

## Pengujian Kinerja *Detridge Wheel* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air *Head* Sangat Rendah

Rizal Andi Luhung<sup>1\*</sup>, Dan Mugisidi<sup>1</sup>, Agus Fikri<sup>1</sup> & Oktarina Heriyani<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin<sup>1</sup> & Program Studi Teknik Elektro<sup>2</sup>  
Fakultas Teknik (Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA)  
Jl. Tanah Merdeka No. 6, Kampung Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
Telp. 021-87782739, Fax. 021-840091  
\*E-mail: rizalandi001@gmail.com

**Abstrak** - Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja kincir air tipe *Detridge wheel* yang menggunakan *head* sangat rendah sebagai tenaga penggerak. *Detridge wheel* pertama digunakan untuk mengukur kecepatan aliran pada irigasi sawah, seorang peneliti pernah menguji kincir air ini dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* efisiensi maksimal yang dihasilkan adalah 60 %. Penelitian ini menggunakan material plat baja tebal 1,8 mm dan multiplek sebagai runner kincir air. Air disirkulasikan dengan variasi debit yang berbeda menggunakan pompa menuju bangunan air dan kembali lagi ke tangki penampung. Parameter yang diukur adalah putaran (rpm), gaya (N), kecepatan aliran air (m/s) dan ketinggian air (m). Pada keenam variasi debit, efisiensi tertinggi dengan debit pertama yaitu 43,314 %. Daya air sebesar 1,862 watt dan daya kincir air yang dihasilkan 0,806 watt. Semakin tinggi kenaikan debit menyebabkan rugi-rugi yang terjadi juga semakin besar.

**Kata kunci:** *Detridge wheel*, *head* sangat rendah dan kinerja kincir air

### 1. Pendahuluan

Pengembangan potensi sumber energi terbarukan seperti energi angin, energi air, energi matahari, biogas, dan sebagainya untuk kebutuhan energi listrik di daerah terpencil masih terbuka lebar. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan lebih dari 441 gigawatt (GW), sejauh ini yang baru terealisasi yakni 8,89 GW (Fakta News, 2017). Potensi yang ada cukup besar, sementara pemanfaatannya belum maksimal untuk kesejahteraan masyarakat (Muliawan & Yani, 2016). Keadaan sulit mendapatkan aliran listrik di daerah terpencil membuat masyarakat harus lebih kreatif, energi terbarukan yang banyak dikembangkan di pedesaan salah satunya adalah energi air (Edaefendi, 2017).

Energi air menjadi pilihan yang baik karena kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai (besar dan kecil). Beberapa daerah tertentu memiliki danau dan waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air (Yani & Erianto, 2016). Pemakaian teknologi pada energi terbarukan dengan sumber energi air salah satunya adalah kincir air.

Saat ini pada penggunaan kincir air diperlukan tinggi jatuh dan debit yang besar. Sementara itu energi air dengan tinggi jatuh dan debit kecil belum banyak dimanfaatkan, padahal di beberapa wilayah Indonesia punya potensi yang cukup besar untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga air dengan tinggi jatuh dan debit kecil (Muliawan & Yani, 2016). Pengembangan teknologi dibutuhkan untuk memanfaatkan potensi energi air *head* yang sangat rendah ini.

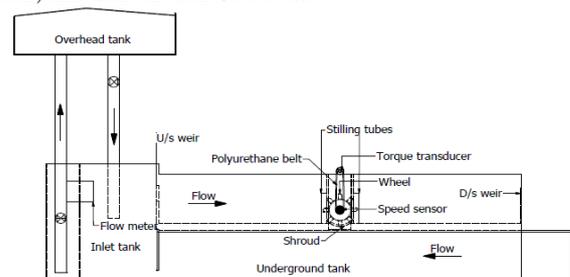
Pengembangan kincir air dengan tenaga air *head* sangat rendah yang menjadikan alasan penelitian ini. Sebuah alat ukur kecepatan aliran air irigasi *Detridge wheel*, disimulasikan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menjadi pembangkit listrik tenaga air oleh (Paudel & Saenger, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil kinerja *Detridge wheel* sebagai pembangkit listrik dengan tenaga air *head* sangat rendah, dan melakukan analisis kerugian yang terjadi pada sistem pengujian.

