



Analisis Kinerja Kincir Air Tipe Undershot Bahan Aluminium Dengan Jumlah 10 Sudu dan Sudut 20°

Performance Analysis of Aluminum Undershot Waterwheel Type with 10 Blades and 20° Angle

Muhammad Idris¹, Indra Hermawan^{1*}, B. H. Simamora¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author: indrahermawan@staff.uma.ac.id

Diterima: 02-01-2023

Disetujui: 04-01-2023

Dipublikasikan: 14-01-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Untuk menghasilkan energi listrik yang ideal, diperlukan kincir air dengan efisiensi yang layak. Tampilan kincir air dapat dipengaruhi oleh beberapa batasan, termasuk ukuran tepi, kecepatan aliran air, dan jumlah tepi yang dimasukkan. Selain itu, juga penting untuk menyelaraskan kincir air dengan kerangka sungai, sehingga roda kincir dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu overshot, breastshot, dan undershot. Kincir air undershot bekerja pada aliran air yang menimbulkan gerakan di sekitar bagian bawah roda. Meskipun rancangannya mendasar dan terjangkau, jenis ini layak digunakan di perairan dangkal di daerah datar dan tidak sulit untuk dipindahkan. Prosedur pada penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis performa dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang terdiri dari debit, torsi dan efisiensi. Daya Listrik maksimum yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah 10 sudu pada sudut 20° dengan bahan aluminium adalah sebesar 5,7 Watt dengan debit air 0,00546 m³/s serta daya listrik terkecil sebesar 4,2 Watt, daya ini didapat pada debit air sebesar 0,00429 m³/s. Kincir air tipe undershoot ini dapat di implementasikan di daerah-daerah yang memiliki aliran sungai atau air terjun yang deras agar dapat menjadi salah satu pembangkit listrik alternatif. Kajian ini menyimpulkan bahwa Daya Listrik maksimum yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah 10 sudu pada sudut 20° dengan bahan aluminium adalah sebesar 5,7 Watt dengan debit air 0,00546 m³/s serta daya listrik terkecil sebesar 4,2 Watt, daya ini didapat pada debit air sebesar 0,00429 m³/s.

Kata Kunci: *Kincir Air, Undershoot, 10 Sudu, Pembangkit Listrik, Mikro Hidro*

Abstract

To produce ideal electrical energy, a waterwheel with decent efficiency is needed. The appearance of a waterwheel can be affected by several limitations, including the size of the edges, the speed at which the water flows, and the number of edges entered. In addition, it is also essential to align the water wheel with the river frame so that the wheel is divided into three types, namely overshot, breastshot, and undershot. The undershot water wheel works on the flow of water, which causes movement around the bottom of the wheel. Although the design is essential and affordable, this type is suitable for use in shallow waters in flat areas and is not difficult to move. The procedure in this study was carried out by analyzing the performance of a micro-hydro power plant consisting of discharge, torque, and efficiency. The maximum electric power produced by the undershot type water wheel with 10 blades at a blade angle of 20° with aluminum material is 5.7 Watt with a water discharge of 0.00546 m³/s, and the minor electric power is 4.2 Watt; this power is obtained at the discharge water of 0.00429 m³/s. This type of undershoot waterwheel can be implemented in areas that have flowing rivers or waterfalls so that it can become an alternative power plant. This study concludes that the maximum electric power produced by an undershot type water wheel with 10 blades at a blade angle of 20° with aluminum material is 5.7 Watt with a water discharge of 0.00546 m³/s, and the smallest electric power is 4.2 Watt; this was obtained at a water debit of 0.00429 m³/s.

