

UPAYA PENINGKATAN UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN PEMASANGAN *INDUCER* PADA *LOCK NUT IMPELLER*

ROMBE ALLO¹ DAN ALLO S. PONGSAPAN²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, FT Universitas Cenderawasih, Jayapura
Email: allorombe@ymail.com

ABSTRAK

Pompa merupakan mesin fluida yang paling banyak kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pengoperasiannya terdapat banyak kerugian baik yang diakibatkan oleh instalasi maupun konstruksi pompa itu sendiri. Telah banyak riset dilakukan untuk meminimalisir kerugian-kerugian tersebut termasuk riset yang akan kami lakukan yaitu berupa modifikasi pada bagian inlet pompa sentrifugal.

Riset ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan inducer pada locknut impeller terhadap karakteristik pompa sentrifugal tipe aliran radial yang menjadi objek penelitian. Disini yang dimaksud dengan karakteristik pompa adalah head, debit, dan efisiensi pompa. Kegiatan yang akan dilaksanakan pada riset ini meliputi perancangan dan perakitan alat pengujian pompa sederhana, pembuatan benda uji, pengambilan data, analisa dan pembahasan serta kesimpulan. Pada riset ini terdapat empat jenis pengujian, yakni: 1) Pompa sentrifugal tanpa modifikasi (normal); 2) Pompa modifikasi 1 dengan *inducer* berukuran panjang 25 mm; 3) Pompa modifikasi 2 dengan *inducer* berukuran panjang 50 mm; 4) Pompa modifikasi 3 dengan *inducer* berukuran panjang 75 mm.

Penelitian menunjukkan bahwa modifikasi dapat memperbaiki karakteristik pompa sentrifugal yang menjadi objek penelitian dimana terjadi peningkatan head total (H_{tot}), debit (Q) dan efisiensi (η_p). Karakteristik terbaik diperoleh pada pompa modifikasi 2 dengan *inducer* berukuran panjang 50 mm, disusul oleh pompa modifikasi 3 dengan *inducer* berukuran 75 mm, pompa modifikasi 1 dengan *inducer* berukuran 25 mm dan yang terendah adalah pompa tanpa modifikasi (normal). Peningkatan karakteristik pompa sentrifugal tersebut disebabkan karena modifikasi dapat meminimalisir gejala *pre-rotation*, turbulensi, serta separasi aliran (terjadi perbaikan pola aliran di dalam pompa).

Kata kunci: *pompa sentrifugal, karakteristik pompa, inducer, pre-rotation, turbulensi, separasi aliran.*

PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang paling banyak digunakan karena daerah operasinya yang luas, dari tekanan rendah sampai tekanan tinggi dan dari kapasitas rendah sampai kapasitas tinggi. Selain itu pompa sentrifugal juga mempunyai bentuk yang sederhana dan harga yang relatif murah. Pada pengoperasian pompa sentrifugal terjadi

rugi-rugi yang disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya adalah rugi-rugi karena instalasi atau sistem perpipaan dan konstruksi pompa. Banyak riset yang telah dilakukan untuk meminimalisir rugi-rugi tersebut, termasuk beberapa perusahaan besar dunia telah berhasil meneliti, menemukan dan memproduksi alat-alat yang mampu mengurangi rugi-rugi pada instalasi dan konstruksi pompa sentrifugal.

Cheng, dkk. (2002) meneliti penambahan alat berbentuk seperti diffuser bertingkat yang ditempatkan pada perbesaran pipa. Alat ini dikenal dengan nama Large Angle Diffuser (LAD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa LAD dapat menghilangkan terjadinya aliran separasi dan aliran balik pada perbesaran pipa, sehingga turbulensi yang menyebabkan rugi hidrolis yang besar dapat dihindari. Hasil penelitian tersebut mampu mengurangi kehilangan tekanan sebesar 40 inchi kolom air, efisiensi pompa menjadi naik 5% dan daya output naik 6% dari harga normalnya.

Igor Karassik (2001) membuat alat berupa inducer yang mampu menaikkan head total pompa sebesar 5%. Inducer adalah semacam spiral terletak di depan impeller yang menyatu pada poros yang sama dengan impeller itu. Tujuannya adalah untuk menambah tenaga pada pompa dan menaikkan tekanan pada sisi isap ke level tekanan yang diperlukan. Inducer juga dapat mengurangi getaran yang terjadi pada pompa.

