

Analisis Pengaruh Diameter Sudu Pipa Elbow Terhadap Kinerja Turbin

Jamal Jamal^{1*}, La Ode Musa¹, Joy E. Sitayani¹ dan Lovejuwantri Batu Pagallaran¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*jamal_mesin@poliupg.ac.id

Abstract: In this study, three turbines were tested with variations in the diameter of blades the elbow pipe, are ½ inch, ¾ inch and 1 inch, the three turbines were tested alternately. The working principle of the test installation is that the pump circulates pressurized water through a pipe from the lower reservoir to the nozzle, the water spray from the nozzle hits the turbine blades so that the turbine rotates, the water falls and flows back into the reservoir. The turbine rotation that occurs also causes the rotation of the pulley and generator. The rotating generator produces electricity, which is sent to the lamp load until it lights up. The lowest performance of the 90° elbow turbine is at an output power of 1.35 watt with a system efficiency of 28.28% occurring in the use of ½ inch diameter elbow blades while the highest is at 2.76 watt power with 62.10% efficiency occurring in the use of ¾ Inch diameter elbow blades. On average, turbine elbow ½ inch has an efficiency of 33.57%, turbine elbow ¾ inch has an efficiency of 43.65% and turbine elbow one inch has an efficiency of 46.46%.

Keywords: turbine; blade; pipe; elbows.

Abstrak: Pada penelitian ini turbin yang diuji ada tiga buah turbin dengan variasi diameter sudu pipa elbow yaitu ½ inci, ¾ inci dan 1 inci, ketiga buah turbin diuji secara bergantian. Prinsip kerja instalasi pengujian adalah pompa mengalirkan air bertekanan melalui pipa dari bak penampungan bawah menuju ke nozzle, semprotan air dari nozzle menumbuk sudu turbin hingga turbin, air jatuh dan mengalir kembali ke bak penampungan bawah. Putaran turbin yang terjadi juga menyebabkan perputaran pulley dan generator. Generator yang berputar menghasilkan listrik, yang dialirkan menuju ke beban lampu hingga menyala. Kinerja dari turbin elbow 90° terendah yaitu pada daya output 1,35 watt dengan efisiensi sistem 28,28% terjadi pada penggunaan sudu elbow diameter ½ inci sedangkan tertinggi yaitu pada daya 2,76 watt dengan efisiensi 62,10% terjadi pada penggunaan sudu elbow diameter ¾ Inci. Secara rata-rata turbin elbow ½ inci memiliki efisiensi 33,57%, turbin elbow ¾ inci memiliki efisiensi 43,65% dan turbin elbow 1 inci memiliki efisiensi 46,46%.

Kata kunci : turbin; sudu; pipa; elbow.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi merupakan sesuatu yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan manusia saat ini. Namun ketersediaan energi yang ada sangat terbatas jumlahnya, untuk itu pemanfaatan sumber daya energi yang bersifat terbarukan menjadi suatu alternatif yang harus dikembangkan guna memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Air terjun dapat dikonversi menjadi bentuk energi lain seperti energi mekanik dan energi listrik [1].

Jenis turbin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga air terdiri dari dua macam yakni turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls adalah turbin yang mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik pada nosel, contohnya turbin pelton dan turbin crossflow. Turbin reaksi adalah turbin yang mengubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi puntir dalam bentuk putaran, contohnya turbin francis dan turbin propeler (Kaplan) [2].