Keywords: : *Waterwheel, Undershot, 10 blades, Power plant, micro hydro*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik di Indonesia secara konsisten terus meningkat. Melimpahnya aset energi di Indonesia, seperti pembangkit listrik tenaga air, panas bumi, gas bensin, batu bara, biomassa, biogas, angin, matahari dan lain-lain dapat digunakan sebagai energi elektif, menggantikan ketergantungan pada bahan bakar minyak, yang jumlahnya semakin terbatas. Perpres ini menunjukkan perlunya segera menciptakan dan melaksanakan sumber daya yang berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan pada produk minyak bumi. Energi mengambil bagian penting dalam pergantian peristiwa sosial dan keuangan di seluruh dunia, apakah ada pengaruh dari penggunaan jumlah 10 sudu pada sudut sudu (θ) 20° terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan, berapakah daya yang dihasilkan dengan jumlah 10 sudu pada sudut sudu (θ) 20° , bagaimanakah pengaruh penggunaan sudu berbahan aluminium terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan dan tujuan menghitung torsi maksimum yang dihasilkan dengan jumlah 10 sudu pada sudut sudu (θ) 20° , menghitung Daya Listrik maksimum yang dihasilkan kincir air tipe Undershoot dengan jumlah 10 sudu pada sudut sudu (θ) 20° , menghitung efisiensi kincir air tipe undershot berbahan aluminium dengan jumlah 10 sudu pada sudut 40° .

Kincir air merupakan salah satu media untuk membangkitkan energi listrik melalui tenaga air. Untuk menghasilkan energi listrik yang optimum, diperlukan sebuah kincir air dengan kinerja yang efektif dan efisien. Kincir air sudah sejak lama digunakan di masyarakat. Teknologi sederhana, material yang digunakan sangat sederhana untuk membuat jenis kincir air, tetapi untuk operasi pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Bahwa pada penelitian sebelumnya, dengan menggunakan jumlah 12 sudu dapat menghasilkan daya keluaran sebesar 494,58 Watt pada debit air $2,35 \text{ m}^3/\text{s}$ dan menghasilkan efisiensi maksimum sebesar 73,11% yang terjadi pada debit $0,171 \text{ m}^3/\text{s}$. Penulis akan melakukan pengembangan dengan menggunakan jumlah 10 sudu dengan kemiringan sudut sudu 20° pada debit air $0,01099 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan asumsi akan meningkatkan daya dan efisiensi.

2. Metode Penelitian

Peralatan dalam penelitian meliputi Meteran, Tachometer, Stopwatch, Multimeter, dan Kincir Air Tipe Undershoot. Perkiraan volume air dihitung menggunakan flow meter sehingga volume air di tabung dapat diatur untuk melakukan uji coba. Teknik pengujian yaitu memasukkan air kedalam bak penampung sebanyak 50 liter, menghidupkan pompa untuk memompa air dari bak penampung bawah ke tabung reservoir, lalu menghitung luas penampang dan tinggi jatuh air yang bernilai tetap. Menghitung kecepatan aliran air pada waterway dengan panjang 150 cm yang akan menuju tabung turbin untuk memutar sudu turbin yang berjumlah 10 sudu dengan menggunakan alat ukur flow meter yang diletakkan pada jalur waterway. Kemudian menghitung debit dalam beberapa kali percobaan, menghitung torsi pada turbin menggunakan tachometer yang tersambung dengan generator yang akan menghasilkan listrik. Selanjutnya menghitung efisiensi pada turbin dan menghitung daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH). variabel yang akan diukur adalah debit air. Teknik pengambilan data, dengan cara menggunakan parameter perhitungan kincir air, analisis dan model statistik. Beberapa persamaan yang digunakan sebagai berikut (Mukhri and Zainuddin 2022):

Perhitungan debit air,

$$Q=V/t \quad (1)$$

Perhitungan daya air,

$$P_{Air} = p \times g \times q \times h \quad (2)$$

Perhitungan daya generator,

$$P_{generator} = v \times I \tag{3}$$

Perhitungan kecepatan keliling kincir air,

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \tag{4}$$

Perhitungan torsi,

$$T'=F \times r \tag{5}$$

Perhitungan daya kincir air,

$$P_k=T \times \omega \tag{6}$$

Perhitungan efisiensi kincir air,

$$\eta = \frac{P_{Kincir}}{P_{Air}} \times 100\% \tag{7}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan percobaan dan mengumpulkan informasi, informasi yang didapat kemudian akan diolah. Informasi penelitian pada kincir air tipe undershoot diperoleh daya yang dihasilkan oleh generator dan putaran kincir beserta efisiensi kincir.

