah *Torque Flow Impeller*

**Prosedur Pengambilan Data**

Persiapan awal:

- ❖ Menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan instrument.
- ❖ Membuat instrument penelitian.
- ❖ Melakukan perangkaian instrument sesuai dengan desain rancangan.
- ❖ Menyiapkan lembar pengukuran pengambilan data.
- ❖ Melakukan uji coba instrument guna mengetahui apabila ada problem pada desain dan rancangan yang sudah terpasang.

**Proses Pengambilan Data NPSH dan Head**

- ❖ Memasang *impeller* dengan jumlah sudu 7 kedalam rumah pompa.
- ❖ Mengatur putaran dengan mengatur inventer pada putaran 1500 rpm
- ❖ Memanaskan air pada tabung *reservoir* sampai 30°C.
- ❖ Katup pada sisi *discharge* dibuka penuh.
- ❖ Pompa dinyalakan hingga putaran normal.
- ❖ Mengamati dan mencatat besar nilai tekanan pada tekanan *suction*, tekanan *discharge*, manometer, dan flowmeter.
- ❖ Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 45°C dan mengulangi langkah d sampai e.
- ❖ Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 60°C dan mengulangi langkah d sampai e.
- ❖ Mengganti putaran menjadi 2000 rpm dan mengulangi langkah c sampai h.
- ❖ Mengganti putaran menjadi 2500 rpm dan mengulangi langkah c sampai h.
- ❖ Mengganti *impeller* menjadi 8 dan mengulangi langkah b sampai j.
- ❖ Mengganti *impeller* menjadi 9 dan mengulangi langkah b sampai j.

**Pengambilan data efisiensi dan head**

- ❖ Memasang *impeller* dengan jumlah sudu 7 kedalam rumah pompa.
- ❖ Menyalakan motor listrik yang digunakan penggerak pompa sentrifugal.
- ❖ Mengatur putaran dengan mengatur inventer pada putaran 1500 rpm.
- ❖ Membuka posisi *globe valve* dari posisi 0° sampai dengan 90° dan mengamati nilai tekanan *discharge*, tekanan *suction*.
- ❖ Mencatat data yang di tunjukkan pada alat ukur ke dalam tabel.

- ❖ Mengubah putaran motor listrik menjadi 2000 rpm dan mengulangi langkah d dan e.
- ❖ Mengubah putaran motor listrik menjadi 2500 rpm dan mengulangi langkah d dan e.
- ❖ Mengganti *impeller* menjadi 8 dan mengulangi langkah b sampai dengan f untuk mendapatkan data *impeller* dengan sudu 8. Dan melakukan langkah-langkah diatas untuk mendapatkan data untuk *impeller* 9.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

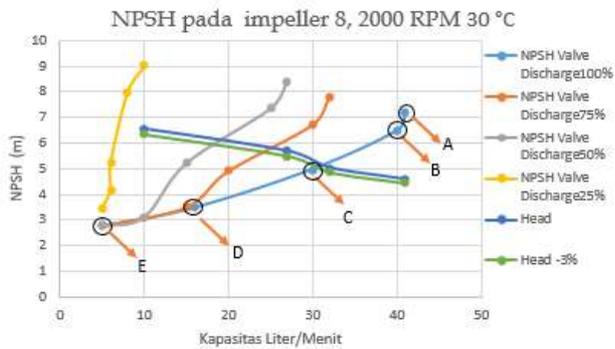
Hasil penelitian data “Studi Experimental Turbin Angin Savonius Satu Tingkat Dengan Penambahan *Fix Drag Reducing* Pada *Returning Blade* (Studi Kasus Pada Dua Sudu)” dengan variasi bukaan *fix drag reducing* 10°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° yang di peroleh dari pengujian di gedung A8 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya mendapatkan hasil yang di sajikan pada tabel berikut ini.

