

ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN PEMASANGAN INDUCER PADA LOCK NUT IMPELLER

Allo Sarira Pongsapan¹, Rombe Allo²,

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih, Jayapura
email: allorombe@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih, Jayapura
email: as.pongsapan@gmail.com

ABSTRAK

Pompa sentrifugal merupakan mesin fluida yang paling banyak kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pengoperasiannya terdapat banyak kerugian yang ditimbulkan oleh instalasi maupun konstruksi pompa itu sendiri. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk meminimalkan kerugian-kerugian tersebut termasuk penelitian yang kami lakukan yaitu berupa modifikasi pada bagian inlet pompa sentrifugal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan inducer pada locknut impeller terhadap karakteristik pompa sentrifugal tipe aliran radial. Disini yang dimaksud dengan karakteristik pompa adalah head, debit, dan efisiensi pompa. Metode yang digunakan adalah eksperimen. Kegiatan yang dilaksanakan pada penelitian ini meliputi: perancangan dan perakitan alat pengujian pompa sederhana, pembuatan spesimen, pengambilan data, analisis dan pembahasan serta kesimpulan. Pada penelitian ini terdapat empat jenis pengujian, yakni: 1) Pompa sentrifugal tanpa modifikasi (normal); 2) Pompa modifikasi ke-1 dengan inducer, panjang 25 mm; 3) Pompa modifikasi ke-2 dengan inducer, panjang 50 mm; dan 4) Pompa modifikasi ke-3 dengan inducer, 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 yang diperoleh pada pompa modifikasi ke-2 dengan inducer panjang 50 mm, disusul oleh pompa modifikasi ke-3 dengan inducer panjang 75 mm, pompa modifikasi ke-1 dengan inducer panjang 25 mm dan yang terendah adalah pompa tanpa modifikasi (normal). Karakteristik pompa sentrifugal Peningkatan tersebut disebabkan karena modifikasi dapat meminimalkan gejala pra-rotasi, turbulensi, serta pemisahan aliran. Atau dengan kata lain modifikasi menyebabkan terjadinya perbaikan pola aliran pada bagian inlet pompa sentrifugal.

Kata kunci: pompa sentrifugal, karakteristik pompa, inducer, pra-rotasi, turbulensi, pemisahan aliran.

ABSTRACT

Centrifugal pumps are the most widely used fluid machines in our daily life. In operation there are many losses caused by the installation and construction of the pump itself. Many studies have been carried out to minimize these losses, including the research we did, namely in the form of modifications to the centrifugal pump inlet. This study aims to determine the effect of installing the inducer on the locknut impeller on the characteristics of a radial flow type centrifugal pump. Here what is meant by pump characteristics are head, discharge, and pump efficiency. The method used is experimental. The activities carried out in this study included: designing and assembling simple pump testing equipment, making specimens, collecting data, analyzing and discussing and concluding. In this study there were four types of tests, namely: 1) Centrifugal pump without modification (normal); 2) Pump of the 1st modification with inducer, 25 mm long; 3) Pump of the 2nd modification with inducer, length 50 mm; and 4) Pump modification 3rd with inducer, length 75 mm. Research shows that modifications can improve the characteristics of centrifugal pumps which are the object of research where there is an increase in total head (H_{tot}), discharge (Q) and efficiency (η_p). The best characteristics were obtained from the 2nd modification pump with an inducer length of 50 mm, followed by the 3rd modification pump with an inducer length of 75 mm, the 1st modification pump with an inducer length of 25 mm and the lowest was the pump without modification (normal). Characteristics of centrifugal pumps This increase is due to modifications that minimize pre-rotation symptoms, turbulence, and flow separation. Or in other words, the modification causes an improvement in the flow pattern at the inlet of the centrifugal pump.

Keywords: centrifugal pump, pump characteristics, inducer, pre-rotation, turbulence, flow separation.

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 tentang 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 30o 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.

