

PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA DAN KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL

Sigit Nugroho¹, Wibawa .E.J², Dwi Aries Himawanto²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Impeller
Number Blade
NPSH_R
Centrifugal Pumps

Abstract :

This research aims to determine the influence of number blades on the impeller performance and cavitation in centrifugal pumps. This research using NS Basic 13-18 pumps GRUNDFOS semi-open impeller and varying the impeller blade 2, 3, 4, 5. This research is based on the method API 610 to maintain speed 2760 rpm and constant suction pressure then set the capacity. The parameters resulting calculation is the head, the total efficiency, NPSH_R, and numbers thoma critical. The results of this research indicate the increasing number of blades increases the values head and efficiency in performance testing. While the increasing number of blade cavitation testing NPSH_R, and the number thoma critical (σ_c) the greater.

PENDAHULUAN

Pompa sering dijumpai dan dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun industry. Pompa adalah perangkat mekanik untuk meningkatkan energi tekanan fluida. Secara umum pompa difungsikan sebagai pemindah fluida dari tekanan rendah ke tekanan tinggi atau sebagai penirkulasi fluida ke dalam sebuah sistem.

Pompa dalam keseharian sering terdapat kendala dalam pendistribusian fluida ke semua sistem. Turunnya performa pompa dapat diakibatkan adanya fenomena kavitasi.

Kavitasi sendiri 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. Gelembung ini akan terbawa aliran fluida sampai akhirnya berada pada daerah yang mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan uap jenuh cairan. Pada daerah itu gelembung tersebut akan pecah dan menyebabkan benturan atau tumbukan pada dinding di dekatnya. Cairan akan masuk secara tiba-tiba ke ruangan yang terbentuk akibat pecahnya gelembung uap tadi sehingga mengakibatkan tumbukan. Peristiwa ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan mekanis pada pompa (Karassik, 1976).

TINJAUAN PUSTAKA

Bacharoudis (2008) melakukan penelitian dengan menggunakan variasi besaran sudut keluaran impeller (β_2) dengan diameter dan tinggi impeller sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut keluaran (β_2) maka semakin meningkat nilai *head* (tinggi tekan) untuk kapasitas yang sama.

Dazhuan (2009) melakukan penelitian pada pompa sentrifugal dengan impeller sudu (Z) 5 yaitu

memvariasi kecepatan putar pada rpm rendah, medium dan tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan putaran (n) semakin besar nilai *head*(H) semakin besar dan semakin besar kapasitasnya.

Houlin (2010) melakukan penelitian mengenai efek jumlah sudu impeller tertutup pada karakteristik pompa sentrifugal. Penelitian menggunakan variasi impeller dengan jumlah sudu (Z) 4, 5, 6 dan 7. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar GB3126 (standar cina). Hasil penelitian ini menunjukkan dengan bertambahnya jumlah sudu (Z) pada impeller, *head* semakin besar. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pompa dengan jumlah sudu 7 mempunyai efisiensi tertinggi. Sedangkan nilai *NPSH_R* sudu 4=4,04 m, sudu 5=3,68 m, sudu 6=4,66 m dan sudu 7=4,95m.

Khalid (2011) melakukan penelitian dengan memvariasi 5 *impeller semi open* pada karakteristik pompa sentrifugal. Variasi *impeller* dengan jumlah sudu (Z) 2, 3, 4 dan dua impeller dengan Z = 3 diberi tambahan spliter (pemisah aliran) di antara sudu. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan bertambahnya sudu, pada kapasitas yang sama nilai *head* semakin besar. Efisiensi terbesar sudu 4 sebesar 68% dan terendah sudu 2 sebesar 63%. Hasil penelitian yang lain dengan penambahan *spliter* nilai menaikkan 1% *head* dan 1% efisiensi.

