

Pengamatan kinerja nosel pada pembangkit listrik tenaga air berbasis turbin pelton

Eko Yohanes Setyawan¹⁾, Bambang Tetuko²⁾

*^{1),2)}Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Malang
Email : yohanes@lecturer.itn.ac.id*

Abstrak. Pembangkit listrik tenaga air adalah sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi dan mendorong keberlanjutan energi alternatif. Di pembangkit listrik tenaga air, turbin Pelton umumnya ditaruh di lokasi dengan head tinggi dan debit rendah. Pada turbin Pelton, needle, nozzle, bucket, dan splitter paling banyak kontak dengan air. Turbin dengan tekanan yang tinggi memerlukan debit lebih besar dari yang diharapkan untuk menghasilkan jumlah daya yang sama. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan kinerja dari nozzle, diperlukan pemantauan pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium berbasis kondisi secara real-time. Didapat daya turbin terbesar dihasilkan dari penggunaan 3 nozzle sebesar 20.30 Watt dengan kecepatan putaran 722.89 RPM. Untuk rerata daya generator terbesar dihasilkan dari penggunaan 3 nozzle sebesar 2.65 Watt. Besar nilai efisiensi yang dihasilkan pada penggunaan 1 nozzle sebesar 17.70%, penggunaan 2 nozzle sebesar 11.57% dan untuk penggunaan 3 nozzle nilai efisiensi tertingginya hanya sebesar 8.61%.

Katakunci: Nozzle, Turbin Pelton, Daya, Efisiensi

1. Pendahuluan Pembangkit listrik tenaga air dapat secara luas diklasifikasikan sebagai turbin air yang digunakan dalam pipa dengan kepala tinggi dan rendah, dan untuk digunakan dalam saluran terbuka dengan kepala rendah dan ultra-rendah. Turbin air yang digunakan dalam pipa adalah aliran utama dalam pembangkit listrik tenaga air pembangkit listrik dan digunakan dalam skala besar terpusat pembangkit listrik yang melibatkan reservoir penyimpanan air, menyeimbangkan reservoir, dan pipa. Hal ini telah menyebabkan transisi dari pembangkit listrik terpusat skala besar ke pembangkit listrik terdesentralisasi, di mana pembangkit listrik tenaga air skala kecil dibiarkan tidak digunakan sampai beberapa tahun terakhir dan sekarang mulai digunakan secara aktif [1].

Salah satu turbin air yang dapat dijadikan pembangkit listrik tenaga air skala kecil yaitu jenis turbin pelton. Daya turbin air bergantung pada ketinggian air terjun (head), kapasitas aliran air dan putaran turbin [2]. Pada turbin Pelton, air menumbuk sudu-sudu turbin membuat roda berputar (karena gaya jatuh air) menghasilkan torsi dan tenaga melalui runner untuk memutar alternator/pembangkitan pada kecepatan tertentu sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik [3].

Hingga saat ini kita sangat bergantung pada energi yang berasal dari bahan bakar fosil, dimana energi tersebut akan semakin berkurang seiring penggunaannya yang terus-menerus. Untuk mengatasi masalah pasokan energi di Indonesia berarti memanfaatkan seluruh potensi energi terbarukan. Namun, sangat sulit membangun sistem tenaga terpusat total dengan memanfaatkan sepenuhnya energi terbarukan sebagai satu-satunya cara untuk mengatasi masalah pasokan energi di banyak wilayah Indonesia. Berdasarkan kondisi tersebut, penyediaan energi dilakukan dengan lebih rinci untuk mengupayakan penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan di setiap daerah [4]. Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya alamnya seperti

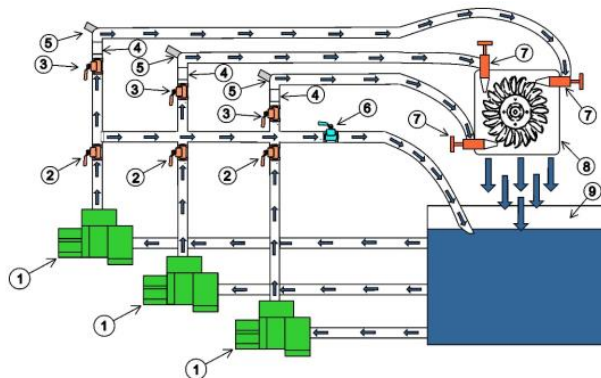
energi fosil dan nonfosil. Dalam hal ini, energi non-fosil sangat memungkinkan untuk dikembangkan terutama energi panas bumi, angin, matahari, air dan mikro hidro [5]

2. Pembahasan

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode ekspremental nyata (true expremintal research). Eksprimen dilakukan melalui sebuah proses pada *prototype* turbin pelton yang terlihat pada gambar 1 dan gambar 2 aliran fluida pada turbin pelton.



