

Rancang Bangun Turbin *Propeller Open Flume Head Rendah* Dengan Enam Sudu

Amat Agus Salim¹, Daru Sugati², Eka Yawara²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : daru.tm@itny.ac.id

ABSTRAK

Rancang bangun turbin propeller open flume head rendah dengan enam sudu ini dirancang dan dibangun berdasarkan potensi daerah pedalaman Indonesia yang memiliki aliran air yang memadai untuk dibangun pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat pedalaman dan proses pembuatannya mudah. Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air dapat menjadi energi yang dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Tujuan dari penelitian ini yaitu pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) hemat energy yang termasuk kedalam energy terbarukan, menentukan daya dan efisiensi turbin dengan pengujian variasi aliran. Metode penelitian dilakukan secara eksperimen dengan jenis turbin propeller open flume dengan parameter jumlah sudu 6 bilah, pada head 2 meter dan variasi debit 160 Lpm, 180 Lpm, dan 200 Lpm. Arduino Mega dan sensor load cell dan tachometer digunakan untuk mengambil data torsi dan putaran. Untuk data debit aliran diambil menggunakan flowmeter zj-lcd-m. Setelah pengambilan data kemudian diolah untuk memperoleh daya dan efisiensi selanjutnya dibuat grafik pengaruh putaran terhadap torsi, pengaruh putaran terhadap daya, pengaruh putaran terhadap efisiensi, perbandingan torsi dan daya pada debit 160 Lpm, perbandingan torsi dan daya pada debit 180 Lpm, perbandingan torsi dan daya pada debit 180 Lpm, perbandingan efisiensi dan head pada debit 160, perbandingan efisiensi dan head pada debit 180, perbandingan efisiensi dan head pada debit 200. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dapat dilakukan dengan mudah, jenis turbin yang digunakan jenis turbin baling-baling jumlah sudu enam bilah dengan diameter 0,11m, diameter leher poros 0,04 m dan head 2 m, dengan variasi debit 160 Lpm, 180 Lpm, dan 200 Lpm. Daya terbaik 1.5 watt, 2.8 watt, 3.4 watt. Efisiensi turbin terbaik 2,88%, 4,77%, 5,20% .

Kata kunci: Turbin, *propeller, open flume*

ABSTRACT

The design of the low-flume head open-flume turbine with six blades is designed and built based on the potential of Indonesia's remote areas which have adequate water flow to build power plants to meet the energy needs of rural communities and the manufacturing process is easy. When other energy sources start to run low and have a negative impact, water can be used as energy that can be used as an energy source for electricity generation that is cheap and does not cause pollution. The purpose of this research is to manufacture energy-efficient micro-hydro power plants (PLTMH) which are included in renewable energy, determine turbine power and efficiency by testing flow variations. The research method was carried out experimentally with an open flume propeller turbine with the parameters of the number of blades 6 blades, at a head of 2 meters and variations in the discharge of 160 Lpm, 180 Lpm, and 200 Lpm. Arduino Mega and load cell and tachometer sensors are used to take torque and rotation data. The flow rate data is taken using a zj-lcd-m flowmeter. After data retrieval is then processed to obtain power and efficiency, then graphs are made of the influence of rotation on torque, the effect of rotation on power, the effect of rotation on efficiency, the ratio of torque and power at 160 Lpm discharge, torque and power ratio at 180 Lpm discharge, torque and power ratio at a discharge of 180 Lpm, a comparison of efficiency and head at a discharge of 160, a comparison of efficiency and head at a discharge of 180, a comparison of efficiency and head at a discharge of 200. The results showed that the process of making a micro hydro power plant (PLTMH) can be done easily, the type of turbine used is a propeller turbine, the number of blades is six blades with a diameter of 0.11 m, a shaft neck diameter of 0.04 m and a head of 2 m, with discharge variations of 160 Lpm, 180 Lpm, and 200 Lpm. Best power 1.5 watt, 2.8 watt, 3.4 watt. Best turbine efficiency 2.88%, 4.77%, 5.20% .

