

The Experimental Study of Blade Number Effects on Performance of Pumps as Turbine

Asral¹ dan Fadjrin L. Sangaji^{2*}

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Prodi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

*Corresponding author: Fadjrin_cahyani4153@student.unri.ac.id

Abstract. This study aims to determine the performance of pumps as turbine with number of blade different. The turbine like it were investigated represent the condition in rural area an effort to provide the electricity. Many small turbine types applied in rural but lack data for pumps as turbine. It has available in an area of around the river with water fall in order to provide the electricity for the people. The Head of flow especially in rural of Riau Province is relatively low as the reason the turbine like it was very possible to apply. Variation the number of blade for small-scale turbine into new things included in this study. For manufacture of the turbine strong and lightweight material are selected to keep the turbine from damage. The turbine was tested with number of blade differences from 8 to 12 to determine the characteristics of pump as turbine achievement. Power output of turbine is among other results to be obtained. These turbine produce the maximum electrical power of about 2000 Watt. The turbine with number of blades 9 has the best achievement. From this study, the number of blade could support the effort for saving the water resources.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pompa sebagai turbin dengan jumlah sudu berbeda. Turbin yang diselidiki disesuaikan dengan kondisi di daerah pedesaan dalam upaya untuk menyediakan listrik. Berbagai jenis turbin kecil telah diterapkan di pedesaan tetapi sedikit data untuk pompa sebagai turbin. Pembangkit listrik tersebut telah terpasang di daerah sekitar sungai dengan air terjun untuk menyediakan listrik bagi masyarakat. Karena umumnya *head* ketinggian aliran air di pedesaan Provinsi Riau relatif rendah, maka turbin seperti itu nampak memungkinkan untuk diterapkan. Variasi jumlah sudu untuk turbin skala kecil menjadi hal baru yang ada dalam penelitian ini. Turbin terbuat dari bahan yang kuat dan ringan untuk menjaga turbin dari kerusakan. Turbin diuji dengan jumlah blade bervariasi mulai dari 8 hingga 12 buah sebagai penelitian tahap awal untuk menentukan karakteristik pompa sebagai turbin. Daya keluaran turbin adalah antara lain hasil pengujian yang akan diperoleh. Turbin ini menghasilkan daya listrik maksimum sekitar 2000 Watt. Turbin dengan jumlah sudu 9 memiliki pencapaian prestasi terbaik. Dari penelitian ini diketahui juga bahwa jumlah sudu dapat mendukung upaya penghematan pemakaian jumlah sumber daya air.

Kata kunci: turbin, pompa, *rural*, listrik, *low-head*, *blade*.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Penelitian yang dilakukan saat ini adalah tentang pompa sebagai turbin yang dipersiapkan untuk dapat diaplikasikan pada sumber daya air di kawasan Kabupaten Kampar Riau. Berdasarkan survei ketinggian sumber air yang bisa dimanfaatkan adalah sekitar 10 m. Namun masalah yang ditemukan adalah kekurangan banyak air pada musim kemarau. Berdasarkan penelitian maka diperlukan pengelolaan atau pengaturan pemanfaatan sumber air yang dibuat untuk dasar penentuan kapasitasnya [1,2]. Kebutuhan air untuk segala sesuatunya di kawasan tersebut menjadi hal

yang sangat menentukan berapa besarnya sumber daya air dapat dimanfaatkan untuk pembangkit. Apabila sumber energi air pada kawasan yang dimaksud termasuk memiliki head rendah, maka kapasitas pembangkit yang bisa dibangun adalah berskala kecil [3]. Kesesuaian jenis mesin pembangkit dalam pemilihan dan perancangan juga mesti diperhatikan [4,5]. Teknik yang tepat dan pemilihan jenis mesin pembangkit yang sesuai sangat diperlukan sehingga terwujud suatu sistem yang bisa bermanfaat secara maksimal.

Beberapa jenis turbin air yang cocok untuk dikembangkan pada kawasan dengan head rendah

diantaranya adalah cross flow turbine dimana efisiensi nya tidak banyak berubah walaupun laju aliran berubah-ubah. Kemudian ada hydroengines, yang merupakan turbin modifikasi mirip dengan *cross flow turbine* namun memiliki keliling sudu mirip dengan turbin Kaplan, sehingga turbin ini bisa dipasang dimana-mana tempat di hulu atau di hilir sumber daya air [6]. Kemudian pengembangan kincir air telah dilakukan secara tradisional di mana ia telah memenuhi kebutuhan air atau energi di daerah kawasan pertanian [7]. Di daerah di mana sumber daya air tersedia melimpah menyebabkan upaya ini sangat direkomendasikan sebagai solusi kekurangan energi di daerah pedalaman.