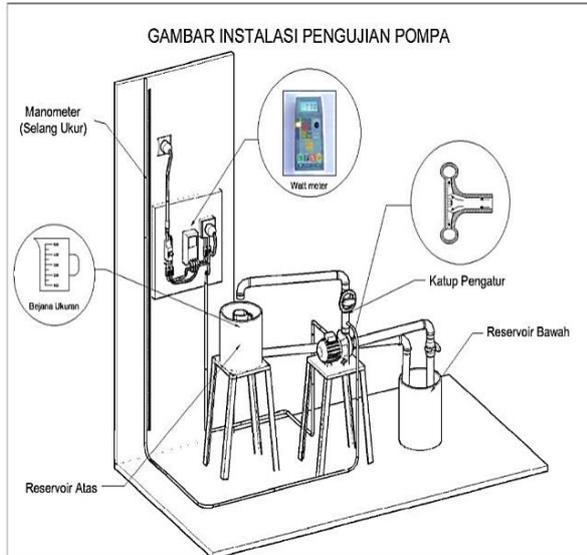
Riset ini akan meneliti lebih lanjut tentang pengaruh modifikasi pada bagian inlet terhadap unjuk kerja pompa sentrifugal tipe aliran radial. Pompa yang menjadi objek pada penelitian ini adalah sebuah pompa sentrifugal berisapan tunggal type aliran radial dengan impeller jenis semi-open impeller dengan 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

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
(Sumber: Digambar 2022)

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.

b. Pembuatan Specimen (Benda Uji)

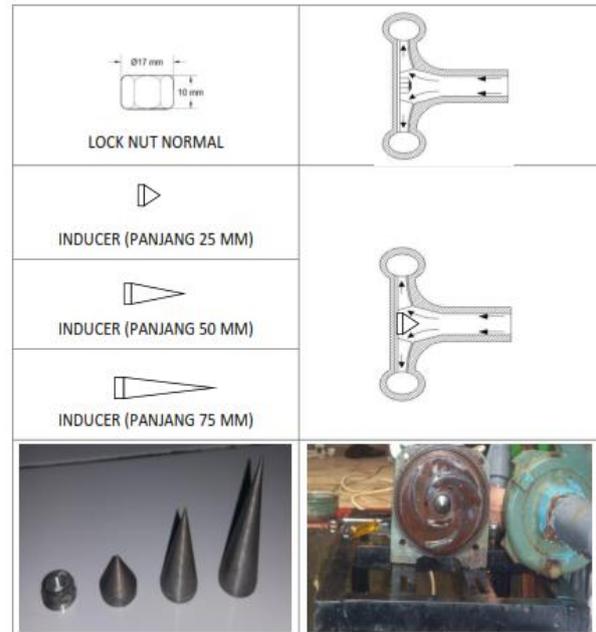
Pada penelitian ini ada tiga jenis inducer yang akan diuji, yakni ukuran panjang 25 mm, 50 mm, dan 75 mm. Inducer menyerupai mata bor berbentuk tirus (lancip) yang dibentuk melalui proses kerja bangku dan kerja permesinan.

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 2) yakni:

1. Pompa sentrifugal tanpa modifikasi (normal).

2. Pompa sentrifugal dengan inducer berukuran panjang 25 mm.
3. Pompa sentrifugal dengan inducer berukuran panjang 50 mm.
4. Pompa sentrifugal dengan inducer berukuran panjang 75 mm.



Gambar 2. Jenis-jenis benda uji
(Sumber: Digambar 2022)

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. Periksa dan penunjukkan watt meter apakah penunjukannya sudah nol.
5. Periksa kabel-kabel penghubung.
6. Isilah pipa isap pompa sampai penuh (memancing pompa).
7. Setelah semua selesai diperiksa pompa dioperasikan dengan menghubungkannya 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 penunjukkan 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.

ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisa untuk mendapatkan nilai debit (Q), head total (H_{tot}), daya hidrolik (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 :

Tabel 1. Contoh Data Hasil Pengukuran

No.	Parameter	Hasil Pengukuran
1.	Tinggi dari permukaan air pada reservoir bawah ke sumbu pompa (h_1)	50 cm
2.	Tinggi dari sumbu pompa ke ujung keluar pipa pada reservoir atas (h_2)	50 cm
3.	Tinggi dari sumbu pompa ke tempat pemasangan manometer (h_3)	25 cm
4.	Beda tinggi permukaan air raksa dalam manometer selang (h_4)	54,9 cmHg
5.	Volume gelas ukur selama selang waktu 5 detik (V)	$V_1 = 10.1$ liter $V_2 = 10.0$ liter
6.	Daya Motor Listrik (N_i)	460 watt
7.	Diameter pipa (D)	$1 \frac{1}{4}$ inch = 0.03175 m
8.	Panjang pipa instalasi (L)	3.0 m
9.	Temperatur air (T_w)	26 °C
10.	Tekanan atmosfer (P_0)	732 mmHg

Sumber: Data pengukuran 2022

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) :

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

$$= \frac{10.1 + 10.0}{2}$$

$$= 10.05 \text{ liter}$$

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

- b. Debit pompa (Q) :

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

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

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

2. Kecepatan Aliran Air (V)

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

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

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

Sehingga:

$$V = \frac{0.00201}{0.000791} = 2.5400 \frac{m}{s}$$

3. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

dimana: $\nu = 8.821 \times 10^{-7} m^2/s$
(pada $T_{air} = 26^\circ C$)

Sehingga

$$Re = \frac{2.5400 \times 0.03175}{8.821 \times 10^{-7}} = 91423$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re_d f^{1/2}} \right)$$

Nilai kekasaran ekivalen (ϵ) untuk beberapa pipa komersial adalah seperti pada tabel 2.

Tabel 2. 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)

Pada penelitian ini digunakan pipa PVC dengan nilai $\epsilon = 0,05$ mm (dipilih), panjang

pipa L = 3 m, diameter pipa D = 1.25 inch = 31.75 mm = 0.03175 m, maka diperoleh:

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

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

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

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

5. Head Minor Losses ($h_{L,minor}$)

Pada penelitian ini ada beberapa jenis sambungan (*fitting*) yang digunakan, (tabel 3).

Tabel 3. 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 :

$$\square_{L,minor} = \sum K_L \frac{V^2}{2g} = 2.28 \frac{(2.5400)^2}{2 \times 9.81} = 0.7497 \text{ m}$$

6. Head Total Pompa (H)

Head total pompa dapat dihitung dengan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$H = \square_4 + \frac{V_1^2}{2g} + (\square_1 + \square_3) + (\square_{L,mayor} + \square_{L,minor})$$

Maka

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

7. Daya Output Pompa (N_f)

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

8. Daya Input Pompa (N_{in})

$$N_{in} = E \cdot I$$

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.

9. Efisiensi Pompa (η)

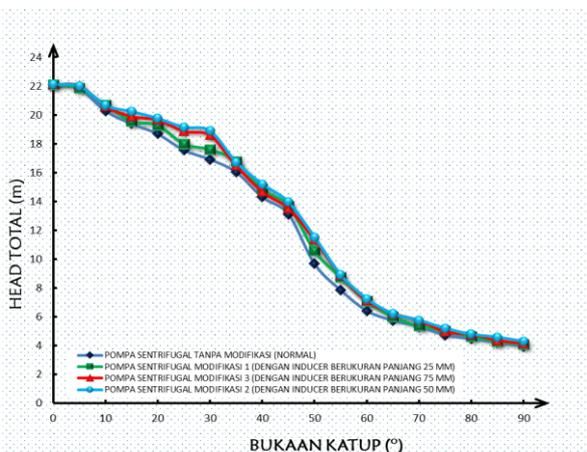
$$\begin{aligned} \eta_p &= \frac{N_f}{N_{in}} \cdot 100\% \\ &= \frac{189.90}{460} \cdot 100\% \\ &= 41.03\% \end{aligned}$$

HASIL DAN 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).

