



Kaplan Turbine Design Variations Diameter Propellers To Generate Electric Power

Rancang Bangun Turbin Kaplan Variasi Diameter Baling-Baling Untuk Menghasilkan Daya Listrik

Amin Jakfar^{1*}, Misbakhul Fatah¹, Auliana Diah Wilujeng¹

Abstract

Water energy can be used as a power plant by utilizing the available potential energy (waterfall potential and flow velocity). Today's energy needs are increasing along with the increase in population growth. Kaplan turbine is a turbine composed of propellers/turbine wheel blades such as ship propellers. The Kaplan turbine blades' length and width determine the Kaplan turbine's outer diameter. The outer diameter of the Kaplan turbine will influence the torque generated by the Kaplan turbine. The greater the torque produced, the greater the power obtained. Data collection was carried out to calculate power with five variations of the propeller's diameter, namely 21 cm, 24 cm, 25.8 cm, 27 cm, and 30 cm. s, 0.0133 m³/s, 0.0139 m³/s, and 0.0152 m³/s. The results of the Kaplan turbine test with variations in the blades' diameter and variations in the discharge obtained tremendous power at a diameter of 30 cm with a flow rate of 0.0152 m³/s.

Keywords

Flow Discharge, Vane Diameter, Kaplan Turbine

Abstrak

Tenaga air yang dalam bahasa Inggris "hydropower" adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Air merupakan sumber energi, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Energi air merupakan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan turbin air. Turbin Kaplan adalah jenis turbin yang tersusun dari propeller/sudu-sudu roda turbin seperti Diameter luar turbin baling-baling kapal. Kaplan ditentukan oleh panjang dan lebar baling-baling turbin Kaplan. Torsi yang dihasilkan turbin Kaplan akan dipengaruhi oleh diameter luar turbin Kaplan. Semakin besar torsi yang dihasilkan maka semakin besar pula daya yang didapatkan. Untuk menghitung daya maka dilakukan pengambilan data dengan lima variasi diameter baling-baling yaitu 21 cm, 24 cm, 25.8cm, 27 cm, dan 30 cmdan variasi debit pada setiap diameter ada lima, yaitu 0,01 m³/s, 0,0116 m³/s, 0,0133 m³/s, 0,0139 m³/s, dan 0,0152 m³/s. Hasil pengujian turbin Kaplan variasi diameter baling-baling dan variasi debit didapatkan daya terbesar pada diameter 30 cm dengan debit 0,0152 m³/s.

