

Analisa Pengaruh Variasi Tekanan dan Jarak Semprot *Nozzle* Terhadap Daya Output Pada Instalasi Turbin Pelton

Muhammad Ridwan Yusuf ¹⁾, Muhammad Hasbi ²⁾, Samhuudin ³⁾

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unuversitas Halu Oleo

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A. Makadompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

e-mail : muhammadridwanyusuf015@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan meneliti Turbin Pelton untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan variasi tekanan dan jarak semprot nozzle terhadap daya output pada instalasi turbin pelton, pada variasi tekanan yaitu tekanan 0,5, 1, 1,5, 2 dan 2,5 bar serta variasi jarak semprot nozzle yaitu 6, 9 dan 12 cm. Turbin yang diuji memiliki nosel tunggal, dengan diameter nosel $d=10$ mm, jumlah sudu $Z=14$ buah dan diameter turbin 14 cm. Penelitian ini diawali perancangan, pembuat instalasi turbin Pelton dan instalasi kelistrikannya. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit aliran, tekanan pada nosel, putaran turbin, tegangan dan arus listrik, Temperatur dan diameter fluida kerja. Hasil penelitian diperoleh daya Output tertinggi pada jarak semprot *Nozzle* 6 cm dan tekanan 2,5 bar sebesar 110,14 Watt dengan Efisiensi Turbin 88,11% sedangkan daya Output terendah diperoleh pada jarak semprot 12 cm dan tekanan 0,5 bar sebesar 17,07 Watt dengan Efisiensi Turbin 51,2%.

Kata kunci : Turbin Pelton, Daya Output, Efisiensi Turbin, Variasi Tekanan dan Jarak Semprot *Nozzle*.

Abstract

This study aims to examine Pelton Turbines for Micro Hydro Power Plant Systems (PLTMH) with pressure variations and spray nozzle distances to output power in pelton turbine installations, in pressure variations namely pressure 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 bar and variations the spray nozzle distance is 6, 9 and 12 cm. The tested turbine has a single nozzle, with a nozzle diameter of $d = 10$ mm, the number of blades $Z = 14$ pieces and a diameter of a turbine of 14 cm. The research began with the design, manufacturer of Pelton turbine installations and electrical installations. The parameters measured in the test are flowrate, pressure on the nozzle, turbine rotation, electric voltage and current, temperature and diameter of the working fluid. The results obtained the highest output power at a spray distance of 6 cm Nozzle and 2.5 bar pressure of 110.14 Watts with 88.11% Turbine Efficiency while the lowest Output power was obtained at a spray distance of 12 cm and a pressure of 0.5 bar of 17.07 Watts with a Turbine Efficiency of 51.2%.

Keywords: Pelton Turbine, Output Power, Turbine Efficiency, Pressure Variation and Nozzle Spray distance.

1. Pendahuluan

Pemakaian turbin sangat luas baik di dunia industri maupun kehidupan sehari-hari. Suatu turbin didesain dan disesuaikan dengan instalasi serta keadaan di lapangan, untuk mendesain turbinnya pada kondisi tertentu sehingga pemanfaatannya lebih fleksibel dan lebih luas. Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air dan proses yang terjadi adalah perubahan energi

kinetik air menjadi energi mekanis yang berupa putaran poros. Turbin air mengalami kemajuan dan perkembangan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam berbagai bentuk dan model turbin telah diciptakan oleh manusia dengan prinsip yang sama yakni memanfaatkan energi potensial air.

