

KAJI EKSPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI SEBAGAI SUMBER ENERGI BERKELANJUTAN

Edi Septe¹⁾, Wenny Marthiana²⁾, Ezra Aditya³⁾, Suryadimal⁴⁾ dan Yoga Pratama⁵⁾

^{1,2,4,5} Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

³ Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta

email : edysepte@yahoo.com; wenny_ma@yahoo.com; adipwkubh@gmail.com;

suryadimal@bunghatta.ac.id; yogapratamambi@gmail.com

Abstract

A picohydro power plant is one of renewable energy solution which could be utilized by watershed people, as a low cost sustainable power plant. The turbine type that could be apply by utilize the low of water flow capacity and water high fall is thread turbine. More over the thread turbine could be simply manufacturing and low maintainance and operational cost. This research objectives are to find out the torsion force value and turbine shaft rotation which could be generated by 5 blades thread turbine using variation on inclination shaft and water flow discharge. This thread turbine with 76 mm inside diameter and 120 mm outside diameter, 200 mm pitch design was tested in Lubuk Minturun River, Padang, West Sumatera with testing variables are 30° and 45° turbine shaft inclination angel and 0.01633 m³/s through 0.01824 m³/s water flow discharge variation. The research result are : the highest turbine torsional force is 1,88 Nm and 601 rpm shaft rotation were gained at 0,01824 m³/s water flow discharge and 30° of turbine shaft inclination angel. By that research, it was estimate that 118,25 watt turbine power could be gained with 88,23% in efficiency, in which by that electrical power value it could be utilized as sustainable power plant by surround community hopefully

Keywords: picohydro, thread turbine, water flow discharge, shaft inclination angel, torsional force

PENDAHULUAN

Secara umum, daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian mengalirkannya ke laut melalui sungai utama.

Pengelolaan daerah aliran sungai [1]. Berdasarkan definisi tersebut, maka daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah yang kompleks. Berbagai persoalan yang dihadapi pada DAS diindikasikan karena tidak adanya keterpaduan tindak dan upaya yang dilakukan oleh berbagai sektor, instansi, atau pihak lain yang berkepentingan dengan DAS.

Oleh karena itu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kondisi dan kelestarian daerah aliran sungai adalah dengan pengelolaan secara terpadu.

Untuk menyeluruh pengelolaan DAS secara terpadu menuntut suatu manajemen terbuka dan melibatkan peran dan partisipasi

masyarakat dalam pengelolaannya, sehingga pengelolaan DAS dapat dilakukan berdasarkan pada hubungan antara kebutuhan manusia dan ketersediaan sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan manusia disekitarnya [2]. Pada kondisi sumberdaya DAS melimpah, maka pengelolaannya bertujuan untuk mencegah terjadinya pemborosan, sedangkan pada kondisi sumberdaya tidak dapat memenuhi kebutuhan manusia disekitarnya, maka pengelolaannya ditujukan untuk memberikan manfaat yang sebesar-besarnya, baik dari sisi teknik, ekonomi, sosial budaya maupun fisik kepada masyarakat. Dalam kaitan tersebut, maka tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan alternatif pemanfaatan DAS sebagai pembangkit sumberdaya energi listrik dengan menggunakan turbin air berskala kecil, yang dapat dimanfaatkan masyarakat secara berkelanjutan.

Listrik adalah sumber daya langka dan telah menjadi kebutuhan primer umat manusia. Oleh karena itu konsumsi listrik saat ini bukan didasarkan pada status sosial akan tetapi didasarkan pada kebutuhan [3]. Tenaga air

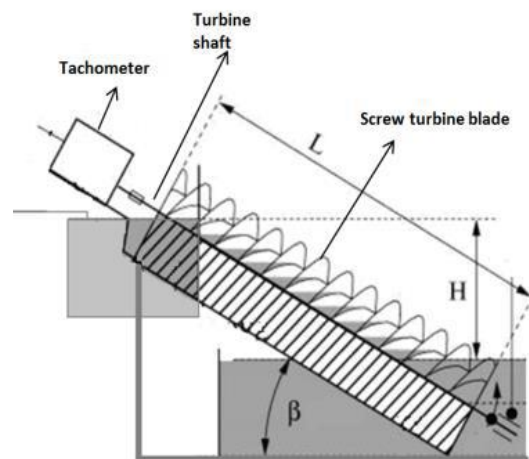


merupakan sumber daya terbarukan yang paling penting untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik di seluruh dunia. Pasokan listrik yang berkelanjutan tidak hanya mendukung proses pembangunan sosial dan ekonomi, tetapi juga pengelolaan perubahan iklim dan lingkungan [4].