Keyword : Turbin, propeller, open flume

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang berbentuk kepulauan. Kondisi geografis Indonesia yang sebagian besar berupa perairan tentunya dapat digunakan dalam mengatasi kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh masyarakat. Hal ini air dapat dimanfaatkan menjadi energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi dari alam yang proses terbentuknya mudah dipulihkan dan tidak akan pernah habis. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah sumber energi alternatif yang cocok untuk daerah Indonesia. Dengan adanya PLTMH maka akan mendapatkan banyak keuntungan bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air dapat menjadi energi yang dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi [1].

Aliran sungai dan saluran irigasi dengan debit air yang cukup besar dan tinggi jatuh air atau head yang rendah juga dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dengan bantuan turbin air [2]. Turbin air merupakan alat pengubah energi potensial air menjadi energi mekanik yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator. Prinsip kerja turbin ini didukung oleh sudu-sudu yang ada pada turbin. Sudu-sudu ini berfungsi untuk mengatur tekanan arus air yang mengalir agar dapat memutar turbin [3]. Dalam perencanaan turbin, bentuk sudu sangat mempengaruhi besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin itu. Gerakan turbin akan menimbulkan energi putar (mekanik) yang diteruskan ke poros turbin, kemudian diteruskan ke transmisi percepatan dan akan digunakan untuk memutar dinamo pembangkit listrik (generator). Untuk perencanaan pembangkit listrik ini menggunakan jenis turbin open flume dimana jenis turbin ini sangat cocok untuk diterapkan disalah satu daerah di Indonesia yang dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Potensi Aliran Air di Daerah Pegunungan dan Pedalaman

Potensi energi air yang ada di daerah Indonesia yang belum dapat dimanfaatkan dengan baik walaupun kondisi air tersebut yang selalu mengalir [4]. Penelitian ini pun dimaksudkan untuk membuat pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan energi potensial air. Fokus penelitian ini adalah analisis rancang bangun Turbin *Propeller Open Flume* dan pengujian pengaruh debit air terhadap daya yang dibangkitkan oleh Turbin *Open Flume* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Dengan adanya pembangkit listrik ini diharapkan agar dapat memenuhi kebutuhan energi masyarakat setempat [5]. Dalam penelitian ini banyak mengacu pada tinjauan pustaka penelitian terdahulu.

Energi listrik adalah kebutuhan pokok masyarakat Indonesia yang terus meningkat. Namun sebagian besar kebutuhan listrik masih disuplai oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Ketergantungan energi fosil dapat berdampak pada biaya distribusi listrik ke daerah-daerah pedalaman Indonesia. Pembangkit listrik piko hidro dengan menggunakan turbin baling-baling saluran terbuka adalah solusi untuk daerah pedalaman Indonesia, dimana dilakukan dengan melakukan kajian teori untuk mendapatkan desain sudu baling-baling yang optimal dan cocok dengan metode desain yang mudah. Hasil penelitian diperoleh geometri dan desain turbin baling-baling yang mampu menghasilkan efisiensi 73,9% dengan head 1,75 m dan debit air 64 l/s. Sedangkan desain turbin baling-baling dengan diameter 200 mm, jumlah sudu 5, dan ujung pelari saluran masuk 65° [6].

Perkembangan pembangkit listrik tenaga air head rendah di Thailand. Tenaga air merupakan sumberdaya terbarukan terbesar di seluruh wilayah. Apalagi merupakan sumber energi terbarukan yang lebih murah dari yang lain, pengembangan desain dan pembuatan pembangkit listrik skala kecil dan stabilitas untuk mensupai energi rumah tangga. Turbin hidro kecil dirancang sebagai turbin baling-baling aksial yang cocok untuk head 10 m – 20 m. *Runner blade* dirancang dengan bentuk propeller. Turbin memiliki jumlah