Bramantya, dkk. (2007) juga meneliti tentang pengaruh modifikasi lock nut impeller konvensional menjadi bentuk tirus dan pemasangan diffuser pada flens isap pompa sentrifugal. Modifikasi dari lock nut impeller konvensional yang rata diubah menjadi tirus dapat mengurangi separasi aliran dan aliran balik. Lock nut impeller berbentuk tirus diidentikkan mempunyai fungsi yang sama dengan inducer. Hasil dari penelitian tersebut berhasil menaikkan efisiensi pompa sebesar 3% yaitu dari 39 % menjadi 42 %.

A. S. Pongsapan, dkk. (2013) memperoleh bahwa modifikasi mur pengunci impeller baik berbentuk tirus maupun peluru dapat memperbaiki karakteristik pompa sentrifugal tipe aliran

radial. Efisiensi terbaik terjadi pada modifikasi mur pengunci impeller berbentuk peluru $y = 1/6 x^2$ dengan kenaikan efisiensi sebesar 4,08 % dari harga normalnya, tetapi head terbaik terjadi pada modifikasi mur pengunci impeller berbentuk peluru $y = 1/10 x^2$, dimana terjadi kenaikan head sebesar 1,42 m dari harga normalnya.

Hal yang sama diperoleh oleh Rombe Allo & A. S. Pongsapan (2016) yang menggabungkan antara locknut berbentuk tirus dengan penambahan diffuser pada flens isap pompa sentrifugal tipe aliran radial yang berhasil meningkatkan unjuk kerja pompa tersebut. Pada penelitian tersebut modifikasi dengan kombinasi Lock nut tirus 30° dan penambahan diffuser pada flens isap memberikan hasil terbaik dengan kenaikan efisiensi sebesar 7.1 % dari harga normalnya yaitu dari 56.76 % menjadi 63.86 %. Hal ini terjadi karena modifikasi tersebut berhasil memperbaiki pola aliran pada sisi isapan pompa (mengurangi gejala pre-rotation, turbulensi, dan separasi aliran), sehingga air mengalir masuk ke dalam impeller pada sudut yang matching dengan sudut yang diperbolehkan dalam desain.

Riset ini akan meneliti lebih lanjut tentang pengaruh modifikasi pada bagian inlet terhadap unjuk kerja pompa sentrifugal tipe aliran radial. Pompa yang menjadi objek pada penelitian ini adalah sebuah pompa sentrifugal berisapan tunggal tipe aliran radial dengan impeller jenis semi-open impeller dengan daya 2,2 HP. Pompa ini masih menggunakan mur pengunci konvensional (normal) dan akan dimodifikasi dengan memasang inducer pada bagian lock nut impeller-nya dengan ukuran (panjang) yang bervariasi. Modifikasi ini diharapkan dapat

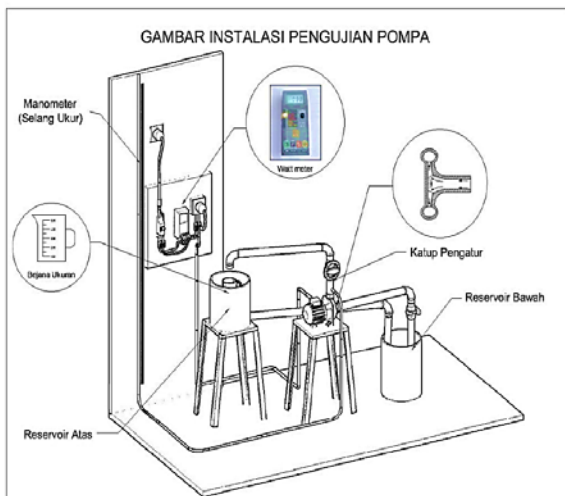
memperbaiki pola aliran air yang masuk ke dalam impeller pompa sehingga unjuk kerja pompa menjadi lebih baik. Akan diperoleh pula ukuran panjang *inducer* yang ideal untuk pompa yang menjadi objek penelitian.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

