



## Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu

Apri Wiyono<sup>1\*</sup>, Ghani Heryana<sup>2</sup>, Widodo Rahayu<sup>2</sup>, Aji Putro Prakoso<sup>3</sup>, Ega Taqwali Berman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi teknologi Texmaco, Subang, Indonesia

<sup>3</sup> Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

\*Email Penulis: [apri.wiyono@upi.edu](mailto:apri.wiyono@upi.edu)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 29/09/2018  
Naskah Direvisi 15/10/2018  
Naskah Disetujui 30/10/2018  
Naskah Online 31/10/2018

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data performa dari turbin pelton dengan kapasitas kecil (jumlah 9 sudu dan panjang 29,6 cm) yang digunakan sebagai penggerak turbin. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dan pengukuran secara aktual serta perhitungannya. Metode pengujian meliputi pengaruh dari turbin pelton setelah dirubah sudunya menjadi sudu lengkung pada ketinggian yang berbeda yaitu 1,5 meter, 1 meter dan 0,5 meter dan menggunakan transmisi rantai untuk meneruskan ke generator untuk dirubah menjadi energi listrik. Hasil yang didapat dari pengujian turbin pelton yaitu putaran turbin meningkat dari 38,3 Rpm menjadi 41,7 Rpm pada ketinggian 1,5 meter. Disisi lain beda potensial/tegangan yang dihasilkan juga meningkat dari 0,128 Volt menjadi 0,198 Volt pada ketinggian 1,5 meter. Daya optimum terjadi di ketinggian 1,5 meter yaitu dari 0,0512 watt menjadi 0,0792 watt. Nilai efisiensi tertinggi yaitu 81% pada ketinggian 0,5 meter.

**Kata kunci:** turbin air, bentuk sudu, dan daya turbin

### 1. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang mendasar yang perlu diwujudkan oleh elemen terkait. Krisis listrik mungkin saja akan terjadi di masa yang akan datang apabila kita sebagai pemakai energi listrik baik untuk kepentingan industrialisasi maupun rumah tangga tidak bijak menggunakannya. Karena sumber-sumber energi listrik tersebut mulai jarang, maka kita perlu mencari sumber alternatif yang lain yang bisa didapatkan dan terbarukan. (Yani, 2016)

Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Dengan begitu banyaknya sumber-sumber air di berbagai wilayah di Indonesia dapat kita gunakan sebagai sumber untuk menggerakkan suatu alat (turbin air), alat ini dapat memutar dan meneruskan putaran ke generator listrik. (Muliawan, 2016) Turbin air adalah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerja dimana energi potensial air diubah menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh

generator. Di pemukiman penduduk yang sulit terjangkau dengan listrik, turbin air mini ini bisa dijadikan pertimbangan untuk bisa dimanfaatkan energinya. (Mahyusal, 2013)



**Gambar 1.** Turbin sebelum dan setelah dimodifikasi

Turbin air mini yang dibuat dengan sudu lengkung akan menghasilkan daya yang lebih besar dikarenakan mempunyai daya dorong di sudu lengkungnya karena air tertahan sejenak di sudu lengkung tersebut. (Lubis, 2007) Sudu turbin ini hasil modifikasi dari sudu datar sebelumnya. Dengan energi yang dihasilkan turbin ini diharapkan bisa memenuhi kebutuhan listrik tersebut. Dalam studi kali ini bertujuan untuk mengetahui besarnya energi yang dihasilkan setelah di modifikasi sudu turbinnya. (Arismunandar, 1974)

**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1. Potensi Tenaga air**

Potensi tenaga air dan pemanfaatannya pada umumnya sangat berbeda jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga lain. Sumber tenaga air merupakan sumber yang dapat diperbarui. Potensi secara keseluruhan tenaga air relatif kecil dibandingkan jumlah sumber bahan bakar fosil. Untuk menentukan pemakaian suatu potensi sumber tenaga air, ada tiga faktor utama yang harus diperhatikan yaitu jumlah air yang tersedia, tinggi jatuh air yang dimanfaatkan, dan jarak lokasi. (Muliawan, 2016) Debit air yang mengalir dapat dituliskan seperti pada persamaan 1. (Tung, 2005)

$$Q=V/t \tag{1}$$

Dimana :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume air (m<sup>3</sup>)

t = waktu (s)

Daya air yang dapat dimanfaatkan oleh turbin dapat dihitung berdasarkan persamaan 2. (Tung, 2005)

$$Pw=\rho.Q.g.Hn \tag{2}$$

Dimana :

Pw = Daya air (watt)

ρ = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

g = Gravitasi bumi (m<sup>2</sup>/s)