### 2. Dasar Teori

#### 2.1 Kajian Pustaka

##### 2.1.1 Bangunan Air

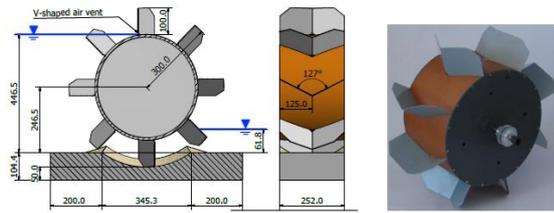
Bangunan air adalah bangunan yang akan direncanakan pada pengujian kincir air (Henry, Daud, & Hakki, 2013). Pada bangunan air memiliki bagian *inlet tank*, dudukan kincir, lintasan air dan *outlet tank*.



Gambar 1 Bangunan air (Paudel & Saenger, 2016)

##### 2.1.2 Kincir Air *Detridge Wheel*

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Paudel & Saenger, 2016). Dimensi kincir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kincir air Detridge wheel (Paudel & Saenger, 2016)

### 2.1.3 Kinerja Kincir Air

Menurut penelitian yang pernah dilakukan (Sule, 2015) dengan judul “Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah Dengan Sudu Berbentuk Mangkok”. Kinerja kincir air dihitung dengan:

Daya Kincir

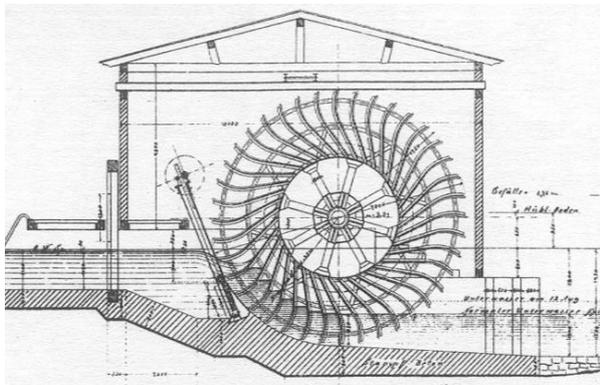
$$P_k = T \times \omega \quad [1]$$

Efisiensi Kincir Air

$$\eta_{\text{kincir}} = P_k / P_a \times 100 \% \quad [2]$$

### 2.1.4 Pengembangan Kincir Air Head Sangat Rendah

Pengembangan kincir air head sangat rendah pada tipe *undershot wheel*, menggunakan head sangat kecil 0,5 m – 2,5 m, dan debit 0,5 m<sup>3</sup>/s – 0,95 m<sup>3</sup>/s per m lebar (Müller, 2004).



Gambar 3 Undershot wheel (Müller, 2004)

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Energi Air

Air merupakan sumber energi yang dapat didaur ulang (*renewable*) yang tak dapat musnah karena pemakaian (Pudjanarsa & Nursuhud, 2013). Pada penelitian LIPI membuat sebuah prototipe kincir head sangat rendah (< 1 m) (Subekti & Susatyo, n.d.).

Daya Air

$$P_a = \rho \times g \times Q \times H \quad [3]$$

Head

$$H = Z_1 - Z_2 \quad [4]$$

### 2.2.2 Kincir Air

Kincir air berfungsi merubah energi air menjadi energi mekanik yang berupa putaran pada poros kincir (Henry et al., 2013). Kincir air memanfaatkan tinggi jatuh air H, dan kapasitas Q. Air yang masuk ke dalam dan keluar hanya tekanan atmosfer (Pudjanarsa & Nursuhud, 2013).

Torsi

$$T = F \times r \quad [5]$$

Kecepatan Sudut

$$\omega = 2 \times \pi \times n / 60 \quad [6]$$

Kincir air terbagi menjadi 2 yaitu, impuls (aksi) dan reaksi (Himran, 2017):

#### a. Kincir Air Aksi

Pada kincir air aksi *head* efektif diubah menjadi energi kinetik sebelum masuk sudu gerak. Daya yang diekstraksi aliran oleh sudu turbin berada pada tekanan atmosfer.

