

PENGARUH JUMLAH BILAH *TORQUE FLOW IMPELLER* TERHADAP NPSH POMPA

Dwi Cahyono

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: cho.boz1993@gmail.com

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : indra_adsite2006@yahoo.com

Abstrak

Pompa sentrifugal digunakan sebagai peralatan untuk memindahkan fluida cair pada berbagai macam aplikasi industri dan rumah tangga. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan nilai tekanan pada sisi *suction* pompa dan tekanan pada sisi *discharge* pompa yang mempengaruhi nilai NPSH dan head total pompa. nilai NPSH berpengaruh terhadap terjadinya peristiwa kavitasi atau gelembung udara akibat penurunan tekanan uap sampai turun dibawah tekanan uap jenuhnya, sedangkan nilai head digunakan sebagai pengujian peristiwa kavitasi. Metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis data pada penelitian kali ini adalah multivariate anova (MANOVA) untuk menentukan perbedaan NPSH pada tiap grup variabel penelitian dan deskriptif kualitatif pada sample tertentu untuk menentukan besar perubahan nilai-nilai NPSH pada variabel jumlah bilah, perubahan suhu, dan perubahan kecepatan putaran. Hasil penelitian ini menunjukkan ada perbedaan nilai NPSH pada variasi jumlah bilah, perubahan suhu dan perubahan kecepatan. Perbedaan tersebut dilihat dari hasil pengujian multivariate anova pada uji Box's M dan uji Post Hoc Test yang menunjukkan nilai sig lebih dari 0,05. Pada pengujian NPSH, nilai head mengalami kenaikan pada penambahan jumlah bilah, peningkatan suhu, dan penambahan kecepatan putaran. Sedangkan nilai NPSHa mengalami penurunan pada penambahan jumlah bilah, peningkatan suhu dan penambahan kecepatan putaran. Nilai NPSHa tertinggi didapatkan pada titik bukaan valve *suction* 90 (terbuka penuh) bilah torque sudu 3 kecepatan putaran 1300 Rpm dengan suhu fluida 30°C dengan nilai 9,77m. Nilai NPSHa terendah didapatkan pada pengujian bilah torque flow 6 kecepatan putaran 2700 Rpm, suhu fluida 60°C dengan nilai 3,34m

Kata kunci : Pompa sentrifugal, NPSH, Bilah torque flow, Suhu fluida, Kecepatan putaran.

Abstract

Centrifugal pump is used as a tool to move liquid fluid to any kinds of industrial application and household. This research aimed to know the changes of pressure's value in the side of suction pump and its pressure in the discharged pump which affects the value of NPSH and total head of the pump. NPSH value influenced the emergence of cavitation and air bubble as the result of the decrease of steam pressure to the lowest level of its saturated vapour pressure, while head value is used as a test for cavitation. The research method of this study is analyzing the data of the research through multivariate anova (MANOVA) to determine the distinction of NPSH in each group of research variable and qualitative-descriptive for certain samples in order to decide how big the changes of NPSH values on the variable of the total blades, temperature change, and rotation speed change. The result of this research showed that there was a differentiation of NPSH value on the variation of total blades, temperature change, and speed change. The distinction can be seen through the result of multivariate anova test on Box's M test and Post Hoc Test which revealed that the sig value was more than 0.05. On NPSH test, the head value increased on the addition of total blades, temperature level, and the addition of rotation speed. While the value of NPSHa was getting low on the addition of total blades, temperature level, and rotation speed addition. The highest score of NPSHa was acquired in the suction valve opening point 90 (fully opened) torque bar blade 3 with 1300 Rpm rotation speed with 30°C fluid temperature with score as big as 9.77m. The lowest score of NPSHa was obtained on the examination of 6 flow torque blade 2700 Rpm rotation speed, 60°C fluid temperature with score as big as 3.34m.

Key Words: *Centrifugal Pump, NPSH, Flow torque blade, Fluid temperature, Rotation Speed.*

PENDAHULUAN

Pompa adalah mesin konversi energi yang digunakan untuk memindahkan cairan (*fluida*) dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa bekerja dengan cara mengonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik pada cairan (*fluida*). Tekanan pada bagian sisi hisap pompa (*suction*), memiliki tekanan rendah (lebih rendah dari tekanan atmosfer) dan pada bagian keluaran pompa (*discharge*), memiliki nilai tekanan tinggi. Oleh karena perbedaan tekanan pada sisi hisap (*suction*) dan sisi keluaran (*discharge*) tersebut, sehingga *fluida* mengalir dari suatu tempat ke tempat lain melalui pipa-pipa instalasi.