Selanjutnya untuk menjawab permasalahan pemanfaatan energi air adalah dengan membangun sebuah pembangkit skala mikrohidro atau pikohidro. Namun persoalan biaya adalah hal yang sangat krusial khususnya pada kawasan terpencil. Upaya memanfaatkan energi yang berasal dari sistem saluran air telah menghasilkan inovasi untuk menerapkan pompa sebagai turbin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tarang Agarwal [8] bahwa pompa yang digunakan sebagai turbin ternyata cocok untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prestasi pompa sebagai pembangkit listrik pikohidro. Turbin di produksi dengan perancangan sesuai dengan metode perancangan pompa untuk kemudian dilakukan pengujian di laboratorium.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan memvariasikan jumlah sudu mulai dari 8, 9, 10, 11, dan 12 buah pada masing-masing impeler turbin. Turbin yang diuji adalah dirancang dan dibuat atas dasar perhitungan sama dengan pompa sentrifugal berdasarkan penjelasan dari Austin H.Church [9]. Seluruh proses penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Riau. Spesifikasi turbin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi turbin

No.	Nama bagian	Ukuran/ Jumlah
1	Diameter poros	25 mm
2	Diameter sisi masuk, D_1	85,5 mm
3	Diameter impeler, D_2	126 mm
4	Lebar sisi masuk, b_1	33 mm
5	Lebar sisi keluar, b_2	22 mm
6	Sudut sudu, β_m	17°
7	Jumlah sudu, z	10
8	Jari-jari busur sudu, ρ	61 mm
9	Lebar volute, b_3	43 mm

Dari Tabel 1 jumlah sudu diperoleh dari perhitungan dengan pers.1. Hasil perhitungan adalah merupakan pembulatan. Jumlah sudu hasil perhitungan menjadi acuan untuk memvariasikan jumlah sudu lainnya, minimum -2 dan maksimum

+2. Sudu keseluruhannya berbentuk melengkung dengan jari-jari 61 mm, disusun pada disk impeler berdasarkan perhitungan. Impeler dengan jumlah sudu yang berbeda diganti secara berkelanjutan apabila setiap parameter selesai diukur.

$$Z = 6,5 \frac{D_2+D_1}{D_2-D_1} \sin \beta_m \quad (1)$$

Sementara itu jari-jari *volute* ditentukan dengan pers.2

$$\varphi = 2,3008 \times \frac{b_3}{b_2} \times \frac{V_{u2}}{V_{r2}} \times \left(\log \frac{r}{r_t} \right) \quad (2)$$

dimana b_3 adalah lebar volute yang dipengaruhi oleh ruang bebas dan tebal dinding selubung. Sementara V_{u2} dan V_{r2} masing-masing adalah komponen kecepatan aktual dan kecepatan radial sisi keluar.

Susunan alat uji dapat dilihat pada Gambar 1. Komponen utamanya terdiri dari 2 tangki masing-masing dengan volume maksimum 1,728 m³, air disirkulasikan menggunakan sebuah pompa dengan kapasitas aliran 1800 l/mnt dan head maksimum 21 m. Pipa saluran dari bahan PVC berdiameter 4 inch dengan panjang total 2 m dan dilengkapi sebuah katup pengatur aliran. Generator listrik dipilih untuk menghasilkan daya listrik maksimum 2500 Wat pada putaran 1500 rpm. Selanjutnya sistem transmisi *puly-belt* dipakai untuk mentransmisikan daya dari turbin ke sebuah generator.



(a)



(b)

Gambar 1. Susunan alat uji turbin (a), turbin (b)

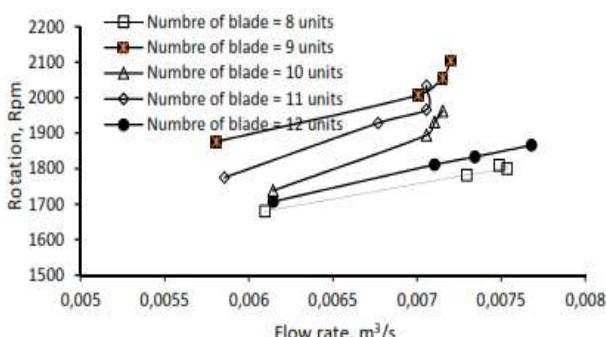
Pada keseluruhan penelitian parameter yang diukur adalah putaran poros, laju aliran, dan tegangan listrik yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dalam waktu tertentu untuk mengetahui pengaruh tiap variasi jumlah sudu terhadap kinerja pembangkit. Sementara itu kondisi pengukuran diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode pengukuran putaran dan tegangan listrik.