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

Dari gambar 3, 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).



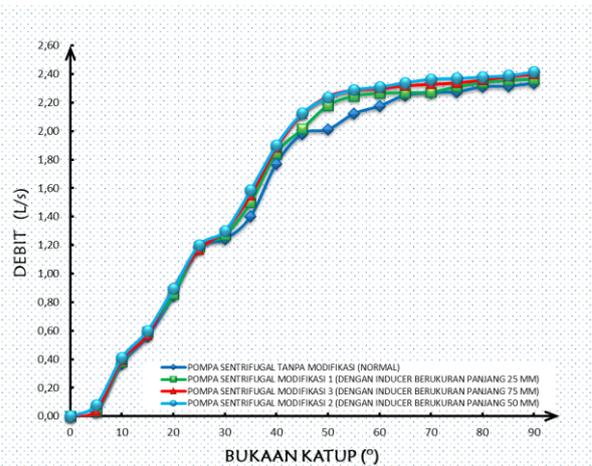
Gambar 3. bukaan katup (BK) Vs head total (H_{tot}) (Sumber: Data diolah, 2022)

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.

b. Pengaruh Modifikasi Terhadap Debit Pompa (Q)

Dari gambar 4, 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).



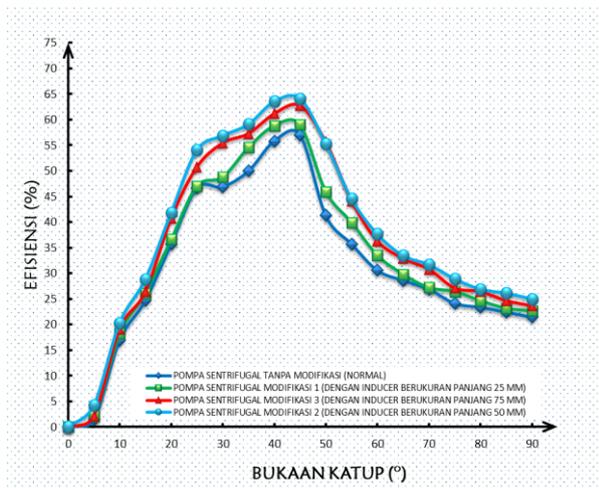
Gambar 4. bukaan katup (BK) Vs debit (Q) (Sumber: Data diolah, 2022)

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.

c. Pengaruh Modifikasi Terhadap Efisiensi Pompa (η_p)

Dari gambar 5 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. 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 %.



Gambar 5. bukaan katup (BK) Vs efisiensi (η) (Sumber: Data diolah, 2022)

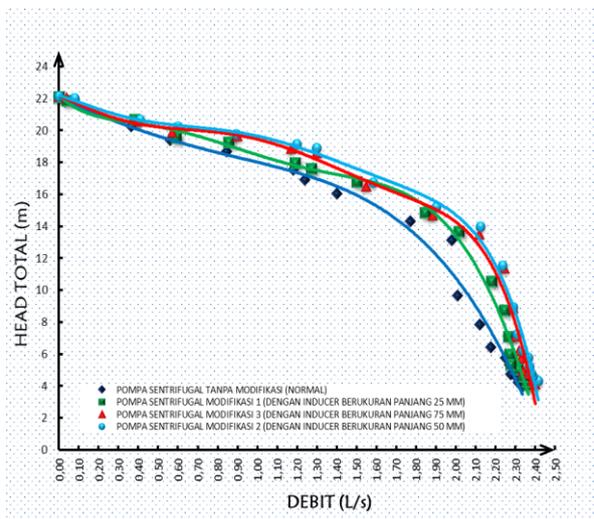
Grafik juga memberikan tendensi bahwa pengaruh modifikasi terhadap efisiensi pompa terjadi cukup signifikan pada debit pompa sedang hingga besar (bukaan katup pengatur sedang hingga terbuka penuh).