#### b. Kincir air reaksi

Pada kincir air reaksi sudu gerak terendam di dalam air, sehingga tekanan dan kecepatan air berkurang dari seksi masuk sampai seksi keluar sudu gerak.

Klasifikasi kincir air berdasarkan energi yang diterima (Henry et al., 2013), yaitu:

#### a. Kincir Air Overshot

Kincir air *overshot*, air mengalir ke dalam bagian sudu sisi bagian atas dan gaya berat air menyebabkan kincir berputar. Tipe ini yang paling sering digunakan.

#### b. Kincir Air Undershot

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata.

#### c. Kincir Air Breastshot

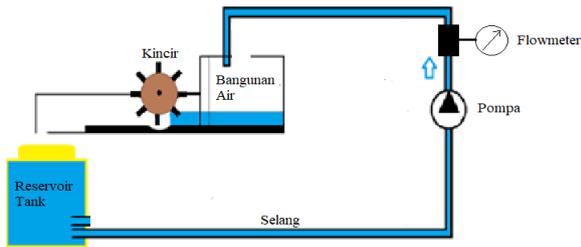
Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya.

## 3. Metodologi Penelitian

### a. Tempat dan Waktu Penelitian

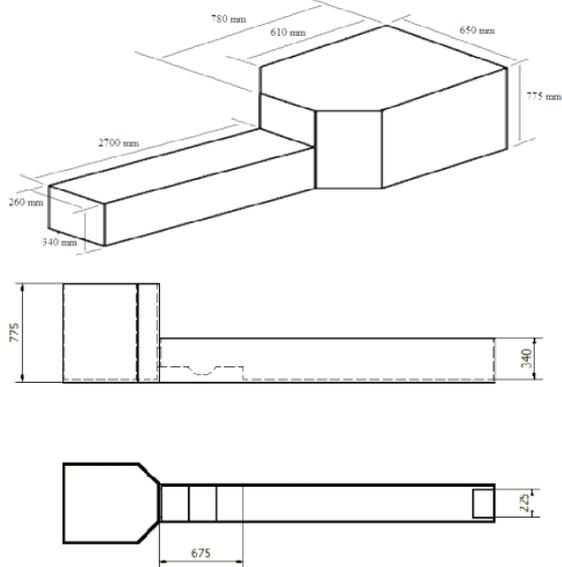
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Juli 2018 dan dilaksanakan di Kampus Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

b. Desain Penelitian



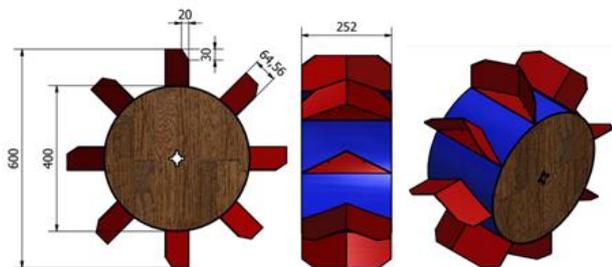
Gambar 4 Sistem pengujian

Pada Gambar 4 menunjukkan sistem sirkulasi air dari tangki penampung sampai memutar kincir, kemudian air kembali masuk ke tangki penampung. Bangunan air yang dipakai memiliki geometri sebagai berikut:



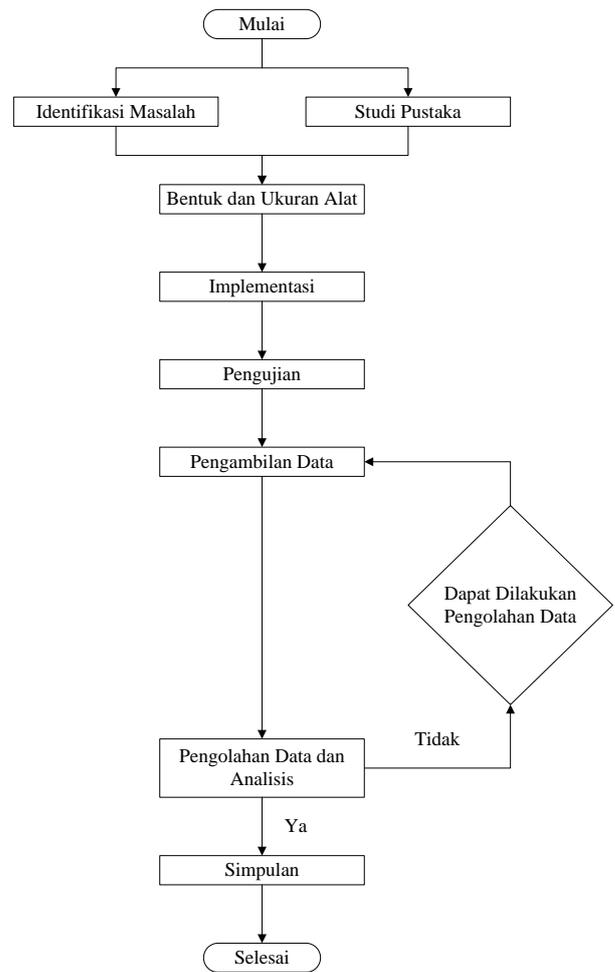
Gambar 5 Geometri bangunan air

Ukuran kincir yang akan dibuat sama dengan ukuran kincir pada simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* yang dilakukan oleh (Paudel & Saenger, 2016)



Gambar 6 Geometri kincir

c. Diagram Alir Penelitian



Gambar 7 Diagram alir penelitian

d. Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan kincir dan bangunan air dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1 Alat

Nama	Fungsi
Flowmeter 3 inch	Mengukur debit
Tachometer	Mengukur putaran
Pronybreak	Mengukur gaya
Pompa alkon 3 inch	Memompa air
Tangki Penampung	Menyimpan air
Selang Spiral 3 inch	Media aliran
Stopwatch	Menghitung waktu
Mistar ukur	Mengukur ketinggian air
Termometer	Mengukur temperatur air

Tabel 2 Bahan

Nama	Fungsi
Plat baja 1,8 mm	Membuat kincir
Multiplex 15 mm	Membuat runner
Meni kayu dan Meni Besi	Pelapis bagian plat dan multiplex
Bearing duduk Ø 25 mm	Bantalan poros kincir
Batang besi	Membuat poros
Air	Tenaga kincir

### 4. Temuan dan Pembahasan

#### a. Temuan Penelitian

Pada pengujian ini parameter yang diukur adalah ketinggian air (m), kecepatan aliran air (m/s), putaran (rpm) dan gaya (N). Debit menjadi variabel yang diberikan perlakuan, ada enam variasi debit yang digunakan.



Gambar 8 Rangkaian sistem pengujian

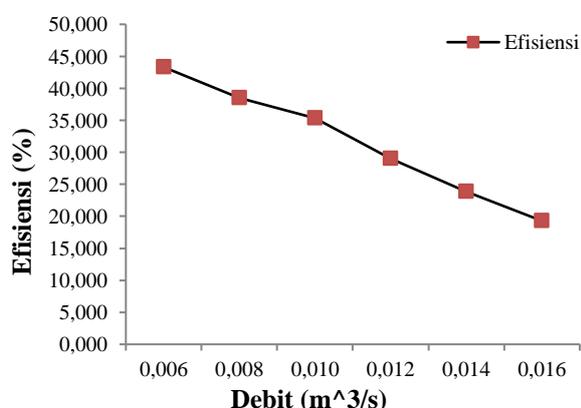
Air dipompa dari tangki penampung melewati *flowmeter* menuju bangunan air dan keluar melewati pintu bawah langsung mendorong sudu kincir. Setelah melewati kincir, air mengalir kembali menuju tangki penampung.