Perkembangan penelitian turbin air telah banyak dilakukan, terdapat beberapa penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

¹ Korespondensi penulis: Jamal Jamal, Telp 081343670304, jamal_mesin@poliupg.ac.id

Penelitian tentang “evaluasi unjuk kinerja turbin air pelton terbuat dari kayu dan bambu sebagai pembangkit listrik ramah lingkungan untuk pedesaan” [3] diperoleh efisiensi total sebesar 28% pada debit aliran air sebesar 28 L/detik, tinggi jatuh efektif sebesar 7 m dan beban 300 watt. Penelitian lainnya tentang “pembuatan prototype turbin pelton dengan pipa galvanis diameter ½ inci untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro”, [4] diperoleh kinerja turbin sebesar 0,11% dengan ukuran nosel 1,3 cm, kemudian 0,83% dengan ukuran nosel 0,8 cm, serta 5,55% dengan ukuran nosel 0,6 cm. Pada penelitian tentang “karakteristik daya turbin pelton skala mikro dengan variasi bentuk sudu pipa elbow dengan diameter ½ dan ¾ inci”, [5] diperoleh hasil daya tertinggi didapatkan pada sudu turbin dengan jumlah sudu 12 berdiameter ½ inci. Yakni daya yang dihasilkan 1,938watt dengan putaran 560 rpm dengan efisiensi turbin sebesar 0,018176%.

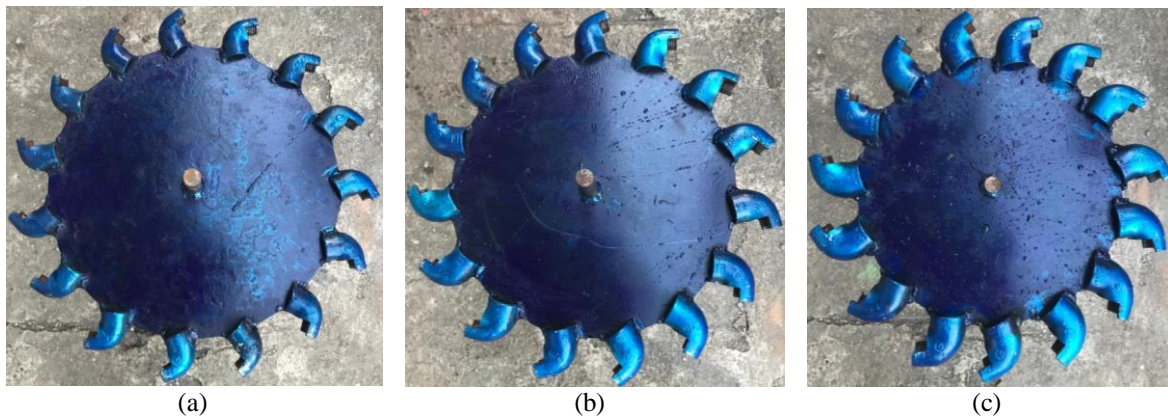
Pada penelitian tentang “blade shape analysis on the performance of the pelton turbine prototype”, [6] diperoleh daya turbin maksimal sebesar 99,141watt dengan efisiensi maksimal turbin sebesar 25,512%. Penelitian lainnya tentang “analisis pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi turbin pelton dengan tekanan konstan”, [7] diperoleh efisiensi 71% dengan jumlah sudu 9 pada putaran 698,2 rpm sedangkan pada jumlah sudu 12 pada putaran 714,5 rpm diperoleh efisiensi sebesar 79%. Pada penelitian tentang “pengaruh variasi diameter nosel terhadap efisiensi turbin air pelton”, [8] diperoleh hasil pengujian variasi diameter nosel dengan tinggi jatuh air (H) 12 m dan debit air (Q) 0,009 m³/s mendapatkan torsi, daya turbin, dan efisiensi terbaik pada diameter nosel 8 mm yaitu torsi 18791 Nm, daya turbin 154462 watt, serta efisiensi terbesar pada nilai 41 %. Adapun penelitian tentang “pemanfaatan pipa elbow sebagai sudu turbin impuls”, [9] diperoleh hasil pengujian dengan bertambahnya beban output listrik maka efisiensi sistem, cenderung naik dengan kisaran 28,28 % hingga 37,91 %.

