

VARIASI JUMLAH SUDU TERHADAP BENTUK SUDU MIRING DAN SETENGAH SILINDER PADA PERFORMA KINCIR AIR *UNDERSHOT*

Carolus Borromeus Krishna Sampurno^{1*}, Yunus Ari Rokhim², Afif Hendri Putranto³,
Victor Bintang Panunggul³, Retno Pangestu⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga

⁴Program Studi Manajemen, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga

*Corresponding author: carolus@unperba.ac.id

Diterima: 15 Juni 2023

Direvisi: 8 Juli 2023

Disetujui: 15 Juli 2023

Terbit online: 15 Juli 2023

ABSTRAK

Dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia telah memanfaatkan sumber daya yang sudah disediakan oleh alam. Sumber daya energi merupakan salah satu dari sumber daya alam yang turut serta berperan dalam kesejahteraan masyarakat. Sumber daya energi ini terbagi menjadi dua, yaitu sumber energi terbarukan dan sumber energi tak terbarukan. Kincir air merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah salah satu sumber daya energi terbarukan. Penggunaan kincir air merupakan salah satu pemanfaatan energi air menjadi pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH). Namun tidak semua kincir air dapat dimanfaatkan pada head rendah dan debit yang besar. Kincir air undershot memiliki konstruksi sederhana, dapat dimanfaatkan pada head rendah dan debit kecil namun memiliki efisiensi yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui performa terbaik dari penggunaan jumlah sudu dan penggunaan bentuk sudu dari kincir air undershot. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa performa terbaik dicapai pada penggunaan jumlah sudu setengah silinder dan jumlah sudu 16 buah sudu. Penggunaan bentuk sudu setengah silinder dapat mengurangi gaya hambat yang disebabkan air yang berada di bagian belakang sudu yang mengurangi gaya dorong hasil tumbukan air dengan bagian depan sudu.

Kata kunci: *undershot*; sudu miring; sudu setengah silinder; unjuk kerja kincir air

ABSTRACT

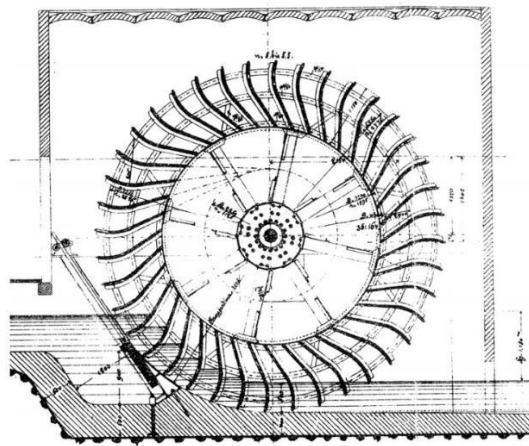
In an effort to meet the needs of life, humans have utilized the resources provided by nature. Energy resources are one of the natural resources that participate in the welfare of society. These energy resources are divided into two, namely renewable energy sources and non-renewable energy sources. Waterwheel is one of the technologies that can be used to process one of the renewable energy resources. The use of waterwheels is one of the uses of water energy into microhydro power plants (PLTMH). However, not all waterwheels can be used at low heads and large discharges. Undershot waterwheel has simple construction, can be utilized at low head and small discharge but has low efficiency. The purpose of this study was to determine the best performance from the use of the number of blades and the use of the blade shape of the undershot waterwheel. From the results of the study, it was found that the best performance was achieved in the use of the number of semi-cylindrical spoons and the number of 16 spoons. The use of a semi-cylindrical blade shape can reduce the drag caused by water at the back of the blade which reduces the thrust resulting from the collision of water with the front of the blade.