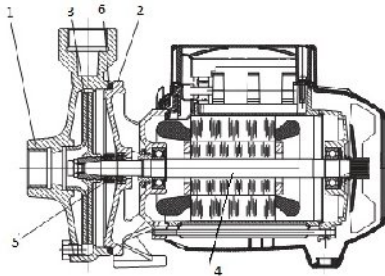
Spyridon (2012) melakukan penelitian dengan memvariasikan 3 *impeller* tertutup dengan sudu masuknya (β_1) 9°, 15°, 21° sedangkan sudu keluar (β_2) tetap 20°. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kapasitas yang sama, nilai β_1 semakin besar maka *head*, *NPSH_R* dan efisiensi semakin besar. Sedangkan β_1 semakin kecil semakin mudah terjadi kavitasi, karena nilai *NPSH_R* yang kecil pada *head* yang sama.

DASAR TEORI

Pompa sentrifugal adalah mesin atau peralatan yang digunakan untuk memberikan energi pada fluida (cairan) berdasarkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeller yang di putar. Sehingga cairan dapat dipindahkan atau dipindahkan dari tempat tertentu ke tempat yang lain. Karena menerima energi melalui impeller, kecepatan fluida akan naik. Energi kinetik ini kemudian dikonversi menjadi energi tekan oleh rumah pompa (casing) yang berbentuk spiral (volute) atau pompa sentrifugal atau sudu-sudu tetap (diffuser) yang mengelilingi impeller, sehingga cairan keluar dari pompa dengan kecepatan yang rendah.

Prinsip kerja dan operasi pompa sentrifugal yaitu langkah awal melakukan proses *priming* (memancing). Hal yang dilakukan di dalam proses priming adalah mengisi cairan pada pipa hisap dan rumah pompa, sehingga tidak terdapat kantong udara. Kemudian selanjutnya memutar impeller. Perputaran impeller menyebabkan gaya sentrifugal pada cairan. Perputaran impeller menyebabkan menurunnya tekanan pada pusat impeller. Hal ini menyebabkan cairan pada pipa hisap mengalir ke impeller.

Konstruksi pompa sentrifugal NS Basic 13-18 Grundfos.

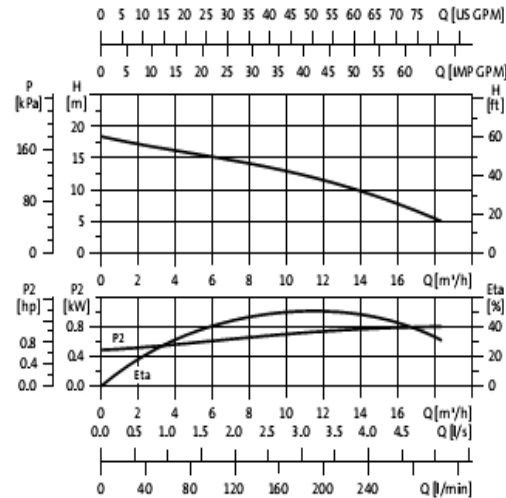


Gambar 1. pompa Grundfos NS Basic 13-18

Keterangan :

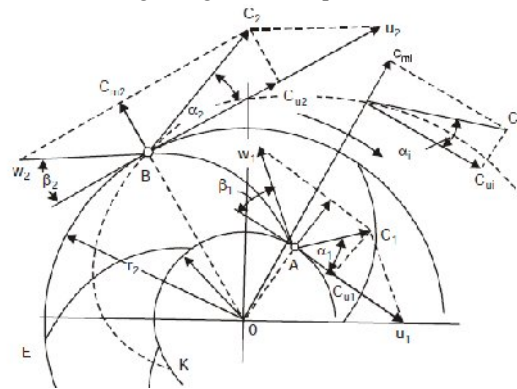
- Casing Volute sebagai pengarah aliran dan rumah pompa.
- Penyanggase sebagai dudukan atau pijakan casing pompa.
- Impeller sebagai memberi kecepatan pada zat cair.
- Poros sebagai penerus energi listrik ke mekanik.
- Seal mekanik sebagai bantalan dan penyumbat kebocoran.
- O-ring Gasket sebagai penahan kebocoran pada casing volute dan rumah pompa.

Karakteristik pompa merupakan parameter dari variable Head(H), Daya (N), efisiensi(η) terhadap Debit(Q).