Tabel 3 Perbandingan kinerja variasi debit

H	n	T	P <sub>air</sub>	P <sub>kincir</sub>	η
0,030	6,908	1,115	1,862	0,806	43,314
0,040	10,496	1,144	3,263	1,257	38,516
0,045	13,387	1,146	4,549	1,606	35,300
0,060	16,361	1,225	7,236	2,099	29,001
0,070	18,792	1,189	9,809	2,339	23,845
0,075	21,576	1,023	11,973	2,310	19,291

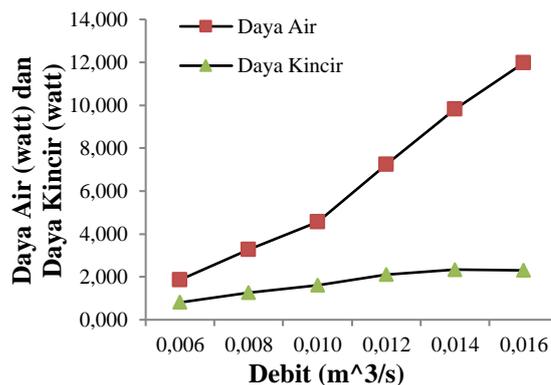
#### b. Pembahasan

Pada Grafik 9 tampak bahwa efisiensi berkurang dengan adanya kenaikan debit, disebabkan karena banyak energi air yang hilang.



Grafik 9 Grafik efisiensi terhadap debit

Penurunan efisiensi dapat ditinjau dari daya air terhadap daya kincir yang didapatkan. Daya kincir dipengaruhi oleh putaran (rpm) dan torsi (N.m).



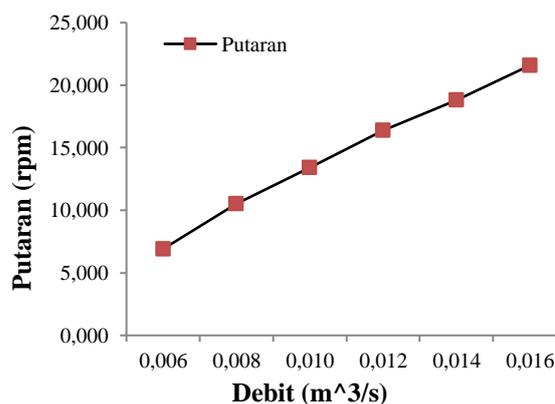
Grafik 10 Grafik daya air dan daya kincir terhadap debit

Karakteristik aliran air pada sistem adalah *steady* (tunak), dimana komponen aliran ( $v, P, \rho \times H \times Q$ ) tidak dipengaruhi oleh waktu. Serta komponen aliran juga tidak berubah terhadap jarak (seragam) (Harseno & V. L., 2007).

Tabel 4 Parameter daya air

Debit	Head	Gravitasi	Massa Jenis
0,006	0,030	9,8	995,7
0,008	0,040	9,8	995,7
0,010	0,045	9,8	995,7
0,012	0,060	9,8	995,7
0,014	0,070	9,8	995,7
0,016	0,075	9,8	995,7

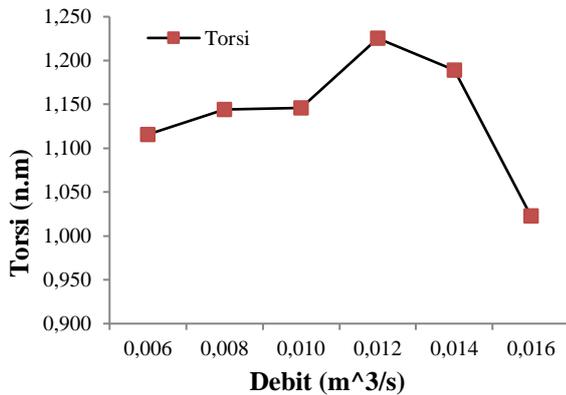
Secara teoritis, daya air akan naik berbanding lurus dengan kenaikan debit dan *head*. Kenaikan daya kincir yang tidak sebanding dengan daya air, dapat ditinjau dari putaran dan torsi. Pada pengukuran putaran yang dilakukan menghasilkan kenaikan seiring dengan kenaikan debit, secara teoritis dapat dijelaskan bahwa kenaikan debit berdampak pada kecepatan aliran air.