**Tabel 1.** NPSH pompa *impeller* 8, 2000 rpm, 30 °C

valve discharge	valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
100%	90	-33863,8	41	7,19
	80	-40636,56	40	6,48
	60	-54182,08	30	4,98
	40	-67727,6	16	3,48
	20	-74500,36	5	2,74
75%	90	-27091,04	32	7,77
	80	-37250,18	30	6,71
	60	-54182,08	20	4,89
	40	-67727,6	15	3,47
	20	-74500,36	5	2,74
50%	90	-20318,28	27	8,41
	80	-30477,42	25	7,35
	60	-50795,7	15	5,20
	40	-71113,98	10	3,10
	20	-74500,36	5	2,74
25%	90	-13545,52	10	9,01
	80	-23704,66	8	7,94
	60	-50795,7	6	5,17
	40	-60954,84	6	4,13
	20	-67727,6	5	3,44

**Tabel 2.** Head pompa pada impeller 8, 1500 rpm, 30 °C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaerge (Pa)	Q	Head	Head - 3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,57	4,44
75%	-27091,04	48263,37	34	5,35	5,19
50%	-54182,08	62052,9	24	5,99	5,81
25%	-67727,6	72395,05	7	6,42	6,22



**Gambar 4.** Grafik Q-H impeller 9, Kecepatan 2000 rpm, Suhu 30°C

Dari gambar 4. dapat dilihat Dari kurva pengujian NPSH diatas dapat kita amati bahwa grafik head menurun dan kapasitas meningkat yang selanjutnya dihitung penurunan kurva head 3% sebagai acuan gejala kavitasi. Selanjutnya kita amati penurunan nilai NPSHa pada 4 titik dan memotong garis kurva head 3% pada gambar 4.1. Peristiwa kavitasi dapat kita lihat pada nilai head bukaan valve discharge 25% yang bernilai 6,42 m. selanjutnya kita amati nilai NPSHa pada bukaan valve suction 90, ditunjukkan 5 titik nilai mulai dari titik yang tertinggi ke yang terendah yaitu 7,19m, 6,48m, 4,98m, 3,48m dan 2,74. Dari data tersebut diketahui titik yang berada dibawah nilai head 3% adalah titik pada 6,22m. Untuk memperjelas gambaran terjadinya kavitasi, mari kita perhatikan gambar aliran fluida pada sisi masuk pompa sebagai berikut:



**Gambar 5.** Aliran fluida pada titik A di Kurva Q-H impeller bilah 8 kecepatan 2000 Rpm suhu 30°C



**Gambar 6.** Aliran fluida pada titik B di Kurva Q-H impeller bilah 8 kecepatan 2000 Rpm suhu 30°C



**Gambar 7.** Aliran fluida pada titik C di Kurva Q-H impeller bilah 8 kecepatan 2000 Rpm suhu 30°C



**Gambar 8.** Aliran fluida pada titik D di Kurva Q-H impeller bilah 8 kecepatan 2000 Rpm suhu 30°C



**Gambar 9.** Aliran fluida pada titik E di Kurva Q-H impeller bilah 8 kecepatan 2000 Rpm suhu 30°C

**Perubahan Jumlah Bilah Terhadap Nilai NPSH**

**Tabel 3.** NPSH pada impeller 7 bilah, 2000 rpm dan 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-27091,04	39	7,86
80	-33863,8	34	7,10
60	-47409,32	30	5,67
40	-60954,84	19	4,19
20	-67727,6	4	3,43

**Tabel 4.** Head pada impeller 7 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-10159,14	13789,53	39	4,16	4,03
75%	-10159,14	34473,83	21	4,59	4,45
50%	-6772,76	37921,22	11	5,18	5,02
25%	-6772,76	44815,98	5	5,99	5,81

**Tabel 5.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-33863,8	41	7,19
80	-40636,56	40	6,48
60	-54182,08	30	4,98
40	-67727,6	16	3,48
20	-74500,36	5	2,74