Banyak negara di dunia saat ini mulai mengembangkan pembangkit listrik tenaga air berskala kecil karena pengoperasian dan perawatan yang mudah, harga pembangkit murah dan kelestarian lingkungan [5]. Salah satu pembangkit listrik berskala kecil yang dikembangkan saat ini adalah turbin screw.

Pada prinsipnya, turbin screw merupakan pembalikan fungsi dari pompa screw dimana screw ini memanfaatkan energi aliran air menjadi energi mekanik. Geometri screw turbin ditentukan oleh beberapa parameter eksternal, seperti jari-jari luar, panjang dan kemiringan screw, serta beberapa parameter internal seperti jari-jari dalam screw, jumlah sudu, dan jarak puncak screw [6].

Turbin screw dapat menghasilkan listrik langsung dari air yang mengalir di sungai tanpa memerlukan bendungan yang berarti [7]. Turbin screw beroperasi pada saat air yang masuk dari ujung bagian atas turbin dan mengalir sepanjang ruang diantara kisar sudu screw dan keluar dari ujung turbin bagian bawah. Gaya berat air dan beda tekanan didalam bucket sepanjang rotor akan mendorong sudu screw sehingga memutar poros turbin secara terus menerus. Skema turbin screw diperlihatkan pada Gambar 1. Putaran poros turbin dengan daya tenaga yang dihasilkan dihubungkan ke poros generator untuk membangkitkan daya listrik [8].



Gbr 1. Skema pengujian turbin screw [8]

Daya yang dihasilkan dari sumber energi air tergantung pada besarnya tinggi jauth air (*head*) dan debit air yang mengalir didalam turbin. Secara matematis daya tersebut dapat ditentukan melalui persamaan :

$$P = \eta \rho g H Q$$

Dimana P adalah potensi daya air (Watt), η adalah efisiensi konversi energi ditentukan oleh jenis turbin yang digunakan ($0 < \eta < 1$), ρ adalah massa jenis air (1000 kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), Q adalah debit air (m^3/s) dan H adalah *head* air dalam m [7].

Sedangkan daya turbin (Watt), ditentukan berdasarkan perkalian antara torsi dan kecepatan sudut poros [10], atau:

$$P_t = T \cdot \omega$$

Pada penelitian ini nilai torsi diperoleh dari besarnya gaya gesek yang menahan putaran poros dikalikan dengan jarak tegak lurus terhadap sumbu [11], atau:

$$T = F \cdot r$$

Sedangkan kecepatan sudut poros dalam radian per detik, diperoleh dari perhitungan dengan persamaan :

$$\omega = 2\pi n/60$$

dimana n adalah putaran poros per menit.

Poros dan sudu atau rotor merupakan elemen penting pada turbin yang menyadap energi air yang bergerak dan mengubahnya menjadi gaya rotasi untuk menggerakkan generator agar menghasilkan daya listrik. Berdasarkan hal tersebut, maka kemiringan sudut turbin akan berpengaruh terhadap kecepatan dan besarnya energi air yang menggerakkan rotor turbin dan putaran poros. Sudut kemiringan turbin pada umumnya berkisar antara 30° sampai 60° [9].