Penggunaan turbin air, khususnya turbin pelton banyak

digunakan. Turbin jenis ini bekerja dengan memanfaatkan air jatuh/ketinggian (*head*). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mempercepat aliran dengan mengatur dimensi saluran masuk turbin maupun bentuk sudu. Kinerja dari suatu turbin pelton dipengaruhi oleh ketinggian, kecepatan aliran, sudut sudu, jumlah nosel, ukuran aliran dan jumlah sudu serta jarak semprot *nozzle*. Selain ketinggian air jatuh dan dimensi saluran masuk, tekanan fluida masuk menjadi variabel yang sangat mempengaruhi putaran dari sudu turbin pelton. Kecepatan air yang keluar dari *nozzle* semakin menurun disebabkan tekanan yang semakin rendah dari *nozzle* tersebut. Tekanan yang rendah akan menurunkan kecepatan dorongan air yang keluar dari *nozzle* untuk mendesak mangkok turbin. Hal tersebut terjadi karena tekanan air berbanding lurus dengan kecepatan air yang keluar dari *nozzle*. Melalui analisa, kita dapat memperhitungkan daya turbin, daya hidrolis, efisiensi turbin dan daya keluaran dalam *Watt* untuk menyalakan instalasi listrik. instalasi turbin Pelton di Laboratorium Mekanika Fluida belum memiliki instalasi kelistrikan sehingga pembebanan masih menggunakan gaya yang dibebankan pada puli yang terhubung dari poros turbin, maka untuk melihat daya *output* yang dihasilkan turbin pelton

sehingga dibuatkanlah instalasi kelistrikannya.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas maka, judul skripsi dari penelitian ini yaitu mengenai Analisa pengaruh variasi tekanan dan jarak semprot *nozzle* terhadap daya *output* pada instalasi turbin pelton. Penelitian ini dilakukan simulasi di Laboratorium Mekanika Fluida dengan membuat instalasi turbin Pelton dimana daya luarnya ditransmisikan pada dinamo yang menghasilkan arus listrik kemudian dihubungkan pada bola lampu sebagai pembebanan. Dari hasil analisis, sebagai referensi untuk membuat instalasi turbin Pelton di daerah yang memenuhi karakteristik tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

Fluida didefinisikan sebagai zat atau substansi yang akan mengalami deformasi secara berkesinambungan apabila terkena gaya geser (gaya tangensial) sekecil apapun. Berdasarkan mampu mampatnya fluida dibagi menjadi 2 yaitu *compressible fluid* dan *incompressible fluid*. Berdasarkan sifat alirannya fluida dibagi menjadi 3, yaitu aliran laminar, transisi dan turbulen. Berdasarkan hubungan antara laju deformasi dan tegangan gesernya fluida dibagi menjadi 2, yaitu *newtonian fluid* dan *non-newtonian fluid*. Berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida dan gerakannya, fluida dibagi 2 yaitu fluida statis dan dinamis (Mafruddin dkk., 2017).

Debit/kapasitas merupakan volum fluida yang dapat dialirkan per satuan waktu. Pengukuran kapasitas dilakukan dengan menggunakan

venturimeter, *orifice*, *pitot tube* dan lain-lain. Satuan dari kapasitas (Q) adalah m^3/s , liter/s, atau ft^3/s . Debit aliran dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada masing-masing pipa eksperimen dimana rumus Debit aliran sebagai berikut :

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

(1)

Dimana :

 Q = debit aliran (m^3/s) V = volume fluida (m^3) t = waktu (s)

Turbin Pelton

Turbin Pelton termasuk dalam kelompok jenis turbin Impuls. Karakteristik umumnya adalah pemasukan sebagian aliran air ke dalam *runner* pada tekanan atmosfer. Pada turbin Pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda *runner*. Oleh karena itu maka turbin Pelton juga disebut turbin Pancaran bebas. penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton (sebagai penemu turbin) yakni dengan menerapkan mangkok ganda simetris. Bentuk ini padadarnya masih tetap berlaku. Punggung pembelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping. Pada dasarnya turbin terdiri atas bagian-bagian : *Runner*, Nosel dan rumah turbin (Dwi Irawan, 2014).

Head turbin dapat juga disebut sebagai tinggi jatuh air dan sering dinotasikan sebagai H . *Head* turbin dapat ditentukan berdasarkan persamaan (Bono dan Gatot Suwoto, 2015), sebagai berikut:

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

(2)

Dimana :

 H = tinggi air jatuh (m). P = tekanan Fluida (N/m^2). ρ = massa jenis fluida (kg/m^3) g = kecepatan gravitasi bumi (m/s^2).