II. METODE PENELITIAN

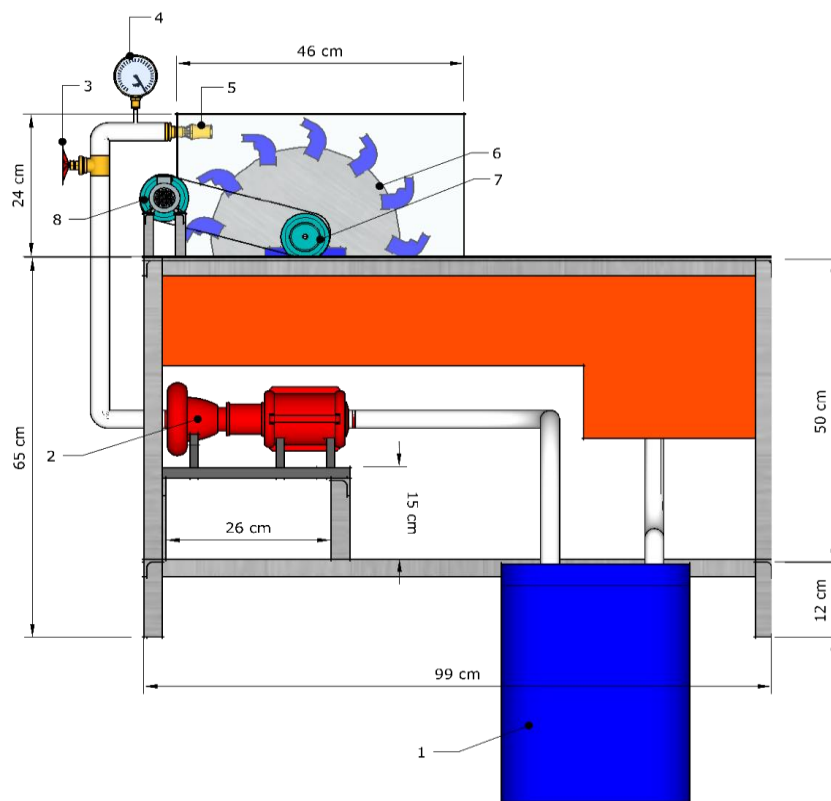
Sudu turbin terbuat dari pipa elbow sudut 90°, dengan bahan baja Galvanis. Pipa elbow yang digunakan ada tiga, dengan ukuran diameter yaitu ½ inci, ¾ inci dan 1 inci. Pipa elbow dipotong hingga membentuk sudu seperti yang terlihat pada gambar 1. Turbin dibuat sebanyak tiga buah sesuai dengan jumlah variasi diameter sudu pipa elbow. Turbin berbentuk piringan baja dengan tebal pelat 5 mm dan diameter 300 mm, adalah dengan memasang setiap sudu pipa elbow pada pelat 5 mm dengan diameter 300 mm, sudu pipa elbow sebanyak 15 buah dipasang pada piringan baja dengan sudut kemiringan dan jarak antar sudu adalah sama. Hasil pembuatan sudu pipa elbow dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Sudu turbin dari pipa elbow sudut 90°



Gambar 2. Tiga buah turbin diameter sudu pipa elbow (a) ½ inci (b) ¾ inci dan (c) 1 inci



Gambar 3. Instalasi pengujian turbin sudu pipa elbow
 Keterangan: (1) Bak penampungan air, (2) Pompa, (3) Valve, (4) Barometer,
 (5) Nozzle, (6) Turbin, (7) Pulley dan sabuk serta (8) Generator