**Tabel 6.** Head pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

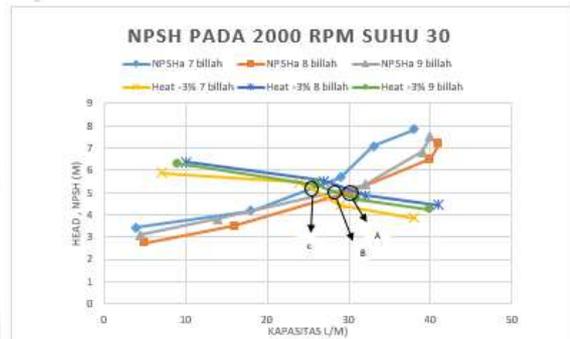
valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,57	4,44
75%	-27091,04	48263,37	34	5,35	5,19
50%	-54182,08	62052,9	24	5,99	5,81
25%	-67727,6	72395,05	7	6,42	6,22

**Tabel 7.** NPSH pada impeller 9 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-30477,42	40	7,52
80	-37250,18	39	6,82
60	-50795,7	32	5,34
40	-64341,22	14	3,81
20	-71113,98	4,5	3,09

**Tabel 8.** Head pada impeller 9 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-30477,42	31026,45	40	4,36	4,23
75%	-20318,28	41368,6	33	5,17	3,02
50%	-13545,52	62052,9	17	5,96	5,78
25%	-6772,76	68947,67	6	6,72	6,52



**Gambar 10.** Grafik variasi jumlah bilah terhadap perbedaan nilai NPSH

Pada gambar 10. di atas dapat dilihat pada daerah yang ditunjuk huruf A merupakan awal terjadinya kavitasi pada impeller 8 bilah sedangkan daerah yang ditunjuk tanda B adalah awal terjadinya kavitasi pada impeller 8 bilah dan daerah yang ditunjuk tanda C adalah awal terjadinya kavitasi pada impeller 7 bilah.

**Variasi Kecepatan Terhadap Nilai NPSH**

**Tabel 9.** NPSH pada impeller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-13545,52	31	9,15
80	-13545,52	29	9,13
60	-20318,28	23	8,38
40	-37250,18	11	6,57
20	-44022,94	4	5,56

**Tabel 10.** Head pada impeller 8 bilah, 1500 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaage (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-13545,52	20684,3	31	3,42	3,32
75%	-13545,52	34473,8	25	3,99	3,87
50%	-10159,14	51710,75	14	5,02	4,86
25%	-6772,76	58605,52	6	5,64	5,47

## Karakteristik Bilah Banyak Tipe *Torque Flow Impeller*

**Tabel 11.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH	Kebisingan (db)
90	-33863,8	41	7,19	75
80	-40636,56	40	6,48	75
60	-54182,08	30	4,98	73,9
40	-67727,6	16	3,48	73,8
20	-74500,36	5	2,74	73,4

**Tabel 12.** Head pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

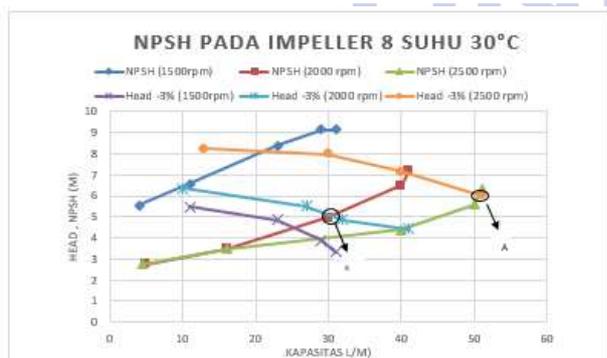
valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaeege (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,57	4,44
75%	-27091,04	48263,37	32	5,02	4,87
50%	-54182,08	62052,9	27	5,67	5,50
25%	-67727,6	72395,05	10	6,54	6,35

**Tabel 13.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2500 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-47409,32	51	6,31
80	-54182,08	50	5,60
60	-64341,22	40	4,40
40	-71113,98	16	3,48
20	-77886,74	4,5	2,74

**Tabel 14.** Head pada impeller 8 bilah, 2500 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaeege (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-44022,94	37921,22	51	6,21	6,03
75%	-25397,85	55158,13	40	7,36	7,13
50%	-23704,66	79289,82	30	7,88	7,64
25%	-16931,9	93079,35	13	8,14	7,89



**Gambar 11.** Grafik variasi kecepatan terhadap NPSH

Pada gambar 11 di atas dapat dilihat pada daerah yang di tunjukan huruf A merupakan awal terjadinya kavitasi pada kecepatan 2500 rpm, daerah yang ditunjuk tanda B adalah awal terjadinya kavitasi pada kecepatan 2000 rpm.