Kata Kunci

Diameter Baling-Baling, Debit Aliran, Turbin Kaplan

¹ Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura

Jl. Raya Camplong KM 4 Taddan, Camplong Sampang Madura

* aminjakfar@poltera.ac.id



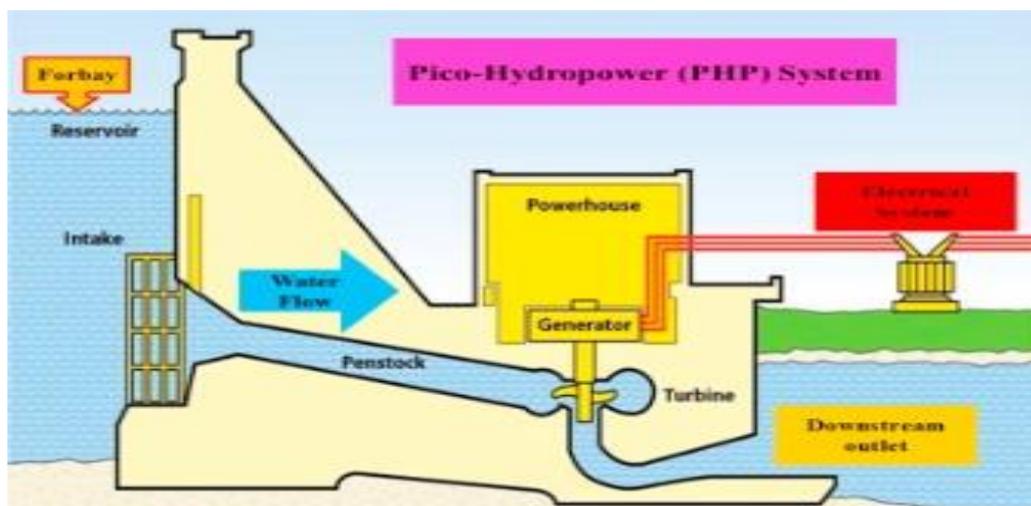
PENDAHULUAN

Wilayah Negara Indonesia masih banyak mempunyai sumber daya alam air yang sangat melimpah sehingga negara Indonesia sangat berpotensi untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi air [1]. Sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik antara lain Minyak bumi, batu bara, tenaga nuklir dan air. Minyak bumi dan batu bara keberadaannya sekarang semakin langka dikarenakan sumber energi ini tidak dapat diperbarui. Salah satu sumber energi penghasil energi listrik yang masih banyak tersedia di Indonesia dan ramah lingkungan adalah sumber energi air [2].

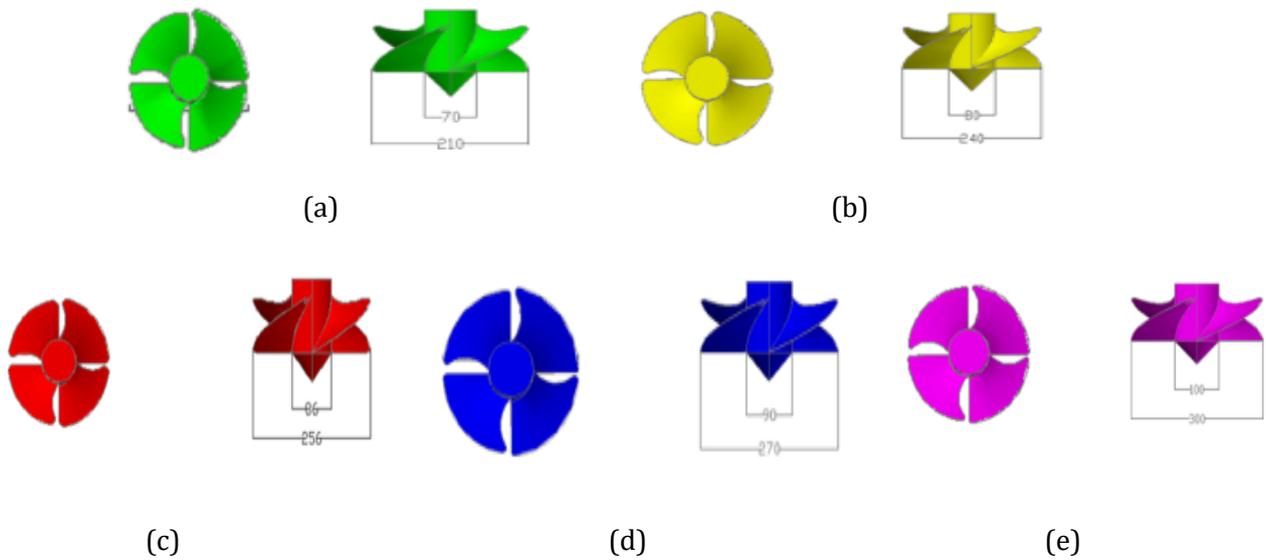
PLTA termasuk instansi yang memanfaatkan energi terbarukan yaitu air, dimana dalam pemanfaatannya dapat digunakan secara berulang. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan produsen listrik yang menggunakan aliran air sebagai penggerak mesin konversi. Kemampuan besar yang dimiliki PLTA adalah sumber yang dibangun di Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi. *Hidroelektrik* yang disebut sebagai energi listrik yang dibangkitkan. PLTA harus didesain sebaik mungkin agar pada musim hujan tidak terjadi kelebihan pasokan air atau banjir dan pada musim kemarau tidak terjadi kekurangan pasokan air karena pada musim hujan pasokan air sangat banyak, namun pada musim kemarau pasokan air menurun secara cepat [3].