Keywords: *undershot*; tilted blades; half-cylinder blades; waterwheel performance

1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu dari energi terbarukan yang relatif mudah didapat di negara Indonesia dan tidak memberikan dampak yang mencemari lingkungan. Di Indonesia sendiri ketersediaan air yang dapat digunakan sangat melimpah hingga 694 milyar/m³ per tahun [1]. Tetapi dari jumlah tersebut yang telah dimanfaatkan hanya sebesar 23% dan hanya sekitar 80% yang dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi [2]. Air yang mengalir seperti pada aliran sungai dan saluran air, dapat menjadi sumber energi hidrokinetik yang dapat digunakan untuk menggerakkan pompa hydram [3] atau menggerakkan sudu turbin bila kecepatan air mengalir mencukupi [4]. Pada umumnya, energi tersebut di ubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator atau menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros tanpa menyita air [5]. Aliran air yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah aliran dengan debit yang besar, sedangkan aliran air dengan debit kecil masih belum termanfaatkan dengan baik .

Salah satu teknologi untuk mengkonversi energi yang terdapat dalam air mengalir adalah kincir air. Kincir air merupakan alat untuk mengubah sebagian energi dalam aliran air menjadi energi mekanik [6]. Menurut tipenya kincir air dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu kincir air breastshot, kincir air Overshot, dan kincir air Undershot [7].



Gambar 1. Kincir air undershot [8]

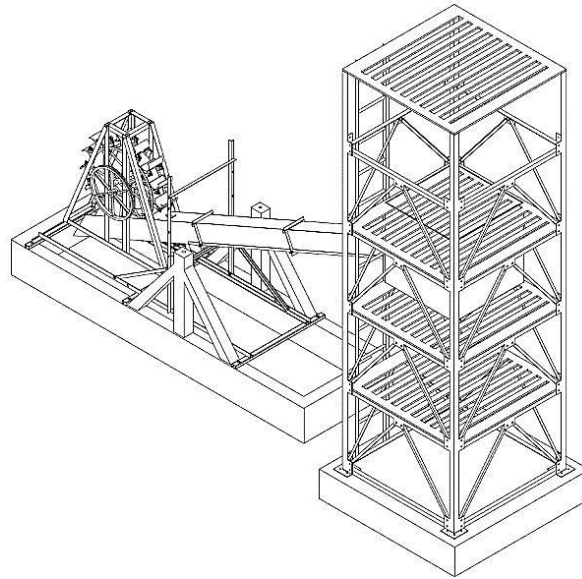
Kincir air *undershot* merupakan salah satu dari teknologi kincir air yang pemanfaatannya sudah ada sejak abad ke 18. Kincir air jenis ini memiliki kelebihan yaitu lebih ekonomis dan konstruksinya yang lebih sederhana dibandingkan jenis kincir air yang lain karena air yang menjadi sumber penggerak terletak di bagian bawah kincir sehingga dapat dipasang di manapun ada air mengalir [9]. Namun, kincir air undershot juga memiliki kekurangan yaitu efisiensinya yang kecil (25%-70%) dan daya yang dihasilkan juga lebih rendah dibandingkan dengan teknologi kincir air yang lain. Besarnya efisiensi dan daya yang dihasilkan kincir, bergantung pada head dan debit air yang tersedia [10].

Kincir air undershot berputar apabila air yang mengalir mengenai sudu di bagian bawah kincir [11]. Putaran pada poros kincir ini kemudian disalurkan menuju generator dengan menggunakan transmisi sehingga generator dapat merubah energi mekanik yang dihasilkan kincir air menjadi energi listrik yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk menyalakan peralatan listrik. Kincir air jenis ini sangat cocok apabila digunakan di daerah yang memiliki perairan dangkal dengan head yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa terbaik dari kincir air undershot berdasarkan bentuk dan jumlah sudu yang digunakan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pengujian eksperimen langsung pada objek yang diteliti. Objek penelitian berupa kincir air tipe undershot dengan menggunakan

