

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Kaji eksperimental pengaruh debit dan kemiringan poros terhadap daya mekanik *prototype* turbin ulir tipe AH-01 dan AH-02

Adly Havendri^a, Yul Hizhar^a, Oding Syamiro Perdana^a^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 19 Maret 2021

Revisi Akhir: 05 April 2021

Diterbitkan Online: 28 April 2021

KATA KUNCI

Turbin ulir

Prototype

Debit

Kemiringan poros

Daya mekanik

KORESPONDENSI

E-mail: adlyhave@gmail.com

A B S T R A C T

The potential for renewable energy sources in Indonesia is rich enough to be used as an alternative energy source. The availability of hydro energy potential can be developed into a Mini Hydro Power Plant. One type of turbine that has been developed is the Archimedean turbine which is capable of utilizing low headwater sources. The AH-01 and AH-02 screw turbine prototypes have been made at Andalas University and testing was necessary to determine the optimal discharge for mechanical performance. Testing of the screw turbine prototype type AH-01 (screw angle 23°) and AH-02 (screw angle 26°) was carried out by varying the flow rate and shaft angle for the two types of screw turbine prototypes to determine mechanical performance and efficiency of the turbines. The test results show that the AH-02 screw turbine prototype has higher mechanical power than the AH-01 screw turbine prototype. The maximum mechanical power of each AH-01 and AH-02 screw turbine prototype is 5.77 and 7.54 Watts at a flow rate of 0.00139 m³/s.

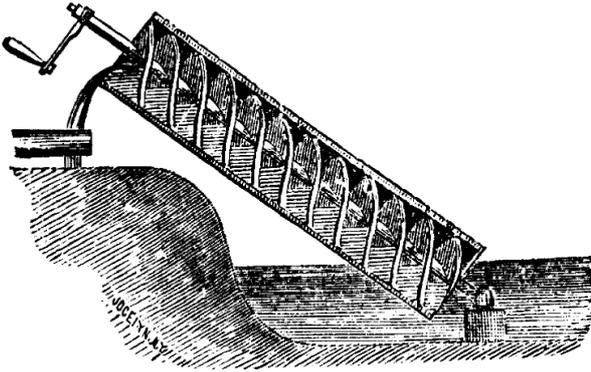
1. PENDAHULUAN

Potensi alam Indonesia cukup kaya dengan berbagai sumber energi alternatif yang dapat diubah menjadi sumber energi pembangkit listrik. Sumber energi alternatif tersebut dapat berwujud energi air, energi angin, energi surya, energi panas bumi, dan energi laut. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia penggunaan energi alternatif sebagai pembangkit listrik, diketahui bahwa pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro masih terbilang rendah [1]. Potensi sumber-sumber air di Indonesia yang ada kebanyakan memiliki head yang rendah maka pembangkit listrik tenaga mikrohidro perlu dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya telah dikembangkan turbin ulir (*archimedian turbine*)

yang mampu memanfaatkan sumber-sumber air yang memiliki head yang rendah sebagai penggerak awal dari sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh).

Turbin ulir yang merupakan turbin air dengan model cukup baru dan masih dalam tahap pengembangan untuk pembangkit listrik skala kecil dan menengah di masa depan yang akan datang. Turbin ulir adalah alat untuk mengubah energi potensial atau energi kinetik air menjadi energi mekanik untuk menghasilkan kerja berupa putaran poros. Menurut Bambang *et al.*, turbin ulir merupakan pembalikan dari fungsi pompa ulir [2]. Pompa ulir sendiri ditemukan oleh seorang ilmuwan Yunani, Archimedes, lebih dari 21 abad yang lalu dan sampai saat ini pompa ini masih

dipakai. Pada awalnya Archimedes menciptakan pompa ulir ini adalah untuk mengalirkan air dari bagian yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi (Gambar 1). Prinsipnya adalah dengan membuat selubung ulir, maka ketika ulir diputar secara manual, maka air yang terkumpul di antara sudu ulir kemudian dipindahkan ke outlet selubung di bagian atas [3]. Sudu ulir yang berputar akan membentuk pergerakan relatif dari ujung ke ujung.