### Variasi Temperatur Fluida Terhadap Nilai NPSH

**Tabel 15.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH	Kebisingan (db)
90	-33863,8	41	7,19	75
80	-40636,56	40	6,48	75
60	-54182,08	30	4,98	73,9
40	-67727,6	16	3,48	73,8
20	-74500,36	5	2,74	73,4

**Tabel 16.** Head pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 30°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaeege (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,57	4,44
75%	-27091,04	48263,37	32	5,02	4,87
50%	-54182,08	62052,9	27	5,67	5,50
25%	-67727,6	72395,05	10	6,54	6,35

**Tabel 17.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 45°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-33863,8	41	6,03
80	-40636,56	40	5,31
60	-54182,08	30	3,79
40	-67727,6	16	2,28
20	-74500,36	5	1,54

**Tabel 18.** Head pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 45°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaeege (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,58	4,44
75%	-27091,04	48263,37	32	5,04	4,89
50%	-54182,08	55158,13	27	5,71	5,54
25%	-67727,6	72395,05	10	6,61	6,41

**Tabel 19.** NPSH pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 60°C

valve suction	tekanan suction Pa	Q	NPSH
90	-33863,8	41	5,73
80	-40636,56	40	5,01
60	-54182,08	30	3,48
40	-67727,6	16	1,96
20	-76194	5	1,04

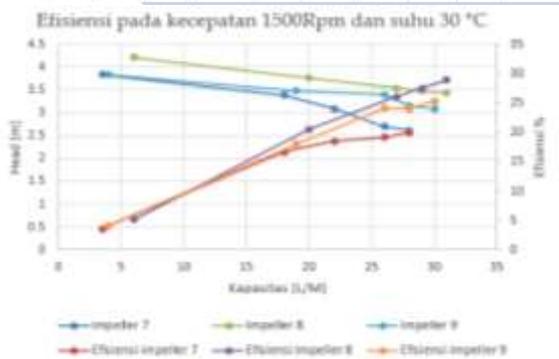
**Tabel 20.** Head pada impeller 8 bilah, 2000 rpm, 60°C

valve discharge	tekanan suction Pa	tekanan dischaeege (Pa)	Q	Head	Head -3%
100%	-33863,8	34473,83	41	4,22	4,09
75%	-27091,04	48263,37	32	4,69	4,55
50%	-54182,08	62052,9	27	5,36	5,20
25%	-67727,6	72395,05	10	6,26	6,08

**Variasi Kecepatan Terhadap Nilai Efisiensi**

**Tabel 21** Rekapitulasi perhitungan Efisiensi pompa *impeller* 8 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm 30 °C

Bukaan Valve	Putaran 1500 Impeller 7			Putaran 1500 Impeller 8			Putaran 1500 Impeller 9		
	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)
90°	28	2,62	20,00	31	3,43	28,95	30	3,09	25,29
80°	26	2,70	19,14	29	3,48	27,48	28	3,15	24,06
60°	22	3,09	18,32	27	3,54	26,01	26	3,40	24,14
40°	18	3,39	16,65	20	3,76	20,50	19	3,48	18,04
20°	3,5	3,83	3,65	6	4,21	5,16	4	3,84	4,19



**Gambar 12** grafik H-Q dan efisiensi *torque flow impeller* putaran 1500 dengan berbagai variasi sudu

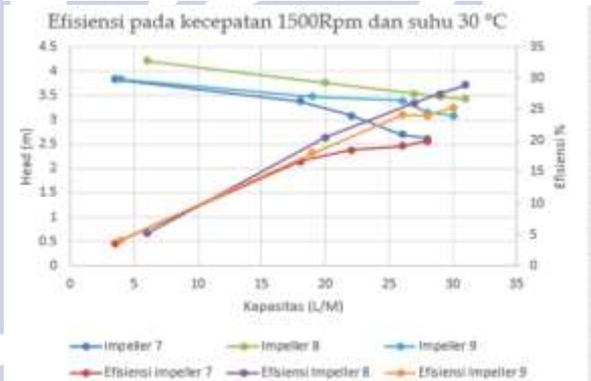
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah sudu *impeller head* dan kapasitas pompa semakin tinggi begitu juga dengan efisiensi pompa. Hal itu dikarenakan semakin tinggi kapasitas dan *head* pompa maka semakin tinggi daya yang dikeluarkan oleh pompa tersebut.