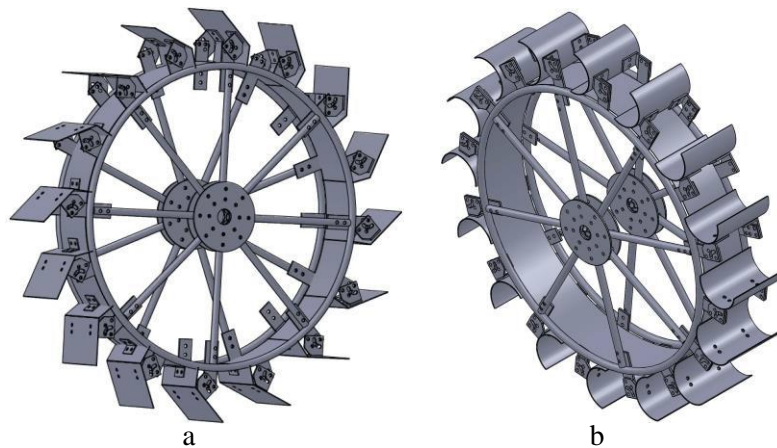
variasi bentuk sudu miring dan sudu setengah lingkaran. Untuk jumlah sudu yang digunakan adalah 16 dan 8 buah sudu.



Gambar 2. Skema pengujian

Setelah proses pembuatan kincir beserta komponen pendukung, kemudian dilakukan pemasangan seluruh peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data, dan dilanjutkan untuk pengambilan data. Tahapan untuk pengambilan data sebagai berikut :

- Mengatur head aliran air sesuai dengan yang direncanakan, yaitu 3 meter.
- Mengukur kecepatan air yang tersedia, kemudian menghitung debit. Sehingga debit air yang tersedia sebesar $39,7 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Mengukur kecepatan putar poros pada generator dengan beban lampu yang diberikan secara bertahap



Gambar 3. kincir air undershot, a) sudu miring, b) sudu setengah silinder.

Data yang diambil berupa tegangan dan arus listrik, beban torsi, dan putaran pada generator. Kinerja kincir air dapat ditinjau dengan menggunakan beberapa persamaan perhitungan berikut :

- Daya yang tersedia akibat ketinggian dan kapasitas air
$$P_{\text{air}} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \quad (1)$$

- P : daya yang yang terdapat pada air
- ρ : densitas air (kg/m^3)
- Q : debit aliran (m^3/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- h : head (m)

b. Daya yang dihasilkan kincir air akibat dorongan dari air yang mengalir.

$$P = ((F - F_d).r)\left(\frac{\pi.n}{30}\right) \tag{2}$$

dengan

$$F = \rho Av^2 \tag{3}$$

$$C_d = \frac{2Fd}{\rho v^2 A} \tag{4}$$

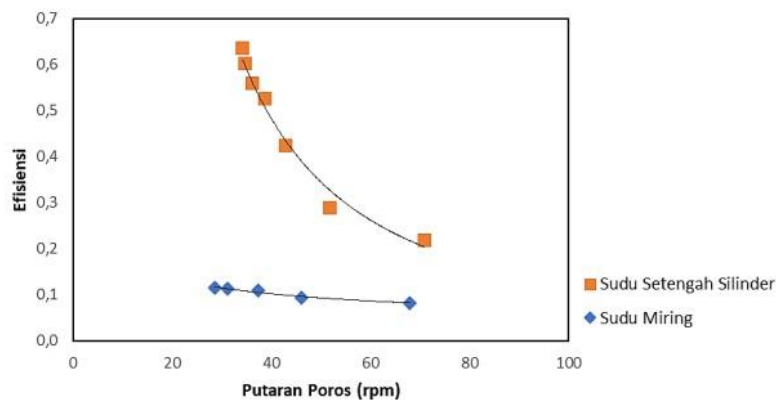
- r : jari – jari kincir air (m)
- n : putaran dari kincir air (rpm)
- F : gaya dorong pada kincir air (kg)
- F_d : gaya yang menghambat sudu di belakang (kg)

c. Efisiensi kincir air merupakan perbandingan daya yang dihasilkan kincir dengan daya yang tersedia pada air.