Gambar 1. Profil ulir Archimedes sebagai pompa ulir [3]

Abdulkadir melaporkan bahwa salah satu turbin yang mampu beroperasi pada head sangat rendah adalah turbin ulir, akan tetapi turbin jenis ini masih tergolong baru di Indonesia [4]. Hasil yang sama juga dilaporkan juga oleh Adly dan Arnif bahwa turbin ulir merupakan turbin air yang sangat spesial dibandingkan dengan turbin air yang lain karena dapat bekerja pada daerah dengan head yang relatif rendah dan debit aliran yang relatif cukup besar [5]. Keuntungan lain turbin ulir Archimedes dibandingkan dengan turbin lainnya adalah kemampuannya beroperasi pada air yang kotor, biaya pembuatan dan perawatan yang rendah, dan ramah terhadap ikan (*fish-friendly*) [6]. Ulir Archimedes juga memberikan kemungkinan untuk konversi energi dari sumber-sumber energi terbarukan seperti aliran irigasi, ombak dan gelombang laut [7].

C. Z. Rosly et al. mengkaji dan mengidentifikasi berbagai parameter yang berpotensi meningkatkan efisiensi turbin. Mereka menemukan bahwa pemakaian 3 sudu dengan 3 putaran dapat meningkatkan efisiensi [8].

Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Andalas telah mengembangkan *prototype* turbin ulir tipe AH-01 (memiliki sudut ulir 23°) dan AH-02 (memiliki sudut ulir 26°). Penelitian awal sudah dilakukan terhadap *prototype* turbin ulir ini, namun hanya membahas perancangan dan pengaruh sudut ulir terhadap daya mekanik turbin [5]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dimana penelitian ini difokuskan membahas tentang pengaruh variasi debit dan kemiringan poros terhadap kinerja mekanik turbin dari kedua tipe turbin ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan tentang turbin ulir.

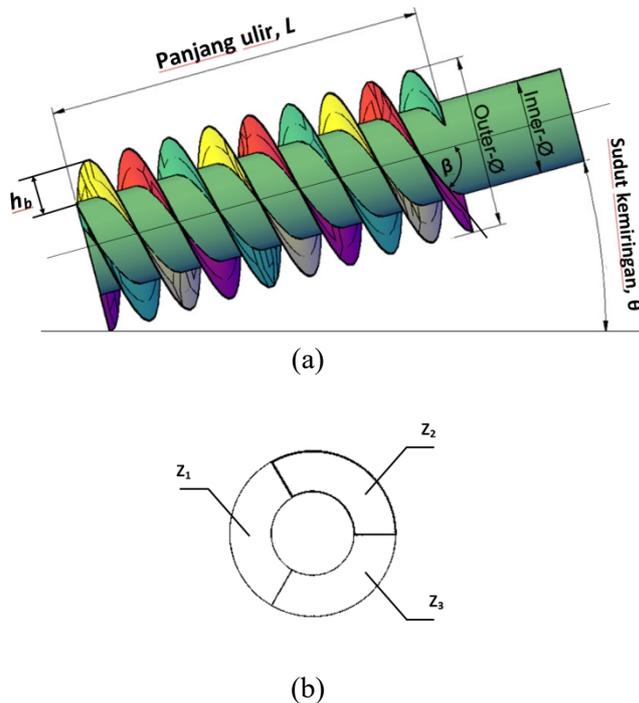
2. METODOLOGI

Penelitian ini menguji dua buah alat uji yaitu *prototype* turbin ulir tipe AH-01 dan AH-02 (Tabel 1). Perbedaan utama dari kedua tipe turbin ini terletak pada sudut ulir, β . AH merupakan inisial dari perancang turbin ulir itu sendiri yaitu Adly Havendri.