Pompa sentrifugal mempunyai sifat-sifat teknis yang harus dipenuhi agar dapat beroperasi dengan baik. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada tipe pompa sentrifugal yaitu terjadinya kavitasi. Kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu operasi pompa. Gelembung uap yang terbentuk dalam proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat. Knapp (Karassik dkk, 1976).

Penyebab utama terjadinya kavitasi adalah karena NPSH tersedia lebih kecil daripada NPSH yang dibutuhkan. Sehingga timbul gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompakan. Gelembung-gelembung uap dapat terjadi pada zat cair yang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa instalasi. Banyak penelitian mengenai pompa sentrifugal yang hanya fokus pada kinerja dan efisiensi kerja pompa dengan mengidentifikasi debit keluaran air, sudut keluar dari sudu impeller, banyaknya sudu impeller dan laju kecepatan aliran *fluida*.

Delly. Jenny (Delly. Jenny, 2009) meneliti tentang pengaruh temperatur terhadap terjadinya kavitasi pada pompa sudu pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap besar tekanan uap *fluida* yang menyebabkan angka kavitasi bervariasi akibat perubahan temperatur. Angka kavitasi semakin rendah jika temperatur naik. Hal ini disebabkan oleh kenaikan tekanan uap jenuh *fluida*.

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 90^0 sama dengan 90^0 dan lebih dari 90^0 . Dari penelitian itu disimpulkan desain bentuk sudut impeller berpengaruh terhadap head suatu pompa terutama sudut β_2 yang merupakan sudut yang terbentuk dari garis kecepatan relative *fluida* terhadap impeller.

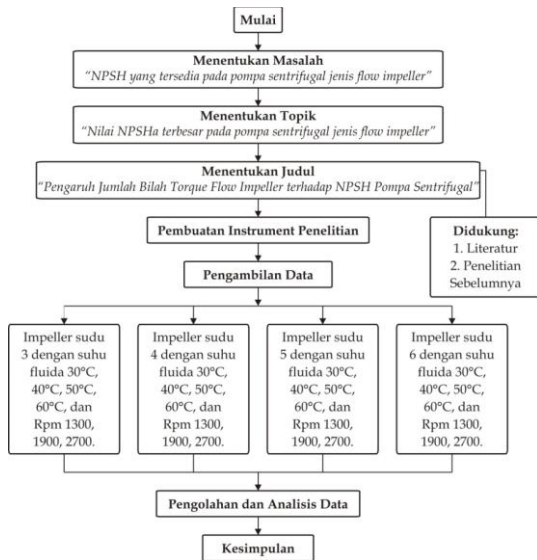
Wahkidur R. Erik (Wahkidur R. Erik, 2015) meneliti tentang pengaruh jumlah sudu torque flow impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sudu impeller sebanding dengan meningkatnya head kapasitas air yang dipompakan dan efisiensi pompa. Begitu juga dengan pengaruh putaran terhadap kinerja pompa sebanding pula dengan head dan kapasitasnya.