Hasil dan Pembahasan

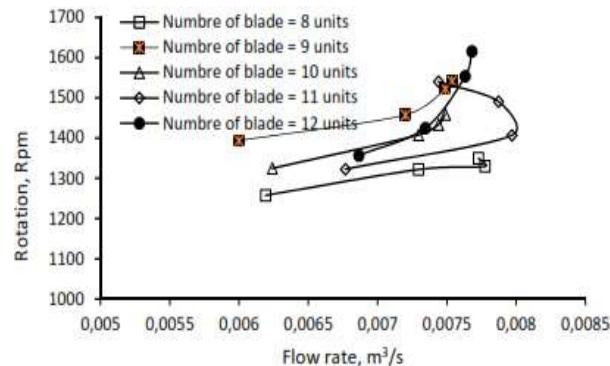
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara perubahan laju aliran terhadap putaran turbin tanpa beban generator. Turbin dengan jumlah sudu 8 menghasilkan putaran terendah disbanding yang lain. Perbandingan dengan 12 sudu menunjukkan perbedaan sekitar 7-20%. Sementara itu turbin dengan 10 buah sudu menunjukkan hasil dengan nilai peningkatan putaran berada di antara lainnya. Hal ini sesuai dengan prediksi karena perubahan jumlah sudu dimulai dari 10 buah. Sedangkan turbin dengan jumlah sudu -1 dan +1 mencapai putaran yang lebih tinggi. Hasil ini mengindikasikan perubahan jumlah sudu dari jumlah perhitungan dapat mempengaruhi kinerja pompa sebagai turbin. Data menunjukkan 10% penurunan atau 10% kenaikan jumlah sudu dapat dipertimbangkan untuk mencapai kinerja yang lebih baik. Sebaliknya, penambahan dan pengurangan jumlah sudu lebih tinggi dapat menyebabkan kinerja turbin menurun.



Gambar 3. Pengaruh perubahan laju aliran terhadap putaran turbin.

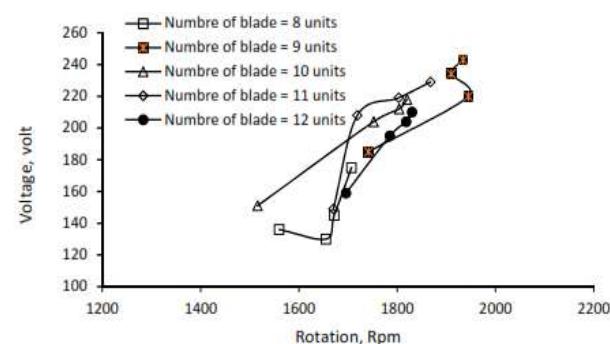
Kenaikan laju aliran menyebabkan peningkatan putaran turbin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Putaran menunjukkan penurunan dari kondisi pembebahan tanpa generator listrik. Tampak jelas bahwa putaran turbin berhubungan dengan jumlah air sebagai sumber energi. Jumlah air yang dibutuhkan untuk menggerakan turbin tampaknya dipengaruhi oleh jumlah sudu. Dimana pada setiap variasi jumlah sudu putaran turbin selalu menunjukkan peningkatan.

Turbin dengan jumlah sudu 12 memperlihatkan prestasi yang mendekati sama dengan jumlah sudu 10. Sementara itu turbin dengan jumlah sudu 8 menghasilkan putaran terendah dari yang lain. Secara keseluruhan turbin dengan jumlah sudu 9 mengindikasikan prestasi terbaik. Sedangkan putaran maksimum yang dapat dicapai turbin adalah sekitar 1580 rpm.



Gambar 4. Pengaruh perubahan laju aliran terhadap putaran turbin terhubung dengan generator.