Tabel 1. Parameter-parameter *prototype* turbin ulir tipe AH-01 dan AH-02

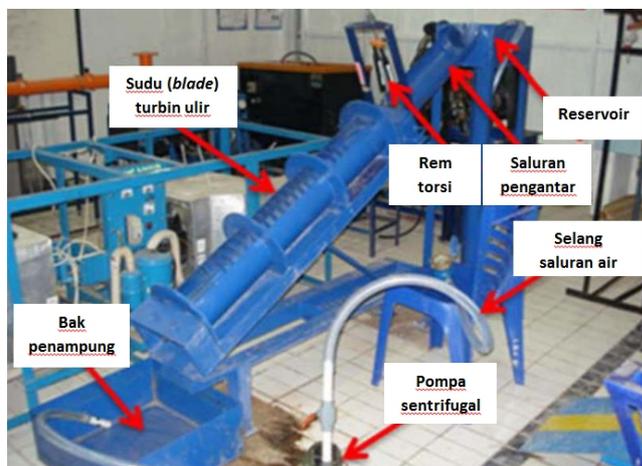
Parameter	Turbin ulir	
	AH-01	AH-02
Panjang, L [m]	1,5	1,5
Diameter <i>inner</i> , D_i [m]	0,0889	0,0889
Diameter <i>outer</i> , D_o [m]	0,12841	0,12841
Tinggi sudu, h_b [m]	0,03951	0,03951
Jumlah sudu, Z [buah]	3	3
Sudut ulir, β [$^\circ$]	23	26

Profil dari parameter-parameter turbin ulir yang terdapat pada Tabel 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Profil parameter-parameter turbin ulir:
(a) Tampak samping dan (b) Tampak depan

Setup pengujian *prototype* turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Setup pengujian *prototype* turbin ulir

Pengujian ini membutuhkan pompa sentrifugal untuk memompa dan mensirkulasikan air dengan dalam sebuah selang sebagai penggerak sudu turbin ulir dari bak penampungan ke reservoir. Katub bola dibutuhkan untuk mengatur debit air yang dialirkan ke saluran pengarah turbin ulir. Alat ukur

dalam pengambilan data pengujian antara lain rem torsi yang digunakan untuk mengukur gaya yang bekerja pada poros dan tachometer untuk mengukur kecepatan putar pada poros turbin. Debit diukur dengan sistem penampungan air dimana air ditampung pada bak penampung dan waktu untuk mencapai volume tertentu dicatat dengan menggunakan *stopwatch*.

Pengujian dilakukan dengan dengan memvariasikan debit aliran dan kemiringan poros. Tumbukan air pada sudut serang turbin ulir menimbulkan gaya aksial pada sudu-sudu turbin dan selanjutnya memutar poros turbin. Sementara variasi kemiringan poros diatur dengan menggeser turbin pada *slider* (seluncuran) dudukannya.

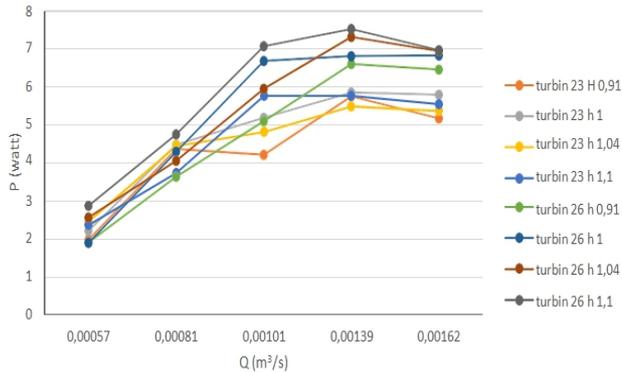
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang memiliki variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas terdiri dari debit (Q), kemiringan poros (θ), dan sudut ulir (β). Sementara, variabel terikat antara lain gaya (F), torsi (T), putaran (rpm), kecepatan sudut (ω), daya mekanik ($Watt$), dan efisiensi (η) turbin.