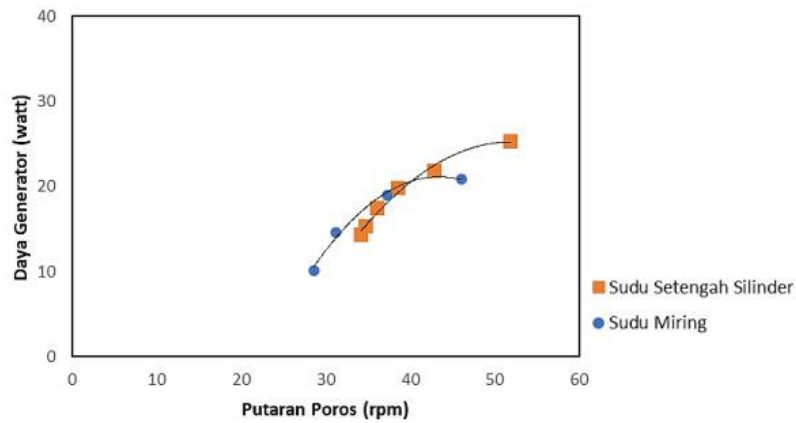
$$\eta = \frac{P}{P_{\text{air}}} 100\% \tag{5}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

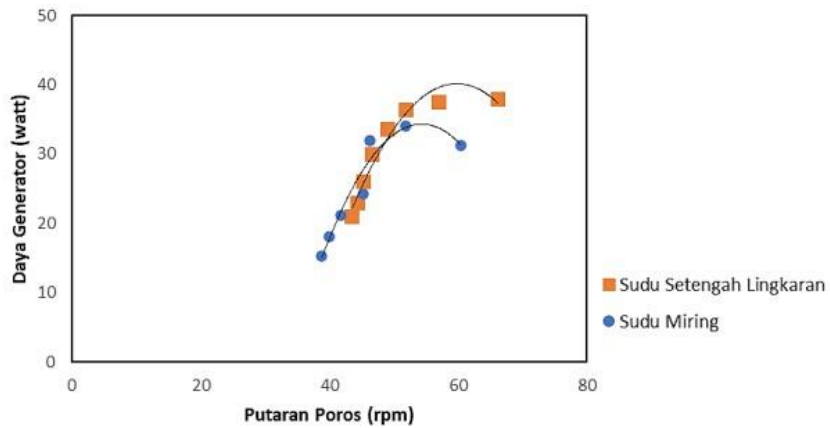
Data yang didapatkan dari hasil pengujian, kemudian data tersebut diolah dalam bentuk grafik sebagai berikut. Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian kincir air dengan sudu setengah silinder dan sudu miring dengan jumlah sudu 8 buah. Dari hasil pengujian didapatkan efisiensi kincir sudu setengah silinder tertinggi sebesar 0,64 yang diperoleh pada putaran 34,2 rpm. Sedangkan efisiensi terendah sebesar 0,22 pada putaran 70,9 rpm. Pada kincir dengan sudu miring, efisiensi tertinggi mencapai 0,12 pada putaran 28,6 rpm. Sedangkan efisiensi terendah mencapai 0,08 pada putaran 67,9 rpm. Gambar 5 Menampilkan hubungan daya yang dihasilkan kincir 8 sudu dengan putaran kincir. Pada putaran sebesar 51,9 rpm, kincir dengan sudu setengah silinder menghasilkan daya tertinggi sebesar 25,3 Watt. Sedangkan daya terendah sebesar 14,29 dicapai pada putaran 34,2 rpm. Kincir air dengan sudu miring menghasilkan daya tertinggi sebesar 20,87 Watt pada putaran 46,1 rpm. Daya terendah yang dihasilkan kincir sudu miring mencapai 10,11 Watt pada putaran 28,6 rpm.