Pada grafik diatas *head* tertinggi yaitu 4,21 meter dan kapasitas tertinggi yaitu 31 liter permenit. efisiensi tertinggi yaitu 28,95 persen pada *Impeller* 8. Sedangkan *head* terendah yaitu 2,26 meter pada *Impeller* 7 dengan bukaan katub 90° kapasitas terendah yaitu 17 liter permenit dan efisiensi terendah yaitu 20 persen pada *Impeller* 7.

**Variasi Kecepatan Terhadap Nilai Efisiensi**

**Tabel 22** Rekapitulasi perhitungan Efisiensi pompa *impeller* 8 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm 30 °C

Bukaan Valve	Putaran 1500 Impeller 8			Putaran 2000 Impeller 8			Putaran 2500 Impeller 8		
	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)
90°	31	3,43	28,95	41	4,58	38,36	51	6,22	51,82
80°	29	3,48	27,48	39	4,70	37,46	49	6,42	51,13
60°	27	3,54	26,01	31	5,56	35,21	38	7,51	46,65
40°	20	3,76	20,50	23	6,21	29,20	21	7,79	26,73
20°	4,5	4,21	5,16	7	6,41	9,16	9	8,63	12,69



**Gambar 13** grafik H-Q dan efisiensi *torque flow impeller* sudu 8 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran

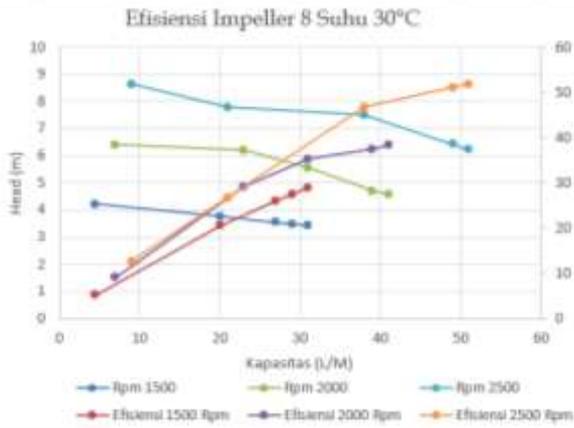
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran motor maka semakin tinggi pula *head* dari pompa sentrifugal tersebut yaitu 6,22 meter. Begitu juga dengan kapasitas pemompaan fluida semakin tinggi putaran motor kapasitas air yang dipompakan semakin tinggi pula. Berbeda dengan nilai efisiensi, kerja pompa pada putaran 2500 rpm merupakan nilai efisiensi tertinggi yaitu sebesar 51,82 persen dari kerja pompa tersebut.

Pada grafik diatas *head* tertinggi yaitu 6,22 meter dan kapasitas tertinggi yaitu 51 liter permenit. efisiensi tertinggi yaitu 51,82 persen. Sedangkan *head* terendah yaitu 3,43 meter pada putaran 1500 dengan bukaan katub 90° kapasitas terendah yaitu 4,5 liter permenit dan efisiensi terendah yaitu 28,95 persen pada putaran 1500rpm.