Pengujian daya mekanik turbin dilakukan dengan memberikan lima variasi debit yang dijaga konstan pada suatu nilai debit tertentu yaitu $Q_1 = 0,00057 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_3 = 0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_4 = 0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_5 = 0,00162 \text{ m}^3/\text{s}$. Kemudian pada tiap nilai debit tersebut divariasikan sudut kemiringan poros. Perubahan kemiringan poros secara langsung akan merubah nilai head air sehingga nilai head pada kemiringan sudut turbin ulir tertentu menjadi; $\theta_1 = 38,3^\circ$ ($h_1 = 0,91 \text{ m}$), $\theta_2 = 41,81^\circ$ ($h_2 = 1 \text{ m}$), $\theta_3 = 43,8^\circ$ ($h_3 = 1,04 \text{ m}$), dan $\theta_4 = 45,5^\circ$ ($h_4 = 1,1 \text{ m}$).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data, diperoleh beberapa grafik perbandingan antara *prototype* turbin ulir tipe AH-01 dan tipe AH-02.

Grafik hubungan antara pengaruh debit dan daya mekanik rata-rata masing-masing turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 4.

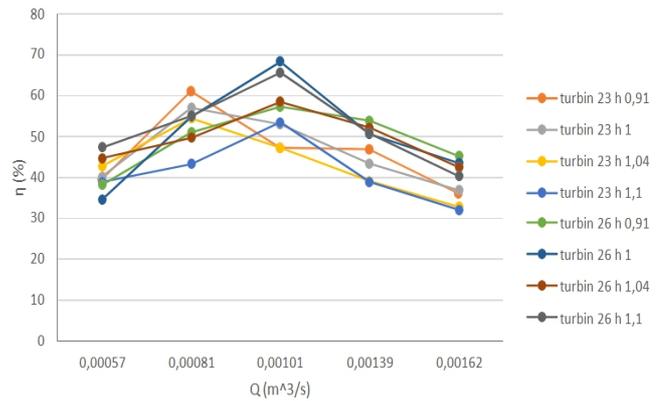


Gambar 4. Grafik debit vs daya mekanik rata-rata

Daya maksimal pada masing-masing *prototype* turbin ulir terjadi pada debit $0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan daya rata-rata sebesar $7,537099 \text{ Watt}$ pada *prototype* turbin ulir tipe AH-02 dan $5,7701961 \text{ Watt}$ pada *prototype* turbin ulir tipe AH-01. Daya mengalami penurunan jika debit ditambahkan lebih besar. Hal tersebut terjadi karena pada debit yang lebih besar air mengalir deras menumbuk sudu turbin dan mengakibatkan air melimpah keluar dari jalur air padaporos turbin sehingga energi air yang bekerja untuk memutar poros turbin menjadi tidak efektif. Perbandingan daya pada kedua *prototype* turbin ulir menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan *prototype* turbin ulir tipe AH-02 lebih besar daripada daya yang dihasilkan *prototype* turbin ulir tipe AH-01.

Kemiringan poros turbin juga mempengaruhi daya mekanik yang dihasilkan. Pada grafik terlihat peningkatan kemiringan poros akan diikuti dengan peningkatan daya mekanik. Variasi kemiringan secara langsung menyebabkan variasi head turbin, dimana peningkatan kemiringan poros akan berbanding lurus dengan peningkatan head turbin. Daya mekanik maksimal kedua tipe turbin dihasilkan ketika kemiringan poros $\theta_4 = 45,5^\circ$ atau $h_4 = 1,1 \text{ m}$.

Grafik hubungan antara pengaruh debit dan efisiensi mekanik rata-rata masing-masing turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 5.