Penelitian yang mengangkat tentang kinerja dan efisiensi pompa sentrifugal sudah banyak, namun belum lengkap apabila tidak diketahui secara detail terjadi atau tidaknya kavitasi terhadap setiap penelitian tersebut dengan mengetahui NPSH pada pompa. Peristiwa terjadinya kavitasi pada pompa sentrifugal penting untuk diketahui, dengan mengetahui nilai NPSH tersedia pada pompa dengan variasi impeller yang berbeda-beda, sehingga penulis melakukan penelitian eksperimen pengaruh jumlah bilah *Torque Flow Impeller* terhadap NPSH pompa.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah bilah torque flow impeller, suhu *fluida*, kecepatan putaran terhadap NPSHa pompa. mengetahui hubungan antar nilai NPSHa pompa sentrifugal, head dan kapasitas terhadap terjadinya kavitasi pompa sentrifugal.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Pengujian nilai NPSH, pompa dijalankan pada kecepatan tetap ketika katup ditutup perlahan sampai tekanan discharge drop, pada titik ini pompa mengalami kavitasi. Titik awal pompa mengalami kavitasi disebut 0 persen head drop, namun karena sulit menandai titik ini maka NPSH mulai direkam pada penurunan 3% dari total head.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Variabel bebas (*Independent Variable*)
Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi terhadap timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian uji Eksperimental pengaruh jumlah bilah torque flow impeller terhadap NPSH pompa sentrifugal menggunakan variasi jumlah bilah torque flow impeller yaitu bilah 3, bilah 4, bilah 5, bilah 6. Variasi kecepatan putaran yaitu 1300 Rpm, 1900 Rpm, dan 2700 Rpm. Variasi perubahan suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C.
- Variabel Terikat (*Dependent Variable*)
Variabel terikat dalam penelitian eksperimen ini adalah tekanan *suction*, tekanan *discharge*, debit aliran fluida, NPSHa pada variasi fluida 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan variasi kecepatan motor 1300 – 2700 Rpm.
- Variabel Kontrol (*Control Variable*)
Variabel kontrol yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah jenis fluida yaitu air, bukaan valve suction dan discharge.

Instrument dan Alat Penelitian

- Motor Listrik
- Pompa Sentrifugal
- Bilah *Torque Flow Impeller*



Gambar 2. Variasi Jumlah Bilah *Torque Flow Impeller*

- Pipa PVC
- Globe
- Elbow
- Manometer
- Flowmeter
- Thermometer

Skema Alat Uji NPSH Pompa



Gambar 3. Skema Alat Uji NPSH Pompa

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 Head

- Memasang impeller dengan jumlah sudu 3 kedalam rumah pompa.
- Menyalakan motor listrik yang digunakan penggerak pompa sentrifugal.
- Mengatur putaran pada putaran 1300 rpm.
- Memvariasikan globe valve discharge dari posisi 90⁰(Terbuka penuh) sampai dengan 0⁰ (Tertutup penuh) dan mengamati nilai tekanan discharge, tekanan suction dan flowmeter.
- Mencatat data yang ditunjukkan pada alat ukur kedalam tabel.
- Merubah putaran motor listrik menjadi 1900 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.

Proses pengambilan data NPSH

- Memasang impeller dengan jumlah sudu 3 kedalam rumah pompa.
- Mengatur putaran pada putaran 1300 rpm
- Memanaskan air pada tabung *reservoir* sampai 30°C.
- Katup pada sisi *discharge* dibuka penuh pada posisi 90°.
- Pompa dinyalakan hingga putaran normal.
- Memvariasikan globe valve suction dari posisi 80°, 60°, 40°, 30°.
- Mengamati dan mencatat besar nilai tekanan pada tekanan *suction* dan flowmeter.
- Katup discharge divariasikan dari posisi 90° sampai 15° dan diulangi langkah f sampai g.
- Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 40°C dan mengulangi langkah d sampai h.
- Memanaskan kembali air pada tabung *reservoir* hingga temperatur 60°C dan mengulangi langkah d sampai h.
- Mengganti putaran menjadi 1900 rpm dan mengulangi langkah c sampai j.
- Mengganti putaran menjadi 2700 rpm dan mengulangi langkah c sampai j.
- Mengganti impeller menjadi 4 dan mengulangi langkah b sampai k.

- Mengganti impeller menjadi 5 dan mengulangi langkah b sampai k.
- Mengganti impeller menjadi 6 dan mengulangi langkah b sampai k.

Teknik Analisis Data

Proses analisa data dilakukan dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul dari hasil pengujian masing-masing bilah impeller. Selanjutnya dilakukan pengujian beda nilai NPSHa yang dihasilkan pada tiap jenis suhu dan kecepatan putaran dari empat jenis bilah impeller menggunakan uji MANOVA pada SPSS. Sedangkan untuk mengetahui hubungan gejala kavitasi pompa, didapatkan dari deskriptif kualitatif pada grafik H-Q pompa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