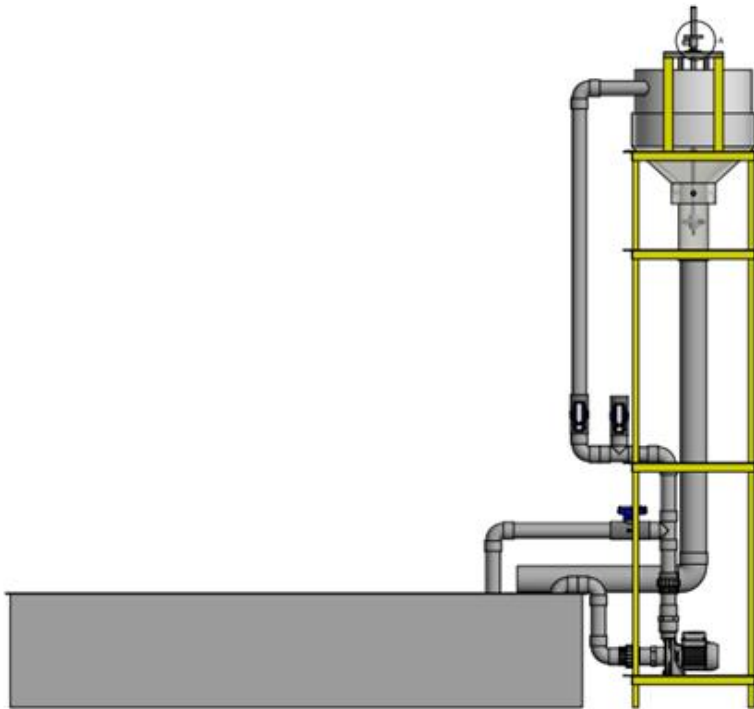
sudu 4 dengan diameter 0,4 m, 0,35 hub to tip ratio dan 12 pices of adjustable guide vanes . poros turbin tersebut langsung dikopel dengan generator induksi 160 Kw dengan kecepatan putar 1000 rpm. Hasil kinerja turbin cocok untuk head 10 m – 20 m dengan sudut baling-baling 40 sampai 45 derajat dan efesiensi 70 % - 80% [7].

Rancang bangun PLTPH dilakukan untuk memanfaatkan aliran sungai yang berada di aceh dengan debit dan tinggi jatuh air bervariasi. Perancangan PLTPH dilakukan dari pengukuran potensial air, merancang turbin, dan generator. Diketahui debit air sebesar 0.0054 m³/s dan memiliki head 3 m. Data tersebut akan digunakan dalam menghitung dan merancang turbin. Hasil penelitian didapatkan menggunakan jenis turbin open flume dan generator magnet permanent 24 kutub. Turbin ini memiliki konstruksi sederhana dan dapat digunakan pada head 3-6 m dengan debit air rendah. Sehingga turbin open flume penggunaan turbin ini sangat tepat untuk aliran sungai. Kecepatan putar generator 261,9 rpm yang mampu menghasilkan tegangan sebesar 13,37 v dan arus 3,11 A sehingga daya yang diperoleh adalah 41,6 watt [8]

Dalam memenuhi listrik di daerah terpencil dengan sumber daya air yang cukup dan mengalir telah dirancang PLTMH yang dapat menghasilkan daya 1000 watt. Turbin yang digunakan adalah turbin air propeler untuk head yang rendah. Turbin beroperasi pada tekanan reaksi, dimana energi potensial air diubah menjadi energi kinetik melalui sudu pengarah untuk mendorong sudu-sudu depan turbin. Turbin dirancang berdasarkan survei lokasi di desa palasari, kabupaten bogor, provinsi jawa barat, yaitu ; head 1,5 m; debit air 0,1 m³/s ; putaran turbin rencana 750 rpm; efesiensi turbin rencana 68%; daya 1,01456 kW; kecepatan spesifik 547 rpm; diameter luar sudu jalan 0,235 m; diameter naaf 0,100 ; tinggi sudu pengarah 0,082 m; jumlah sudu pengarah 6 buah; jumlah sudu pengarah 9 buah [9].