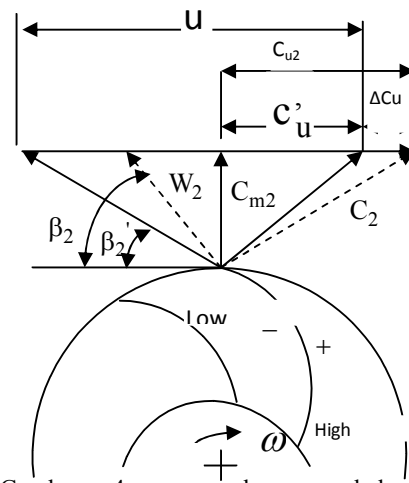
Gambar 2. Kurva karakteristik pompa sentrifugal (Grundfos Data Booklet)

Pengaruh geometri impeller :



Gambar 3. Diagram kecepatan pompa pada impeller (rotodynamic pumps, 2008).

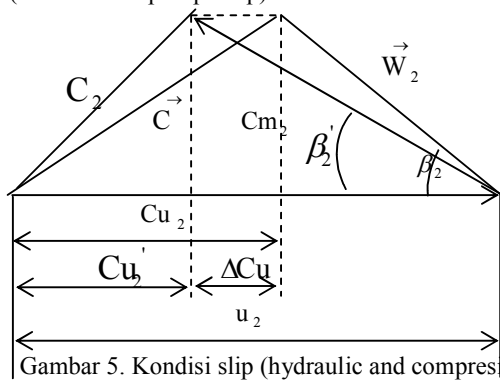
Pengaruh jumlah sudu terhadap performa pompa :



Gambar 4. pengaruh penambahan sudu (hydraulic and compressibel flow turbomachinery 1990)

Pada kondisi nyata sudut fluida meninggalkan impeller (β_2) mengalami perubahan. Hal itu disebabkan adanya slip pada fluida (cairan) atau fluid slip. Adanya fluid slip akan mengurangi besarnya Cu_2 . Salah satu penjelasan terjadinya slip karena adanya arus eddy (aliran sekunder/circulating flow).

Pada bagian depan sudu (leading side) terdapat daerah dengan tekanan tinggi dan belakang sudu (trailing side) terdapat daerah dengan tekanan rendah. Pada daerah tekanan rendah, kecepatan fluida lebih tinggi daripada pada daerah tekanan tinggi. Hal ini menyebabkan sudut cairan meninggalkan sudu impeller akan berbeda dengan β_2 (diasumsikan pompa slip).



Gambar 5. Kondisi slip (hydraulic and compressibel flow turbomachinery 1990)

Sehingga Cu_2 berkurang menjadi $Cu_2' = Cu_2 - \Delta Cu$ didefinisikan sebagai slip.

Persamaan Stodola tentang fluid slip :

$$\Delta Cu = \omega e$$

$$e = \frac{\pi r^2}{z} \sin \beta_2$$

z = jumlah sudu dengan mengabaikan ketebalan

$$\begin{aligned} \Delta Cu &= \omega \cdot \frac{\pi r^2}{z} \sin \beta_2 \\ &= \omega \cdot r^2 \frac{\pi}{z} \sin \beta_2 \\ &= \left(\frac{u_2}{z \cdot r_2} \right) \pi r^2 \sin \beta_2 \\ &= \frac{u_2 \pi \sin \beta_2}{z} \end{aligned}$$

Bila tidak ada slip

$$Cu_2 = u_2 - Cm_2 \cot \beta_2$$

$$\begin{aligned} \text{Slip Faktor} &= \frac{Cu_2 - \Delta Cu}{Cu_2} \\ &= 1 - \frac{\Delta Cu}{Cu_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1 - \frac{u_2 \pi \sin \beta_2}{z(u_2 - Cm_2 \cot \beta_2)} \\ &= 1 - \frac{\pi \sin \beta_2}{z \left[1 - \left(\frac{Cm_2}{u_2} \right) \cot \beta_2 \right]} \end{aligned}$$

$$H_{t\text{maks}} = \frac{u_2 \cdot Cu_2}{g}$$

Sehingga dengan bertam-bahnya jumlah sudu nilai head meningkat dimana nilai Cu_2 semakin besar pada kapasitas yang sama.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan mengacu pada Standar API 610 tentang pengujian pompa pada kondisi kavitasi dan tinjauan literatur penelitian-penelitian unjuk kerja pompa dan kavitasi sebe-lumnya.