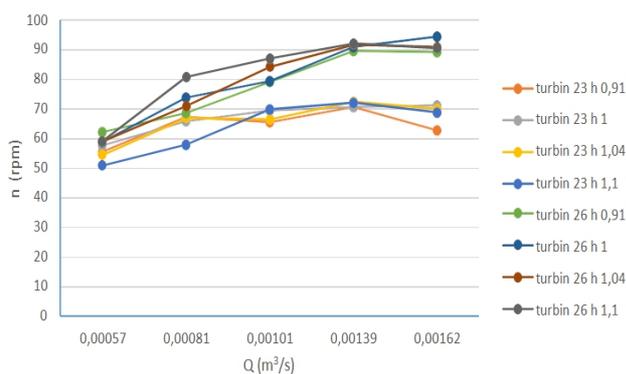
Gambar 5. Grafik debit vs efisiensi mekanik

Nilai efisiensi meningkat dengan pertambahan debit namun kemudian nilai efisiensi mengalami penurunan dari masing-masing tipe turbin. *Prototype* turbin ulir tipe AH-01 memiliki nilai efisiensi mekanik maksimal rata-rata sebesar $61,2\%$ yang dicapai pada debit $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$, sementara *prototype* turbin ulir tipe AH-02 memiliki nilai efisiensi mekanik maksimal rata-rata sebesar $68,41\%$ yang dicapai pada debit $0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$. Sudut ulir *prototype* turbin ulir tipe AH-02 mampu menerima dan mengkonversi energi air menjadi energi mekanik lebih baik dibandingkan *prototype* turbin ulir tipe AH-01. Oleh karena itu, *prototype* turbin ulir tipe AH-02 memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada *prototype* turbin ulir tipe AH-01. Hal inilah yang menimbulkan perbedaan nilai efisiensi antara kedua *prototype* turbin. Penurunan efisiensi mekanik turbin setelah penambahan debit di atas $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-01) dan $0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-02) terjadi karena pada debit yang lebih besar air mengalir deras menumbuk sudu turbin dan mengakibatkan air melimpah keluar dari jalur air pada poros turbin sehingga energi air yang bekerja untuk memutar poros turbin menjadi tidak efektif.

Kemiringan poros turbin juga mempengaruhi efisiensi mekanik yang dihasilkan. Namun, pada grafik terlihat bahwa tidak semua peningkatan kemiringan poros akan diikuti dengan peningkatan efisiensi mekanik. Hal ini terjadi karena efisiensi merupakan rasio daya output terhadap daya input. Daya input berupa daya air yang secara perhitungan akan meningkat seiring dengan peningkatan head (kemiringan poros), namun daya

output yang berupa daya mekanik hasil eksperimen menunjukkan hasil berbeda. Daya mekanik turbin yang dihasilkan setelah debit $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-01) dan $0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-02) tidak begitu signifikan sehingga efisiensi atau rasio daya mekanik terhadap daya semakin air berkurang. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi mekanik mengalami penurunan pada debit setelah $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-01) dan $0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$ (tipe AH-02). Efisiensi mekanik maksimal turbin tipe AH-01 dihasilkan ketika kemiringan poros $\theta_1 = 38,3^\circ$ atau $h_1 = 0,91 \text{ m}$ dan tipe AH-02 pada $\theta_2 = 41,81^\circ$ atau $h_2 = 1 \text{ m}$.

Grafik hubungan antara pengaruh debit dan putaran rata-rata masing-masing turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran rata-rata dan debit menunjukkan bahwa semakin besar debit yang diberikan maka semakin besar nilai putaran rata-rata yang dihasilkan, namun hal ini terjadi dari rentang debit $0,00057 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai dengan debit $0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$. Selanjutnya apabila debit lebih dari $0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$ maka nilai putaran rata-rata tidak akan bertambah bahkan bisa menyebabkan penurunan nilai putaran rata-rata. Hal ini diakibatkan oleh aliran air yang terlalu deras menyebabkan air melimpah pada *prototype* turbin ulir ini sehingga energi air untuk memutar sudu-sudu turbin ulir menjadi tidak efektif.