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen, yang dilakukan secara bertahap. Tahap perancangan, tahap pembangunan, dan tahap pengujian dengan cara mengambil data yang diperoleh dari eksperimen yang dijadikan sebagai acuan. Data yang diambil berupa Debit Aliran Air (Q), Torsi (T), Daya (P), dan Efesiensi (η). Perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak untuk membantu perancangan turbin baling-baling (propeller) agar dapat terealisasi. Desain gambar dalam penelitian ini menggunakan Software CAD yaitu Autodesk Inventor 2019. Gambar alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain *Set-up Experiment* Turbin Propeller

Desain turbin yang digunakan yaitu turbin *propeller* berfungsi mengubah air menjadi energi kinetik, dimana turbin terbuat dari *Filament* dengan bantuan *3D print*. Untuk langkah awal dalam mendesain perlu dilakukan Analisa, yaitu:

1. Menentukan Kecepatan spesifik turbin menggunakan persamaan (1), (Dietzel, 1980)

$$n_{qt} = \frac{n Q^{0.5}}{H^{0.75}} \quad (1)$$

2. Menentukan diameter sudu jalan menggunakan persamaan (2 dan 3), (Dietzel, 1980)

$$D_1 = \frac{60 u_1}{\pi n} \quad (2)$$

$$D_N = \frac{60 u_n}{\pi n} \quad (3)$$

3. Menentukan jarak antar sudu menggunakan persamaan (4), (Dietzel, 1980)

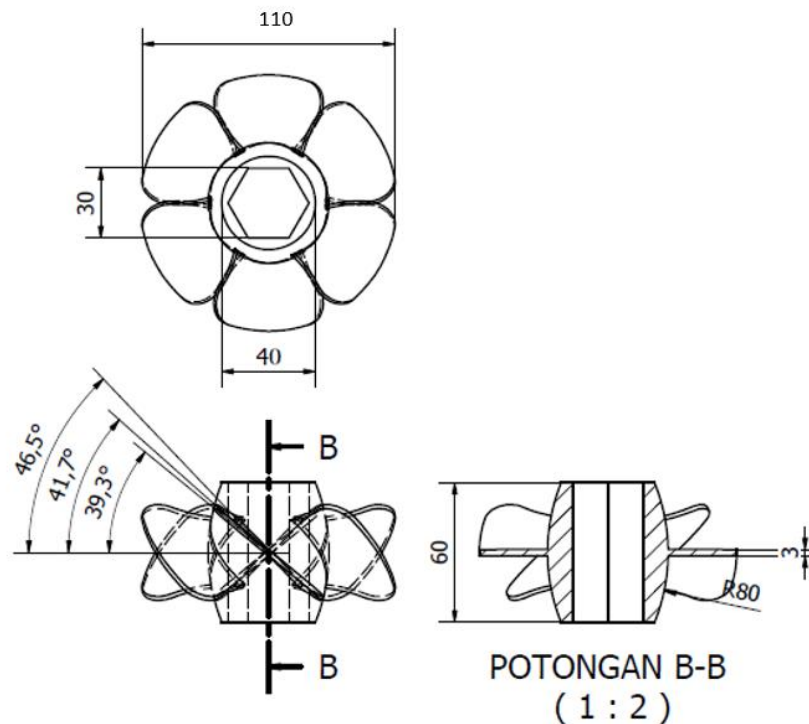
$$t = (D \pi) / z \quad (4)$$

4. Menentukan lebar sudu menggunakan persamaan(5), (Dietzel, 1980)

$$b/t = 1,42 t \quad (5)$$

5. Menentukan sudut serang aliran menggunakan segitiga kecepatan(6), (Dietzel, 1980)

$$\beta_{rata-rata} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \quad (6)$$



Gambar 3. Desain Sudu Turbin *propeller*

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Rancang Bangun

Prototipe dibuat sesuai dengan desain *CAD*, bahan yang digunakan sebagai rumah turbin atau basin menggunakan resin yang dicetak dengan ukuran diameter 0,49 m , tinggi 0,5 m , kerucut 0,17 m dan lubang buang 0,10 m. Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka yaitu besi dengan profil L.