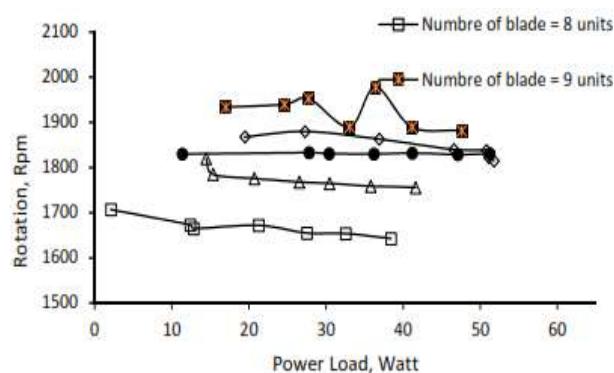
Hasil yang ditunjukkan dalam Gambar 5 adalah perubahan putaran terhadap kenaikan tegangan listrik. yang dicatat di sini adalah rotasi poros turbin, sedangkan tegangan diukur di terminal keluaran generator. Pengumpulan data dilakukan tanpa daya. Keseluruhan variasi jumlah sudu menunjukkan peningkatan. Turbin dengan jumlah sudu 8 menghasilkan tegangan terendah yaitu sekitar 130 volt. Sementara itu, tegangan tertinggi diperoleh pada turbin dengan jumlah sudu 9 yaitu mencapai 250 volt. Kenaikan tegangan seiring dengan kenaikan putaran mulai dari 1500 rpm hingga 2000 rpm.



Gambar 5. Pengaruh perubahan putaran terhadap tegangan keluaran generator

Pemberian beban daya dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan turbin dalam menggerakan generator listrik ketika sejumlah lampu dan peralatan listrik lainnya terpasang. Hal seperti itu ditunjukkan pada Gambar 6. Penambahan beban menunjukkan penurunan putaran yang tidak berarti pada setiap variasi jumlah sudu. Hal ini mengindikasikan bahwa daya turbin yang tersedia jauh lebih tinggi dari beban yang diterapkan. Daya

terendah terjadi ketika turbin memiliki sudu 8 buah. Sedangkan tertinggi dicapai oleh turbin dengan jumlah sudu 9.



Gambar 6. Pengaruh penambahan beban daya terhadap putaran turbin.

Kesimpulan

Berhubungan dengan penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pompa sebagai turbin terlihat cocok untuk diterapkan di daerah dengan ketinggian kecil.
2. Tegangan listrik tertinggi yang dicapai adalah 260 Volt. Estimasi untuk menghasilkan daya maksimum sekitar 2000 Wat.
3. Dalam desain, jumlah sudu yang dipasang pada turbin harus menjadi pertimbangan. Mengurangi 1 angka dari hasil perhitungan patut dipertimbangkan.
4. Turbin dengan 9 sudu menghasilkan kinerja yang lebih baik daripada dengan sudu 8, 10, 11 dan 12.
5. Mempertimbangkan jumlah sudu pada turbin dapat menghemat penggunaan sumber daya air.

Penghargaan

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Riau (LPPM-UR) yang telah memberikan dukungan dana hingga penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] Li , Yanrong. et.al., 2014. Study on the flow field of an undershot cross-flow water turbine. Applied Mechanics and Materials Vol. 620, pp 285-291.
- [2] Williamson, S.J. et.al., 2014. Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. Renewable Energy, Int. Journal, 61, 43-50.
- [3] Wu,Yiping, and Chen, Ji, 2013. Estimating irrigation water demand using an improved method and optimizing reservoir operation for water supply and hydropower generation:A

case study of the xinfeng jiang reservoir in southern China, Agriculture Water Management, Int. Journal, 116, 110-121.

- [4] Gaiser, Kyle. et.al, 2016. An experimental investigation of design parameters for pico-hydro tурго turbines using a response surface methodology. Renewable Energy, 85,406-418.
- [5] Keawsuntia, Yuttachai. 2013. Performance testing of pico hydro generator for electricity generating. Advanced Materials Research, Vols. 860-863, pp 1491-1494.
- [6] Keawsuntia, Yuttachai, 2014. Design and test of pico crossflow turbine for the generation of electricity for use in the rural Area. Applied Mechanics and Materials, Vol. 496-500, pp 605-608.
- [7] Akhyar Ibrahim, G. et.al 2014. Traditional water wheels as a renewable rural energy. The Online Journal on Power and Energy Engineering.
- [8] Agarwal, Tarang, 2012. Review of pump as turbine (PAT) for micro-hydropower. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 2, Issue 11,163-169.
- [9] Church, Austin H.,1990. Pompa dan Blower Sentrifugal, Erlangga, Jakarta.