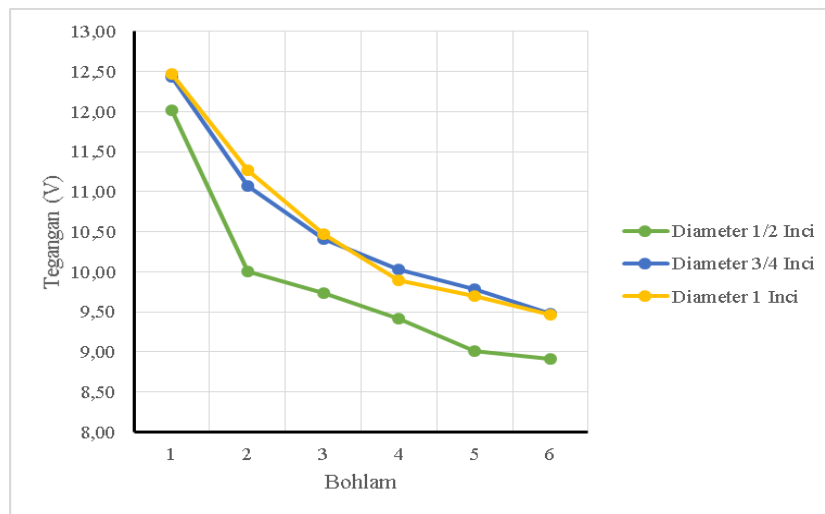
Metode pengujian turbin dengan sudu pipa elbow dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4. Instalasi uji terdiri dari bak penampungan air, pompa, valve, barometer, nozzle, pulley dan sabuk, generator, pipa-pipa penghubung serta beban lampu. Turbin yang diuji ada tiga buah turbin dengan variasi diameter sudu pipa elbow yaitu ½ inci, ¾ inci dan 1 inci, ketiga buah turbin diuji secara bergantian. Prinsip kerja instalasi pengujian adalah pompa mengalirkan air bertekanan melalui pipa dari bak penampungan bawah menuju ke nozzle, semprotan air dari nozzle menumbuk sudu turbin hingga turbin, air jatuh dan mengalir kembali ke bak penampungan bawah. Putaran turbin yang terjadi juga menyebabkan perputaran pulley dan generator. Generator yang berputar menghasilkan listrik, yang dialirkan menuju ke beban lampu hingga menyala.



Gambar 4. Pelaksanaan pengujian turbin sudu pipa elbow

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

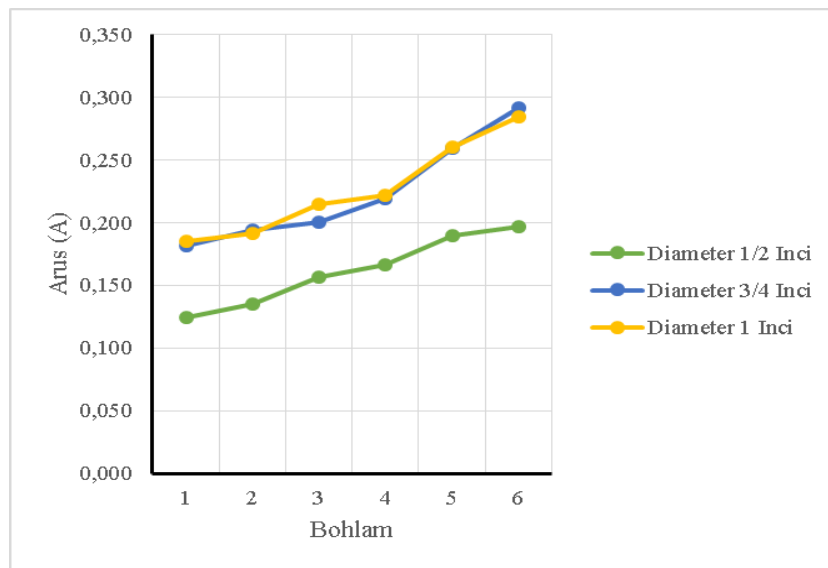
Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah bohlam rangkaian paralel yang dipasang, maka tegangan semakin menurun. Untuk turbin diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh tegangan sebesar 12,43 Volt dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh tegangan sebesar 9,48 Volt. Untuk turbin diameter sudu 1 inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh tegangan sebesar 12,47 Volt dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh tegangan sebesar 9,47 Volt.