Gambar 4. Instalasi *Experiment Turbin Propeller*

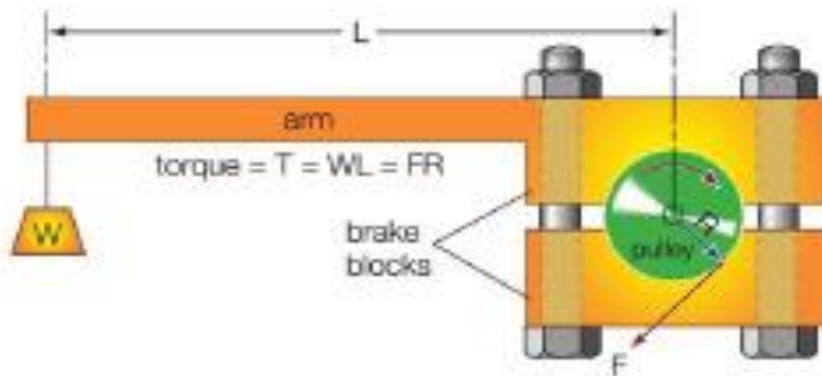
Sudu turbin dalam percobaan ini menggunakan sudu yang berbentuk *propeller*. Sudu turbin dibuat menggunakan Filamen PLA *3D print* dimana sudu turbin dibuat berdasarkan Analisa desain turbin.



Gambar 5. Hasil 3D Sudu Turbin *propeller*

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Turbin

No	Spesifikasi	Nilai
1	Diameter Luar Turbin	0,11 m
2	Diameter Leher poros Turbin	0,04 m
3	Tinggi Turbin	0,06 m
4	Sudut Pada Leher poros Turbin	46,52°
5	Sudut Pada Tengah Turbin	41,76°
6	Sudut Pada Luar Turbin	39,25°
7	Lebar sudu Leher poros	0,057 m
8	Lebar sudu Tengah	0,0284 m
9	Lebar sudu Luar	0,0798 m
10	Jarak antar sudu Leher poros	0,020 m
11	Jarak antar sudu Tengah	0,039 m
12	Jarak antar sudu Luar	0,057 m



Gambar 6. Brake Dynamometer

3.2 Hasil Pengujian

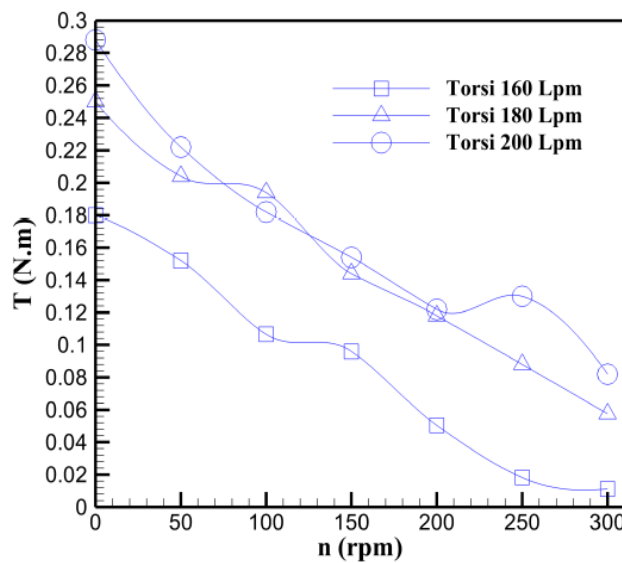
Untuk pengujian torsi pada penelitian ini adalah menggunakan prinsip *Prony Brake Dynamometer*. Dimana terdapat poros yang berputar menimbulkan gaya F kemudian dijepit oleh arm, arm akan meneruskan gaya dari poros menekan timbangan. Selanjutnya berat atau pembebanan yang terbaca pada timbangan akibat penekanan *arm* dikalikan dengan panjang lengan *arm* maka dapat dihitung dengan persamaannya (7).

$$T = w . g . L \tag{7}$$

Hasil pengujian turbin air *Propeller open flume* yang meliputi aliran masuk turbin (Q), kecepatan putar poros turbin (n), torsi (T). Pengujian dilakukan secara berkala dari debit 160 lpm, 180 lpm, dan 200 lpm dengan pembebanan rpm 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300. Pada percobaan debit 160 lpm diperoleh torsi terbesar 0,18 N.m dan torsi terkecil 0,0112 N.m. Percobaan debit 180 lpm diperoleh torsi terbesar 0,25 N.m dan torsi terkecil 0,0576 N.m. Percobaan debit 200 lpm diperoleh torsi terbesar 0,288 N.m dan torsi terkecil 0,082 N.m.