Grafik 11 Grafik putaran terhadap debit

Kenaikan kecepatan aliran air secara berturut-turut adalah 0,407 m/s, 0,410 m/s, 0,452 m/s, 0,457 m/s, 0,463 m/s, 0,484 m/s. Kenaikan kecepatan aliran air berbanding lurus dengan kenaikan kecepatan kincir, apabila kecepatan aliran air naik maka kecepatan kincir juga akan naik. Kenaikan putaran terjadi karena kenaikan kecepatan kincir, diameter kincir ( $D_k = 60 \times v_k / \pi \times n$ ). Maka apabila kecepatan kincir naik, putaran juga akan naik, dengan diameter luar sudu yang tetap (Subekti & Susatyo, n.d.).

Hasil dari pengukuran putaran berbanding lurus dengan kenaikan putaran teoritis.



Grafik 12 Grafik Torsi terhadap debit

Hasil pengukuran torsi terlihat pada grafik 12, saat variasi debit 5 dan 6 mengalami penurunan.

## 5. Simpulan dan Saran

### 5.1 Simpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan efisiensi dari kinerja aktual kincir air *Detridge wheel*, dan penyebab kerugian yang terjadi pada sistem.

Pada pengujian aktual yang dilakukan efisiensi tertinggi adalah 43,314 % variasi debit pertama sebesar 0,006 m<sup>3</sup>/s. Kenaikan debit menyebabkan efisiensi menurun, karena banyak daya air yang tidak terpakai maksimal akibat kerugian hidrolis.

### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan untuk memperbaiki bentuk dan ukuran kincir air *detridge wheel* atau bangunan air, untuk mengurangi kerugian-kerugian pada sistem.

Perbaikan dan pengembangan diharapkan karena tipe kincir ini memiliki potensi yang baik, untuk kondisi di Indonesia banyak sungai-sungai kecil yang memiliki tenaga air *head* sangat rendah.

## Kepustakaan

- [1] Edaefendi, E. (2017). Air Sebagai Sumber Energi Pembangkit Listrik Oleh. Retrieved May 2, 2018, from <https://www.kompasiana.com/evitaeda/59d31a382bbb1322502ddbe3/air-sebagai-sumber-energi-pembangkit-listrik>.
- [2] Fakta News. (2017). Indonesia Kaya Potensi EBT Namun Pemanfaatannya Masih Rendah. Retrieved May 2, 2018, from <https://fakta.news/berita/indonesia-kaya-potensi-ebt-namun-pemanfaatannya-masih-rendah>.
- [3] Harseno, E., & V. L, S. J. (2007). Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis, 1–26.
- [4] Henry, O. S., Daud, A., & Hakki, H. (2013). Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 3–6.
- [5] Himran, S. (2017). *Turbin Air (Teori dan Dasar Perencanaan)* (1st ed.). Yogyakarta: ANDI.
- [6] Muliawan, A., & Yani, A. (2016). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. *Journal of Sainstek*, 8(1), 1–9.
- [7] Müller, G. (2004). Water Wheels As a Power Source. *The Queen's University of Belfast*, 1–9. Retrieved from [http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0708/beiere/3/html/bi/3/fichiers/Muller\\_histo.pdf](http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0708/beiere/3/html/bi/3/fichiers/Muller_histo.pdf).
- [8] Paudel, S., & Saenger, N. (2016). Dethridge Wheel for Pico-scale Hydropower Generation : An Experimental and Numerical Study. *28th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, (4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/49/10/102007>.
- [9] Pudjanarsa, A., & Nursuhud, D. (2013). *Mesin Konversi Energi*. (F. S. Suyantoro, Ed.) (3rd ed.). Yogyakarta.
- [10] Subekti, R. A., & Susatyo, A. (n.d.). Pengujian Prototipe Turbin Head Sangat Rendah pada Suatu Saluran Aliran Air.
- [11] Sule, L. (2015). Kinerja yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah dengan Sudu Berbentuk Mangkok. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, (Snttm Xiv), 7–8.
- [12] Yani, A., & Erianto, R. (2016). Pengaruh Variasi Bentuk Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Kinetik ( Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan ), 5(1), 1–6.