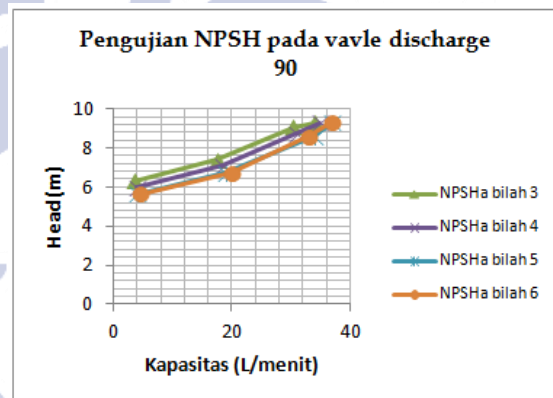
Analisa Pengaruh Jumlah Bilah Torque Flow terhadap NPSH

Tabel 1. Data hasil pengujian NPSH variasi jumlah bilah torque flow pada kecepatan 1900 rpm suhu 30°C bukaan valve discharge 90

Bukaan Valve Suction	Bilah Torque sudu 3			Bilah Torque sudu 4			Bilah Torque sudu 5			Bilah Torque sudu 6		
	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv
80	2	34	9.28	2	35	9.29	2	37	9.31	2	37	9.31
60	2.5	30.5	9.06	3.5	31	8.73	4	34	8.59	4	33	8.57
40	7	17.5	7.40	8	18.5	7.07	9	19	6.72	9	20	6.73
20	10	3.5	6.32	11	4	5.97	12	4	5.63	12	4.5	5.63

Ket:
 Ps = Tekanan Suction (inHg)
 Q = Kapasitas aliran (Liter/menit)
 Hsv = NPSHa pompa (meter)

Dari hasil perhitungan di atas, selanjutnya dibuat grafik yang akan dianalisa sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik uji NPSH pada kecepatan 1900 suhu 30°C dengan variasi jumlah bilah torque flow pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh)

Grafik pada gambar 4, ditentukan pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh) dan valve suction divariasikan pada bukaan 80, 60, 40, 20. Dari gambar grafik tersebut diketahui bahwa nilai pengujian NPSH

mengalami penurunan pada penambahan jumlah bilah torque flow impeller.

Analisa pengaruh perubahan suhu terhadap NPSH

Tabel 2. Data hasil pengujian NPSH variasi perubahan suhu pada kecepatan 1900 rpm bilah torque sudu 6 bukaan valve discharge 90

Bukaan Valve Suction	Suhu 30°C			Suhu 40°C			Suhu 50°C			Suhu 60°C		
	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv
80	2	37	9.31	2	37	8.99	2	36	8.48	2	36	7.70
60	4	33	8.57	4	33	8.26	4	32	7.74	4	32	6.97
40	9	20	6.73	9	21	6.42	10	20	5.56	10	20	4.79
20	12	4.5	5.63	12	4.5	5.31	13	4	4.46	13	4	3.69

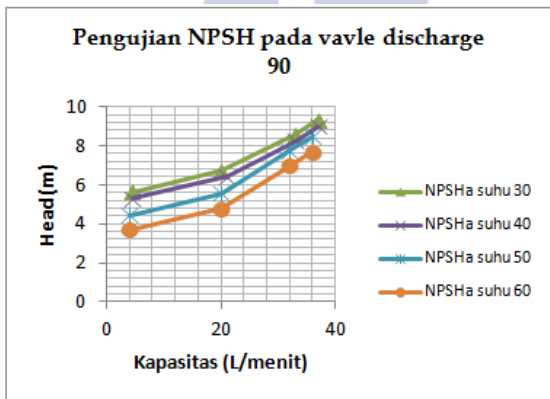
Ket:

Ps = Tekanan Suction (inHg)

Q = Kapasitas aliran (Liter/menit)

Hsv = NPSHa pompa (meter)

Dari hasil perhitungan di atas, selanjutnya dibuat grafik yang akan dianalisa sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik uji NPSH pada kecepatan 1900 bilah torque flow 6 dengan variasi suhu pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh)

Grafik pada gambar 5, ditentukan pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh) dan valve suction divariasikan pada bukaan 80, 60, 40, 20. Dari gambar grafik tersebut diketahui bahwa nilai pengujian NPSH mengalami penurunan pada peningkatan suhu fluida yang dipompakan.