Tabel 3. Pengaruh Putaran Terhadap Daya

RPM	T (160Lpm)	T (180Lpm)	T (200Lpm)
0	0,18	0,25	0,288
50	0,152	0,204	0,222
100	0,1066	0,194	0,182
150	0,096	0,144	0,154
200	0,0504	0,134	0,122
250	0,0182	0,088	0,112
300	0,0112	0,0576	0,082



Gambar 7. Grafik Pengaruh Putaran Terhadap Torsi

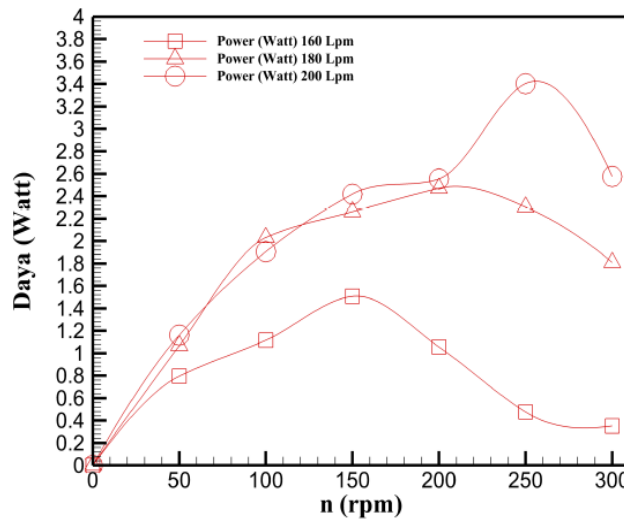
Daya output turbin yang ditransmisikan oleh poros dapat dihitung dengan persamaan (8)

$$p = \frac{2 \pi n T}{60} \tag{8}$$

Dalam perhitungan yang diperoleh dari persamaan 8 hasil data yang diambil secara berkala dari debit 160 lpm, 180 lpm, dan 200 lpm dengan pembebanan rpm 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300. Pada percobaan debit 160 lpm diperoleh daya terbesar 1,50 Watt dan daya terkecil 0,35 Watt. Percobaan debit 180 lpm diperoleh daya terbesar 2,47 Watt dan daya terkecil 1,07 Watt. Percobaan debit 200 lpm diperoleh daya terbesar 3.4 Watt dan daya terkecil 1,17 Watt.

Tabel 4. Pengaruh Putaran Terhadap Daya

RPM	Daya (160Lpm)	Daya (180Lpm)	Daya (200Lpm)
0	0,00	0,00	0,00
50	0,80	1,07	1,18
100	1,12	2,04	1,91
150	1,51	2,26	2,44
200	1,06	2,81	2,56
250	0,48	2,31	2,94
300	0,35	1,81	2,59



Gambar 8. Grafik Pengaruh Putaran Terhadap Daya

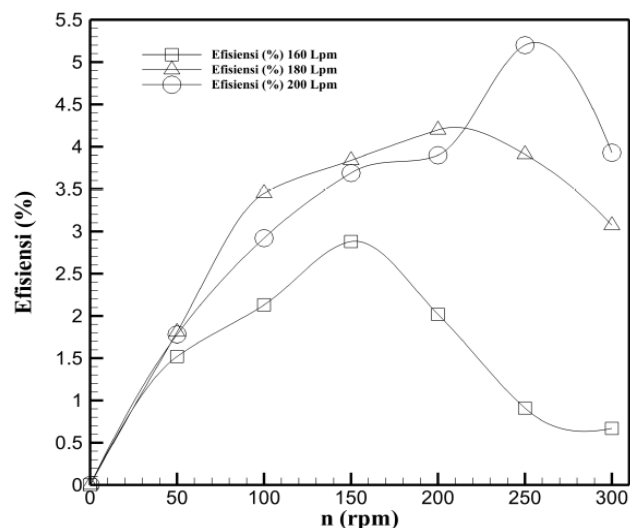
Effisiensi turbin dapat diketahui dengan persamaan (9)