Nilai pemanfaatan energi air menjadi daya yang dihasilkan turbin dinyatakan sebagai efisiensi turbin, yang ditentukan berdasarkan perbandingan antara daya turbin dengan daya air dan dinyatakan dalam persen, atau :

$$\eta_t = (P_t / P) \times 100 \%$$

2. METODOLOGI PENELITIAN

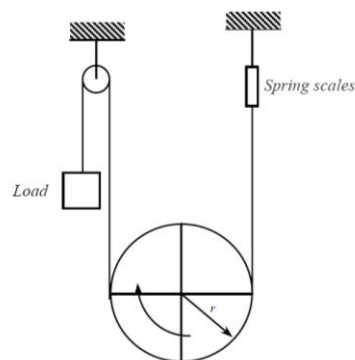
Penelitian ini dilakukan di Sungai Lubuk Mituru Kota Padang Sumatera Barat, dengan menggunakan turbin *screw* satu sudu berdiameter dalam 76 mm dan diameter luar 26 mm. Sudu turbin memiliki lima lilitan dengan jarak puncak 200 mm dan dipasang pada poros sepanjang 1,5 meter.

Parmeter penelitian terdiri dari debit aliran air masuk turbin (Q), kemiringan sudut poros turbin (θ), putaran poros turbin (n), torsi (T), daya air (P_f), daya turbin (P_t) dan efisiensi turbin

Pengambilan data dilakukan pada sudut turbin bervariasi 30°, 35°, 40° dan 45°. Pada setiap posisi kemiringan tersebut dilakukan pengukuran debit aliran air dan pengukuran putaran poros turbin menggunakan *tachometer*, setelah itu putaran poros turbin stabil.

Torsi poros pada setiap posisi kemiringan turbin ditentukan berdasarkan hasil pengukuran gaya pengereman poros atau gaya gesek dan momen inersia puli yang dipasang pada bagian ujung poros. Besarnya gaya gesek diperoleh melalui pembacaan hasil pembebanan pada neraca pegas yang dilakukan untuk menahan putaran

poros turbin sampai berhenti. Mekanisme pengukuran gaya gesek, diperlihatkan dalam bentuk skematik pada Gambar 2.



Gbr 2. Mekanisme pengukuran gaya gesek

Sedangkan daya air ditentukan berdasarkan data debit aliran yang diukur menggunakan *flowmeter* dan perbedaan tinggi muka air (*head*) turbin.

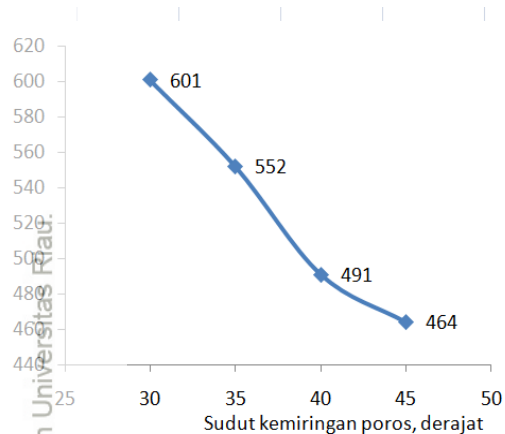
Selanjutnya daya turbin pada setiap posisi kemiringan sudut poros turbin ditentukan berdasarkan data torsi dan kecepatan sudut poros turbin. Kecepatan sudut poros diperoleh dari perkalian antara keliling poros dan putaran poros per detik. Sedangkan efisiensi turbin diketahui dengan membandingkan daya turbin dan daya air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hubungan Kemiringan Sudut Poros Turbin terhadap Putaran Poros

Berdasarkan pengujian lapangan yang dilakukan terhadap turbin *screw*, dapat diketahui bahwa kemiringan sudut poros turbin berpengaruh terhadap putaran poros.

Dari empat variasi kemiringan sudut poros turbin 30°, 35°, 40° dan 45° diperoleh hasil bahwa peningkatan kemiringan menyebabkan terjadinya penurunan putaran poros. Putaran tertinggi didapat pada sudut kemiringan poros 30°, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

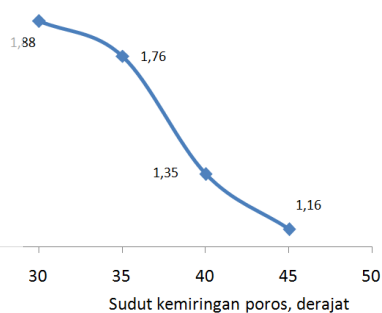


Gbr. 4. Kemiringan sudut poros vs Putaran poros

B. Hubungan Kemiringan Sudut Poros Turbin terhadap Torsi

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kemiringan sudut poros turbin terhadap torsi yang terjadi pada poros, memperlihatkan bahwa kemiringan sudut poros turbin berpengaruh terhadap torsi yang terjadi pada poros.