Tabel 1. Hasil pengukuran kincir dengan jumlah 10 sudu

Pengujian	Bukaan (cm)	Kuat Arus (Ampere)	Putaran Kincir rpm	Debit Air (m ³ /s)	Tegangan (Volt)	M1 (Kg)	M2 (Kg)
1	3	0,3	71	0,00429	14	150	275
2	5	0,3	75	0,00772	15	180	325
3	7	0,3	65	0,00546	19	210	365
4	8	0,3	73	0,00483	17	200	320
Rata-rata			71	0,005571	16,25	185	321

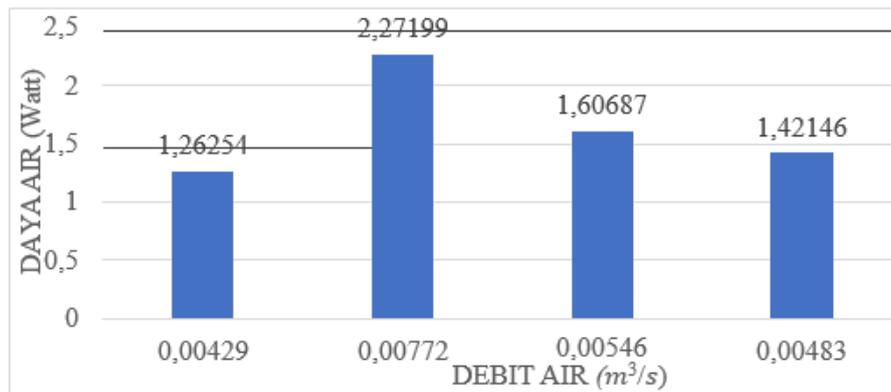
Berdasarkan pada Tabel 1, tegangan tertinggi yang dapat dihasilkan dapat dilihat pada percobaan ke 4 dimana tegangan yang dapat dihasilkan sebesar 17 Volt dengan bukaan pintu air sebesar 8 cm serta daya terendah yang dihasilkan dapat dilihat pada percobaan ke 1 dimana tegangan yang dapat dihasilkan sebesar 14 Volt dengan bukaan pintu air sebesar 3 cm. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil rata-rata sebesar 16,25 Volt dan debit air 0,00429 m³/s, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan pintu air, maka semakin besar juga debit dan tegangan listrik yang dihasilkan.

Setelah itu data yang diperoleh akan diolah untuk mendapat hasil dari percobaan yang dilakukan menggunakan persamaan yang telah di tetapkan, data yang telah selesai dihitung dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kincir air dengan jumlah 10 sudu

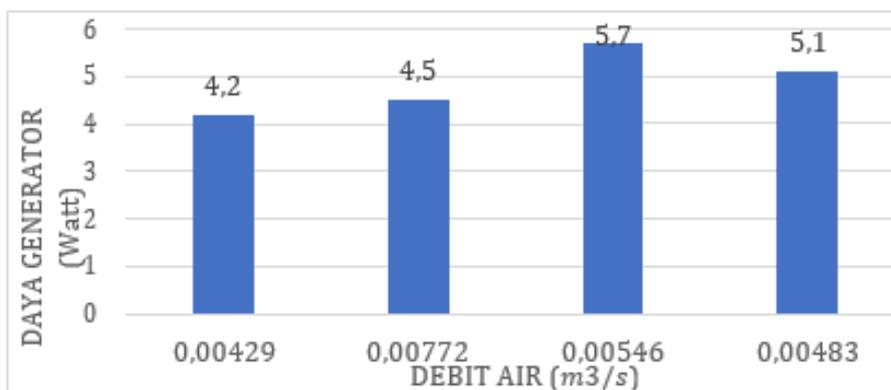
Kecepatan Keliling Kincir (rad/s)	Torsi (N.m)	Daya Air (Watt)	Daya Kincir (Watt)	Daya generator (Watt)	Efisiensi Kincir (%)
7,43	0,09195	1,26254	0,68318	4,2	54
7,85	0,10665	2,27199	0,83720	4,5	36
6,80	1,114	1,60687	0,7752	5,7	48
7,64	0,08827	1,42146	0,67438	5,1	47
7,36	0,10021	1,64071	0,74249	4,87	46,25

Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa daya air mengalami kenaikan daya pada debit 0,00772 m³/s dengan daya sebesar 2,27199 Watt, dan pada debit 0,00546 m³/s mengalami penurunan daya sampai debit air 0,00483 m³/s dengan daya air sebesar 1,42146 Watt, penurunan daya ini terjadi dikarenakan ada perbedaan debit air yang masuk menuju waterway pada saat pintu air dibuka. Perbedaan debit air yang masuk mengakibatkan adanya perbedaan tumbukan pada sudu kincir air, pada debit air 0,00772 m³/s air mengalir dan tidak menggenang di waterway sehingga air yang masuk menjadi stabil menuju kincir, sehingga dapat menghasilkan daya air yang stabil, dan pada saat debit air ditambahkan, daya air mengalami penurunan, penurunan daya ini terjadi dikarenakan pada saat air menabrak sudu kincir dengan jumlah debit air yang lebih banyak, air menjadi tergenang di waterway yang membuat tumbukan air menuju sudu kincir. Air berkurang dan menghambat putaran kincir air sehingga daya air mengalami penurunan daya pada debit air yang paling tinggi.



Gambar 1. Perbandingan debit air terhadap daya air

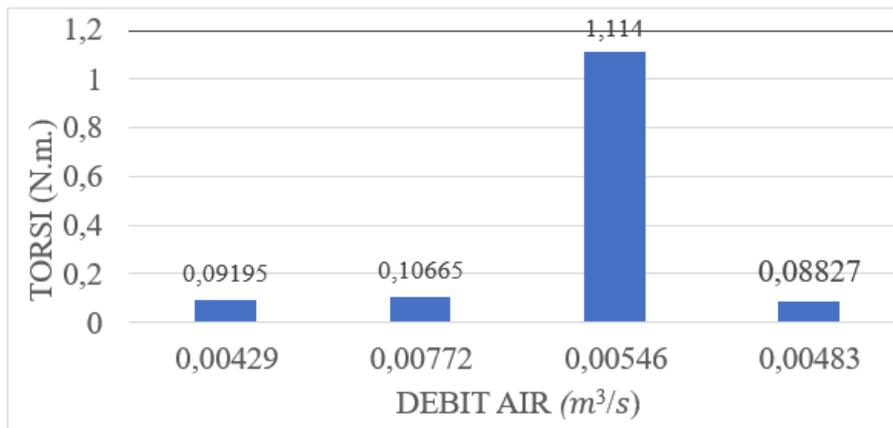
Pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa daya generator mengalami kenaikan daya pada debit 0,00429 m³/s dengan daya generator sebesar 4,2 Watt, dan mengalami kenaikan daya pada debit air 0,00546 m³/s dengan daya generator sebesar 5,7 Watt, pada debit air 0,00483 m³/s dapat kita lihat generator mengalami penurunan daya. Penurunan daya ini terjadi akibat tahanan air pada sudu kincir air yang berkurang karena adanya air yang menggenang di waterway sehingga putaran generator menjadi menurun dan daya yang dihasilkan lebih rendah.



Gambar 2. Perbandingan debit air terhadap daya generator

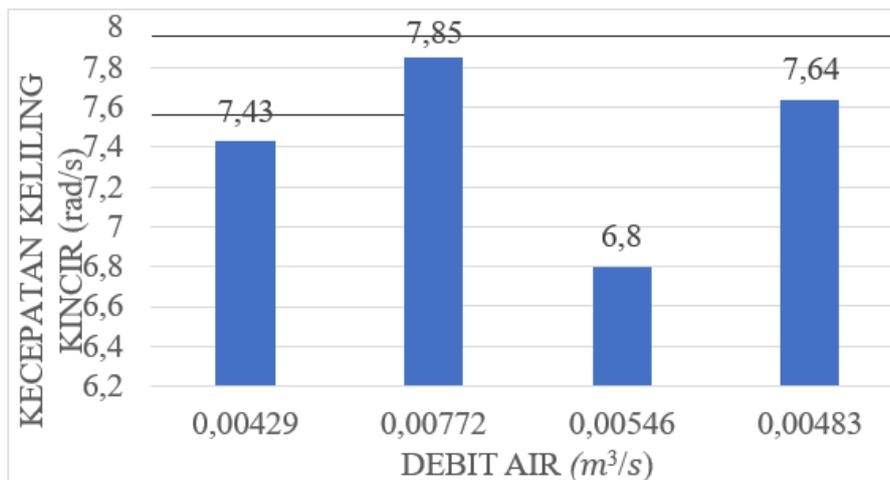
Pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa kincir air dapat menghasilkan torsi pada 0,00429 m³/s dengan torsi sebesar 0,09195 N.m, dan kincir mengalami peningkatan torsi sampai pada debit air 0,00546 m³/s dan menghasilkan torsi sebesar 7,114 N.m. Pada debit 0,00483 kincir mengalami penurunan dan menghasilkan torsi sebesar 0,08827 N.m, penurunan