PLTA pada prinsipnya mengolah air menjadi listrik dengan memanfaatkan perubahan energi, yaitu energi potensial air diubah menjadi energi kinetis, dengan adanya *head* lalu energi kinetis berubah menjadi energi mekanis dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanis ini berubah menjadi energi listrik melalui perputaran rotor pada generator. Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis. Berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung dari pada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis [4].

Pembangkit listrik tenaga air dengan skala air yang sangat kecil dan menghasilkan tenaga listrik kurang dari 5 kW adalah Pembangkit listrik tenaga *pico hydro* [5]. Pada prinsipnya pembangkit listrik skala *micro* atau *pico* memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Jadi yang membedakan antara pembangkit skala pikohidro dengan mikrohidro yaitu berdasarkan daya maksimal yang telah diklasifikasikan [6].



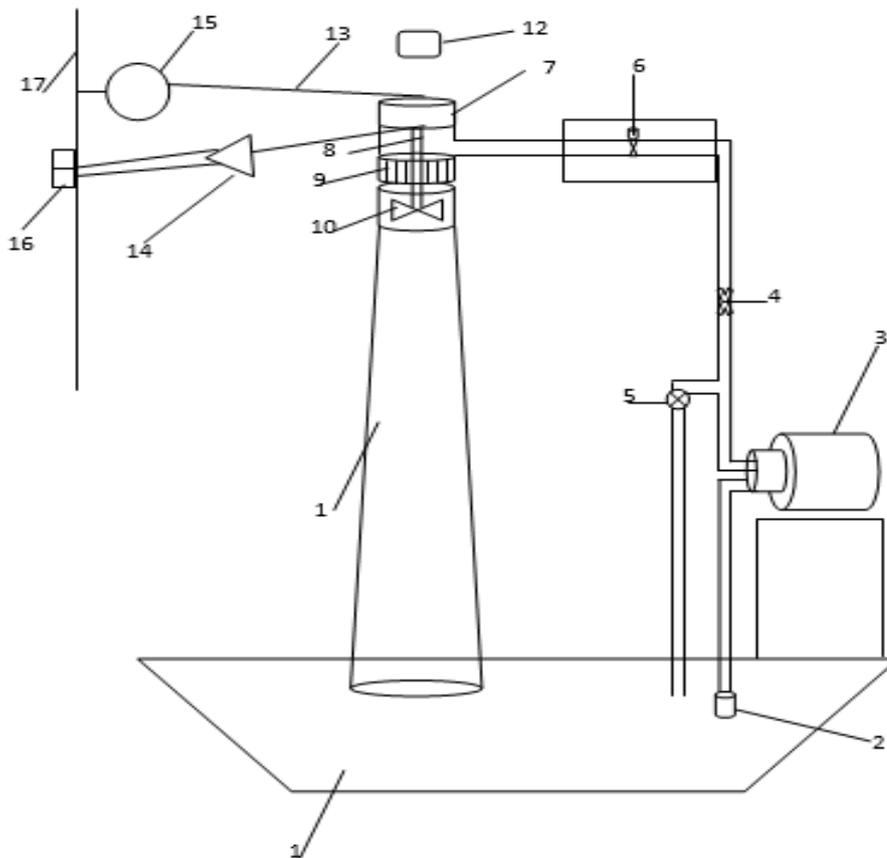
Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga *Pico Hydro*



Gambar 3. Diameter Baling-Baling (a=21cm; b= 24cm; c=25,6cm; d=27cm; e=30cm)

Tahapan Pengujian

Pengujian dilaksanakan seperti Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Instalasi Pengujian

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Bak Penampung | 10. Sudu Turbin |
| 2. Filter Air | 11. Draft Tube |
| 3. Pompa Air | 12. Tachometer |
| 4. Valve | 13. Tali |
| 5. Saluran Pembuangan | 14. <i>Adjusting</i> /Setelan Tali |
| 6. Oriface | 15. Timbangan |
| 7. Pulley | 16. Baut Pengait <i>Adjusting</i> |
| 8. Poros | 17. Besi Pengait Tali |
| 9. Sudu Pengarah | 18. Valve |

Langkah-langkah pengujian

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian
Segala macam alat dan bahan dipersiapkan untuk melakukan pengujian yang telah direncanakan.
2. Pemasangan instalasi pengujian
Pemasangan instalasi pengujian dipersiapkan untuk menguji turbin Kaplan ini dapat bekerja menghasilkan daya atau tidak. Pastikan instalasi tidak mengalami kebocoran pada saat pengujian.