a. Perancangan dan Perakitan Alat Pengujian Pompa

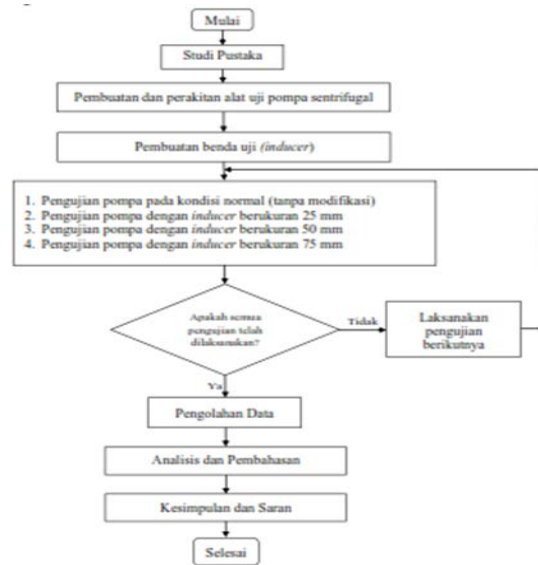
Rangka terbuat dari besi siku 4 x 4 cm yang disambung dengan menggunakan las listrik. Pompa diikat ke rangka dengan menggunakan baut berukuran \varnothing 8 mm. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC berukuran \varnothing 1.25 inch dan dipasang sebuah katup pengatur yang berfungsi untuk memvariasikan debit pompa.



Gambar 1. Alat pengujian pompa sederhana

Untuk memudahkan pemasangan maka sambungan pipa menggunakan water mur sehingga pipa tidak perlu dipotong pada saat akan mengganti *specimen*. Setelah itu dilakukan pemasangan alat ukur berupa manometer (alat ukur tekanan) dan watt meter (alat ukur konsumsi daya listrik pompa). Setelah alat pengujian selesai dirakit, maka selanjutnya dilakukan pengecekan

apakah ada kebocoran serta apakah alat bisa berfungsi dengan baik.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

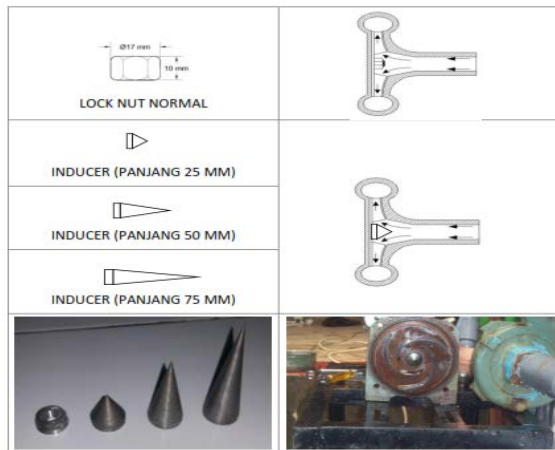
b. Pembuatan Specimen (Benda Uji)

Pada penelitian ini ada tiga jenis *inducer* yang akan diuji, yakni ukuran panjang 25 mm, 50 mm, dan 75 mm. *Inducer* menyerupai mata bor berbentuk tirus (lancip) yang dibentuk melalui proses kerja bangku dan kerja permesinan.

c. Pengambilan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen dimana akan diadakan perbandingan antara pompa normal dengan pompa modifikasi. Pengambilan data dilakukan sebanyak 4 kali variasi sesuai dengan specimen yang dibuat (gambar 4.3) yakni:

- Pompa sentrifugal tanpa modifikasi (normal).
- Pompa sentrifugal dengan *inducer* berukuran panjang 25 mm.
- Pompa sentrifugal dengan *inducer* berukuran panjang 50 mm.
- Pompa sentrifugal dengan *inducer* berukuran panjang 75 mm.



Gambar 3. Jenis-jenis benda uji

Adapun prosedur pengujian pompa adalah sebagai berikut:

1. Rakitlah pompa yang akan diuji, keraskan mur pengunci impeller tanpa modifikasi (normal) dengan menggunakan kunci sok.
2. Pasanglah pompa pada dudukannya kemudian pasang pipa isap dan pipa tekan yang telah dirakit sebelumnya.
3. Isilah bak penampung dengan air bersih.
4. Periksalah penunjukan watt meter apakah penunjukannya sudah nol.
5. Periksalah kabel-kabel penghubung.
6. Isilah pipa isap pompa sampai penuh (memancing pompa).
7. Setelah semua selesai diperiksa pompa dioperasikan dengan menghubungkan-nya dengan sumber daya listrik.
8. Posisikan pembukaan katup pengatur 90° (terbuka penuh)
9. Biarkan sampai alirannya stabil, setelah kedudukan air raksa dalam selang ukur sudah tidak berubah, baca dan catat beda ketinggian air raksa dalam selang ukur (manometer).
10. Baca penunjukan watt meter (arus, tegangan dan daya motor listrik).
11. Ukurlah volume aliran dengan menggunakan bejana berukuran dan stopwatch (selang waktu 5 detik).
12. Baca penunjukan thermometer dan barometer.
13. Catatlah semua data yang diperoleh kedalam lembar data yang telah disiapkan.
14. Ulangi prosedur 9 s/d 13 di atas dengan variasi pembukaan katup pengatur berikutnya yaitu: 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°, 20°, 10°, 0° (tertutup penuh).
15. Setelah pengambilan data untuk semua variasi bukaan katup selesai, pompa dimatikan, tunggu beberapa saat kemudian lanjutkan dengan pengujian pompa dengan modifikasi *inducer* berukuran 25 mm, 50 mm dan 75 mm. Pengujian dilakukan dengan prosedur yang sama dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan di atas.
16. Setelah seluruh pengujian pompa selesai, matikan pompa, dan kembalikan semua peralatan ke tempatnya masing-masing.