Gambar 6. Debit vs putaran

Gambar 6 juga menunjukkan bahwa nilai putaran rata-rata *prototype* turbin ulir tipe AH-02 lebih besar dibandingkan nilai putaran rata-rata *prototype* turbin ulir tipe AH-01.

Variasi kemiringan poros turbin atau head pada pengujian masing-masing *prototype* turbin ulir menunjukkan bahwa secara umum peningkatan kemiringan poros atau head akan meningkatkan putaran rata-rata. Putaran poros maksimal kedua tipe turbin dihasilkan ketika kemiringan poros $\theta_4 = 45,5^\circ$ atau $h_4 = 1,1 \text{ m}$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

- *prototype* turbin ulir tipe AH-02 (sudut ulir 26°) menghasilkan daya mekanik yang lebih tinggi dibandingkan *prototype* turbin ulir tipe AH-01 (sudut ulir 23°).
- daya maksimal dicapai pada masing-masing turbin ulir terjadi pada debit $0,00139 \text{ m}^3/\text{s}$ sebesar $7,54 \text{ Watt}$ pada *prototype* turbin ulir tipe AH-02 dan $5,77 \text{ Watt}$ pada *prototype* turbin ulir tipe AH-01.
- efisiensi maksimal *prototype* turbin ulir tipe AH-02 ($68,41\%$) dicapai pada debit $0,00101 \text{ m}^3/\text{s}$ lebih tinggi dibandingkan efisiensi maksimal *prototype* turbin ulir tipe AH-01 ($61,2\%$) yang dicapai pada debit $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$.

Masih banyak hal yang bisa dikembangkan dari penelitian ini dari pembuatan program simulasi komputer pengujian hingga pengujian secara eksperimental. Penelitian dan pengujian lanjutan sebaiknya lebih memperbanyak variabel bebas yang terdapat dalam sebuah desain turbin ulir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Neraca Energi Indonesia, "Energy Balance 2013-2017", Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018.
- [2] B. Yulistianto et al., "Pengaruh Debit Aliran dan Kemiringan Poros Turbin Ulir pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro", *Dinamika Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, 2012, pp. 1-5.
- [3] C. Rorres, "The Turn of the Screw: Optimal Design of An Archimedes Screw", *Journal of*

- Hydraulic Engineering, Philadelphia, 1998, pp. 72-80.
- [4] M. Abdulkadir, "Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Ulir", *Kurvatek*, vol. 2, no. 1, 2017, pp. 65-72.
- [5] A. Havendri and I. Arnif, "Kaji Eksperimental Penentuan Sudut Ulir Optimum Pada Turbin Ulir Untuk Data Perancangan Turbin Ulir Pada Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dengan Head Rendah", presented at the Seminar Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, Palembang, Indonesia, 2010.
- [6] O. M. Dada et al., "Optimal Design of Micro Hydro Turbine (Archimedes Screw Turbine) in Arinta Water Fall in Ekiti State, Nigeria", *Research Journal in Engineering and Applied Sciences*, vol. 4, no. 2, 2014, pp. 34-38.
- [7] B. Mayrhofer et al., "Towards An Innovative Radial Flow Impulse Turbine and A New Horizontal Archimedean Hydropower Screw", *Journal of Energy and Power Sources*, vol. 1, no. 2, 2014, pp. 72-78.
- [8] C. Z. Rosly et al., "Parametric Study on Efficiency of Archimedes Screw Turbine", *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, no. 18, 2016, pp. 10904-10908.
- [9] A. Lashofer et al., "State of Technology and Design Guidelines for the Archimedes Screw Turbine", presented at the Hydro 2012 – Innovative Approaches to Global Challenges, Bilbao, Spain, 2012.