Analisa pengaruh perubahan kecepatan putaran terhadap NPSH

Tabel 3. Data hasil pengujian NPSH variasi kecepatan putaran pada bilah torque sudu 6 suhu fluida 30°C bukaan valve discharge 90

Bukaan Valve Suction	Rpm 1300			Rpm 1900			Rpm 2700		
	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv	Ps	Q	Hsv
80	2	33	9.26	2	37	9.31	2	38	9.33
60	3.5	30	8.71	4	33	8.57	4	34	8.59
40	7	17	7.40	9	20	6.73	11	22	6.06
20	9.5	3	6.49	12	4.5	5.63	13	5	5.29

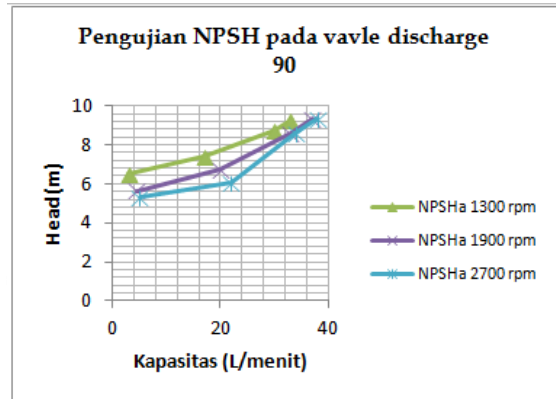
Ket:

Ps = Tekanan Suction (inHg)

Q = Kapasitas aliran (Liter/menit)

Hsv = NPSHa pompa (meter)

Dari hasil perhitungan di atas, selanjutnya dibuat grafik yang akan dianalisa sebagai berikut:

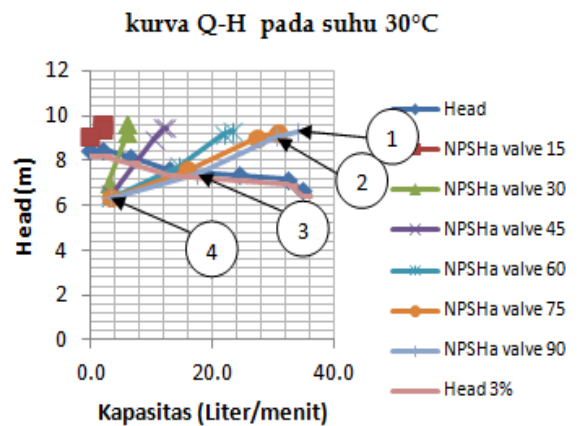


Gambar 6. Grafik uji NPSH pada kecepatan suhu 30°C bilah torque flow 6 dengan variasi kecepatan putaran pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh)

Grafik pada gambar 6, ditentukan pada bukaan valve discharge 90 (terbuka penuh) dan valve suction divariasikan pada bukaan 80, 60, 40, 20. Dari gambar grafik tersebut diketahui bahwa nilai pengujian NPSH mengalami penurunan pada peningkatan kecepatan putaran.

Analisis hubungan NPSHa, Head, dan Kapasitas terhadap gejala kavitasi

Gejala kavitasi dapat ditentukan dari hubungan antara nilai NPSHa dengan nilai penurunan head 3%. dimana gejala kavitasi mulai terjadi saat nilai NPSHa mengalami penurunan dibawah nilai head 3%. Sebagai contoh gejala peristiwa kavitasi, dipergunakan pengujian pada impeller sudu torque 3 dengan kecepatan putaran 1900.



Gambar 7. Kurva Q-H impeller bilah 3 kecepatan 1900 Rpm suhu 30°C

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 7.

Peristiwa kavitasi dapat kita lihat pada nilai head bukaan valve discharge 90 yang bernilai 6,63 m. selanjutnya kita amati nilai NPSHa pada bukaan valve suction 90, ditunjukkan 4 titik nilai mulai dari titik yang tertinggi ke yang terendah yaitu 9,28m, 9,06m, 7,40m, 6,32m. Dari data tersebut diketahui titik yang berada dibawah nilai head 3% adalah titik pada 6,32m. Untuk memperjelas gambaran terjadinya kavitasi, mari kita perhatikan gambar aliran fluida pada sisi masuk pompa sebagai berikut:



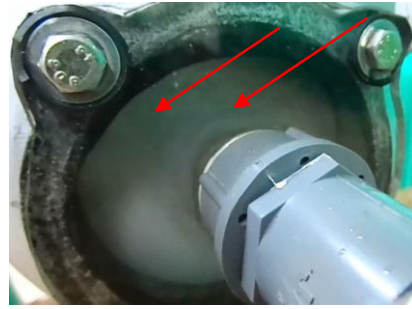
Gambar 8. Aliran fluida pada titik 1 di Kurva Q-H impeller bilah 3 kecepatan 1900 Rpm suhu 30°C



Gambar 9. Aliran fluida pada titik 2 di Kurva Q-H impeller bilah 3 kecepatan 1900 Rpm suhu 30°C



Gambar 10. Aliran fluida pada titik 3 di Kurva Q-H impeller bilah 3 kecepatan 1900 Rpm suhu 30°C



Gambar 10. Aliran fluida pada titik 4 di Kurva Q-H impeller bilah 3 kecepatan 1900 Rpm suhu 30°C

Analisa Multivariant (MANOVA)

Untuk mengetahui pengaruh jumlah bilah torque flow impeller, dilakukan pengujian data menggunakan metode analisa multivariant dari jumlah bilah torque flow impeller terhadap nilai NPSHa yang dihasilkan pada suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dan kecepatan putaran 1300 Rpm, 1900 Rpm, 2700Rpm.

• **Uji Homogenitas**

Tabel 4. Hasil analisis Levene Test jumlah bilah torque flow terhadap NPSHa pada suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

	F	df1	df2	Sig.
NPSHaSuhu30	1.050	3	284	.371
NPSHaSuhu40	1.629	3	284	.183
NPSHaSuhu50	2.587	3	284	.053
NPSHaSuhu60	1.735	3	284	.160

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis uji homogenitas suatu data nilai NPSHa pada tiap suhu dari empat jenis impeller. Didapatkan nilai sig pada empat jenis varians diatas 0,05, sehingga bisa dikatakan bahwa H₀ diterima, atau ke empat populasi data adalah Homogen.

Tabel 5. Hasil analisis Levene Test jumlah bilah torque flow terhadap NPSHa pada kecepatan putaran 1300 Rpm, 1900 Rpm dan 2700 Rpm

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

	F	df1	df2	Sig.
NPSHaRPM1300	1.883	3	380	.132
NPSHaRPM1900	.484	3	380	.693
NPSHaRPM2700	1.016	3	380	.386

Tabel 5 menunjukkan hasil analisis uji homogenitas suatu data nilai NPSHa pada tiap kecepatan putan dari empat jenis impeller. Didapatkan nilai sig pada empat jenis varians diatas 0,05, sehingga bisa dikatakan bahwa H₀ diterima, atau ke empat populasi data adalah Homogen.

• Uji Normalitas Data

Tabel 6. Hasil uji Normalitas NPSHa pada suhu

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test						
	JenisImpeller1	NPSHaSuhu30	NPSHaSuhu40	NPSHaSuhu50	NPSHaSuhu60	
N	288	288	288	288	288	
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2.50	8.46	8.12	7.55	6.76
	Std. Deviation	1.120	1.258	1.255	1.299	1.302
Most Extreme Differences	Absolute	.172	.205	.208	.212	.228
	Positive	-.172	.148	.147	.147	.149
	Negative	-.172	-.205	-.208	-.212	-.228
Test Statistic		.172	.205	.208	.212	.228
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000 ^c	.000 ^c	.000 ^c	.000 ^c	.000 ^c

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.
c. Lilliefors Significance Correction.

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai Test Statistic bernilai lebih dari 0,05 yang menunjukkan bahwa data variabel jumlah bilah torque flow impeller dan NPSHa pada suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C berdistribusi normal.

Tabel 7. Hasil uji Normalitas NPSHa pada Rpm

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
	JenisImpeller2	NPSHaRPM1300	NPSHaRPM1900	NPSHaRPM2700	NPSHaRPM3000
N	384	384	384	384	384
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2.50	7.99	7.67	7.51
	Std. Deviation	1.119	1.221	1.488	1.526
Most Extreme Differences	Absolute	.172	.101	.112	.111
	Positive	-.172	-.075	-.092	-.080
	Negative	-.172	-.101	-.112	-.111
Test Statistic		.172	.101	.112	.111
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000 ^c	.000 ^c	.000 ^c	.000 ^c

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.
c. Lilliefors Significance Correction.