Gambar 5. Grafik hubungan tegangan terhadap jumlah beban lampu

Merujuk pada gambar 5, dapat dilihat juga bahwa nilai penurunan tegangan setiap variasi penambahan bohlam antara turbin diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci dan turbin diameter sudu 1 inci nilainya hampir sama. Untuk penurunan tegangan paling signifikan dapat dilihat pada turbin dengan diameter sudu $\frac{1}{2}$ inci pada saat pemasangan 2 bohlam.

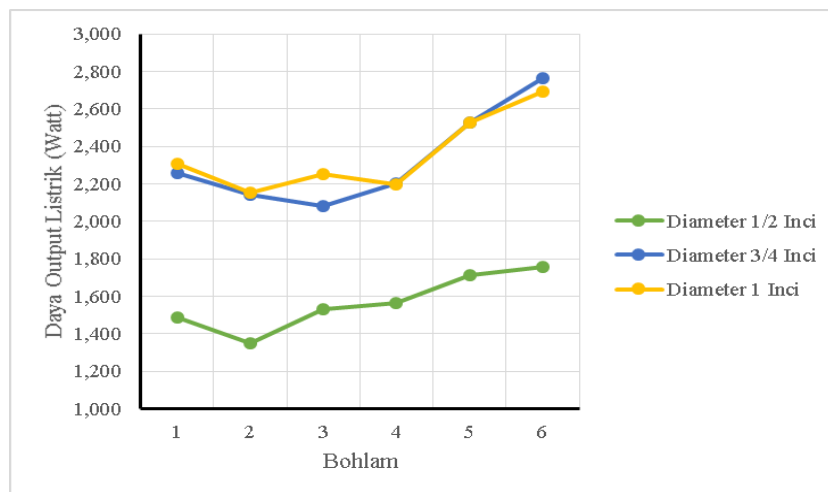
Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah bohlam yang dipasang, maka arus akan semakin meningkat. Untuk turbin diameter sudu $\frac{1}{2}$ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh arus sebesar 0,124 Ampere dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh arus sebesar 0,197 Ampere. Untuk turbin diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh arus sebesar 0,182 dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh arus sebesar 0,292 Ampere. Untuk turbin diameter sudu 1 inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh arus sebesar 0,185 Ampere dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh arus sebesar 0,284 Ampere.



Gambar 6. Grafik Hubungan Arus terhadap jumlah beban lampu

Merujuk pada gambar 6, dapat dilihat juga bahwa nilai kenaikan arus setiap variasi penambahan jumlah bohlam antara turbin dengan diameter sudu ¾ inci dan turbin diameter sudu 1 inci nilainya hampir sama.

Berdasarkan gambar 7, dapat dilihat bahwa penambahan jumlah bohlam akan menaikkan daya output listrik. Untuk turbin diameter sudu ½ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 1,490 watt dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 1,756 watt. Untuk turbin diameter sudu ¾ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 2,258 watt dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 2,765 watt. Untuk turbin diameter sudu 1 inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 2,306 watt dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh daya output listrik sebesar 2,692 watt.