Nosel merupakan bagian dari turbin, didalam nosel tekanan air dirubah menjadi kecepatan. Nosel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada belokan pipa, dan jarum nosel yang bisa digerakkan didalam belokan pipa. Kerucut jarum dan selubung, yang cepat aus, dibuat dari bahan bermutu tinggi serta mudah untuk diganti. Kecepatan fluida yang keluar dari *Nozzle* dapat dihitung dengan persamaan berikut: (Subramanya, 2013).

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \quad (3)$$

Dimana :

 V = kecepatan fluida kerja (m/s) Q = debit aliran (m^3/s) π = phi (3,14) d = diameter air dari *nozzle* (m)

Perhitungan Daya Poros (BHP)

Brake Horse Power (BHP) adalah merupakandaya efektif

yang diterima oleh poros turbin dari fluida yang melalui sudu-sudu turbin. BHP diukur dari rem *prony* dengan cara mengukur torsi pada poros. Putaran poros akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros. Gaya ini terbaca sebagai beban (*load*). Daya yang dihasilkan oleh turbin diperoleh dengan persamaan berikut :

$$P_T = T \cdot \omega$$

(4)

Dimana :

 P_T = daya turbin (Watt) T = torsi (Nm) ω = kecepatan anguler (rad/s)

Turbin salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air, tenaga yang dihasilkan berupa putaran sudu turbin terhubung dengan dinamo melalui tali fabel yang berputar membutuhkan nilai torsi yang optimum. Torsi turbin (T) dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \cdot r$$

(5)

Dimana :

 T = torsi (Nm) F = gaya (N) r = jari-jari (m)

Gaya yang bekerja pada sudu turbin diperoleh dengan persamaan berikut:

$$F = m \cdot \frac{v}{t}$$

(6)

Dimana:

 F = gaya (N) m = massa fluida (kg) v = kecepatan aliran fluida (m/s) t = waktu (s)

Massa fluida adalah massa zat yang terkandung pada suatu fluida. Massa fluida dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$m = \rho \cdot V$$

(7)

Dimana :

 m = massa fluida (kg) ρ = massa jenis zat cair (kg/m³) V = volume fluida (m³)

Dinamo berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis. Daya yang dihasilkan dinamo dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \cdot I$$

(8)

Dimana :

 P = daya listrik (Watt) V = tegangan listrik (Volt) I = arus listrik (Ampere)

Untuk kecepatan keliling turbin diperoleh dengan menghitung menggunakan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$$

(9)

Dimana :

 ω = kecepatan anguler (rad/s) π = phi 3,14 N = putaran turbin (rpm)

Perhitungan Efisiensi Turbin (η)

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin (N_{shaft}) dengan daya yang diberikan oleh fluida (N_{fluida}). Efisiensi turbin menyatakan kemampuan turbin untuk mengubah energi fluida menjadi energi yang berguna pada poros turbin. Daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin dapat diperoleh dari perhitungan efisiensi turbin sebagai berikut :

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_{hyd}}$$

(10)

Dimana :

P_T = daya turbin (Watt)

η_T = efisiensi turbin (%)

P_{hyd} = daya hidrolik (Watt)

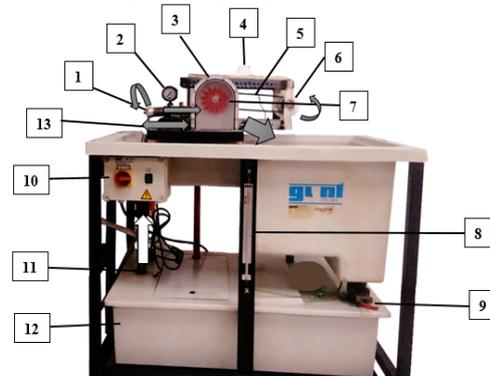
3. Metode Penelitian

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu tekanan dalam (bar), jarak semprot dalam (cm), diameter pancaran fluida dalam (cm), putaran dalam (rpm), debit aliran dan arus listrik dalam (Ampere).