Dari empat variasi kemiringan sudut poros turbin 30°, 35°, 40° dan 45° diperoleh hasil torsi tertinggi sebesar 1,88 Nm terjadi pada sudut kemiringan poros 30°, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gbr. 4. Kemiringan sudut poros vs Torsi poros

C. Hubungan Kemiringan Sudut Poros Turbin terhadap Daya Air dan Daya Turbin

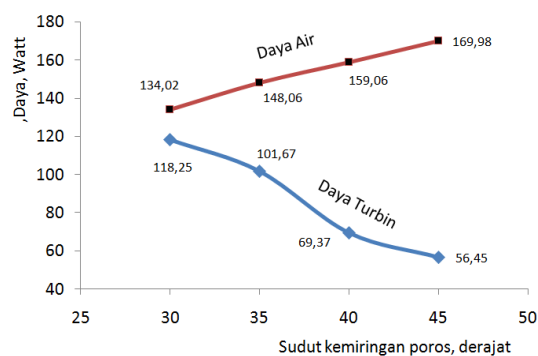
Berdasarkan data debit aliran dan head turbin dapat ditentukan besarnya daya air pada setiap

kemiringan sudut poros turbin. Sedangkan berdasarkan Torsi dan kecepatan sudut poros turbin pada setiap kemiringan sudut poros dapat diketahui besarnya daya turbin.

Dari hasil pengujian yang dilakukan diketahui bahwa daya air mengalami peningkatan dengan meningkatnya kemiringan sudut poros. Pada kemiringan sudut poros 30°, diperoleh daya air sebesar 134,03 Watt, selanjutnya pada sudut 35°, 40° dan 45°, diperoleh daya air masing-masing 148,06 Watt, 159,06 Watt dan 169,98 Watt.

Sebaliknya daya turbin mengalami penurunan dengan meningkatnya kemiringan sudut poros. Pada kemiringan sudut poros 30°, diperoleh daya turbin sebesar 118,25 Watt, selanjutnya pada sudut 35°, 40° dan 45°, diperoleh daya turbin masing-masing 101,67 Watt, 69,37 Watt dan 56,45 Watt.

Kurva hubungan antara kemiringan sudut poros dengan daya air dan daya turbin diperlihatkan pada Gambar 5. Daya turbin tertinggi yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebesar 118,25 Watt pada sudut kemiringan poros 30°.



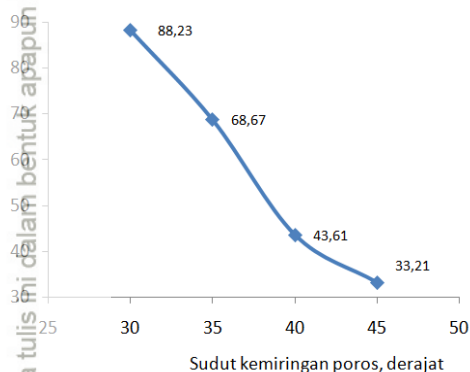
Gbr 5. Kemiringan sudut poros vs Daya Air dan Daya Turbin

Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa semakin besar kemiringan sudut poros turbin akan menurunkan daya aliran air yang menggerakkan rotor turbin. Hal ini diperkirakan



karena pada posisi turbin yang semakin mengarah tegak lurus atau vertikal, maka turbukan air yang terjadi pada sudu turbin menjadi tidak maksimal. Sebaliknya pada posisi turbin yang cenderung horizontal maka aliran air didalam turbin relatif steady, sehingga turbukan air yang terjadi pada sudu turbin lebih maksimal.