Gambar 1. Turbin Pelton Skala Laboratorium



Gambar 2. Aliran Fluida Turbin Pelton

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terdapat lima beban yang diuji pada setiap masing-masing jumlah *Nozzle*. Beban tersebut terdiri dari : 0.2 kg, 0.4 kg, 0.8 kg dan 1 kg. Setiap 1 pengambilan data memerlukan waktu 1 menit, seperti pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Pengujian menggunakan 1 *Nozzle*

No.	Beban (kg)	Nosel 1		RPM	Voltase (V)	Arus (A)	Daya Generator (Watt)	Torsi (Nm)	Daya Air (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
		Flow rate (L/min)	Tekanan (psi)								
1	0.2	43.45	15.32	606.06	7.07	0.36	2.55	0.06	77.16	3.79	4.91
2	0.4	43.35	15.21	560.75	6.24	0.33	2.06	0.12	76.44	7.02	9.18
3	0.6	43.33	15.23	517.24	5.44	0.32	1.74	0.18	76.50	9.71	12.69
4	0.8	43.22	15.12	461.54	4.45	0.31	1.38	0.24	75.76	11.55	15.25
5	1	43.14	15.04	425.53	4.23	0.29	1.23	0.30	75.22	13.31	17.70
Rata-rata							1.79				

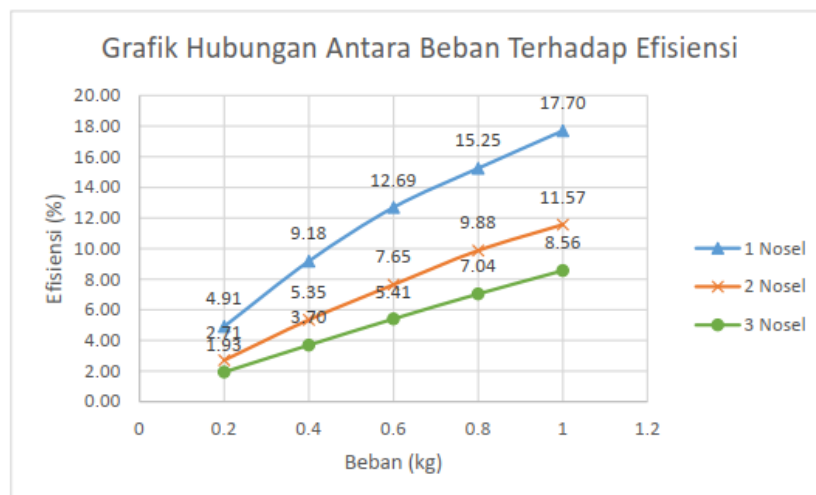
Tabel 2. Pengujian menggunakan 2 *Nozzle*

No.	Beban (kg)	Nosel 1		Nosel 2		RPM	Voltase (V)	Arus (A)	Daya Generator (Watt)	Torsi (Nm)	Daya Air (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
		Flow rate (L/min)	Tekanan air (psi)	Flow rate (L/min)	Tekanan air (psi)								
1	0.20	43.18	15.35	43.00	15.13	674.16	7.86	0.35	2.75	0.06	153.17	4.15	2.71
2	0.40	43.55	15.13	42.21	15.21	659.34	7.59	0.34	2.58	0.12	151.72	8.12	5.35
3	0.60	43.19	15.09	42.90	15.29	631.58	7.28	0.37	2.69	0.18	152.51	11.66	7.65
4	0.80	43.00	15.00	42.32	15.06	600.00	6.83	0.31	2.12	0.24	149.56	14.77	9.88
5	1.00	43.21	15.19	42.29	15.29	571.43	6.88	0.30	2.06	0.30	151.94	17.58	11.57
Rata-rata									2.44				

Tabel 3. Pengujian menggunakan 3 *Nozzle*

No.	Beban (kg)	Nosel 1		Nosel 2		Nosel 3		RPM	Voltage (V)	Arus (A)	Daya Generator (Watt)	Torsi (Nm)	Daya Air (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
		Flow Rate	Tekanan air	Flow Rate	Tekanan air	Flow Rate	Tekanan air								
		(L/min)	(psi)	(L/min)	(psi)	(L/min)	(psi)								
1	0.2	44.05	15	43	15.29	44.38	15.21	722.89	8.56	0.33	2.82	0.06	234.0349804	4.52	1.93
2	0.4	44.44	15.12	44.75	15.06	44.38	15	697.67	8.43	0.33	2.78	0.12	236.2798643	8.73	3.70
3	0.6	43.83	15.15	44.75	15.13	44.59	15.13	681.82	7.48	0.35	2.62	0.18	236.7339275	12.80	5.41
4	0.8	44.92	15.06	43.47	15.05	44.55	15.45	666.67	7.73	0.33	2.55	0.24	237.0824206	16.69	7.04
5	1	43.67	15.19	44.96	15.05	44.45	15.29	649	7.12	0.35	2.49	0.30	237.183732	20.30	8.56
Rata-rata									2.65						