Berdasarkan standar API 610 karakteristik kavitasi pompa dapat dijalankan dengan kecepatan konstan dan mengatur buka tutup katup pada sisi hisapnya untuk menghasilkan kavitasi.

Tabel 1. Data impeller.

Diameter dalam (mm)	45
Diameter luar (mm)	120
Sudut masuk (o)	1.84
Sudut keluar (o)	31.77
Tebal sudu(mm)	5
Tinggi sudu (mm)	12

Alat dan Bahan

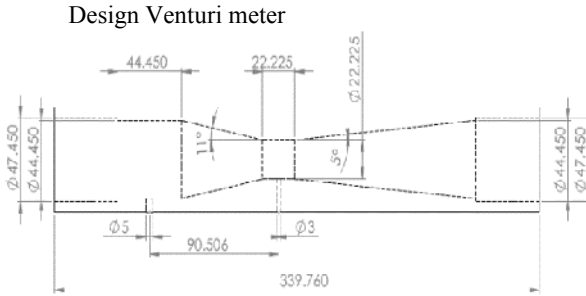
a. Alat

1. Pompa sentrifugal merk Groundfos NS-Basic 13-18.
2. Pipa PVC 1,5 inchi
3. Katup (valve) 1,5 inchi
4. Fitting (elbow 450)
5. Strainer (klep kaki)
6. Vacuum Gauge
7. Stopwatch
8. Gelas ukur
9. Venturi meter
10. Penjebak air (Water trap)
11. Bak air
12. Wattmeter
13. Tachometer
14. Dimmer Light
15. Impeler dengan sudu 2, 3, 4 dan 5
16. Altimeter.

b. Bahan : Fluida yang digunakan adalah Air.