Skema alat uji instalasi turbin pelton sebagai berikut :

1. Nozzle Inlet Mengatur dimensi Nozzle
2. Pressure gauge membaca tekanan fluida yang masuk
3. Rumah turbin Pelton
4. Bola lampu yang dihubungkan dengan kabel dari dinamo
5. Vambelt Belt
6. Dinamo
7. Sudu turbin
8. Pengukur volume fluida
9. Katup pengukur volume fluida
10. Tombol power pompa

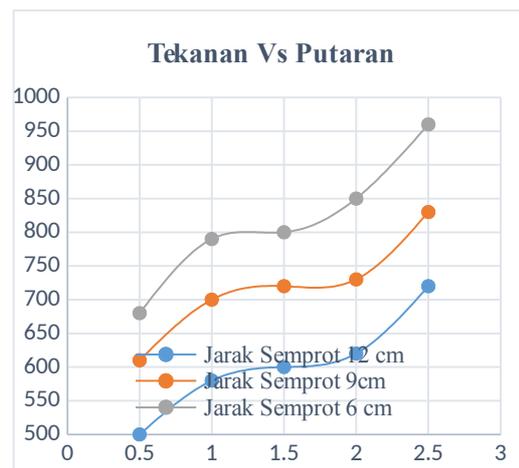
11. Pipa aliran fluida ke rumah turbin
12. Bak penampung fluida



Gambar 1. Skema alat uji instalasi turbin Pelton

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik dengan hubungan variasi tekanan dengan putaran turbin, daya hidrolik, daya turbin, daya listrik yang dihasilkan dan efisiensi turbin grafik yang didapat kemudian dibandingkan, sehingga akan terlihat pengaruh variasi tekanan dan jarak semprot nozzle terhadap daya output turbin Pelton.

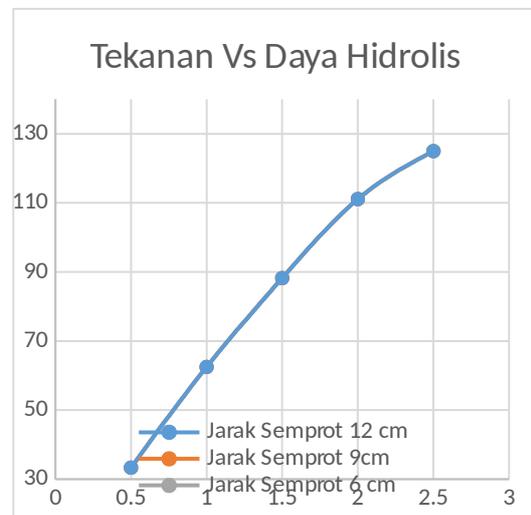


Gambar 2. Grafik hubungan tekanan (P) terhadap putaran sudu turbin (N)

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan pengaruh tekanan

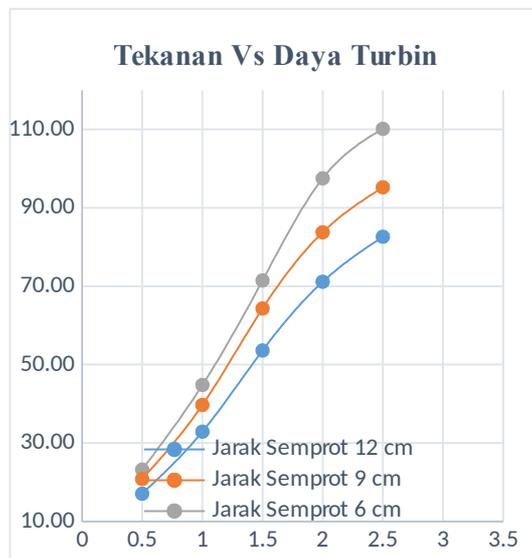
terhadap putaran sudu turbin. Pada tekanan 0.5 sampai tekanan 2.5 bar putaran turbin mengalami kenaikan putaran untuk semua variasi jarak semprot. Dari hasil eksperimen, nilai putaran sudu turbin pelton Terendah didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 12 cm pada tekanan fluida 0,5 bar sebesar 500 Rpm dan putaran sudu turbin Pelton tertinggi didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 6 cm dan pada tekanan fluida 2,5 bar sebesar 960 rpm.