Gambar 5. Instalasi Pengujian

3. Mengukur rpm dan massa dengan debit yang telah ditentukan
Pulley pada Gambar 5 digunakan untuk mengukur rpm menggunakan *tachometer* dan mengukur massa menggunakan timbangan digital. Memastikan pengukuran data dilakukan dengan baik dan teliti.



Gambar 6. Mengukur rpm dan massa pulley

4. Mengulang pengukuran rpm dengan variasi debit yang diuji
Rpm diukur menggunakan *tachometer*. Pada saat pengukuran diperlukan stiker dengan warna kontras dengan *pulley* agar *tachometer* dapat membaca berapa rpm yang dihasilkan oleh putaran *pulley* yang diteruskan dari putaran baling-baling turbin.



Gambar 7. Pengukuran rpm

5. Mengulang pengukuran massa dengan variasi debit yang diujikan
Pengukuran massa *pulley* menggunakan timbangan digital pada setiap debit yang diujikan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan tali yang dililitkan ke *pulley* dan ditarik sampai *pulley* berhenti berputar seperti terlihat pada Gambar 8. Setelah berhenti, mencatat massa terakhir pada timbangan *digital*.



Gambar 8. Pengukuran massa

6. Mengulang percobaan 3, 4, dan 5 dengan menggunakan variasi baling-baling



Gambar 9. Variasi baling-baling

Percobaan ini menggunakan baling-baling dengan variasi diameter yang berbeda dengan pengujian satu-persatu dengan variasi debit yang telah ditentukan. Data yang diambil sama dengan rpm dan massa pada *pulley* yang berputar.

7. Pengolahan data hasil percobaan yang dilakukan

Data yang sudah didapat akan digunakan untuk menghitung hasil pengujian dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah direncanakan.

Daya Air

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \quad (1)$$

Dimana : P_{air} = daya (watt)
 ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
 Q = debit air (m^3/s)
 H = ketinggian efektif (m)
 g = gaya gravitasi (m/s^2)

Debit Aliran

Untuk mendapatkan debit aliran maka diperlukan informasi volume air

$$V = p \times l \times h \quad (2)$$

Dimana : V = Volume Air [m^3]
 p = panjang [m]
 l = lebar [m]
 h = tinggi [m]

Maka rumus debit aliran :

$$Q = v \times A \quad (3)$$

Dimana : v = Kecepatan [m/s]
 A = Luas Penampang [m^2]
 Q = Debit [m^3/s]

Diameter Luar Turbin

$$V = \sqrt{2gh} \quad (4)$$

Dimana : V = Kecepatan [m/s]

g = Percepatan gravitasi [m/s^2]
 h = tinggi [m]

$$De = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n} \quad (5)$$

Dimana : De = Diameter Luar [m]
 v = kecepatan [m/s]
 n = kecepatan putar [rpm]

Diameter Dalam Turbin

$$Di = \frac{1}{3} De \quad (6)$$

Dimana : De = Diameter Luar [m]
 Di = Diameter Dalam [m]

Torsi Turbin

$$T = F \cdot r \quad (7)$$

Dimana : T = Torsi [Nm]
 F = Gaya [N]
 r = Jari-jari [m]

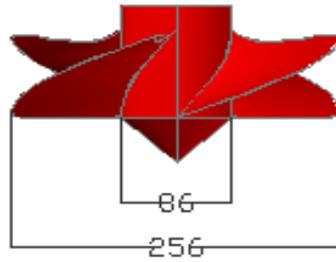
Daya Efektif Turbin

$$Ne = T \cdot \omega \quad (8)$$

Dimana : Ne = Daya efektif Turbin [Watt]
 T = Torsi [Nm]
 ω = kecepatan sudut [rad/s]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa perancangan Turbin Kaplan