**Variasi Temperatur Fluida Terhadap Nilai Efisiensi**

**Tabel 23** Rekapitulasi perhitungan Efisiensi pompa *impeller* 8 2500 rpm dengan suhu 30°C, 45°C dan 60°C.

Bukaan Valve	Putaran 1500 <i>Impeller</i> 8			Putaran 2000 <i>Impeller</i> 8			Putaran 2500 <i>Impeller</i> 8		
	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)	Kapasitas (L/M)	Head (m)	Efisiensi (%)
	90°	31	3,43	28,95	41	4,58	38,36	51	6,22
80°	29	3,48	27,48	39	4,70	37,46	49	6,42	51,13
60°	27	3,54	26,01	31	5,56	35,21	38	7,51	46,65
40°	20	3,76	20,50	23	6,21	29,20	21	7,79	26,73
20°	4,5	4,21	5,16	7	6,41	9,16	9	8,63	12,69



**Gambar 14** Grafik grafik H-Q dan efisiensi *torque flow impeller* sudu 8 variasi suhu terhadap Efisiensi

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu terjadi perubahan terhadap efisiensi dan heat pada pompa sentrifugal *impeller* 8. Pada grafik diatas *head* tertinggi yaitu 8,63 meter dan kapasitas tertinggi yaitu 51 liter permenit. Efisiensi tertinggi yaitu 51,82 persen pada suhu 30° C. Sedangkan *head* terendah yaitu 5,85 meter pada bukaan katub 90° kapasitas terendah yaitu 8,5 liter permenit dan efisiensi terendah yaitu 51,75 persen pada putaran suhu 60° C.

**Variasi Jumlah Bilah Terhadap Kecepatan Dan Tingkat Kebisingan**

**Tabel 24** Hasil data tingkat kebisingan *impeller* 7, 8 dan 9

Jumlah sudu	Kecepatan (Rpm)	Kebisingan (db)
7	1500	66,5
	2000	73,2
	2500	78,8
8	1500	68
	2000	74,7
	2500	84,5
9	1500	68,5
	2000	75,2
	2500	85



**Gambar 15** grafik tingkat kebisingan *torque flow impeller* berbagai variasi sudu pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran motor maka semakin tinggi pula kebisingan dari pompa sentrifugal tersebut, kerja pompa pada putaran 2500 rpm merupakan nilai Kebisingan tertinggi yaitu sebesar 85 db pada *impeller* 9 dari kerja pompa tersebut. Sedangkan Kebisingan terendah pada putaran 1500 yaitu sebesar 66,5 db pada *impeller* 7, dapat di simpulkan bahwa semakin banyak jumlah bilah maka semakin tinggi pula kebisingan dari pompa sentrifugal tersebut, bisa di katakan penambahan kecepatan dan jumlah bilah berbanding lurus dengan peningkatan nilai kebisingan pompa sentrifugal tersebut dengan mengetahui tingkat kebisingan dapat mengatisipasi bahaya yang di timbulkan dari kebisingan tersebut dengan standar K3 dapat di liat pada lampiran 5.

**PENUTUP**

**Simpulan**

- Jumlah sudu pada sentrifugal *impeller* berpengaruh pada besarnya NPSH yang tersedia, head, kapasitas pompa dan efisiensi pompa, terbukti pada hasil perhitungan pada NPSH tertinggi posisi *valve discharge* pada bukaan penuh yaitu 9,46 m menggunakan *impeller* 7 bilah pada putaran 1500 rpm dan NPSH terendah 6,31 m menggunakan *impeller* 8 bilah pada putaran 2500 rpm, sedangkan efisiensi tertinggi 51,82 persen pada *impeller* 8 bilah pada putaran 2500 rpm dan efisiensi terendah 20 persen pada *impeller* 7 pada putaran 1500 rpm hal ini dikarenakan tekanan pada sisi *suction* dan kapasitas pemompaan yang mengalami perubahan dengan bertambahnya kecepatan putaran dan banyaknya jumlah bilah pada *centrifugal impeller*.
- Jumlah sudu pada sentrifugal *impeller* berpengaruh pada besarnya NPSH yang tersedia, head, kapasitas pompa dan efisiensi pompa, terbukti pada hasil perhitungan pada NPSH tertinggi posisi *valve discharge* pada bukaan penuh yaitu 9,46 m menggunakan *impeller* 7 bilah pada putaran 1500 rpm pada suhu 30°C dan NPSH terendah 4,38 pada

menggunakan *impeller* 8 bilah pada putaran 2500 rpm suhu 60°C, sedangkan efisiensi tertinggi 51,82 persen pada *impeller* 8 bilah pada putaran 2500 rpm pada suhu 30°C dan efisiensi terendah 20 persen pada *impeller* 7 pada putaran 1500 rpm pada suhu 30°C hal ini dikarenakan tekanan pada sisi *suction* dan kapasitas pemompaan yang mengalami perubahan dengan bertambahnya kecepatan putaran dan banyaknya jumlah bilah pada *centrifugal impeller*. Sedangkan penambahan suhu berpengaruh secara signifikan pada besarnya NPSH pompa dan nilai efisiensi pompa juga mengalami perubahan tapi tidak signifikan.