Pada Gambar 2, putaran sudu turbin mengalami kenaikan secara linear dari tekanan 0.5, 1, 1.5, 2, dan 2.5 bar. Fenomena tersebut diakibatkan tekanan fluida yang semakin besar mengakibatkan kecepatan aliran air yang menumbuk sudu turbin menjadi cepat sehingga putaran sudu turbin meningkat. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari gambar tersebut yaitu variasi jarak semprot *nozzle* dan tekanan fluida masuk mempengaruhi putaran sudu turbin pelton. Jadi, semakin dekat jarak semprot *Nozzle* dengan sudu turbin maka putaran sudu yang dihasilkan akan semakin besar. Variasi tekanan fluida kerja yang menumbuk sudu turbin akan meningkatkan putaran sudu turbin.



Gambar 3. Grafik hubungan tekanan (P) terhadap daya hidrolis (P_{hyd})

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan pengaruh tekanan terhadap daya hidrolis. Pada tekanan minimum 0.5 sampai tekanan maksimum 25 bar, daya hidrolis yang dihasilkan mengalami kenaikan. Hasil eksperimen untuk semua variasi jarak semprot *nozzle* yaitu 6 cm, 9 cm dan 12 cm, didapatkan Nilai daya hidrolis yang sama untuk semua jarak pada tekanan fluida yang sama. Dari Hasil eksperimen nilai daya hidrolis terendah didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 6, 9 dan 12 cm dan pada tekanan fluida 0,5 bar sebesar 33 Watt dan daya hidrolis tertinggi didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 6, 9 dan 12 cm dan pada tekanan fluida 2,5 bar sebesar 125 Watt.



Gambar 4. Grafik hubungan antara tekanan (P) dengan daya turbin (P_T)

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan pengaruh tekanan terhadap daya turbin. Pada tekanan 0,5 sampai tekanan 2,5 bar, daya turbin mengalami kenaikan secara linear untuk semua variasi jarak semprot 6 cm, 9 cm dan 12 cm. Dari hasil eksperimen, nilai daya turbin terendah didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 12 cm, pada tekanan fluida 0,5 bar sebesar 17,07 Watt. Daya turbin tertinggi didapatkan pada jarak semprot *Nozzle* 6 cm, pada tekanan fluida 2,5 bar sebesar 110 Watt.

Pada Gambar 4, berdasarkan hasil eksperimen daya turbin mengalami kenaikan dari tekanan 0,5 1, 1,5, 2, dan 2,5 bar. Fenomena tersebut diakibatkan tekanan fluida yang diberikan semakin besar maka kecepatan aliran fluida yang menumbuk sudu turbin akan semakin besar

yang berdampak pada putaran sudu turbin akan meningkat pula. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari hasil eksperimen yaitu variasi jarak semprot *nozzle* dan tekanan fluida masuk mempengaruhi daya turbin Pelton. Jadi, jarak semprot *nozzle* yang lebih dekat dari sudu turbin dan tekanan fluida yang besar akan menghasilkan daya turbin pelton yang lebih besar dibandingkan dengan jarak semprot *nozzle* yang lebih jauh dan lebih kecil tekanannya.