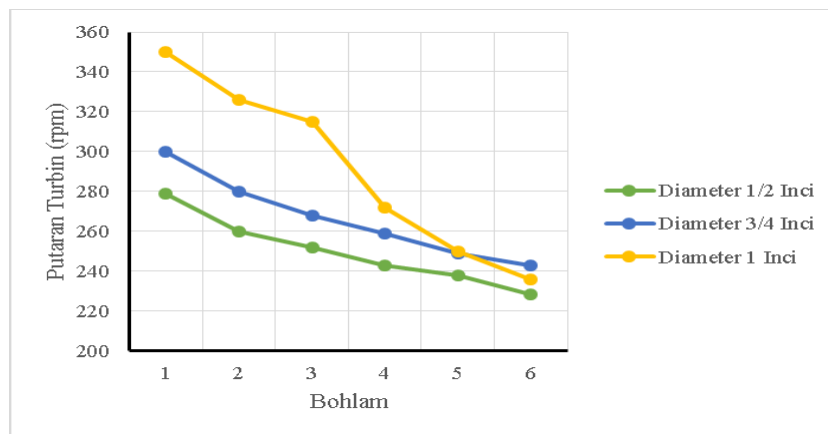


Gambar 7. Grafik Hubungan Daya Output Listrik terhadap jumlah beban lampu

Merujuk pada gambar 7, dapat dilihat juga bahwa nilai daya output listrik antara turbin diameter sudu ¾ inci dan turbin diameter sudu 1 inci nilainya tidak terpaut jauh dibandingkan turbin diameter sudu ½ inci yang nilainya jauh lebih rendah.

Berdasarkan trand grafik warna hijau gambar 7, untuk diameter sudu ½ inci, daya output listrik yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan 2 jenis turbin lainnya. Hal ini dikarenakan tegangan dan arus yang dihasilkan juga lebih rendah saat pengujian.

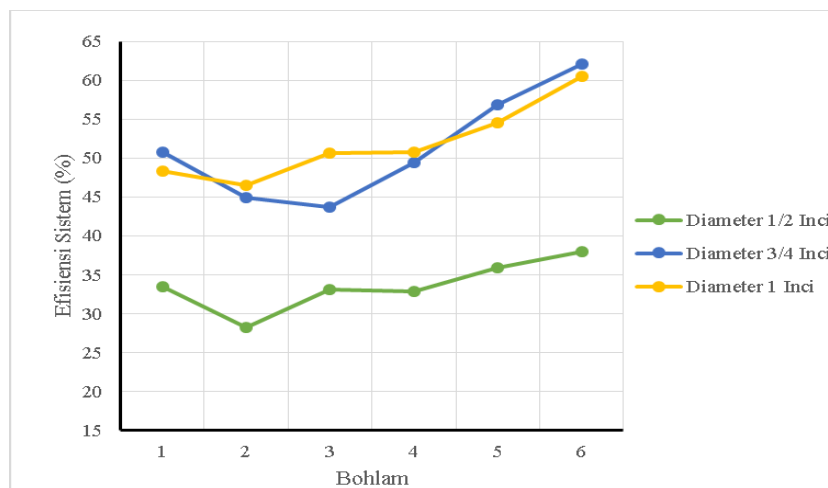
Berdasarkan gambar 8, dapat dilihat bahwa penambahan jumlah bohlam akan menurunkan putaran turbin. Untuk turbin diameter sudu ½ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 279 rpm dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 228 rpm. Untuk turbin diameter sudu ¾ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 300 rpm dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 243 rpm. Untuk turbin diameter sudu 1 inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 350 rpm dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh putaran turbin sebesar 236 rpm.



Gambar 8. Grafik Hubungan Putaran Turbin terhadap jumlah beban lampu

Merujuk pada gambar 8, dapat dilihat bahwa penurunan putaran sangat signifikan terjadi pada turbin dengan diameter sudu ½ inci pada saat pemasangan 1-4 bohlam.

Dapat dilihat untuk variasi turbin dengan diameter sudu 1 inci putaran turbin yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan 2 jenis turbin lainnya. Hal ini dikarenakan karena turbin variasi ini lebih berat sehingga putaran yang dihasilkan lebih konstan pada setiap pembebanan dilakukan.



Gambar 9. Grafik Hubungan Efisiensi Sistem terhadap jumlah beban lampu

Berdasarkan gambar 9, dapat dilihat bahwa penambahan jumlah bohlam cenderung akan meningkatkan efisiensi sistem. Untuk turbin diameter sudu ½ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh efisiensi sistem sebesar 33,46% dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh efisiensi sistem

sebesar 37,91%. Untuk turbin diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh efisiensi sistem sebesar 50,71% dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh efisiensi sistem sebesar 62,10%. Untuk turbin diameter sudu 1 inci, apabila dipasang 1 bohlam diperoleh efisiensi sistem sebesar 48,33% dan apabila dipasang 6 bohlam diperoleh efisiensi sistem sebesar 60,45%.