Pada penelitian ini, parameter-parameter yang ditetapkan, diukur, dan yang dihitung adalah sama pada setiap pengujian, yaitu:

- a. Parameter yang ditetapkan:
 1. Putaran pompa konstan
 2. Head statis pompa konstan
 3. Temperatur air konstan
- b. Parameter yang diukur:
 1. Head pada sisi keluar pompa
 2. Volume yang dialirkan pada selang waktu 5 detik
 3. Daya motor listrik
 4. Tegangan listrik
 5. Arus listrik
- c. Parameter yang dihitung:
 1. Debit pompa
 2. Head Total pompa
 3. Daya pompa
 4. Efisiensi pompa

Untuk memudahkan dalam analisa maka data-data hasil pengujian tersebut di atas akan diolah dengan Microsoft Excel dalam bentuk tabel dan grafik sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan.

HASIL YANG DICAPAI

Analisa Data dan Perhitungan

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisa untuk mendapatkan nilai debit (Q), head total (H_{tot}), daya hidrolis (N_H) dan efisiensi pompa (η_p). Pada contoh perhitungan dipilih pompa dengan mur pengunci tanpa modifikasi (normal) dengan bukaan katup 50° dengan data-data sebagai berikut :

Data tersebut di atas diolah untuk mendapatkan parameter-parameter karakteristik pompa sebagai berikut.

1. Debit pompa (Q)

- a. Volume rata-rata dalam selang waktu 5 detik (V) :

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$= \frac{10.10 + 10.00}{2}$$

$$= 10.05 \text{ liter}$$

$$= 0.01005 \text{ m}^3$$

- b. Debit pompa (Q) :

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$= \frac{0.01005}{5}$$

$$= 0.00201 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

2. Kecepatan Aliran Air (v)

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{dimana : } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$= \frac{3.14 * 0.03175^2}{4}$$

$$= 0.000791 \text{ m}^2$$

Sehingga:

$$v = \frac{0.00201}{0.000791}$$

$$= 2.5400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{v D}{\nu} \quad \text{dimana : } \nu = 8.821 * 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \text{ (pada } T_{\text{air}} = 26 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

Sehingga :

$$Re = \frac{2.5400 * 0.03175}{8.821 * 10^{-7}}$$

$$= 91423$$

Berdasarkan bilangan Reynold yang telah diperoleh pada perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa jenis alirannya adalah turbulen (91423 > 4000).

3. Head Mayor Losses (h_{L,mayor})

Head mayor losses untuk aliran dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$h_{L,mayor} = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Dimana untuk aliran laminar, faktor gesek (f) dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Tabel 1. Nilai kekasaran ekivalen (ε) beberapa pipa komersial

Material	Kekasaran ekivalen, ε (mm)
PVC	0.01 ÷ 0.05
Pipe in aluminium, cooper or brass	0.00 ÷ 0.003
Steel pipe	0.01 ÷ 0.05
Welded steel pipe, new	0.03 ÷ 0.15
Welded steel pipe with deposition	0.15 ÷ 0.30
Galvanised steel pipe, new	0.10 ÷ 0.20
Galvanised steel pipe with deposition	0.50 ÷ 1.00

Sumber: Grundfos Research and Technology (2013)

Sedangkan untuk aliran turbulen, faktor gesek (f) dapat ditentukan dengan persamaan Colebrook atau diagram Moody.

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re}_d f^{1/2}} \right)$$

Nilai kekasaran ekivalen (ε) untuk beberapa pipa komersial adalah seperti pada tabel 1.