torsi dapat terjadi dikarenakan kurangnya kemiringan waterway, sehingga tumbukan air menuju sudu kincir menjadi berkurang, dan mengakibatkan air menjadi menggenang di sudu kincir yang mengakibatkan penurunan torsi.



Gambar 3. Perbandingan debit air terhadap torsi

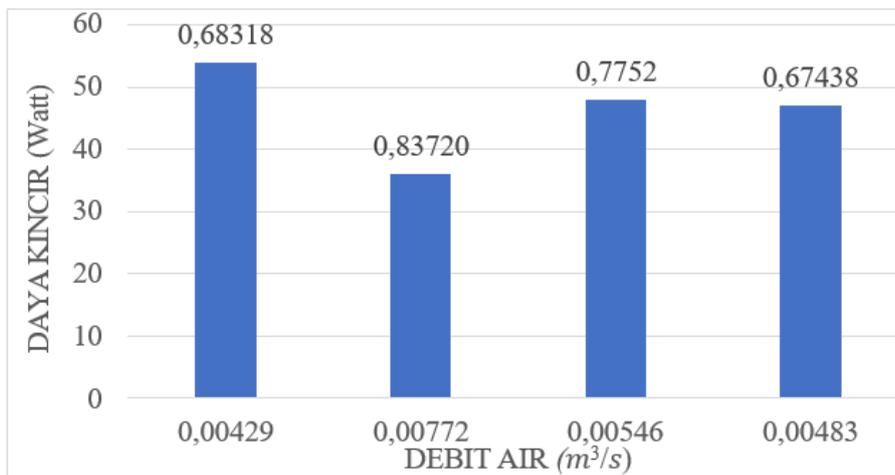
Pada Gambar 4 diketahui bahwa kecepatan keliling kincir mengalami peningkatan kecepatan keliling kincir sebesar 7,85 rad/s pada debit air 0,00772 m^3/s , dan mengalami penurunan pada debit air 0,00546 m^3/s dengan kecepatan keliling kincir 6,8 rad/s dan kembali lagi mengalami kenaikan kecepatan putaran pada debit 0,00483 m^3/s dengan kecepatan keliling kincir 7,64 rad/s. Penyebab kecepatan putaran keliling kincir yang tidak stabil dikarenakan.



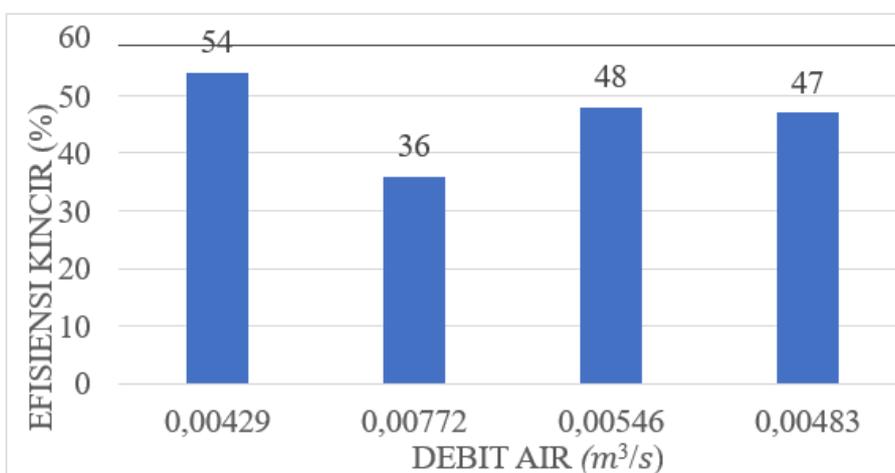
Gambar 4. Perbandingan debit air terhadap kecepatan keliling kincir

Pada Gambar 5 diketahui bahwa daya kincir tertinggi didapat pada debit air 0,00429 m^3/s dengan daya kincir sebesar 0,68318 Watt, pada debit 0,00772 m^3/s daya kincir mengalami penurunan dengan daya sebesar 0,83720, m^3/s dan kembali naik pada debit 0,00546 m^3/s dengan daya sebesar 0,7752 Watt Daya kincir yang tidak stabil dikarenakan perbedaan debit air menuju kincir sehingga menghasilkan daya kincir yang bervariasi.