Dari hasil pengujian tersebut dengan beban dimulai dari 0.2 kg hingga 1 kg dan jumlah *Nozzle* yang dipakai yaitu 1,2 dan 3 dapat digambarkan dalam bentuk grafik guna mengetahui efisiensi dan daya generator yang dihasilkan pada alat Turbin Pelton:

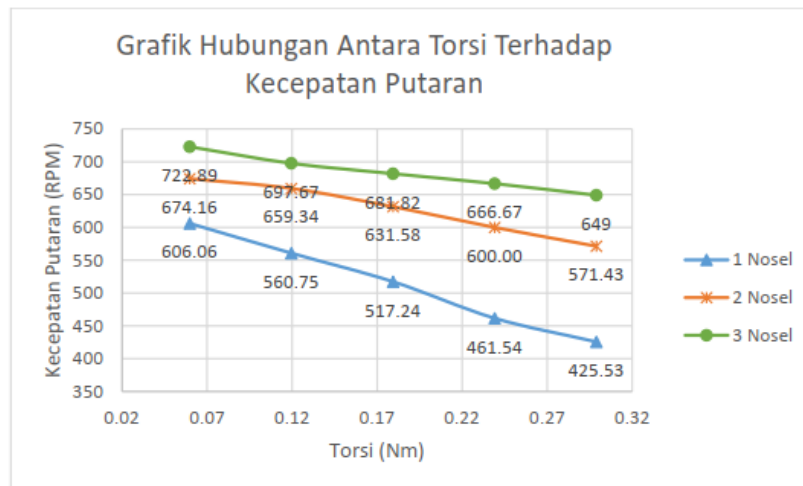


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Beban Terhadap Efisiensi

Dapat dilihat pada grafik diatas terdapat tiga garis, dimana setiap garisnya menunjukkan hubungan antara beban yang diberikan pada prony brake terhadap efisiensi turbin. Pada percobaan ini nilai tekanan dibuat konstan yaitu sebesar ± 15 Psi dan debit aliran sebesar ± 43 L/min.

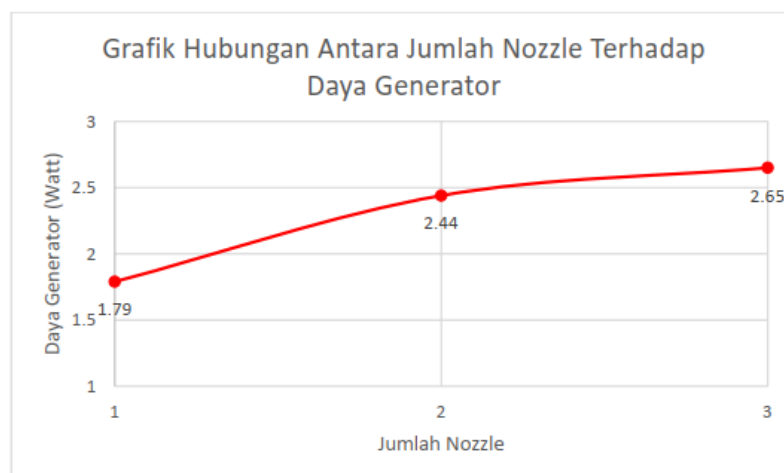
Pada ketiga *nozzle* ini menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus. Penggunaan 1 *nozzle* menghasilkan efisiensi sebesar 17.70%, 2 *nozzle* menghasilkan efisiensi sebesar 11.79% dan 3 *nozzle* nilai efisiensinya berada dibawah *nozzle* 1 dan *nozzle* 2 yaitu dengan nilai efisiensi sebesar 8.61%. Garis 1 *nozzle* berada pada diatas 2 *nozzle* dan 3 *nozzle* dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 17.70% karena daya air yang dihasilkan oleh penggunaan *nozzle* 1

memiliki nilai lebih kecil dibanding *nozzle* 2 dan *nozzle* 3 serta input dari 3 pompa aktif yang tidak terbagi ke *nozzle* 2 dan *nozzle* 3.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Torsi Terhadap Kecepatan Putaran