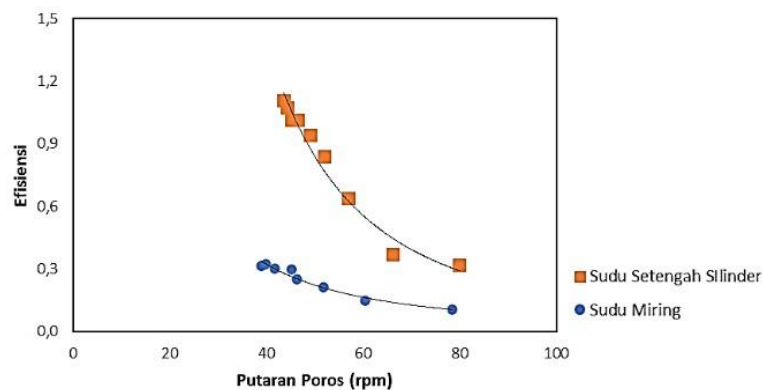
Gambar 4. Grafik efisiensi kincir air dengan putaran kincir pada jumlah sudu 8



Gambar 5. Grafik Daya dengan putaran kincir pada jumlah sudu 8



Gambar 6. Grafik daya dengan putaran kincir pada jumlah sudu 16

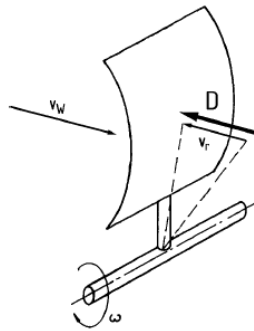


Gambar 7. Grafik Efisiensi Kincir air dengan putaran kincir pada jumlah sudu 16

3.1. PENGARUH PENGGUNAAN BENTUK SUDU

Penggunaan bentuk sudu setengah silinder pada kincir air undershot secara keseluruhan dapat menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan pada penggunaan bentuk sudu miring pada jumlah sudu 16 dan 8. Hal ini dapat disebabkan penggunaan bentuk sudu setengah

silinder dapat mengurangi torsi negatif yang terjadi pada kincir air yang diakibatkan oleh gaya hambat air di belakang sudu seperti yang ditunjukkan Gambar 8. Torsi negatif yang terjadi pada belakang sudu dapat mengurangi daya dari tumbukan air pada sudu karena arahnya berlawanan dengan putaran kincir [12].



Gambar 8. Ilustrasi gaya yang terjadi pada sudu setengah silinder [13]

3.2. PENGARUH JUMLAH SUDU PADA KINCIR

Kinerja kincir air dapat diamati dari hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk grafik di atas. Efisiensi dan daya yang lebih baik dihasilkan pada penggunaan jumlah sudu 16 pada sudu miring dibandingkan dengan jumlah sudu 8. Demikian juga pada penggunaan sudu setengah silinder. Secara keseluruhan, penggunaan sudu setengah silinder pada 16 buah sudu menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik. Hal ini dapat disebabkan karena pada penggunaan sudu 16 dapat menghasilkan putaran kincir lebih tinggi dari pada penggunaan sudu 8. Putaran kincir yang tinggi sangat penting dihasilkan untuk memudahkan mencapai putaran yang dibutuhkan generator untuk menghasilkan daya [14]. Namun, pada penggunaan sudu 8 dapat menghasilkan efisiensi yang lebih stabil pada setiap putaran karena masukan energi dari aliran air yang tidak stabil yang tidak selalu menghantam sudu kincir. Masukan daya dari aliran air yang tidak stabil sering terjadi pada picohidro dan mikrohidro [15].

Faktor pemilihan desain juga berpengaruh pada efisiensi yang dihasilkan dari kincir air undershot. Pemilihan material yang menggunakan besi juga dapat mempengaruhi karena berat yang dihasilkan oleh kincir. Semakin berat sebuah kincir, maka semakin besar momen inersia dari kincir [16]. Momen inersia merupakan sifat dari suatu benda untuk mempertahankan posisinya semula sebelum diberi gaya dalam gerak rotasi [17].