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa efisiensi terbesar didapat pada debit 0,00429 m^3/s dengan efisiensi sebesar 54%, pada debit 0,00772 mengalami penurunan dengan efisiensi sebesar 36 % dan mengalami kenaikan efisiensi pada debit berikutnya. Hal ini dikarenakan semakin besar debit air yang mengalir, maka air yang mengalir menuju sudu kincir, akan menghalangi sudu lainnya, sehingga putaran kincir menjadi melambat dan menghasilkan efisiensi yang bervariasi, hal ini juga di perkuat dengan adanya genangan air pada waterway pada debit air 0,00772 m^3/s yang mengakibatkan penurunan efisiensi.



Gambar 5. Perbandingan debit air terhadap daya kincir



Gambar 6. Perbandingan debit air terhadap efisiensi kincir

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian terhadap kincir air tipe undershoot yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa torsi maksimum yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah 10 sudu pada sudut sudu 20° sebesar 1,114 N.m, Daya Listrik maksimum yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah 10 sudu pada sudut sudu 20° dengan bahan aluminium adalah sebesar 5,7 Watt dengan debit air $0,00546 m^3/s$ serta daya listrik terkecil sebesar 4,2 Watt, daya ini didapat pada debit air sebesar $0,00429 m^3/s$, Efisiensi kincir air maksimum pada kincir air tipe undershoot bahan aluminium dengan menggunakan jumlah 10 sudu pada sudut sudu 20° sebesar 54 %, pada debit air sebesar $0,00429 m^3/s$ serta daya terkecil didapat pada debit $0,00772 m^3/s$ dengan efisiensi sebesar 36 %.

Ucapan Terimakasih

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Oleh sebab itu saya mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua, Bapak-Bapak dan Ibu-Ibu fungsionaris serta teman-teman di Universitas Medan Area.

Daftar Pustaka

- B. Hartadi and Y. Maulana. 2017. "Optimasi Rancang Bangun Prototype Kincir Air Kapasitas 100 Watt," *Al Ulum Sains dan Teknol.*, 3(1): 66–69.
- J. Fema2013. "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan," 1: 48–54.
- K. Jamlay, L. Sule, and D. Hasan. 2016. "Analisis Perilaku Aliran Terhadap Kinerja Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik Skala Pihohidro," *Din. Tek. Mesin*, 6 (1), doi: 10.29303/d.v6i1.25.
- L. Teori, "Analisis unjuk kerja kincir air sudu segitiga yang diuji pada saluran horisontal," : 19–24.
- Mukhri, Zulfian, and Zainuddin. 2022. "Uji Kinerja Turbin Francis Skala Laboratorium Dengan Variasi Buka Katup." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1(1):17–24.
- P. Seminar et al. 2019. "Analisis Variasi Jumlah Sudu Pada Kincir Air Arus Bawah Sebagai," : 204–209.
- P. K. Sudu, "Unjuk kerja kincir air tipe undershot dengan perubahan kemiringan sudu."
- P. Seminar, N. Nciet, and N. Conference. 2020. "Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Kapasitas 3 Kw Dengan Penggerak Kincir Air," *Pros. Semin. Nas. NCIET*, 1 (1), pp. 317–325, doi: 10.32497/nciet.v1i1.124.
- S. Suratmaja, M. C. H. Putra, J. B. Soares, and E. Y. Setyawan. 2020. "Optimalisasi Kinerja Kincir Air Dengan Menggunakan Material Aluminium Tipe Undershot", 1: 42–47.
- T. R. Agust, A. Setiawan, A. Maliky, and A. Aminudin. 2020. "Simulasi Pengaruh Bentuk dan Jumlah Sudu Kincir Air Undershot Terhadap Kecepatan Sudut Melalui Metode Computation Fluid Dynamics (CFD) Menggunakan Software ANSYS Fluent," : 262–268,