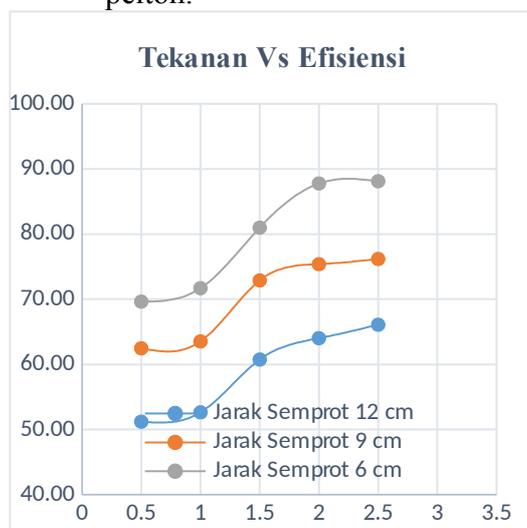


Gambar 5. Grafik hubungan tekanan (P) dengan daya listrik (P_L)

Pada Gambar 5, menunjukkan pengaruh tekanan terhadap daya listrik dinamo. Pada tekanan 0,5 sampai tekanan 2,5 bar daya listrik yang dihasilkan mengalami kenaikan secara linear untuk semua variasi jarak semprot *Nozzle*. Dari hasil eksperimen, daya listrik terendah didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 12 cm, pada tekanan

fluida 0,5 bar sebesar 13,41 Watt. Daya listrik yang tinggi terdapat pada jarak semprot *Nozzle* 6 cm dan pada tekanan 2,5 bar sebesar 25,70 Watt.

Pada Gambar 5, daya listrik yang dihasilkan mengalami kenaikan dari tekanan 0.5 1, 1.5, 2, dan 2.5 Bar. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari gambar 4.4 yaitu variasi jarak semprot *nozzle* dan tekanan fluida masuk mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan dari putaran dinamo yang disambung ke puli turbin pelton. Jadi, semakin dekat jarak semprot *nozzle* dengan sudu turbin maka putaran dinamo yang dihasilkan akan semakin besar dan daya listrik akan semakin besar. Variasi tekanan fluida kerja yang menumbuk sudu turbin akan meningkatkan putaran sudu turbin dan putaran dinamo, jika tekanan fluida yang masuk semakin besar dan tidak melebihi tekanan maksimum fluida kerja yang menumbuk sudu turbin pelton.



Gambar 6. Grafik hubungan tekanan (P) dengan efisiensi turbin (η)

Pada Gambar 6, menunjukkan pengaruh tekanan terhadap efisiensi turbin Pelton. Pada tekanan 0.5 sampai tekanan 2,5 bar efisiensi turbin Pelton mengalami kenaikan secara linear untuk semua variasi jarak semprot. Dari Hasil eksperimen, nilai efisiensi turbin terendah didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 12 cm, pada tekanan fluida 0,5 bar sebesar 51,20 %. Efisiensi turbin tertinggi didapatkan pada jarak semprot *nozzle* 6 cm dan pada tekanan fluida 2,5 bar sebesar 88,11%.

Pada Gambar 6, efisiensi turbin mengalami kenaikan dari tekanan 0.5 1, 1.5, 2, dan 2,5 bar. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari gambar tersebut yaitu variasi jarak semprot *nozzle* dan tekanan fluida masuk mempengaruhi putaran sudu turbin pelton. Jadi, dapat ditarik kesimpulan dari gambar tersebut apabila nilai daya turbin yang dihasilkan mendekati nilai daya hidrolis yang diberikan, maka efisiensi turbin cukup baik dengan memaksimalkan daya hidrolis yang diberikan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak semprot *nozzle* maka daya *ouput* yang didapatkan akan semakin besar dan semakin jauh jarak semprot *nozzle* maka daya *output* yang diperoleh akan semakin kecil. Tekanan

fluida mempengaruhi daya *output* yang dihasilkan, dimana semakin besar tekanannya maka daya *output* yang diperoleh semakin besar dengan catatan tekanan fluida yang diberikan tidak melewati tekanan maksimum. Tekanan maksimum akan berdampak pada debit aliran yang semakin kecil dan semakin kecil tekanannya yang diberikan maka daya *output* yang diperoleh akan menurun. Daya *output* tertinggi ditunjukkan pada jarak semprot *Nozzle* 6 cm dan tekanan 2,5 bar sebesar 110,14 Watt dan daya *output* terendah ditunjukkan pada jarak 12 cm pada tekanan 0,5 bar sebesar 17,07 Watt.