H = Ketinggian (m)

**2.2. Turbin Air**

Turbin merupakan komponen yang mengubah energi potensial pada air menjadi energi mekanik yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator. (Muliawan, 2016) Usaha adalah gaya kali jarak. Daya adalah usaha tiap satuan waktu. Daya air adalah kerja yang dihasilkan oleh air. untuk menggerakkan suatu turbin. Generator (Dinamo), Merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi mekanik atau poros menjadi energi listrik. Di dalam dinamo terdapat kumparan yang bisa menghasilkan arus listrik karena beda potensial. Daya turbin teoritis didefinisikan sesuai dengan persamaan 3 (Tung, 2005).

$$Pt = Pw.\eta_t \tag{3}$$

Dimana :

Pt = Daya turbin (watt)

Pw = Daya air (watt)

η<sub>t</sub> = Efisiensi turbin (%)

**2.3. Generator (Dinamo)**

Merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi mekanik atau poros menjadi energi listrik. Di dalam dinamo terdapat kumparan yang bisa menghasilkan arus listrik karena beda potensial. Adapun perhitungan daya generator dapat didefinisikan dengan persamaan 4 (Ditzel, 1993) sebagai berikut :

$$Pg = \eta_g \times \eta_{tr} \times Pt \tag{4}$$

Dimana :

Pg = Daya Generator (watt)

η<sub>g</sub> = Efisiensi generator (%)

η<sub>tr</sub> = Efisiensi Turbin (%)

Pt = Daya Turbin (watt)

**2.4. Daya Turbin Aktual**

Daya turbin aktual adalah daya yang didapatkan dari perhitungan, dimana didapat dari hasil pengujian aktual (*realtime*) dengan menggunakan alat ukur. Perhitungan daya turbin aktual dapat didefinisikan sesuai dengan persamaan 5 (Ditzel, 1993).

$$P = V \times I$$

Dimana :

(5)

P = Daya (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat arus (Ampere)

**2.5. Efisiensi Teoritis dan Aktual**

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara energi yang keluar dengan energi yang masuk ke turbin. Efisiensi turbin pelton umumnya antara 80-95% (Sularso, 1997), karena adanya kehilangan energi. Efisiensi dapat dibedakan menjadi efisiensi teoritis dan aktual. Dimana dapat dihitung sesuai dengan persamaan (6) untuk efisiensi teoritis dan persamaan (7) untuk efisiensi aktual yaitu sebagai berikut (Sularso, 1997) :

$$\eta_t = (\text{daya generator})/(\text{daya turbin}) \times 100\% \tag{6}$$

Dimana :

η<sub>t</sub> = Efisiensi Turbin Teoritis (%)

$$\eta = (P \text{ generator spec})/(P \text{ turbin actual}) \times 100\% \tag{7}$$

Dimana

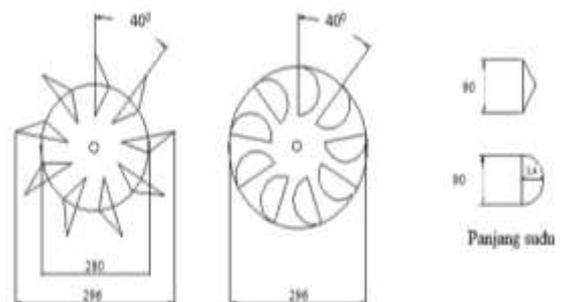
η = Efisiensi aktual (%)

**3. Metodologi**

**3.1. Modifikasi Sudu Turbin**

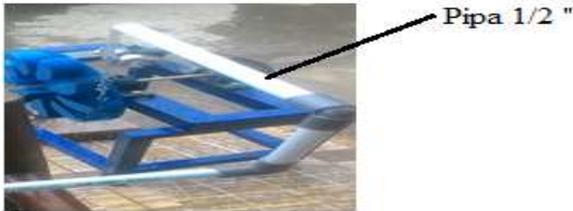
Untuk membuat modifikasi sudu runner mempertimbangkan bahan dalam pembuatannya serta pengukuran yang teliti agar mendapatkan hasil yang maksimal. Adapun pengukuran dan pemilihan bahan diantaranya adalah :

- a) Jumlah sudu tetap yaitu 9 buah seperti terlihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Bentuk Sudu Sebelum dan Setelah Dimodifikasi

- b) Jarak sudut antara sudu 400, dapat kita lihat di gambar 2.
- c) Panjang sudu juga tetap yaitu 90 mm terlihat di gambar 2.
- d) Diameter nosel pengarah yaitu pipa 1/2". Seperti gambar 3.