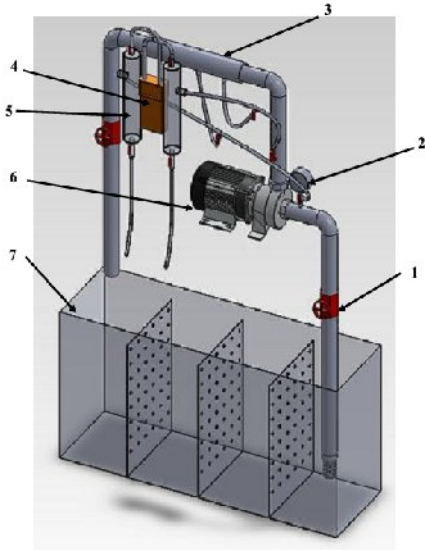


Gambar 6. Variasi jumlah sudu impeller



Gambar 7. Design venturi

Layout instalasi pompa

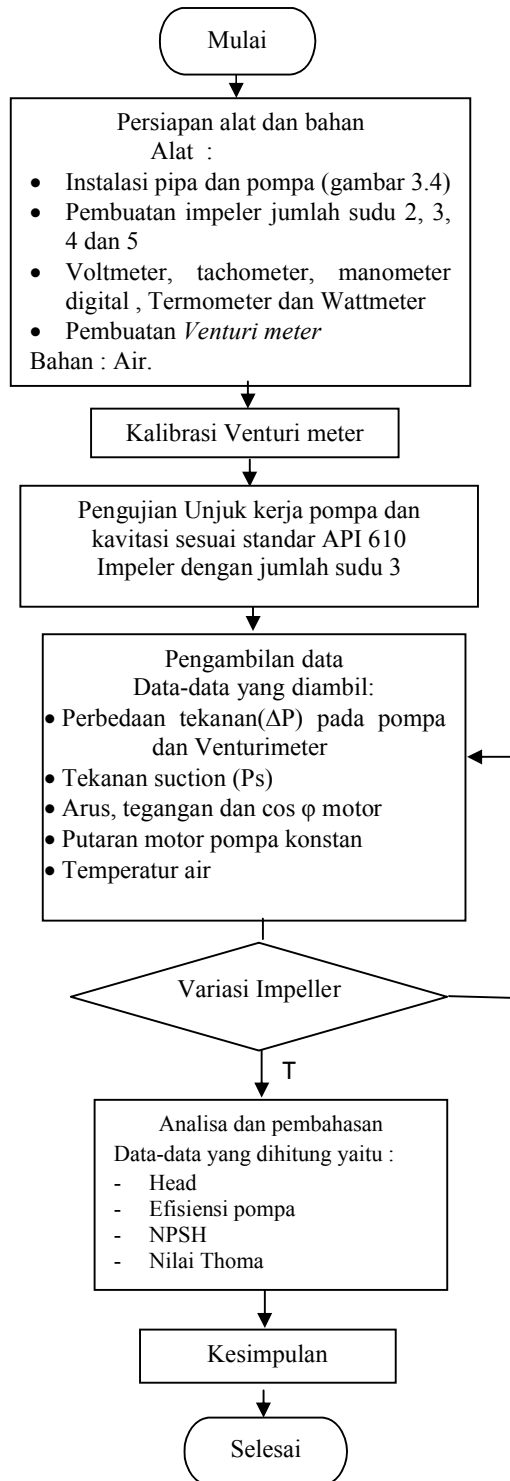


Gambar 8. Skema instalasi pompa

Keterangan gambar 8 :

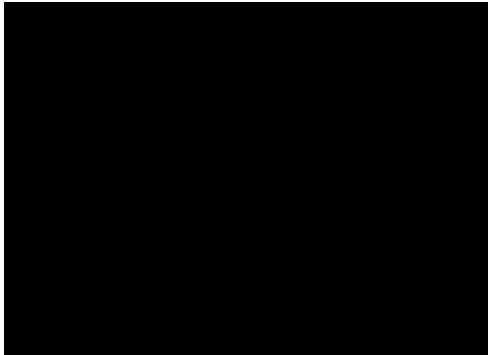
1. Gate valve.
2. Vacum gauge.
3. Venturi meter.
4. Manometer digital.
5. Penjebak air (water trap).
6. Pompa sentrifugal.
7. Bak air.

Diagram Alir Penelitian

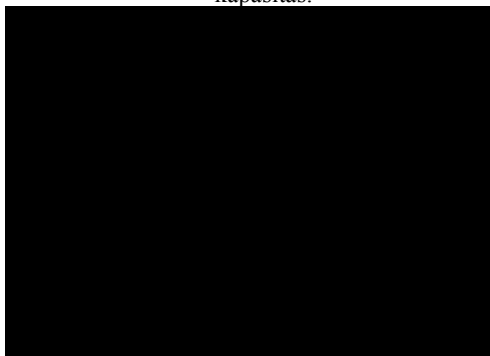


HASIL DAN PEMBAHASAN

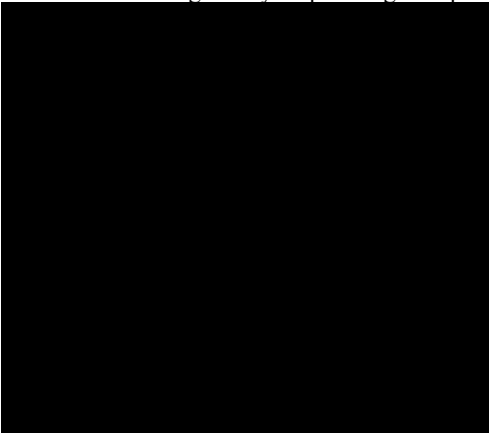
Hasil pengujian karakter performa penambahan jumlah sudu impeller



Gambar 9. Hubungan performa head dengan kapasitas.



Gambar 10. Hubungan Daya input dengan kapasitas.

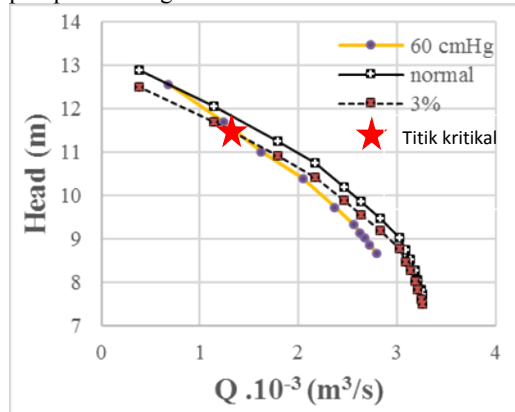


Gambar 11. Hubungan efisiensi dengan kapasitas.