Pada penelitian ini digunakan pipa PVC dengan nilai $\varepsilon = 0,05$ mm (dipilih), panjang pipa $L = 3$ m, diameter pipa $D = 1.25$ inch = 31.75 mm = 0.03175 m, maka diperoleh:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.05 \text{ mm}}{31.75 \text{ mm}} = 0.0016$$

Berdasarkan bilangan Reynold $\text{Re} = 69137$ (aliran turbulen) dan $\varepsilon/D = 0,0016$ maka dari diagram Moody diperoleh nilai faktor gesek $f = 0.0218$.

Sehingga kerugian head mayor (*major losses*) adalah:

$$h_{L,\text{mayor}} = 0.0218 \frac{3}{0.03175} \frac{(2.5400)^2}{2 * 9.8} = 0.6995 \text{ m}$$

4. Head Minor Losses ($h_{L,\text{minor}}$)

Pada penelitian ini ada beberapa jenis sambungan (*fitting*) yang digunakan, (tabel 2).

Tabel 2. Daftar koefisien kerugian minor

Jenis Sambungan (Fitting)	Jumlah fitting	Nilai K_L	Jumlah K_L
Elbow 90° 1.25 inch	1 bh	0.90	0.90
Shock drat 1.5 inch (kontraksi tiba-tiba)	1 bh	0.31	0.31
Shock drat 1.25 inch (ekspansi tiba-tiba)	1 bh	0.15	0.15
Reducer 1.25 – 1.5 inch	1 bh	0.07	0.07
Katup kaki 1.25 inch	1 bh	0.80	0.80
Katup Bola 1.25 inch terbuka penuh	1 bh	0.05	0.05
$\sum K_L$			2.28

Sumber: Yunus A. Cengel (2006); Igor J. Karassik (2001)

Sehingga :

$$h_{L,\text{minor}} = \sum K_L \frac{v^2}{2g} = 2.28 \frac{(2.5400)^2}{2 * 9.81} = 0.7497 \text{ m}$$

5. Head Total Pompa (H)

Head total pompa dapat dihitung dengan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$H = h_4 + \frac{v_1^2}{2g} + (h_1 + h_3) + (h_{L,\text{mayor}} + h_{L,\text{minor}})$$

Maka :

$$H = 7.46 + \frac{(2.5400)^2}{2 * 9.81} + (0.50 + 0.25) + (0.6995 + 0.7497) = 9.6628 \text{ m}$$

6. Daya Output Pompa (N_f)

$$\begin{aligned} N_f &= \gamma \cdot Q \cdot H \\ &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996.7 * 9.81 * 0.00201 * 9.6628 \\ &= 189.90 \text{ watt} \end{aligned}$$

7. Daya Input Pompa (N_{in})

$$N_{in} = E * I$$

Dalam pengujian ini daya motor listrik (daya input) sudah langsung terukur pada alat ukur wattmeter, dimana pada bukaan katup 50% nilainya adalah $N_{in} = 460$ watt.

8. Efisiensi Pompa (η)

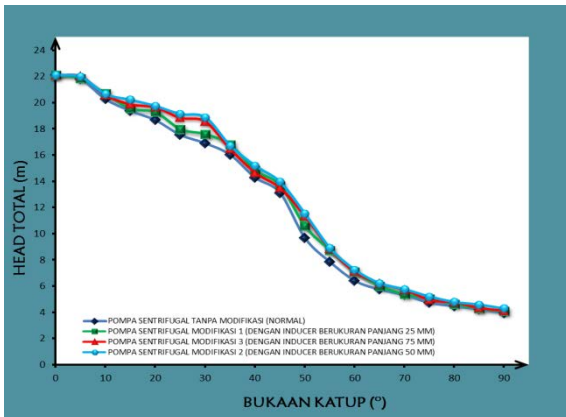
$$\begin{aligned} \eta_p &= \frac{N_f}{N_{in}} * 100\% \\ &= \frac{189.90}{460} * 100\% \\ &= 41.03 \% \end{aligned}$$

PEMBAHASAN

Untuk menganalisis tentang pengaruh modifikasi terhadap karakteristik pompa maka dilakukan

komparasi (perbandingan) karakteristik antara pompa konvensional (normal) dengan pompa modifikasi. Karakteristik pompa sentrifugal yang dimaksud adalah head (H_{tot}), debit (Q) dan efisiensi (η_p).