Daftar Pustaka

- Bono. 2010. *Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Sudu Setengah Silinder Dengan Variasi Bentuk Penampang Nosel*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 1 2010. 1 (1) : 7-12. Retrieved From <http://Id.Portalgaruda.Org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=133834>.
- Bono dan Suwoto, G. 2011. *Karakterisasi Daya Turbin Pelton Sudu Setengah Silinder Dengan Variasi Perbandingan Lebar Sudu Dengan Diameter Nosel Pada Harga Perbandingan Jet Sebesar*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2 2011. 1 (1) : 13- 18. Retrieved from <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=133868>.
- Dhandekar, M. M., Dan Sharma, K.N., 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Budapes : Akademi Ilmu Pengetahuan Hungaria.
- Himran, Syukri. 2017. *Turbin Air– Teori Dan Dasar Perencanaan*. Yogyakarta: Andi.
- Indarto dan Bono. 2008. *Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu*. Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi. Ist Akprind Yogyakarta. <https://anzdoc.com/karakterisasi-daya-turbin-pelton-mikro-dengan-variasi-bentuk.html>.
- Irawan Dwi. 2014. *Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung*. [Jurnal Program Studi Teknik Mesin](#) Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. 3 (1) : 1-6. Retrieved from <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=526449>
- Muhammad iqbal. 2016. *Perbandingan Analisis Pressure Drop Pada Pipa Lengkung 90° Dan 135° Melalui Modifikasi Bagan Moody Untuk Laju Aliran*. Seminar Nasional Pendidikan Peran Pendidikan, Sains, Dan Teknologi Dalam Membangun Intelektual Bangsa Dan Menjaga Budaya Nasional di era mea. 1 (1) : 2527-5917. <https://www.google.co.id/search?Perbandingan-analisis-pressure-drop-pada-pipa-lengkung-900dan-1350melalui-modifikasi-bagan-moody-untuk-laju-aliran>. Html.
- Muliawan, dkk. 2016. *Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner*. *Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat*

- Perubahan Putaran Runner*. 8 (1): 1-9. [https://www.google.co.id/search?q = Studi-Eksperimental-Sudut-Nosel-Dan-Sudut-Sudu-Terhadap-enerja-Turbin-Cross-flow.html](https://www.google.co.id/search?q=Studi-Eksperimental-Sudut-Nosel-Dan-Sudut-Sudu-Terhadap-enerja-Turbin-Cross-flow.html).
- Mafrudin, dkk. 2016. *Studi Eksperimental Sudut Nosel Dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow*.
- Poea dkk. 2012. *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter*. Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat. 1 (1) : 1-9. <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=108035>.
- Ridwan. 2017. *Modul Praktikum Mesin-Mesin Fluida Percobaan Turbin Pelton Jurusan Teknik Mesin [Laporan]*. Kendari (ID) : Universitas Halu Oleo.
- Subramanya. 2013. *Hydraulic Machines*. India : Tata Mcgraw-Hill Education.
- Thobari dkk. 2013. *Analisa Pengaruh Sudut Keluar Sudu Terhadap Putaran Turbin Pelton*. *Jurnal Engineering Analisa Pengaruh Sudut Keluar Sudu Terhadap Putaran Turbin Pelton*. 7 (2) : 1-6. [http://id.portalgaruda.org/?ref= browse&mod = viewarticle &article=147797](http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=147797).
- Tampubolon, dkk. 2014. *Uji Performansi Turbin Pelton Dengan 26 Sudu Pada Head 5,21 Meter Dengan Mengunkan Satu Buah Nosel Dan Analisa Perbandingan Menggunakan Variasi Bentuk Sudu*. Jurnal e-Dinamis. 8 (4) : 204-213.
- <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/edinamis/article/view/8999/3842>.