Gambar 10. Desain baling-baling

Pembangkit listrik tenaga air dengan sumber *picohydro* menggunakan turbin kaplan yang dirancang khusus karena daya yang direncanakan pada awal yaitu 1000 watt. dari perhitungan perencanaan turbin didapatkan diameter sebesar 25.8 cm. Turbin 1 Kw ini direncanakan untuk menerangi minimal 1 rumah di desa sekitar sungai gladak kennong. Turbin Kaplan terbuat dari kayu. Penggunaan kayu bertujuan agar balin-baling tidak mudah berkarat dan keropos. Salah satu perhitungan perencanaan Turbin sebagai berikut:

Diketahui:	Ditanya:
$P = 1000 \text{ watt}$	Kecapatan (v) =?
$n = 500 \text{ rpm}$	Torsi (T) =?
$r = 0.129 \text{ m}$	Debit (Q) =?
$h = 0.5 \text{ m}$	

Dijawab:

$$1. \quad ns = n \frac{p^5}{h^5} = 500 \text{ rpm} \frac{1 \text{ kw}^{0.5}}{0.5 \text{ m}^5} = 500 \text{ rpm} \frac{1}{0.65}$$

$$ns = 781,25 \text{ rpm}$$

$$2. \quad v = 2\pi r \cdot \frac{ns}{60} = 2 \times 3.14 \times 0.129 \text{ m} \times \frac{781.25 \text{ rpm}}{60}$$

$$v = 10,55 \text{ m/s}$$

$$3. \quad P = T \times W$$

$$1000 \text{ watt} = T \times \frac{2\pi n}{60}$$

$$1000 \text{ watt} = T \times \frac{2 \times 3.14 \times 500 \text{ rpm}}{60}$$

$$T = \frac{1000 \text{ watt}}{52.33/s} = 19,009 \text{ watt.detik}$$

$$4. \quad T = \rho \times Q \times v \times r$$

$$19.009 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.0139 \text{ m}^3/\text{s}$$

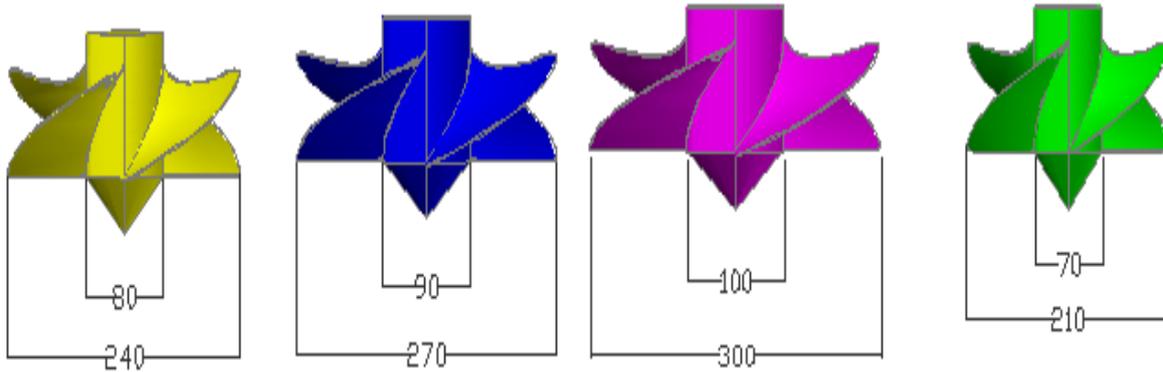
$$\quad \quad \quad \times 10.55 \text{ m/s} \times r$$

$$r = \frac{19.009 \text{ kgm}^2/\text{s}^2}{1466.45 \text{ kgm/s}^2} = 0,129 \text{ m}$$

Penggunaan variasi debit

Tujuan dari variasi debit ini adalah untuk mengetahui kapasitas kerja dari turbin Kaplan tersebut. Saat terjadi penurunan debit aliran air, turbin Kaplan mengalami penurunan putaran sudu sehingga nilai rpm yang dihasilkan juga semakin kecil dan daya yang dihasilkan juga semakin kecil. Di penelitian ini terdapat 5 variasi debit yang digunakan saat pengujian, yaitu 913 liter/menit, 838 liter/menit, 800 liter/menit, 700 liter/menit, dan 600 liter/menit.