Pengaruh Modifikasi Terhadap Head Total Pompa (H_{tot})



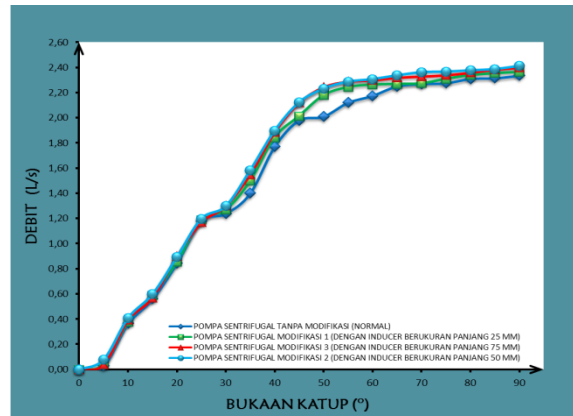
Gambar 4. Grafik hubungan bukaan katup (BK) Vs head total (H_{tot})
(Sumber: Data diolah, 2017)

Dari gambar 4 di atas, secara umum terlihat bahwa semakin besar bukaan katup (BK) maka head total pompa (H) semakin kecil, demikian pula sebaliknya. Head minimum terjadi pada bukaan katup 90° (terbuka penuh) sedangkan head maksimum terjadi pada bukaan katup 0° (tertutup penuh).

Dari grafik juga terlihat bahwa modifikasi yang dilakukan memberikan pengaruh positif terhadap nilai head pompa meskipun tidak signifikan. Pompa modifikasi dengan inducer memberikan nilai head yang lebih baik dibanding pompa normal. Head tertinggi terjadi pada pompa dengan inducer 50 mm disusul oleh inducer 25 mm, inducer 75 mm dan yang terendah terjadi pada pompa tanpa modifikasi (normal). Sebagai perbandingan pada bukaan katup 45° (terbuka 50%) maka head pompa dengan inducer 50 mm sebesar 13.9517 m, inducer

25 mm sebesar 13.6794 m, inducer 75 mm sebesar 13,4968 m dan pompa normal sebesar 13.1066 m.

Pengaruh Modifikasi Terhadap Debit Pompa (Q)



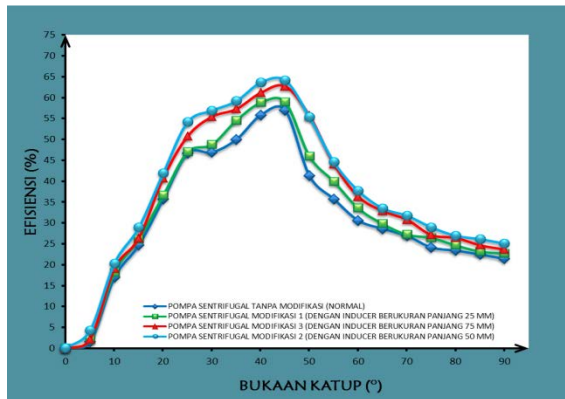
Gambar 5. Grafik hubungan bukaan katup (BK) Vs debit (Q)
(Sumber: Data diolah, 2017)

Dari gambar 5 di atas, secara umum terlihat bahwa bukaan katup berbanding lurus dengan debit pompa yaitu semakin besar bukaan katup (BK) maka debit pompa (Q) yang terjadi semakin kecil. Debit maksimum terjadi pada bukaan katup 90° (terbuka penuh) dan debit minimum terjadi pada bukaan katup 0° (tertutup penuh).

Dari grafik juga terlihat bahwa modifikasi yang dilakukan memberikan pengaruh positif terhadap debit pompa, dimana modifikasi menyebabkan terjadinya peningkatan debit. Pada bukaan katup 45° (bukaan 50 %), pompa modifikasi dengan inducer 50 mm kembali menjadi yang terbaik dengan menghasilkan nilai debit tertinggi (2.1250 liter/s), kemudian disusul oleh pompa dengan inducer 75 mm (2.1200 liter/s) dan inducer 25 mm (2.0150 liter/s). Pompa tanpa modifikasi sendiri menghasilkan debit terendah yakni 1.9800 liter/s.

Pengaruh Modifikasi Terhadap Efisiensi Pompa (η_p)

Dari gambar 6 di bawah ini secara umum terlihat bahwa semakin besar bukaan katup (BK) maka efisiensi (η_p) semakin meningkat hingga mencapai nilai efisiensi maksimum, kemudian menurun seiring dengan penambahan bukaan katup.