Dari perbandingan antara daya turbin dan daya air dapat diketahui efisiensi turbin. Nilai efisiensi turbin pada kemiringan sudut poros yang bervariasi diperlihatkan pada Gambar 6.



Gbr. Efisiensi Turbin pada beberapa variasi kemiringan sudut poros

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa efisiensi turbin terbaik diperoleh pada kemiringan sudut poros 30°.

KESIMPULAN

Turbine screw berdiameter dalam 76 mm dan diameter luar 120 mm yang memiliki satu sudu dengan lima lilitan dan jarak puncak sudu 200 mm telah diuji pada aliran Sungai Lubuk Menturus Padang, Sumatera Barat.

Pengujian dilakukan dengan variasi kemiringan sudut poros turbin 30°, 35°, 40° dan dengan debit aliran air antara 0.01633 m³/s dan 0.01824 m³/s.

Hasil pengujian yang dilakukan memperlihatkan bahwa kemiringan sudut turbin memberikan pengaruh terhadap putaran poros, torsi daya turbin dan efisiensi turbin. Putaran

poros turbin terbaik 601 rpm, torsi terbesar 1,88 Nm, daya turbin tertinggi sebesar 118,25 Watt dan efisiensi terbesar 88,23 % diperoleh pada kemiringan sudut poros turbin 30°.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyatakan terima kasih kepada Ir. Kaidir, M.Eng yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dan memberikan dukungan dalam penggunaan alat-alat ukur.

5. REFERENSI

- [1] Bambang T., Kuncoro T., dan Susanto, 2008, Kajian Distribusi Spasial Debit Aliran Permukaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh, *Jurnal Penginderaan Jauh* Vol. 5 hal 45-55
- [2] Zahrul, F. dan C. Azizah, 2008, Tinjauan Daerah Aliran Sungai Sebagai Sistem Ekologi dan Manajemen Daerah Aliran Sungai, *Lentera* : Vol.6
- [3] Samuel A.O.I and Freddie L.I, 2017, Maximising Power Generation in a Small Hydropower System using Pumped Storage Technology, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol II, July 5-7, 2017, London, U.K
- [4] C. S. Kaunda, C. Z. Kimambo, dan T. K. Nielsen, 2012, Potential of Small-Scale Hydropower for Electricity Generation in Sub-Saharan Africa, *ISRN Renewable Energy*, Volume 2012
- [5] D.A. Zema, A. Nicotra, V. Tamburino dan S.M. Zimbone, 2017, Energy Production by Small Hydro Power Plants in Collective Irrigation Systems of Calabria (Southern Italy), *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 58, The Italian Association of Chemical Engineering
- [6] Rorres, C., 2000, The Turn of the Screw: Optimal Design of An Archimedes Screw, *Journal of Hydraulic Engineering*, Philadelphia.



- [7] Sornes. K., 2000, Small-scale Water Current Turbines for River Applications, *Zero Emission Resource Organisation*.
- [8] M. Amjad, F. Fazal, F. Noor, A. Qamar dan M. Farooq, 2015, Performance Investigation of a Screw Turbine Operating Under Low Head and Less Flow Rate Requirement, *Technical Journal*, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan Vol. 20 (SI) No.II (S)
- [9] Herman B., Halim A., Sigit Y., dan Hendi R., 2014, Penentuan Dimensi Sudu Turbin Dan Sudut Kemiringan Poros Turbin Pada Turbin Ulir Archimedes, *Metal Indonesia*, Vol.36 No.1
- [10] Bambang Y., Y. Hizhar, dan Lisdiyanti, 2012, Pengaruh Debit Aliran Dan Kemiringan Poros Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro, *Dinamika Teknik Sipil*, Vol. 12, No. 1.
- [11] Parnatmo, W., 2007, *Turbin Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [12] Ridway B., Aditya R., dan Jenny D., 2014, Blade Number Effect for A Horizontal Axis River Current Turbine at A Low Velocity Condition Utilizing A Parametric Study with Mathematical Model of Blade Element Momentum, *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 2, No. 1.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