Penggunaan variasi diameter



Gambar 11. Variasi diameter baling-baling

Variasi diameter turbin digunakan untuk mengetahui pengaruh diameter terhadap daya turbin yang dihasilkan. Diameter turbin berpengaruh pada daya yang dihasilkan dengan persamaan $T = \rho \cdot Q \cdot v \cdot r$ dimana jari-jari turbin berpengaruh pada torsi yang dihasilkan dan torsi berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan. Variasi diameter yang digunakan adalah diameter 21 cm, diameter 24 cm, diameter 27 cm, diameter 30 cm (Gambar 11).

Data hasil percobaan

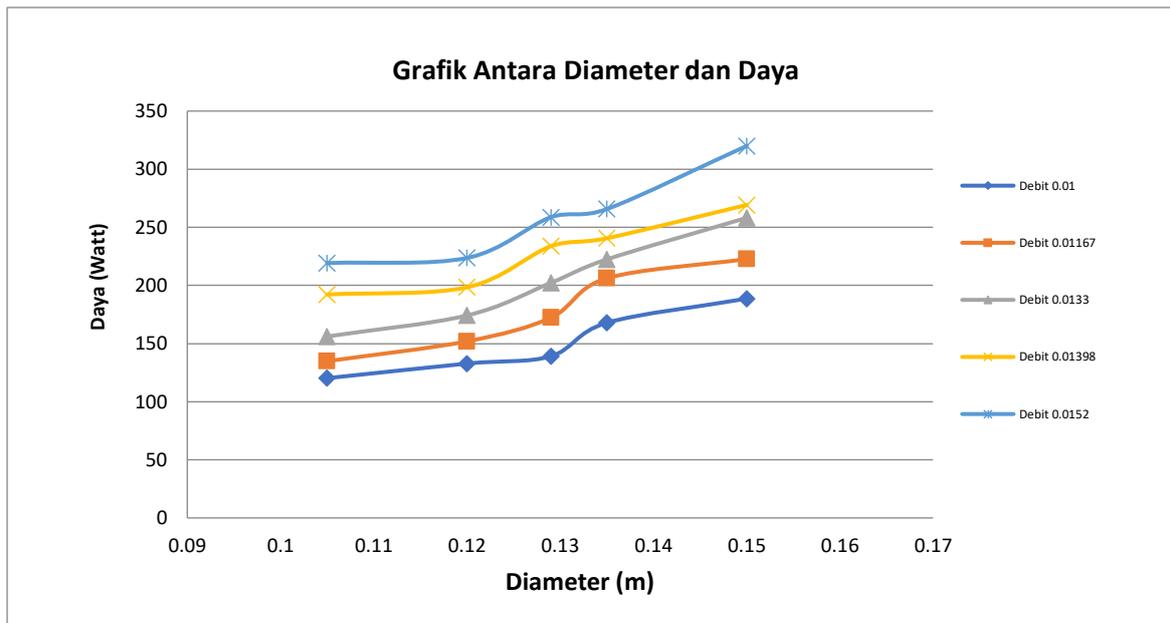
Setelah perancangan dan pembuatan turbin Kaplan dengan variasi diameter baling-baling maka akan dilakukan pengujian pada alat seperti Gambar 3 instalasi pengujian. Salah satu contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } r &= 0.12 \text{ m} & \text{rpm} &= 263 \\ M &= 4.02 \text{ kg} & g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Ditanya : P.....?

$$\begin{aligned} \text{Dijawab : } T &= M \times g \times r = 4.02 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.12 \text{ m} \\ &= 4,824 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= T \times \omega = T_1 \times \frac{2\pi n}{60} \\ P &= 4,824 \text{ N.m} \times \frac{2 \times 3.14 \times 263}{60} \\ &= 132,79 \text{ watt} \end{aligned}$$



Gambar 12. Grafik hubungan debit dan daya

Pada grafik Gambar 12 perbandingan antara debit dan daya dapat dilihat bahwa semakin besar debit air maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan debit sangat berpengaruh terhadap kecepatan turbin yang dihasilkan. Semakin besar debit air nya maka semakin banyak air yang bersinggungan dengan baling-baling turbin dan menyebabkan rpm yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar rpm yg dihasilkan maka semakin besar daya yang dihasilkan pula. Hal ini dikarenakan rpm berbanding lurus dengan daya pada persamaan $P = T \cdot \omega$.