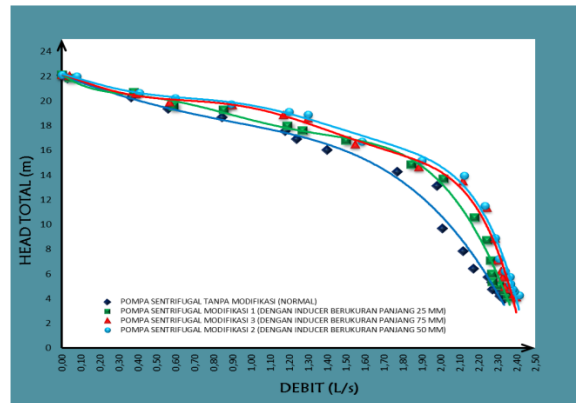
Gambar 6. Grafik hubungan bukaan katup (BK) Vs efisiensi (η)
(Sumber: Data diolah, 2017)

Nampak juga bahwa modifikasi memberikan efek positif dimana terjadi peningkatan efisiensi dibandingkan dengan pompa normal. Dari segi efisiensi, pompa modifikasi dengan inducer 50 mm kembali menjadi yang terbaik, kemudian disusul oleh pompa dengan inducer 25 mm, inducer 75 mm dan pompa tanpa modifikasi (normal). Pada bukaan katup 45° (bukaan 50 %), pompa dengan inducer 50 mm menghasilkan efisiensi sebesar 64.13 %, kemudian disusul oleh pompa dengan inducer 75 mm sebesar 62.73 %, inducer 25 mm sebesar 58.97 % serta pompa tanpa modifikasi sebesar 57.02 %.

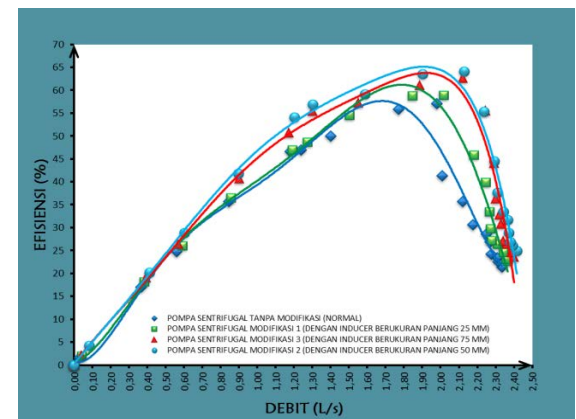
Grafik juga memberikan tendensi bahwa pengaruh modifikasi terhadap efisiensi pompa terjadi cukup signifikan pada debit pompa sedang hingga besar (bukaan katup pengatur sedang hingga terbuka penuh).

Karakteristik Pompa Sentrifugal Konvensional (Normal) dan Modifikasi

Karakteristik sebuah pompa sentrifugal biasanya dinyatakan dalam grafik hubungan Head (H) Vs Debit (Q) serta hubungan Efisiensi (η_p) Vs Debit (Q). Pada penelitian ini karakteristik pompa sentrifugal konvensional (normal) dan modifikasi yang menjadi objek penelitian ditampilkan pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik hubungan antara head total (H) dengan debit (Q) pada pompa sentrifugal konvensional dan modifikasi
(Sumber: Data diolah, 2017)



Gambar 8. Grafik hubungan antara efisiensi pompa (η_p) dengan debit (Q) pada pompa sentrifugal konvensional dan modifikasi
(Sumber: Data diolah, 2017)

Dari kedua grafik tersebut di atas nyata terlihat bahwa modifikasi memberi pengaruh yang cukup berarti terhadap karakteristik pompa sentrifugal. Modifikasi dengan pemasangan inducer pada locknut impeller mampu meningkatkan unjuk kerja pompa

sentrifugal yang menjadi objek penelitian. Hal ini terjadi karena modifikasi dapat mengurangi gejala *pre-rotation*, turbulensi serta separasi aliran sehingga air yang mengalir masuk di antara sudu-sudu impeller menyinggung sudu dengan benar karena sudut aliran cocok (*matching*) dengan sudut sudu-sudu impeller yang diperbolehkan dalam desain. Dengan sudut aliran yang sesuai maka aliran yang masuk ke dalam sudu-sudu impeller pompa lebih terarah, lebih halus dan tanpa tumbukan (tidak terjadi turbulensi dan separasi aliran). Kondisi tersebut meminimalisir kerugian-kerugian di dalam pompa baik kerugian tekanan maupun kerugian karena gesekan (*disk friction*) menghasilkan head total (H_{tot}) lebih tinggi, debit (Q) lebih besar, konsumsi daya input (N_{in}) lebih rendah serta efisiensi (η_p) yang lebih baik.