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai Test Statistic bernilai lebih dari 0,05 yang menunjukkan bahwa data variabel jumlah bilah torque flow impeller dan NPSHa pada kecepatan putaran 1300 rpm, 1900 rpm, 2700 rpm berdistribusi normal.

• Uji Varians populasi keseluruhan

Tabel 8. Hasil analisis Box's M jumlah bilah torque flow terhadap NPSHa pada suhu 30°C, 40°C, 50°C dan 60°C

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a

Box's M	105.689
F	3.434
df1	30
df2	221755.876
Sig.	.000

Tabel 8 menunjukkan hasil analisis Box's M, didapatkan nilai sig dibawah 0,05, sehingga bisa dikatakan bahwa H₀ ditolak, atau ada perbedaan nilai NPSHa pada suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dari variasi jumlah bilah torque flow impeller.

Tabel 9. Hasil analisis Box's M jumlah bilah torque flow terhadap NPSHa pada kecepatan putaran 1300 Rpm, 1900 Rpm, 2700 Rpm

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a

Box's M	79.734
F	4.366
df1	18
df2	510272.393
Sig.	.000

Tabel 9 menunjukkan hasil analisis Box's M, didapatkan nilai sig dibawah 0,05, sehingga bisa dikatakan bahwa H₀ ditolak, atau ada perbedaan nilai NPSHa pada kecepatan putaran 1300 Rpm, 1900 Rpm, 2700 Rpm dari variasi jumlah bilah torque flow impeller.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai jumlah bilah torque flow impeller terhadap NPSHa, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penambahan jumlah bilah torque flow impeller, kecepatan putaran dan peningkatan suhu fluida mengakibatkan penurunan pada nilai NPSHa. Nilai NPSHa tertinggi didapatkan pada pengujian bilah torque flow sudu 3 kecepatan putaran 1300 Rpm suhu fluida 30°C dengan nilai 9,77m. Sedangkan nilai NPSHa terendah didapatkan pada pengujian bilah torque flow 6 kecepatan putaran 2700 Rpm, suhu fluida 60°C dengan nilai 3,34m.
- Kavitasi mulai terjadi saat nilai NPSHa mengalami penurunan sampai berada dibawah titik penurunan 3% nilai head total pompa sentrifugal.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai jumlah bilah torque flow impeller terhadap NPSHa, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

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

DAFTAR PUSTAKA

- Alfijar, Julian. 2008. *Pengaruh Putaran Motor dan Variasi Buka-an Katub Terhadap Kapasitas aliran Air dalam Pipa ½”*. ISSN : 1693-3451. Vol 7 Juni 2008.
- Delly, Jenny. 2009. *Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasi pada Sudu Pompa Sentrifugal*. DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol 01 No.01 November 2009.
- Dietzel. Fritz, Dakso Sriyono. 2000. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.
- Jafarzadeh, B., Hajari, A., Alishahi, M.M. & Akbari, M.H., 2011. *The Fow Simulation of A Low-Specific-Speed High-Speed Centrifugal Pump*. Applied Mathematical Modelling, pp.242–49.
- Karasik, Igor J., William C. Krutzsc, Warren H. Frase, Joseph Messina. 2001. *Pump Handbook* 3th edition. McGraw-Hillbokk : Amerika Serikat.
- Kennie A.Lempoy. 2010. *Desain Bentuk Sudut-sudut Arah Radial Pada Pompa Sentrifugal*. Jurnal TEKNO. Vol 08 No.53.
- Nugroho, Sigit dkk. 2014. *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja dan Kavitasi Pompa Sentrifugal*.UNS.Vol.12(02): hal. 78-83.
- Santoso, Singgih. 2014. *Statistik Parametrik*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sarwono, Jonathan. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*. Surabaya: Unesa University Press.
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Unesa University Press.
- Sularso, Ir and Tahara Haruo, 1987, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Penerbit Pradnya Paramitha.
- Wakhidur R, Erik. 2015. *Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Torque Flow Impeller Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal*.JTM.Vol.03(03): hal. 145-152



UNESA