**Gambar 3.** Nosel Turbin

- e) Tebal material sebelum dan sesudah berbeda yaitu 0,2 mm sebelum dan 0,3 mm sesudah.
- f) Diameter awal *runner* yang semula 280 mm diubah menjadi 296 mm dengan mempertimbangkan pengukuran diameter luar. Dapat kita lihat berdasarkan gambar.



**Gambar 4.** Perbandingan diameter *runner* turbin.

Dari gambar 4 dapat kita lihat bahwa desain sebelum dan sesudah berbeda dari segi diameter luar runner dan sudu nya menjadi lengkung.

**3.2 Susunan dan Peralatan eksperimen**

Pengujian dilakukan menggunakan alat di antaranya flowmeter, tachometer dan multimeter digital untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin.

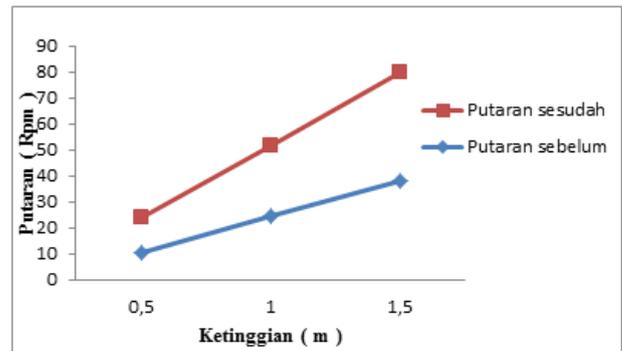


**Gambar 5.** Diagram alir eksperimen

Dari pengujian yang dilakukan, awal mula air ditarik oleh pompa dengan kekuatan 125 watt, kemudian diukur dengan menggunakan flowmeter untuk mengetahui debit airnya. Setelah itu, air di arahkan ke sudu turbin dengan ketinggian berbeda dan dengan sudu yang berbeda pula. Putaran runner di ukur dengan alat ukur tachometer digital. Dan energi yang keluar dari generator yang berawal dari energi potensial, kemudian menjadi energi poros dan diubah oleh kumparan yang ada di dalam generator menjadi energi listrik karena beda potensial. Sehingga, terjadi garis gaya listrik yang mengakibatkan adanya arus listrik.

**4. Hasil dan Pembahasan**

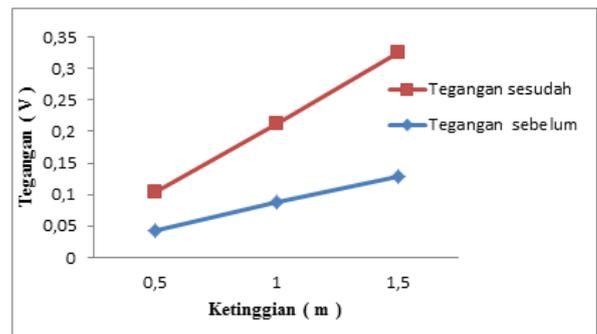
**4.1. Putaran Turbin**



**Gambar 6.** Nilai putaran sebelum dan sesudah modifikasi sudu pada variasi head total

Berdasarkan grafik pada gambar 6, dapat kita lihat bahwa putaran sebelum modifikasi untuk ketinggian yang berbeda lebih kecil dibandingkan dengan putaran sesudah dimodifikasi sudu kincirnya yaitu jauh lebih besar. Putaran tertinggi pada ketinggian 1,5 m yaitu 41,7 Rpm sedangkan sebelumnya yaitu 38,3 Rpm.

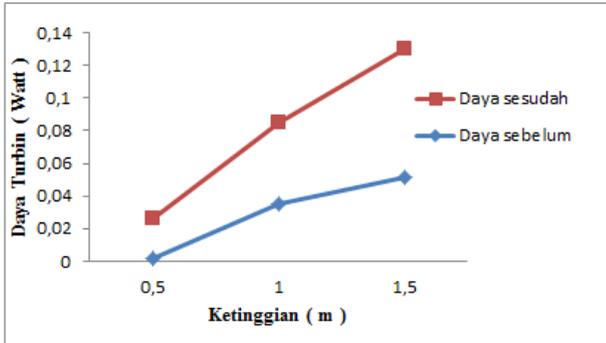
**4.2. Beda Potensial Gaya Gerak Listrik**



**Gambar 7.** Nilai Tegangan sebelum dan sesudah modifikasi sudu pada variasi head total

Tegangan yang dihasilkan sebelum dimodifikasi terlihat kecil dibandingkan dengan tegangan yang dihasilkan sesudah modifikasi yang lumayan besar. Tegangan tertinggi pada ketinggian 1,5 m sebesar 0,198 Rpm dibandingkan sebelumnya yaitu 0,128 Rpm.