Dapat dilihat pada grafik diatas terdapat tiga garis, dimana setiap garisnya menunjukkan hubungan antara beban yang diberikan pada prony brake terhadap efisiensi turbin. Pada percobaan ini nilai tekanan dibuat konstan yaitu sebesar ± 15 Psi dan debit aliran sebesar ± 43 L/min. Pada ketiga *Nozzle* ini menunjukkan adanya hubungan berbanding terbalik antara torsi dengan kecepatan putaran. Dengan beban 1 kg, penggunaan 1 *nozzle* menghasilkan kecepatan putaran sebesar 425.53 RPM, 2 *nozzle* menghasilkan 571.43 RPM dan 3 *nozzle* menghasilkan 649 RPM. Nilai terbesar kecepatan putaran terletak pada jumlah *nozzle* 3 sebesar 722.89 RPM sedangkan nilai terendah kecepatan putaran terletak pada penggunaan 1 *nozzle* sebesar 425.53 RPM. Garis penggunaan 3 *nozzle* berada diatas 1 *nozzle* dan 2 *nozzle*, dimana nilai terendah kecepatannya 649 RPM. Sehingga hal ini telah dikemukakan oleh Assauri, dkk pada tahun 2017 bahwa jumlah *nozzle* dan kecepatan aliran fluida mempengaruhi kecepatan putaran turbin.



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Jumlah Nozzle Terhadap Daya Generator

Dapat dilihat pada tabel data hasil pengujian menggunakan variasi jumlah *Nozzle*, penggunaan 1 *Nozzle* mempunyai rata-rata daya generator sebesar 1.79 Watt, 2 *Nozzle* sebesar 2.44 Watt dan 3 *Nozzle* sebesar 2.65 Watt. Jumlah *Nozzle* juga mempengaruhi daya generator yang dihasilkan, semakin bertambah penggunaan *Nozzle* maka daya generator juga ikut bertambah, maka perbandingan hubungan jumlah *Nozzle* dengan daya generator berbanding lurus. Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Assauri dkk pada tahun 2017, karena semakin banyaknya penggunaan *nozzle* akan menambah gaya dorong yang akan memutar *runner* turbin, dan secara tidak langsung kecepatan semprot dari *nozzle* memiliki hubungan terhadap daya listrik yang akan dihasilkan.

3. Kesimpulan

Semakin bertambahnya jumlah *nozzle*, semakin bertambah pula kecepatan turbin yang dapat diartikan bahwa jumlah *nozzle* berbanding lurus dengan kecepatan turbin dan semakin bertambahnya jumlah *nozzle* maka daya generator semakin besar. Dan semakin besar torsi yang dihasilkan, kecepatan putaran turbin semakin mengecil yang artinya hubungan torsi dengan kecepatan turbin berbanding terbalik

Daftar Pustaka

- [1]. Nishi, Y., Inagaki, T., Li, Y., Omiya, R., & Fukutomi, J. (2014). Study on an undershot cross-flow water turbine. *Journal of Thermal Science*, 23, 239-245.
- [2]. Soplanit, G. D., Maluegha, B. L., & Ulaan, T. V. (2016). UJI MODEL TURBIN JENIS PELTON UNTUK MENENTUKAN DAYA HEAD DAN KAPASITAS PROTOTIPE TURBIN PELTON PADA DESA BERAIR TERJUN PINARAS DI MINAHASA. *Jurnal Tekno Mesin*, 2(3).
- [3]. Okhueleigbe, E. I., & Godswill, O. (2017). Mini-hydro turbine: solution to power challenges in an emerging society with abundance of water. *American Journal of Engineering and Technology Management*, 2(2), 7-12.
- [4]. Gultom, S., Lubis, Z., & Sembiring, P. G. (2017). Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar. *Jurnal Dinamis*, 5(2).
- [5]. Lesmana, S. E., Kalsum, L., & Widagdo, T. (2019, February). A Micro Hydro Pelton Turbine Prototype (Review of the effect of water debit and nozzle angle to rotation and pelton turbine power). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1167, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- [6]. Solihat, I., Astuti, E. T., & Rudiat, H. (2019). Analisa Pengujian Turbin Air Jenis Crossflow Terhadap Variasi Debit. *Jurnal Teknik Mesin: CAKRAM*, 2(1), 25.
- [7]. Tilahun, S., Paramasivam, V., Tufa, M., & Selvaraj, S. K. (2021). Analytical investigation of Pelton turbine for mini hydro power: For the case of selected site in Ethiopia. *Materials Today: Proceedings*, 46, 7364-7368.
- [8]. Yahya, M., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2017). Perancangan Modul Prony Brake Untuk Penentuan Karakteristik Mekanik (Torsi Terhadap Kecepatan) Dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(4), 417-424.
- [9]. Zhang, Zn. (2016). *Peltone Turbines*. Springer International Publishing Switzerland