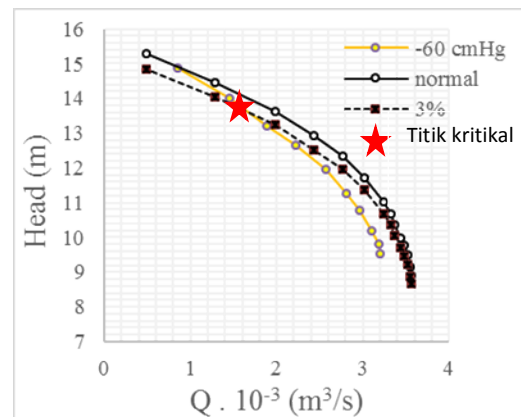
Tabel 2. data nilai optimum nilai head pada tiap sudu.

Jumlah Sudu (Z)	$Q \cdot 10^{-3}$ (m^3/s)	Head (m)	Efisiensi Total(%)
2	2,835	9,475	25,90
3	3,021	11,711	29,02
4	3,337	12,456	32,16
5	3,616	13,974	35,04

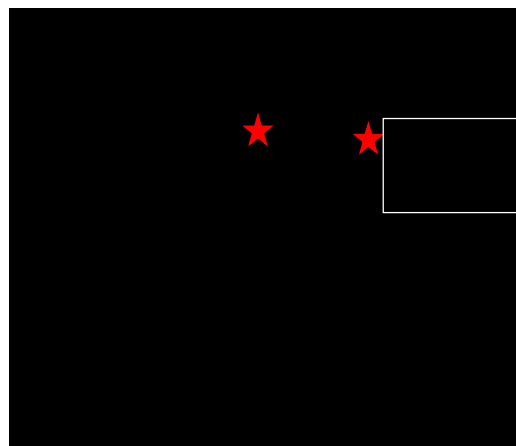
Pengaruh jumlah sudu terhadap $NPSH_R$ kritikal pada pompa sentrifugal.



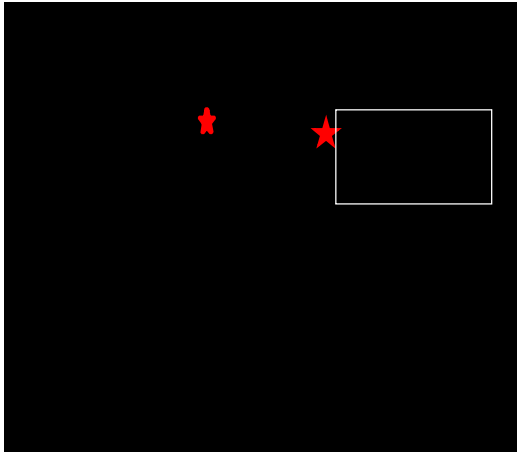
Gambar 12. Nilai $NPSH_R$ kritikal pada tekanan suction -60 cmHg sudu 2



Gambar 13. Nilai $NPSH_R$ kritikal pada tekanan suction -60 cmHg sudu 3



Gambar 14. Nilai $NPSH_R$ kritikal pada tekanan suction -60 cmHg sudu 4

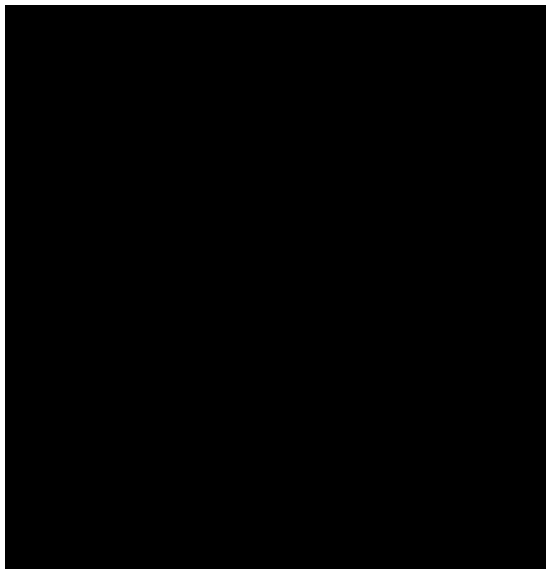


Gambar 15. Nilai $NPSH_R$ kritikal pada tekanan suction -60 cmHg sudu 5

Pengaruh jumlah sudu terhadap $NPSH_R$ sebagai berikut :