### 4.3. Daya Turbin

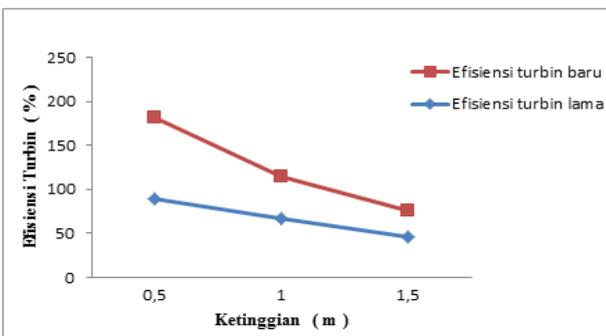


Gambar 8. Nilai Daya Turbin sebelum dan sesudah modifikasi sudu pada variasi head total

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan semakin tinggi ketinggian semakin besar pula daya yang dihasilkan. Daya tertinggi pada ketinggian 1,5 m sebesar 0,0792 Watt sesudah modifikasi, yang sebelumnya yaitu 0,0512 Watt.

### 4.4. Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan energi yang keluar dengan energi yang masuk dari turbin. Besarnya efisiensi adalah sebagai berikut :



Gambar 89. Nilai Efisiensi Turbin sebelum dan sesudah modifikasi sudu dengan Ketinggian

Dari gambar diatas menunjukkan besarnya efisiensi turbin pada ketinggian 0,5 meter dengan besar efisiensi aktual sebesar 81%.

## 5. Kesimpulan dan saran

Pada studi kali ini, disimpulkan bahwa sudu hasil modifikasi yang berbentuk lengkungan memiliki daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudu sebelumnya pada kondisi yang sama, yaitu dari 0,05 Watt menjadi 0,08 Watt pada ketinggian 1.5 meter.

Dari sisi putaran, putaran tertinggi dihasilkan pada ketinggian 1,5 meter yaitu 41,7 Rpm dari sebelumnya 38,3 Rpm. Untuk beda potensial, tegangan yang tertinggi dihasilkan pada ketinggian 1,5 meter yaitu 0,198 Volt yang sebelumnya 0,128 Volt.

Kondisi kinerja turbin hasil modifikasi paling optimum terdapat pada ketinggian 0,5 meter yang menghasilkan efisiensi aktual sebesar 81%.

Dari hasil pengujian, terdapat beberapa catatan untuk bisa dievaluasi apabila riset dilanjutkan kembali untuk menghasilkan performa yang lebih baik, di antaranya :

- Untuk pembuatan runner agar memperhatikan masa jenis, untuk mengasilkan putaran yang maksimal.
- Untuk pembuatan runner agar dibuat seimbang dan senter.
- Bearing perlu diganti, karena kurang lancar.
- Penempatan dinamo diatur dan dibuatkan tempat yang senter.
- Rantai dan gear perlu diperhitungkan lagi untuk hasil yang maksimal.
- Jumlah sudunya ada 9 dengan jarak antara sudu sebesar 40°.

## 6. Daftar Pustaka

Yani, A. 2016. Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan).

Muliawan, A., Yani, A. 2016. Analisa daya dan efisiensi turbin air kinetis akibat perubahan putaran runner.

Mahyusal. 2013. Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro untuk beban DC. Banda Aceh, Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik Unsyiah

Lubis, A. 2007. Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. Vol 8, No2. Jurnal Tek.Ling

Arismunandar, Kuwahara, S. 1974. Pembangkitan Dengan Tenaga Air, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid I. Jakarta-Pradnya Paramita.

Tung, K. Y. 2005. Komputasi simbolik fisika mekanika berbasis maple, vektor, mekanika gerak, gaya energi dan momentum.

Dietzel, F., Sriyono, D. 1993. Turbin Pompa, dan kompresor. Jakarta- Penerbit Erlangga.

Sularso, Suga, K. 1997. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta- Penerbit PT Pradnya Paramita.

Zainuddin, H. et-all. 2009. Investigation On Performance Of Pici-Hydro Generation System Using Consuming Water Distributed To Houses, Malaysia, Universiti Teknikal Malaysia Malaka

Sihombing, E. S. 2009. Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai. Skripsi pada Program Studi S-1 Fakultas Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan : tidak diterbitkan

Hadi, S. 2008. *Rumus Kantong Fisika*. Yogyakarta : Pustaka Widiatama