- Jumlah sudu *impeller* dan kecepatan putar berpengaruh pada besarnya tingkat kebisingan hal itu terbukti dengan kecepatan 1500 rpm *impeller* 7 memiliki tingkat kebisingan 66,5 db sedangkan *impeller* 8 memiliki tingkat kebisingan 68 db dan *impeller* 8 memiliki tingkat kebisingan 68,5 db. Sedangkan kebisingan tertinggi pada *Impeller* 9 kecepatan putaran 2500 rpm dengan nilai 85 db dan tingkat kebisingan terendah pada kecepatan putaran 1500rpm *impeller* 7 dengan nilai 66,5 db.

#### Saran

- Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi instalasi pipa pada pengujian NPSH.
- Memvariasikan jenis fluida yang berbeda terhadap NPSH pompa.
- Sebisa mungkin meningkatkan suhu pada titik didih maksimum untuk mengetahui lebih jauh mengenai hubungan tekanan jenuh fluida pada penelitian selanjutnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aripta, P. 2013. *Hubungan Antara Kebisingan dengan Stress Kerja pada Pekerja Bagian Gravity PT. Dua Kelinci [Skripsi Ilmiah]*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Austin Church H. 1985. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Terjemahan Zulkifli H. Jakarta: Pradnya Paramita
- 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.
- Cahyono, Dwi. 2016. *Pengaruh Jumlah Bilah Torque Flow Impeller Terhadap NPSH Pompa*. Surabaya: Unesa University Press.
- Fox, R. W. and Mc Donald, A. T. 1995. *Introduction to Fluid Mechanics*. New York: John Wiley & Sons.,781 pp.
- Jafarzadeh, B., Hajari, A., Alishahi, M.M. & Akbari, M.H., 2011. *The Flow Simulation of A Low-Specific-Speed High-Speed Centrifugal Pump*.
- Karasik, Igor J., William C. Krutzsc, Warren H. Frase, Joseph Messina. 2001. *Pump Handbook 3th edition*. Amerika Serikat: McGraw-Hillbokk.
- Kennie A. Lempoy. 2010. "Desain Bentuk Sudut-sudut Arah Radial Pada Pompa Sentrifugal". *Jurnal TEKNO*. Vol 08 (53).
- Made Suarda dan Nengah Suarnadwipa .2013. "Perencanaan Dan Pengujian Katup Tekanan Pompa Hydram ("Design And Performance Assesment Of Membran Delivery Valve In Hydram pump" . *Jurnal Mechanical*, Vol 4 (1).
- Manohar Gaurav, M. and Vadaliya, A. 2014. *Parametric Study of Sentrifugal Pump Impeller-A Review*.*International Journal of Advance Research and Technology*. Vol 02:pp .1-4.
- Michael and Khepar. 1986. *Water Well and Pump Engineering, McGraw Hill Office*. New Delhi.
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*. Surabaya:Unesa University Press.
- Sugiyono., 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Jakarta: Penerbit Alfabeta.
- Sularso dan Haruo Tahara. 1991. *Pompa dan Kompresor*, Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Thoharudin, Arif Setyo Nugroho dan Stefanus Unjanto. 2014. "Optimasi tinggi tekan dan efisiensi pompa sentrifugal dengan perubahan jumlah sudu *impeller* dan sudut sudu keluar *impeller* menggunakan simulasi *computational fluiddynamic*".Prosiding Seminar nasional aplikasi sains dan teknologi (SNAST). ISSN:1979-911X.
- Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata I Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wakhidur R, Erik. 2015. "Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Torque Flow Impeller Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal". *JTM*. Vol. 03(03): hal. 145-152