Dari grafik nampak pula bahwa modifikasi terbaik pada penelitian ini adalah pompa dengan *inducer* berukuran panjang 50 mm. Adapun nilai-nilai efisiensi maksimum (diurutkan dari yang tertinggi ke terendah) dari pengujian pompa sentrifugal normal dan modifikasi adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Efisiensi maksimum pompa sentrifugal konvensional dan modifikasi

No.	Pengujian	Efisiensi maksimum (%)	Terjadi pada	
			Debit (L/s)	Head total (m)
1.	Normal (konvensional)	57.02	1.9800	13.0466
2.	Modifikasi 1 (inducer 25 mm)	58.97	2.0150	13.6194
3.	Modifikasi 3 (inducer 75 mm)	62.73	2.1250	13.8917
3.	Modifikasi 2 (inducer 50 mm)	64.13	2.1200	13.4368

(Sumber: Data diolah, 2017)

Hasil yang dicapai pada penelitian ini sejalan dengan penelitian-penelitian terdahulu. Modifikasi dengan pemasangan

inducer pada locknut impeller mampu memperbaiki karakteristik pompa sentrifugal yang menjadi objek penelitian dimana terjadi peningkatan head, debit dan efisiensi pompa. Hal ini mengindikasikan bahwa *inducer* mampu memperbaiki pola aliran di dalam pompa sentrifugal serta mengurangi gejala *pre-rotation*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta analisa data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

- 1) Modifikasi pompa sentrifugal tipe aliran radial dengan pemasangan *inducer* pada *locknut impeller* dapat memperbaiki karakteristik pompa (head, debit dan efisiensi).
- 2) Modifikasi dapat memperbaiki pola aliran di dalam pompa dengan meminimalisir gejala *pre-rotation*, turbulensi, serta separasi aliran.
- 3) Inducer berukuran panjang 50 mm merupakan inducer yang paling sesuai (*matching*) dengan pompa sentrifugal aliran radial 2.2 HP yang menjadi objek penelitian dengan kenaikan efisiensi sebesar 12.46 % dari harga normalnya yaitu dari 57.02 % menjadi 64.13 %.

SARAN

- 1) Untuk hasil yang lebih baik maka pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan alat-alat ukur laboratorium yang lebih presisi, terutama pada alat ukur debit dan alat ukur tekanan.
- 2) Untuk pembuatan dan analisis alat berikutnya bisa dilakukan dengan model mur pengunci impeller yang lain dan penambahan diffuser pada flens isap pompa sentrifugal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pimpinan dan Staf LPPM Uncen yang telah memberikan bantuan dana pada penelitian ini, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bramantya M.A., dkk. (2007). *Pengaruh Diffuser Pada Flens Isap Dan Lock Nut Impeller Berbentuk Tirus Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 1, UGM, Yogyakarta.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. (2003). *Fundamental of Fluid Mechanics*, Fourth Edition, Department of Aerospace Engineering and Engineering Mechanics, Iowa State University, Ames, Iowa, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Cheng Y.D. (2002). *A New Tile Pipe Design GE Frame Type Gas Turbine to Substantially Lower Pressure Losses*, ASME Turbo Expo, June 3-6, Amsterdam, Netherland.
- Frank M. White. (1997). *Fluid Mechanics*, Fifth Edition, University of Rhode Island, McGraw-Hill, New York.
- Jacobsen Brix Christian. (2012). *The Centrifugal Pump*, Grunfos Research and Technology.
- Karassik J. Igor. (2001). *Pump Handbook*, 3rd Edition, McGraw Hill, New York.
- Kosla, L. dan Mutsakis, M. (1992). *New in Pipe Conditioner Cuts Fluid Problem*, Chemical Engineering Magazine, September 1992.
- Larry Bachus and Angel Custodio. (2003). *Know and Understand Centrifugal Pumps*, Elsevier Ltd, Kidlington, Oxford, UK.
- Pongsapan A. S., dkk. (2013). *Pengaruh Bentuk Mur Pengunci Impeller Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal Type Aliran Radial*, Konferensi Nasional Engineering dan Perhotelan IV, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.
- Rombe Allo. (2015). *Pengaruh Modifikasi Mur Pengunci Impeller Berbentuk Tirus dan Peluru Terhadap Karakteristik pompa Sentrifugal*, Jurnal Rekayasa Teknologi dan Mekanikal RETAK, Volume 3, Nomor 1, Edisi April 2015, Jurusan Teknik Mesin, Uncen, Jayapura.