Merujuk pada gambar 9, dapat dilihat bahwa efisiensi sistem turbin diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci dan turbin diameter sudu 1 inci nilainya tidak terpaut jauh. Untuk diameter sudu $\frac{1}{2}$ inci, efisiensi sistem yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan 2 jenis turbin lainnya. Hal ini dikarenakan daya output listrik yang dihasilkan juga lebih rendah saat pengujian.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari hasil-hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kinerja dari turbin elbow 90° terendah yaitu pada daya output 1,35 Watt dengan efisiensi sistem 28,28% terjadi pada penggunaan sudu elbow diameter $\frac{1}{2}$ inci sedangkan tertinggi yaitu pada daya 2,765 Watt dengan efisiensi 62,10% terjadi pada penggunaan sudu elbow diameter $\frac{3}{4}$ inci.
- 2) Kinerja turbin elbow diameter sudu $\frac{1}{2}$ inci, diperoleh putaran turbin tanpa beban 640 rpm dan berbeban antara 228 rpm – 279 rpm, daya output tertinggi 1,76 Watt dan terendah 1,490 Watt, efisiensi sistem tertinggi 37,91% dan terendah 33,57%.
- 3) Kinerja turbin elbow diameter sudu $\frac{3}{4}$ inci, diperoleh putaran turbin tanpa beban 573 rpm dan berbeban antara 243 rpm – 300 rpm, daya output tertinggi 2,765 Watt dan terendah 2,258 Watt, efisiensi sistem tertinggi 62,10% dan terendah 43,65%.
- 4) Kinerja turbin elbow diameter sudu 1 inci, diperoleh putaran turbin tanpa beban 550 rpm dan berbeban antara 236 rpm – 350 rpm, daya output listrik tertinggi 2,692 Watt dan terendah 2,306 Watt, efisiensi sistem tertinggi 60,45% dan terendah 46,46%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mafruddin, M., Irawan, R. M., Setiawan, N., Rajabiah, N., & Irawan, D. 2020. Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2), 214-218.
- [2] Muis, A. 2010. Turbin air pada PLTA Larona. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 7(1).
- [3] Kamal, S., & Prajitno, P. 2013. Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Air Pelton Terbuat Dari Kayu Dan Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Untuk Pedesaan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 20(2), 190-198.
- [4] Iskandar, Afrizal A., dan Kahar M T F. 2014. Pembuatan Prototipe Turbin Pelton Dengan Pipa Galvanis Diameter $\frac{1}{2}$ Inci Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pihydro. Skripsi. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] Zei, F. B. 2016. Karakteristik Daya Turbin Pelton Skala Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu Pipa Elbow 90° Dengan Diameter $\frac{1}{2}$ " Dan $\frac{3}{4}$. Skripsi. Jurusan Teknik Universitas Muhammadiyah Jember.
- [6] Yani, A., Irianto, I., Triyatno, J., Fitria, F., & Sobah, S. 2020. Blade Shape Analysis on The Performance of The Pelton Turbine Prototype. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 7(1), 50-55.
- [7] Tonadi, E. 2021. Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan. *Teknosia*, 15(1), 36-42.
- [8] Giri, R. S. H. P. 2021. Pengaruh Variasi Diameter Nozzle Terhadap Efisiensi Turbin Air Pelton. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
- [9] Jamal, J., Musa, L., Dermawan, D., Sitayani, J. E., & Pagallaran, L. B. 2022. Pemanfaatan Pipa Elbow Sebagai Sudu Turbin Impuls. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol. 7, No. 1, pp. 133-137).*