d. Karakteristik Pompa Sentrifugal Konvensional (Normal) dan Modifikasi

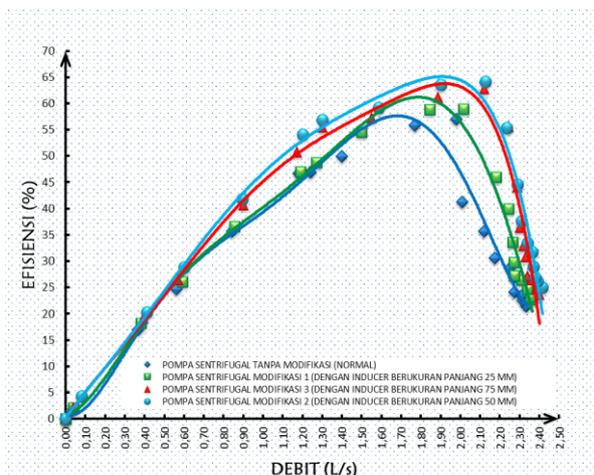
Karakteristik sebuah pompa sentrifugal biasanya dinyatakan dalam grafik hubungan Head (H) Vs Debit (Q) serta hubungan Efisiensi (η_p) Vs Debit (Q). Pada penelitian ini karakteristik pompa sentrifugal konvensional (normal) dan modifikasi yang menjadi objek penelitian ditampilkan pada gambar 6 dan 7.

Dari kedua grafik tersebut 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.



Gambar 6. head total (H) Vs debit (Q) (Sumber: Data diolah, 2022)



Gambar 7. efisiensi pompa (η_p) Vs debit (Q) (Sumber: Data diolah, 2022)

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 disajikan pada table 4 sebagai berikut:

Tabel 4. 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 (<i>inducer</i> 25 mm)	58.97	2.0150	13.6194
3.	Modifikasi 3 (<i>inducer</i> 75 mm)	62.73	2.1250	13.8917
3.	Modifikasi 2 (<i>inducer</i> 50 mm)	64.13	2.1200	13.4368

(Sumber: Data diolah, 2022)

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 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan redaksi Jurnal Teknik AMATA Politeknik Amamapare Timika Papua Tengah yang telah memberikan ruang untuk publikasi, pimpinan dan staf Fakultas Teknik Uncen yang telah memberikan bantuan dana penelitian, rekan-rekan dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Uncen yang telah memberi sumbangan tenaga dan pemikiran serta kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- 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 Tipe 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.

BIODATA PENULIS

Penulis pertama dan kedua adalah dosen tetap pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih Jayapura Papua dengan biodata sebagai berikut:

▪ **Penulis pertama**

Nama Lengkap : Allo Sarira Pongsapan,
S.T., M.T.
Jenis Kelamin : Perempuan
NIP : 198206252009122003
NIDN : 0025068205
ID SINTA : 6722977
Disiplin Ilmu : T. Mesin (Konversi Energi)
Pangkat/Gol : Penata Muda Tk.1 / IIIb
Jabatan : Asisten Ahli
Alamat : Jl. Kamp. Wolker Kampus
Uncen Waena
Telepon/E-mail : 081342566511/
as.pongsapan@gmail.com

▪ **Penulis kedua**

Nama lengkap : Rombe Allo, S.T., M.T.
Jenis Kelamin : Laki-laki
NIP : 197701262005011001
NIDN : 0026017703
ID SINTA : 6646864
Disiplin Ilmu : T. Mesin (Konversi Energi)
Pangkat/Gol : Penata Tk.1 / III d
Jabatan : Lektor
Alamat : Jl. Kamp. Wolker Kampus
Uncen Waena
Telepon/E-mail : 082255324903/
allorombe@gmail.com