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah dari sudu yang digunakan oleh kincir undershot. Semakin sedikit penggunaan jumlah sudu dapat menghasilkan daya yang lebih rendah, namun memiliki masukan daya yang tidak stabil. Daya tertinggi dihasilkan kincir air dengan sudu setengah silinder dengan 16 buah sudu. Bentuk sudu yang digunakan pada kincir air undershot juga dapat mempengaruhi performa yang dihasilkan kincir. Bentuk sudu setengah silinder merupakan bentuk yang lebih baik dibandingkan dengan sudu miring. Performa terbaik dicapai oleh kincir air sudu setengah silinder.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Boli, A. Makhsud, M. Tahir, and M. Tahir, "Analisis Daya Output Dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring Yang Bekerja Pada Saluran Horizontal," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2018.
- [2] C. Samekto and E. S. Winata, "Potensi Sumber Daya Air di Indonesia 1," no. 7, pp. 1–20, 2016.
- [3] C. B. K. Sampurno, A. T. Setiono, I. Maulita, Y. Ito, and A. Obiyasi, "Rancang Bangun

- Pompa Hydram DI Desa Karangtalun, Purbalingga,” *Perwira J. Community Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–18, 2023.
- [4] B. A. Nasir, “Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-Power Plant,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 308–311, 2013.
- [5] J. A. Razak, Y. Ali, M. A. Alghoul, M. Said Zainol, A. Zaharim, and K. Sopian, “Application of Crossflow Turbine in Off-Grid Pico Hydro Renewable Energy System,” *Proceeding Am. -Math*, no. January, pp. 519–526, 2010.
- [6] D. P. Sari, Helmizar, I. Syofii, Darlius, and D. Adanta, “The effect of the ratio of wheel tangential velocity and upstream water velocity on the performance of undershot waterwheels,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 65, no. 2, pp. 170–177, 2020.
- [7] A. Rahman and Kimin, “Pengaruh debit air terhadap kinerja kincir air,” *J. Din.*, vol. 2, no. 12, pp. 76–79, 2018.
- [8] G. Müller and K. Kauppert, “Performance characteristics of water wheels,” *J. Hydraul. Res.*, vol. 42, no. 5, pp. 451–460, 2004.
- [9] S. Paudel, N. Linton, U. C. E. Zanke, and N. Saenger, “Experimental investigation on the effect of channel width on flexible rubber blade water wheel performance,” *Renew. Energy*, vol. 52, pp. 1–7, 2013.
- [10] I. L. K. Wong, A. Buku, J. E. Latupeirissa, and H. C. P. Tiwouy, “Performance of Undershot Waterwheel Curved Blade of the Laboratory Scale,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 967, pp. 250–255, 2019.
- [11] Wariito, D. Adanta, S. A. Arifianto, S. B. S. Nasution, and Budiarmo, “Effect of Blades Number on Undershot Waterwheel Performance with Variable Inlet Velocity,” in *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)*, pp. 1–6, 2018.
- [12] D. Kodirov and O. Tursunov, “Calculation of Water Wheel Design Parameters for Micro Hydroelectric Power Station,” *E3S Web Conf.*, vol. 97, 2019.
- [13] E. Hau, *Wind Turbines : Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, 2nd editio. Germany: Springer, 2006.
- [14] D. Adanta, M. Agil Fadhel Kurnianto, Warjito, S. B. S. Nasution, and Budiarmo, “Effect of the number of blades on undershot waterwheel performance for straight blades,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 431, no. 1, 2020.
- [15] E. Quaranta and G. Müller, “Optimization of undershot water wheels in very low and variable flow rate applications,” *J. Hydraul. Res.*, vol. 58, no. 5, pp. 845–849, 2020.
- [16] C. B. K. Sampurno, D. D. Dwi Prija Tjahjana, and S. Hadi, “The use of phase shift angle (PSA) on double stage savonius wind rotor with three points configuration semi-elliptical blade shape,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 345, no. 1, 2019.
- [17] P. L. Viollet, “From the water wheel to turbines and hydroelectricity. Technological evolution and revolutions,” *Comptes Rendus - Mec.*, vol. 345, no. 8, pp. 570–580, 2017.