$$\eta = \frac{P}{\rho g Q H} \times 100\% \tag{9}$$

Dalam perhitungan yang diperoleh dari persamaan 9 hasil data yang diambil secara berkala dari debit 160 lpm, 180 lpm, dan 200 lpm dengan pembebanan rpm 0, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300. Pada percobaan debit 160 lpm diperoleh Efisiensi terbesar 2,88% dan Efisiensi terkecil 0,00%. Percobaan debit 180 lpm diperoleh Efisiensi terbesar 4,20% dan Efisiensi terkecil 0,00%. Percobaan debit 200 lpm diperoleh Efisiensi terbesar 5.20% dan Efisiensi terkecil 0,00%.

Tabel 5. Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi

RPM	Efisiensi (160Lpm)	Efisiensi (180Lpm)	Efisiensi (200Lpm)
0	0,00%	0,00%	0,00%
50	1,52%	1,82%	1,80%
100	2,13%	3,45%	2,94%
150	2,88%	3,84%	3,71%
200	2,02%	4,78%	3,91%
250	0,91%	3,92%	4,49%
300	0,67%	3,07%	3,96%



Gambar 9. Grafik Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi

4. KESIMPULAN

Telah dirancang dan dibangun turbin propeller open flume dan sudah diuji menggunakan bentuk sudu turbin *propeller* dengan spesifikasi diameter basin D1 0,49 m, D2 0,10 m, tinggi basin 0,5 m, serta diameter sudu D1 0,11 m, Dn 0,04 m, tinggi sudu 0,06 m. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan torsi terkecil terdapat pada debit 160 lpm pada pembebanan diputaran 300 rpm dengan hasil torsi 0,0112 N.m, sedangkan torsi terbesar terdapat pada debit 200 lpm pada pembebanan diputaran 0 rpm dengan torsi sebesar 0,288 N.m. Daya terbesar sebesar 3.4 Watt pada debit 200 lpm dengan pembebanan diputaran 250 rpm, sedangkan daya terkecil terdapat pada variasi debit 160 lpm dengan pembebanan diputaran 300 rpm dengan daya sebesar 0.351858377 watt. Efisiensi maksimal terdapat pada debit 200 lpm diputaran 250 rpm dengan efisiensi sebesar 5,20%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada kelompok riset Green Technology –FTI Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, atas pendanaan kegiatan riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwiyanto V, Indriana DK, Tugiono S. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai). Vol. 4. 2016.
- [2] Sukasah Henry O, Daud A, Hakki DH. Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim). Vol. 1, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. 2013.
- [3] Prasetyo a. Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Propeller. Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta. 2017 Dec 10;3.
- [4] Sugiyanto D, Yani Tromol Pos JA, Kartasura P, Tengah J. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Kaplan Dengan Variasi Debit Air.
- [5] Suryadi A, Faisal M, Munthe B, Eriyadi M, Burhan J. Aplikasi Teknologi Pltmh Turbin Propeller Open Flume Sebagai Pembangkit Listrik Desa. SPEKTA (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat : Teknologi dan Aplikasi). 2020 Nov 10;1(2):39.
- [6] Prasetyo A. Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Propeller. Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta. 2017 Dec 10;3.
- [7] Phitaksurachai S, Pan-Aram R, Srirakul N, Tiaple Y. Performance Testing of Low Head Small Hydro Power Development in Thailand. In: Energy Procedia. Elsevier Ltd; 2017. p. 1140–6.
- [8] Siregar A, Syukri M, Devi Sara I, Mansur Gapy Jurusan Teknik Elektro dan, Teknik F, Syiah Kuala Jl Tgk Syech Abdul Rauf No U, et al. Rancang Bangun Prototype PLTPH Menggunakan Turbin Open Flume.
- [9] Dwi Trisno M, Firdausi M, Dahlan D, Studi Teknik Mesin P, Teknologi Industri -ISTN F, Moh Kahfi J. Perancangan Turbin Mikrohidro Tipe Propeler Vanes Kapasitas 1000 Watt. Seminar Nasional Teknik Mesin.