Tabel 3. Pengaruh jumlah sudu terhadap $Head$ dan $NPSH_R$

Jumlah Sudu(Z)	$Head(m)$	$NPSH_R(m)$
2	11,311	1,442
3	13,574	1,515
4	14,752	1,550
5	16,267	1,566



Gambar 16. Hubungan Jumlah Sudu dengan $NPSH_R$

Dari penelitian didapat dengan penambahan jumlah sudu pada unjuk kerja pompa sentrifugal $Head$ didapat semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah sudu, dimana nilai maksimum $Head$ pada jumlah sudu 5 sebesar 16,267 m. Sedangkan nilai $NPSH_R$ meningkat pada kondisi sudu 3 hingga sudu 5 dan nilai optimum $NPSH_R$ pada sudu 5 sebesar 1,566 m.

Distribusi tekanan statik dari eye impeller rendah sampai ke sudut terluar impeller semakin besar. Kecepatan relative (w) semakin naik dengan

bertambahnya jumlah sudu dimana β_2 semakin turun. Sudu terbanyak mempunyai nilai $NPSH_R$ terbesar dan nilai $head$ tertinggi, sedangkan nilai kavitasi bernilai besar (Houlin 2010).

KESIMPULAN

1. Penambahan sudu impeller performa pompa dan efisiensi total semakin meningkat. Nilai terkecil pada sudu 2 dengan $Debit$ $2,835 \cdot 10^{-3} m^3/s$, $Head$ 9,475m dan efisiensi 25,90% sedangkan nilai terbesar sudu 5 dengan $Debit$ $3,616 \cdot 10^{-3} m^3/s$ $Head$ 13,974 m dan efisiensi 35,04 %.
2. Pengaruh jumlah sudu terhadap $NPSH_R$ kritikal adalah dengan penambahan sudu nilai $NPSH_R$ meningkat. Nilai terendah pada sudu 2 dengan $NPSH_R$ 1,442 m dan nilai tertinggi sudu 5 $NPSH_R$ 1,566 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000, American National Standart for Centrifugal Pump Tests. Anonim, 1981, Centrifugal Pump For General Refinery Services, API Standart 610, Sixth Edition, Washington, D. C.
- Anonim, 2010, Groundfos Research and Technology, www.groundfos.com.
- Askew, Joseph, 2011, "Operating centrifugal pumps : avoiding cavitation", World Pumps magazine.
- Bacharoudis, 2008, "Parametric Study of a centrifugal Pump Impeller by varying the outlet Blade Angle", www.benthamsience.com.
- Banga ,Makkim, 1983, Hydraulic Fluid Mechanic and Hydraulic Machines (A.M.I.E Section B and Engg. Students), Khanna Publisher, India.
- Baker,C.R, 2000, "Flow Measurement Handbook Industrial Designs, Operation Principles, Performance, and Applications", Cambridge Univercity Press.
- Church, Zulkifli,H, 1993, "Pompa Dan Blower Sentrifugal", cetakan ke 3, Erlangga, Jakarta.
- Dazhuan Wu, 2009, Experimental study on hydrodynamic performance of a cavitating centrifugal pump during transient operation.
- Karassik, Igor, 2004, "Pump Handbook", Mc Graw Hill, New York.
- Munson, Okiishi, 2002, "Fundamental of Fluid Mechanics", 4th John Wiley&Sons.Inc, New York.
- Houlin, 2010, Effects of blade number on characteristics of centrifugal pumps.
- Khalid, 2011, "The Effect of Blades Number and Shape on the Operating Characteristics of Groundwater Centrifugal Pumps".
- Spyridon D.K, 2012, "Experimental Investigation and Passive Flow Control of a Cavitating Centrifugal Pump".