Kecepatan sudut didapat dari kecepatan yang dihasilkan oleh turbin (rpm). Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin berdiameter 30 cm lebih besar pada semua debit percobaan. Hal ini menunjukkan semakin besar diameter turbin maka semakin banyak air yang bersinggungan dengan bagian turbin sehingga massa yang dihasilkan besar. Massa sangat berpengaruh pada besar kecilnya torsi yang dihasilkan yaitu sesuai persamaan $T = m \cdot g \cdot r$ semakin besar massa nya maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang Rancang Bangun Turbin Kaplan Variasi Diameter Baling-Baling dapat disimpulkan sebagai berikut : Pertama, perencanaan Turbin Kaplan daya 1000 watt atau 1 Kw didapatkan diameter turbin sebesar 25.8 cm. baling-baling turbin Kaplan divariasikan dengan 4 variasi yaitu 21 cm, 24 cm, 27 cm, dan 30 cm. Kedua, variasi diameter baling-baling turbin berpengaruh pada besar kecilnya torsi dan daya yang dihasilkan. Semakin besar diameter turbinnya maka semakin besar pula torsi dan daya yang dihasilkan. Pada pengujian turbin Kaplan variasi diameter baling-baling dihasilkan daya terbesar pada diameter 30. Ketiga, pada penelitian ini, variasi debit air yang digunakan masih tergantung pada kapasitas debit maksimal pompa air yaitu 913 liter/menit. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan pompa air dengan debit yang melebihi 913 liter/menit. dan pada penelitian selanjutnya diperlukan penambahan *runner blade* agar air mengarah ke baling-baling turbin dan menghasilkan daya yang lebih maksimal.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dan mengacu pada rumusan masalah yang diambil, maka terdapat beberapa saran terhadap penelitian sebagai berikut : Pertama, pada penelitian ini, variasi debit air yang digunakan masih tergantung pada kapasitas debit maksimal pompa air yaitu 913 liter/menit. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan pompa air dengan debit yang melebihi 913 liter/menit. Kedua, pada penelitian ini diperlukan penambahan *runner blade* agar air mengarah ke baling-baling turbin dan menghasilkan daya yang lebih maksimal. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengetahui desain diameter yang cocok untuk turbin Kaplan kapasitas 1 KW agar turbin bekerja dengan maksimal dan daya yang dihasilkan sesuai dengan daya yang direncanakan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Pertiwi, D. (2017). Pembangkit Listrik Tenaga Air.
- [2] Kusnadi, A. M. (2018). RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMANSI TURBIN AIR JENIS KAPLANSKALA MIKROHIDRO . Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro 207-213.
- [3] Niezara. (2019, July 00).<http://niezara.com/>. Retrieved Maret 23, 2019, from <http://niezara.com/2011/11/pembangkit-listrik-tenaga-air.html>:<http://niezara.com>.
- [4] Bandri, S. (2017). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro. Seminar nasional peranan ipteks menuju masa depan, 210-215.
- [5] Asmara, S. S. (2016). STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRODI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO,. In STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRODI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO, (pp. 7-8). YOGYAKARTA.
- [6] Sunardi, I. A. (2017). PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO. In PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (pp. 9-11). YOGYAKARTA.
- [7] Kadier, A., kalil, m. s., Pudukudy, M., Hasan, H. A., Mohamed, A., & Hamid, A. A. (2018). Pico hydropower (PHP) development in Malaysia: Potential, present status, barriers and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2796-2805.
- [8] Susanto, A., Putro, S., & Aklis , N. (2017). Perancangan dan pengujian turbin kaplan pada ketinggian (h) 4 m sudut sudu pengarah 30° dengan variabel perubahan debit (q) dan sudut sudu jalan. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jurusan teknik mesin fakultas teknik, Surakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan