



## **Efisiensi Turbin Kincir Air Akrilik Undershot 8 Sudu 15°**

### ***Efficiency of Acrylic Undershot Water Wheel Turbine with 8 Blades and 15° Angle***

**Rizky Tampubolon, Indra Hermawan, & Muhammad Idris**

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

#### **Abstrak**

Ketenagalistrikan merupakan salah satu sumber energi yang vital dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Namun, masih terdapat ketimpangan dalam ketersediaan listrik di Indonesia, terutama di daerah terpencil atau terisolir yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Untuk mengatasi permasalahan ini, salah satu solusi yang dapat digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang merupakan pembangkit listrik terbarukan. Pada PLTMH, kincir air digunakan sebagai media untuk menghasilkan putaran berkat dorongan yang dihasilkan oleh aliran air dari ketinggian tertentu. Tingginya ketinggian air sangat berpengaruh terhadap kinerja kincir air, di mana semakin tinggi air jatuh dan mengenai sudu kincir, maka kecepatan putaran kincir akan semakin cepat dan energi yang dihasilkan pun akan semakin besar. Penelitian ini menunjukkan hasil eksperimen pada Kincir Air Tipe Undershot berbahan Akrilik dengan 8 sudu dan sudut sudu 15°. Dalam eksperimen ini, digunakan volume air sebesar 58 liter dan bukaan pintu air sebesar 3 cm. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kincir air menghasilkan daya sebesar 0,41584 watt, sedangkan daya air yang dihasilkan adalah 1,23186 watt. Efisiensi kincir air dalam percobaan ini mencapai 33%. Dengan adanya penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kincir air tipe undershot berbahan Akrilik dengan jumlah sudu dan sudut sudu yang tepat dapat menghasilkan daya yang signifikan. Selain itu, tingkat efisiensi yang mencapai 33% menunjukkan bahwa kincir air tersebut dapat menjadi alternatif yang efisien dalam menghasilkan energi listrik terbarukan.

**Kata Kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH); Kincir air; Sudu Akrilik; Efisiensi energi

#### **Abstract**

Electricity is one of the vital energy sources that is highly demanded by society. However, there is still an imbalance in the availability of electricity in Indonesia, especially in remote or isolated areas that are difficult to reach by the national power grid (PLN). To address this issue, one of the solutions that can be employed is Micro Hydro Power Plant (PLTMH), which is a renewable power generation system. In PLTMH, water turbines are utilized as a medium to generate rotation through the force exerted by the flowing water from a certain height. The water head plays a significant role in the performance of the water turbine, where a higher waterfall and impact on the turbine blades result in faster rotation and greater energy production. This study presents the experimental results of an Undershot Water Turbine made of Acrylic material with 8 blades and a blade angle of 15°. The experiment employed a water volume of 58 liters and a water gate opening of 3 cm. The results showed that the water turbine generated a power of 0.41584 watts, while the power produced by the flowing water was 1.23186 watts. The efficiency of the water turbine in this experiment reached 33%. Based on this research, it can be concluded that the proper utilization of an Undershot Water Turbine made of Acrylic material with an appropriate number and angle of blades can yield significant power output. Moreover, the achieved efficiency level of 33% demonstrates that the water turbine can serve as an efficient alternative for renewable electricity generation.

**Keywords:** Micro Hydro Power Plant (PLTMH); Water turbine; Acrylic blades; Energy efficiency

**How to Cite:** Rizky Tampubolon, Indra Hermawan, & Muhammad Idris (2023). Efisiensi Turbin Kincir Air Akrilik Undershot 8 Sudu 15°. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI)*, 2(1) 2023: 51-60,

## PENDAHULUAN

Tenaga listrik adalah salah satu sumber energi yang diandalkan oleh manusia dalam kehidupan modern. Dalam rangka memenuhi kebutuhan energi listrik, berbagai jenis pembangkit listrik digunakan secara luas. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik air untuk menghasilkan listrik. PLTA menggunakan turbin air yang digerakkan oleh aliran air untuk menggerakkan generator listrik. Metode ini telah terbukti efektif dan ramah lingkungan dalam menghasilkan listrik (Desti, 2022). Selain PLTA, terdapat pula Pembangkit Listrik Tenaga Gas Bumi (PLTG), yang menggunakan gas alam sebagai bahan bakar utama untuk menghasilkan tenaga listrik. PLTG memanfaatkan pembakaran gas alam untuk menghasilkan panas, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin gas dan menghasilkan listrik (Limb et al., 2022). Selanjutnya, terdapat juga Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang menggunakan proses pembakaran bahan bakar seperti batu bara atau minyak untuk menghasilkan uap. Uap tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan menghasilkan listrik (Basem et al., 2022). Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama. Bahan bakar diesel dibakar dalam mesin untuk menghasilkan gerakan yang menggerakkan generator listrik (Kabeyi & Olanrewaju, 2022). Terakhir, terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), yang menggunakan reaksi nuklir dalam reaktor nuklir untuk menghasilkan panas yang kemudian digunakan untuk menghasilkan uap dan menggerakkan turbin uap untuk menghasilkan listrik (Lv et al., 2022). Dalam keseluruhan, berbagai jenis pembangkit listrik tersebut memiliki peran penting dalam menyediakan energi listrik yang kita butuhkan sehari-hari. Keberagaman jenis pembangkit listrik ini memungkinkan kita untuk menggunakan sumber daya alam yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan efisien dan berkelanjutan.

Distribusi tenaga listrik di Indonesia masih belum merata, sehingga masih banyak masyarakat di daerah pedesaan yang belum terjangkau oleh jaringan listrik. Terutama di daerah-daerah dengan tingkat perekonomian yang lemah, keberadaan listrik masih bergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) (Pambudi et al., 2023). Namun, meningkatnya biaya bahan bakar (BBM) dari waktu ke waktu menjadi kendala yang serius. Untuk mengatasi masalah ini dan mengurangi biaya operasional yang tinggi, penggunaan sumber daya yang tak terbatas merupakan solusi yang efektif. Salah satu contohnya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH memanfaatkan potensi energi air terjun atau aliran sungai kecil untuk menghasilkan energi listrik yang berkelanjutan. Dengan menggunakan turbin mikrohidro, energi dari air diubah menjadi energi mekanik yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan generator listrik (Detrina et al., 2019). Keuntungan utama dari PLTMH adalah sumber dayanya yang terbarukan dan tidak terbatas, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang mahal dan berdampak negatif pada lingkungan (Nugraha et al., 2021). Pengembangan PLTMH di daerah pedesaan merupakan langkah penting dalam memperluas akses listrik kepada masyarakat yang masih belum terjangkau. Dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam yang ada, seperti aliran sungai kecil yang banyak terdapat di daerah pedesaan, dapat memberikan akses listrik yang lebih terjangkau, handal, dan berkelanjutan. Selain itu, penggunaan PLTMH juga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Oleh karena itu, pengembangan PLTMH merupakan salah satu langkah strategis dalam meningkatkan akses listrik yang merata dan berkelanjutan di seluruh Indonesia (Hariswan et al., 2022).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air dengan kapasitas produksi daya antara 1 KW hingga 100 KW (Poudel et al., 2020). PLTMH merupakan solusi pembangkit listrik tenaga air yang cocok untuk diterapkan di daerah-daerah dengan aliran sungai yang melimpah. Keunggulan utama PLTMH adalah ukurannya yang relatif kecil dan fleksibilitasnya dalam pemanfaatan sumber daya air yang tersedia. Dengan kemampuannya menghasilkan daya listrik yang signifikan, PLTMH mampu memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil atau di wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama (Langer et al., 2021). PLTMH memanfaatkan energi potensial air melalui turbin dan generator listrik, yang kemudian diubah menjadi tenaga listrik yang dapat digunakan oleh masyarakat setempat. Penggunaan PLTMH memiliki dampak positif yang signifikan. Selain memberikan akses listrik yang lebih luas, PLTMH juga berkontribusi dalam pengembangan ekonomi lokal dengan menciptakan peluang kerja dalam bidang perawatan, operasi, dan pemeliharaan pembangkit

listrik tersebut. Selain itu, PLTMH juga membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas dan memiliki dampak negatif pada lingkungan (Teguh & Nisaa, 2021). Dalam konteks pengembangan energi terbarukan, PLTMH memainkan peran penting dalam diversifikasi sumber energi nasional dan pencapaian target energi bersih. Pemerintah perlu mendorong investasi dan pengembangan PLTMH di daerah-daerah yang potensial agar masyarakat dapat menikmati manfaatnya, baik dalam penyediaan energi yang terjangkau maupun dalam pelestarian lingkungan. Dengan memanfaatkan potensi sumber daya air yang melimpah, PLTMH memiliki potensi untuk menjadi solusi yang berkelanjutan dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, khususnya di daerah pedesaan yang belum terjangkau oleh infrastruktur listrik yang mapan (Pouran et al., 2022).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kemiringan sudu turbin memiliki pengaruh signifikan terhadap daya dan performa kincir air undershot. Pada kemiringan sudu 20°, ditemukan bahwa daya maksimum yang dihasilkan adalah 19 watt, sementara efektivitas yang paling ekstrem terjadi pada kemiringan sudu 90° dengan nilai tertinggi mencapai 51%. Kecepatan aliran air juga mempengaruhi daya dan performa turbin undershot (Saputra, 2020). Pada kemiringan sudu 40°, nilai daya yang dihasilkan lebih rendah karena adanya luapan air yang mengakibatkan penurunan daya dorong air. Hasil percobaan dan pengujian dengan variasi kemiringan sudu 20, 40, dan 90 derajat menunjukkan bahwa daya terbesar, yaitu 19,68 watt, tercapai pada kemiringan sudu 20° dengan kecepatan aliran 1,84 m/s dan debit aliran 0,0437 m<sup>3</sup>/s. Efisiensi kincir air pada kondisi tersebut mencapai 30%, dengan efektivitas poros sebesar 24.60 rpm dan beban sebesar 20 kg. Sedangkan efektivitas kincir air terbesar ditemukan pada kemiringan sudu 90°, dengan nilai efisiensi mencapai 51% pada beban 14 kg dan putaran poros 24.06 rpm (Barbarelli et al., 2017).

Pemilihan bahan Akrilik dalam penelitian ini dilakukan karena bahan tersebut memiliki sifat ketahanan dan ketahanan warna yang tinggi, bahkan saat terpapar sinar matahari langsung dalam jangka waktu yang lama (Ferdina et al., 2022; Zulfikar et al., 2023). Hal ini membuat bahan Akrilik menjadi pilihan yang tepat dalam berbagai aplikasi, baik di dalam maupun di luar ruangan. Kekuatan dan ketahanan bentuk bahan Akrilik menjadikannya cocok untuk penggunaan dalam kondisi lingkungan yang beragam (Siregar et al., 2022; Yuhazri et al., 2020). Kelebihan utama dari bahan Akrilik adalah kemampuannya untuk mempertahankan kejernihan dan kecerahan warna yang asli, bahkan setelah terkena sinar matahari secara langsung (Sana, 2017; Zulfikar et al., 2022). Sifat ini sangat penting dalam aplikasi yang membutuhkan transparansi dan estetika yang baik, seperti jendela, panel, atau produk dekoratif lainnya (Alamsyah et al., 2022; Hidayat et al., 2022). Selain itu, ketahanan Akrilik terhadap perubahan cuaca dan kelembaban juga menjadikannya pilihan yang baik untuk penggunaan di luar ruangan, di mana barang-barang sering terpapar kondisi lingkungan yang keras (Derlini & Zulfikar, 2022; Zulfikar, 2020). Dengan demikian, penggunaan bahan Akrilik memberikan fleksibilitas dan keandalan dalam berbagai konteks penggunaan, baik dalam ruangan maupun di luar ruangan. Bahan ini menawarkan kombinasi yang unik antara kekuatan, ketahanan, dan estetika, membuatnya menjadi pilihan yang populer dalam industri yang membutuhkan material yang tahan lama dan tahan terhadap perubahan kondisi lingkungan (Cui et al., 2022; Wang et al., 2023).

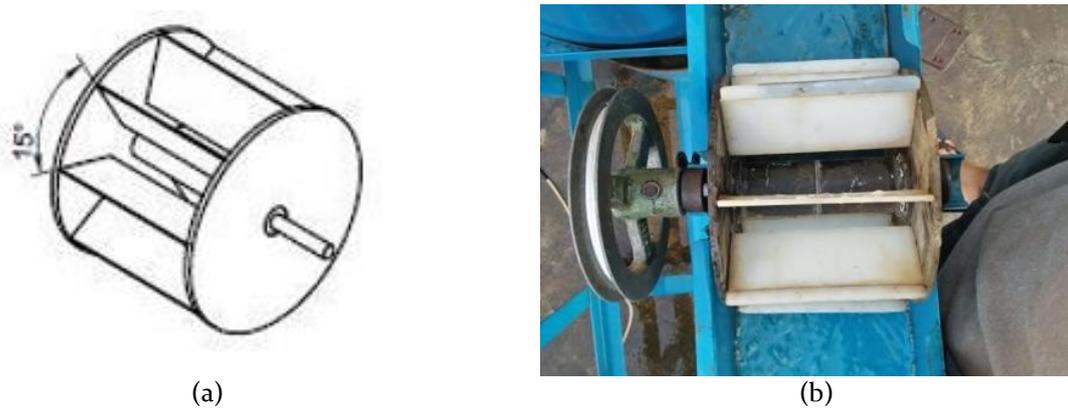
Tujuan penelitian ini ialah menentukan daya listrik maksimum yang dihasilkan oleh kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu 15° berbahan akrilik, mengukur torsi yang dihasilkan oleh kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu 15° berbahan akrilik, dan mengevaluasi efisiensi kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 pada sudut sudu 15° berbahan akrilik.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area dengan menggunakan alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: sudu turbin air yang terbuat dari bahan akrilik seperti diperlihatkan pada gambar 1, tachometer yang digunakan untuk mengukur putaran poros turbin seperti diperlihatkan pada gambar 2, Stopwatch yang digunakan untuk mengukur waktu aliran air dalam pengoperasian turbin aor sehingga diperoleh kecepatan aliran fluida, dan multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan yang

dihasilkan sehingga daya generator dapat dihitung. Spesifikasi turbin kincir air dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu 15° berbahan akrilik diperlihatkan pada tabel 1.

Sistematika penelitian ini diawali dengan studi literatur yaitu pengumpulan data-data awal berupa jurnal ilmiah dan hasil dari penelitian yang pernah dilakukan pada topik ataupun percobaan yang sama. Selanjutnya, melakukan pengujian secara eksperimental guna mendapatkan data utama. Data-data tersebut selanjutnya dihitung untuk mendapatkan variable-variabel penelitian. Setelah itu, dilakukan analisis hasil perhitungan dengan membandingkan hasil penelitian yang dilakukan. Akhirnya, ditarik kesimpulan dari percobaan yang dilakukan untuk menjawab tujuan-tujuan studi ini. Variabel-variabel yang diukur dalam analisis kinerja kerja kincir air tipe undershot bahan akrilik dengan jumlah 8 sudu pada sudut sudu 15°, adalah Debit Air ( $m^3/s$ ), Kecepatan Aliran ( $m/s$ ), Gaya ( $N$ ), Torsi ( $N.m$ ), Kecepatan putar ( $rad/s$ ), Daya Daya Air ( $watt$ ), Efisiensi Kincir (100%), dan Daya Kincir ( $watt$ ).



Gambar 1. Konstruksi sudu akrilik: (a) sketsa sudu, (b) bentuk asli sudu pada alat percobaan



Gambar 2. Tachometer jenis DT 2234C

Tabel 1. Spesifikasi Kincir Air Tipe Undershot

Tipe	Satuan	Dimensi
Diameter Kincir	m	$160 \times 10^{-3}$
Panjang Sudu	m	$111 \times 10^{-3}$
Lebar Sudu	m	$55 \times 10^{-3}$
Panjang Kincir	m	$120 \times 10^{-3}$
Kemiringan Sudu	°	15
Jumlah Sudu		8
Diameter Poros	m	$2 \times 10^{-3}$
Jarak Antara Sudu	m	$70 \times 10^{-3}$
Lebar Sudut Sudu	m	$35 \times 10^{-3}$

Prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah mempersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan, mempersiapkan lembaran checklist variabel yang akan diukur, menyalakan pompa air untuk mengisi air ke dalam reservoir, memastikan PLTMH dalam kondisi beroperasi sesuai dengan variabel-variabel yang akan diukur, mencatat nilai setiap variabel pada lembar checklist selama percobaan dilaksanakan, dan melakukan perulangan percobaan untuk memperoleh data rata-rata dari percobaan yang dilakukan. Teknik pengumpulan dan analisis data diperoleh dari jurnal dan buku referensi tentang pembangkit listrik tenaga kincir air dan diperoleh langsung dari percobaan yang dilakukan pada PLTMH.

Dalam studi ini, perhitungan Debit Air ( $m^3/s$ ), kecepatan aliran ( $m/s$ ), Gaya (N), Torsi (N.m), dan kecepatan putar ( $rad/s$ ) menggunakan persamaan 1 hingga 5. Sedangkan untuk menghitung daya kincir (Watt), daya air (Watt), daya generator (Watt) dan Efisiensi (%) menggunakan persamaan 6 sampai dengan 9.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t' \quad (1)$$

$$Q = V/t \quad (2)$$

$$v = Q/A \quad (3)$$

$$T = F \cdot r \quad (4)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (5)$$

$$P_{Kincir} = T \cdot \omega \quad (6)$$

$$P_{Air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (7)$$

$$P_{generator} = V \cdot I \quad (8)$$

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{air}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana  $V$  = Volume Air ( $m^3$ ),  $r^2$  = Jari - Jari Tabung ( $m^2$ ),  $t'$  = Tinggi Tabung ( $m$ ),  $Q$  = Debit Air ( $m^3/s$ ),  $t$  = Waktu (s),  $v$  = Kecepatan Aliran ( $m/s$ ),  $A$  = Luas Penampang Saluran ( $m^2$ ),  $B$  = Lebar Saluran ( $m$ ),  $h$  = Tinggi air dalam saluran ( $m$ ),  $T$  = Torsi Kincir (N.m),  $F$  = Gaya (N),  $r$  = Jari- Jari Puli ( $m$ ),  $\omega$  = Kecepatan Keliling Kincir/Kecepatan Sudut ( $rad/s$ ),  $n$  = Kecepatan Putaran Kincir (rpm),  $P_{Air}$  = Daya Air (Watt),  $\rho$  = Massa Jenis Air ( $kg/m^3$ ),  $g$  = Konstanta Gravitasi ( $9,8m/s$ ),  $H$  = Head/Tinggi Jatuh Air ( $m$ ), dan  $\eta$  = Efisiensi Kincir (%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil perhitungan volume dan debit menggunakan hubungan antara waktu, tegangan, putaran kincir, kuat arus berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan diperlihatkan pada tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian, ditemukan bahwa kincir air yang terbuat dari bahan akrilik dengan jumlah sudu sebanyak 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  menghasilkan kuat arus listrik rata-rata sebesar 0,09 Ampere. Pengukuran ini dilakukan dengan mengamati beberapa parameter, yaitu volume air yang mengalir rata-rata sebesar 0,058 meter kubik, debit air rata-rata sebesar 0,118866 meter kubik per detik, waktu aliran air rata-rata sebesar 27,39 detik, serta putaran kincir air rata-rata sebesar 128,33 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa kincir air berbahan akrilik tersebut mampu menghasilkan arus listrik dengan kuat rata-rata sebesar 0,09 Ampere saat digerakkan oleh aliran air dengan parameter yang telah disebutkan sebelumnya.

Data hasil pengukuran dan perhitungan daya generator listrik pada operasi kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  berbahan akrilik diperlihatkan pada tabel 2. Berdasarkan data-data tersebut, pada percobaan pertama, dengan debit air sebesar 0,0041 meter kubik per detik, diperoleh daya air sebesar 1,23186 Watt. Daya yang dihasilkan oleh kincir air (daya kincir) adalah 0,41584 Watt, dengan torsi sebesar 0,08829 N.m. Efisiensi kincir air pada kondisi ini adalah 33%. Selain itu, daya generator yang dihasilkan dari pengoperasian kincir air ini

adalah sebesar 1,107 Watt. Pada percobaan kedua, dengan debit air sebesar 0,00557 meter kubik per detik, diperoleh daya air sebesar 1,63758 Watt. Daya kincir yang dihasilkan adalah 0,28643 Watt, dengan torsi sebesar 0,04414 N.m. Efisiensi kincir air pada percobaan ini adalah 17%. Daya generator yang dihasilkan pada percobaan ini mencapai 1,44 Watt. Pada percobaan ketiga, dengan debit air sebesar 0,00632 meter kubik per detik, diperoleh daya air sebesar 1,85808 Watt. Daya kincir yang dihasilkan adalah 0,54212 Watt, dengan torsi sebesar 0,08093 N.m. Efisiensi kincir air pada percobaan ini mencapai 29%. Daya generator yang dihasilkan pada percobaan ini adalah sebesar 1,62 Watt. Dengan demikian, hasil percobaan menunjukkan bahwa pengoperasian kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu 15° berbahan akrilik mampu menghasilkan daya kincir yang bervariasi tergantung pada debit air yang digunakan. Daya generator yang dihasilkan berkisar antara 1,107 hingga 1,62 Watt, dengan efisiensi kincir air berkisar antara 17% hingga 33% dalam rentang percobaan yang dilakukan.

Tabel 2. Hasil percobaan kuat arus dari kincir air tipe undershot 8 sudu

Percobaan	Volume (m <sup>3</sup> )	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Waktu (s)	Tegangan (Volt)	Putaran Kincir (rpm)	Kuat Arus (Ampere)
1	0,058	0,00419	13,84	12,3	45	0,09
2	0,058	0,00557	10,41	16	62	0,09
3	0,058	0,00632	9,17	18	64	0,09
Rata - Rata	0,058	0,11866	27,30	34,3	128,33	0,09

Tabel 3. Hasil pengukuran dan perhitungan daya generator kincir air

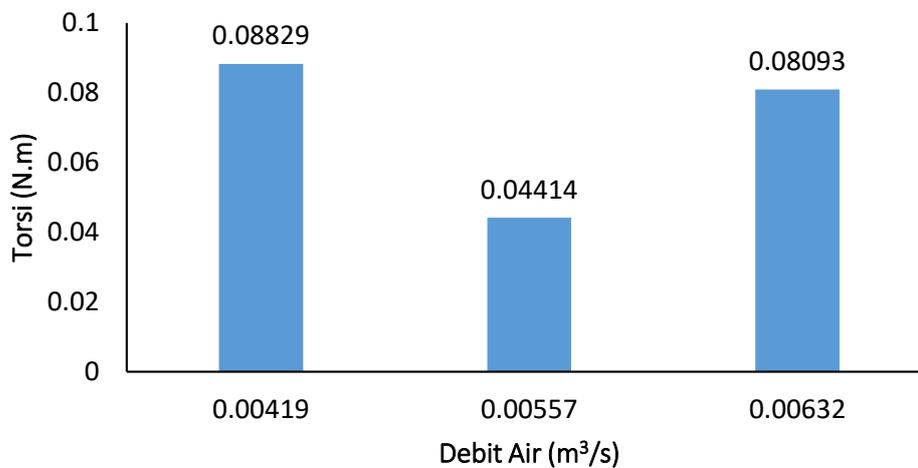
Percobaan	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Daya Air (Watt)	Daya Kincir (Watt)	Torsi (N.m)	Efisiensi (%)	Daya Generator (Watt)
1	0,00419	1,23186	0,41584	0,08829	33	1,107
2	0,00557	1,63758	0,28643	0,04414	17	1,44
3	0,00632	1,85808	0,54212	0,08093	29	1,62

Grafik perbandingan antara debit air dan torsi diperlihatkan pada gambar 3. Berdasarkan grafik tersebut, torsi mengalami variasi besarnya sebagai akibat adanya perbedaan jumlah debit air yang menabrak kincir. Hal ini terjadi dikarenakan adanya luapan air pada saluran air pada saat pintu air dibuka pada saat dilakukan percobaan. Bukakan pintu yang digunakan pada percobaan adalah 3 cm, 5 cm, dan 7 cm. Pada percobaan pertama, dengan debit air 0,00419 m<sup>3</sup>/s akan menghasilkan torsi sebesar 0,08829 N.m. Pada percobaan kedua, dengan debit air 0,00557 m<sup>3</sup>/s akan menghasilkan torsi sebesar 0,04414 N.m. Akhirnya, pada percobaan ketiga, dengan debit air 0,00632 m<sup>3</sup>/s akan menghasilkan torsi sebesar 0,08093 N.m. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa torsi yang dihasilkan oleh kincir air tipe undershot berbahan akrilik dipengaruhi oleh jumlah debit air yang menabrak kincir. Semakin besar debit air, umumnya torsi yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya.

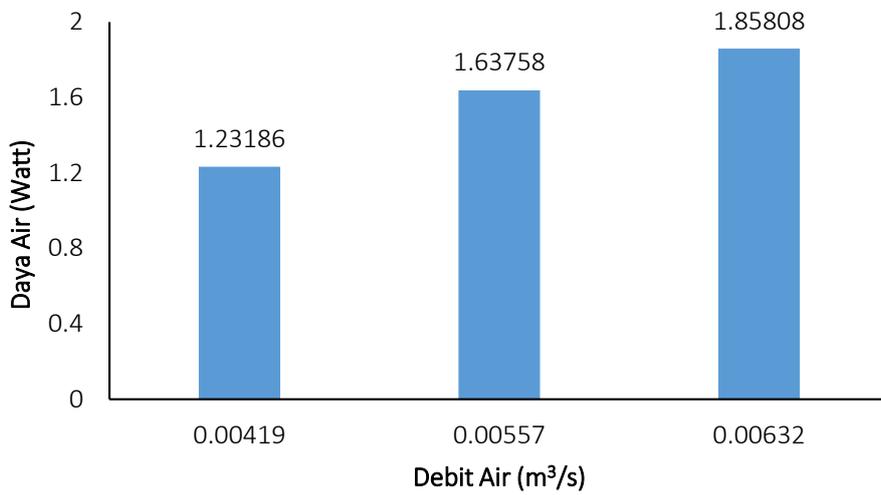
Grafik perbandingan antara debit dan daya air ditampilkan dalam Gambar 4. Berdasarkan analisis grafik tersebut, dapat dilihat bahwa daya air terus meningkat seiring dengan peningkatan debit air. Semakin tinggi debit air, daya air yang dihasilkan juga semakin tinggi. Fenomena ini terlihat dalam hasil percobaan yang dilakukan. Pada percobaan pertama, dengan debit air sebesar 0,00419 meter kubik per detik, kincir air menghasilkan daya air sebesar 1,23186 Watt. Debit air yang relatif rendah pada percobaan ini menyebabkan daya air yang dihasilkan juga relatif rendah. Pada percobaan kedua, dengan debit air sebesar 0,00557 meter kubik per detik, kincir air mampu menghasilkan daya air sebesar 1,63758 Watt. Peningkatan debit air dari percobaan sebelumnya menyebabkan peningkatan signifikan dalam daya air yang dihasilkan. Pada percobaan ketiga, dengan debit air sebesar 0,00632 meter kubik per detik, kincir air menghasilkan daya air sebesar 1,85808 Watt. Debit air yang lebih tinggi pada percobaan ini menyebabkan daya air yang dihasilkan juga meningkat secara signifikan. Kesimpulan yang dapat diambil adalah semakin tinggi

debit air yang mengalir melalui kincir air tipe undershot, semakin tinggi pula daya air yang dihasilkan. Terdapat hubungan positif antara debit air dan daya air dalam pengoperasian kincir air ini. Oleh karena itu, untuk meningkatkan daya air yang dihasilkan, penting untuk memastikan debit air yang mencukupi dan optimal dalam pengoperasian kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  berbahan akrilik.

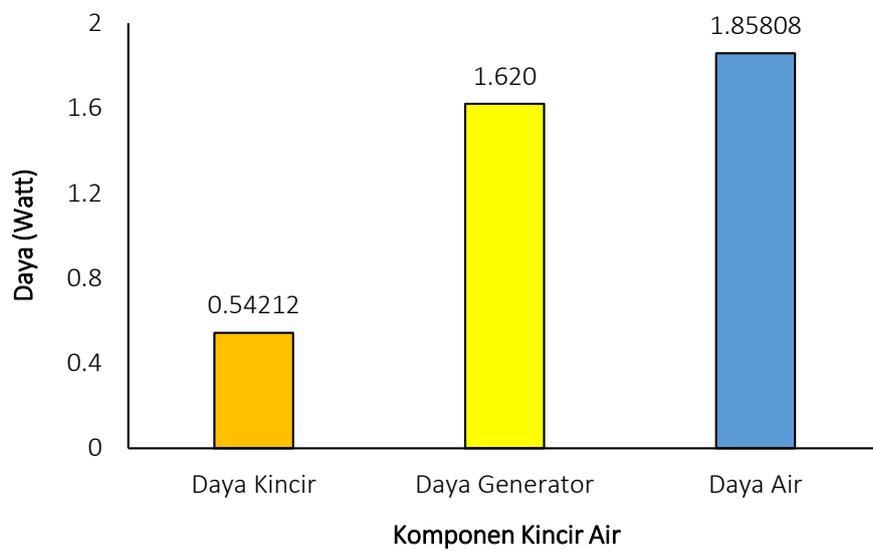
Gambar 5 menunjukkan daya tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing komponen kincir air, yaitu daya air, daya kincir, dan daya generator. Berdasarkan analisis grafik tersebut, dapat diamati bahwa daya air mencapai puncaknya pada 1,85808 Watt, sedangkan daya kincir mencapai titik tertinggi pada 0,54212 Watt. Sementara itu, daya generator mencapai nilai tertinggi sebesar 1,62 Watt. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa daya air adalah komponen dengan daya terbesar di antara komponen lainnya. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar energi yang dihasilkan oleh kincir air dalam bentuk daya berasal dari energi kinetik air yang menggerakkan kincir. Meskipun daya kincir lebih rendah daripada daya air, tetap memiliki peran penting dalam mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Daya kincir yang dihasilkan menunjukkan efisiensi konversi energi dari air menjadi energi mekanik oleh kincir. Daya generator adalah hasil akhir dari konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Meskipun memiliki nilai tertinggi yang lebih rendah dibandingkan dengan daya air atau daya kincir, ini menunjukkan bahwa kincir air mampu menghasilkan daya listrik yang dapat dimanfaatkan. Kesimpulannya, hasil percobaan menunjukkan bahwa kincir air tipe undershot berbahan akrilik dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  dapat menghasilkan daya air, daya kincir, dan daya generator. Daya tertinggi terdapat pada daya air, diikuti oleh daya generator dan daya kincir. Hal ini menunjukkan bahwa kincir air mampu mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik dan kemudian menjadi energi listrik. Dalam penggunaan praktis, daya yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pembangkit listrik skala kecil atau aplikasi lain yang membutuhkan sumber daya terbarukan.



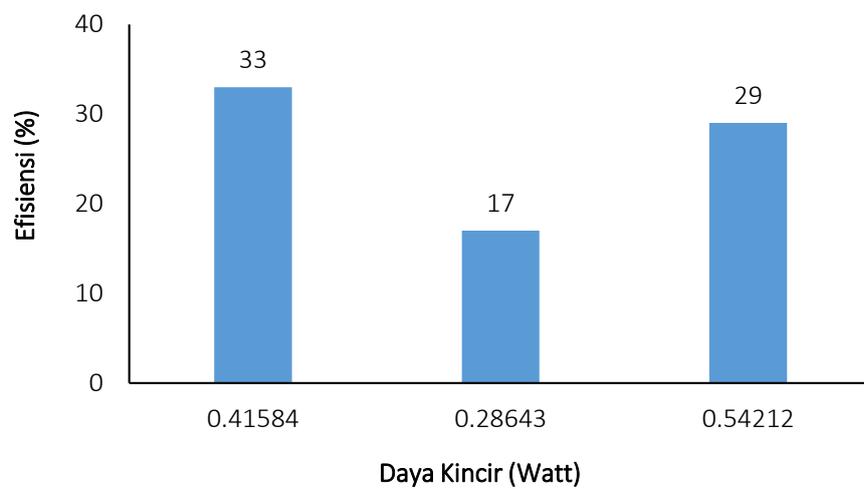
Gambar 3. Grafik hasil percobaan antara debit air dan torsi.



Gambar 4. Grafik hasil eksperimental debit air terhadap daya air



Gambar 5. Daya tertinggi kincir air tipe undershot 8 sudu



Gambar 6. Perbandingan daya kincir terhadap efisiensi kerjanya

Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara daya kincir dengan efisiensi yang dihasilkan. Berdasarkan analisis grafik tersebut, dapat diamati bahwa pada percobaan pertama, dengan daya kincir sebesar 0,41584 Watt, efisiensi kerja kincir mencapai 33%. Pada percobaan kedua, dengan daya kincir sebesar 0,28643 Watt, efisiensi kerja kincir mencapai 29%. Sementara itu, pada percobaan ketiga, dengan daya kincir sebesar 0,54212 Watt, efisiensi mencapai 17%. Hasil percobaan ini mengindikasikan bahwa efisiensi kerja kincir air tipe undershot berbahan akrilik dipengaruhi oleh daya kincir yang dihasilkan. Semakin tinggi daya kincir, umumnya efisiensi kerja kincir akan lebih rendah. Penurunan efisiensi yang terlihat pada percobaan kedua dan ketiga dapat diatribusikan kepada adanya air yang menggenangi di saluran air. Keberadaan genangan air ini menghambat pergerakan kincir, yang pada gilirannya mengurangi efisiensi konversi energi dari energi kinetik air menjadi energi mekanik oleh kincir. Kesimpulannya, hasil percobaan menunjukkan bahwa efisiensi kerja kincir air tipe undershot berbahan akrilik dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  tergantung pada daya kincir yang dihasilkan. Semakin tinggi daya kincir, umumnya efisiensi kerja kincir akan lebih rendah. Penting untuk mencatat bahwa kondisi lingkungan seperti adanya genangan air dapat mempengaruhi efisiensi kerja kincir. Dalam pengembangan kincir air undershot, perlu memperhatikan kondisi lingkungan dan melakukan optimalisasi desain untuk mencapai efisiensi kerja yang lebih tinggi.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kincir air tipe undershot berbahan akrilik yang telah dilakukan diperoleh bahwa daya Listrik maksimum yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah sudu 8 dan sudut sudu  $15^\circ$  dengan bahan akrilik adalah sebesar 1,64 Watt dan debit air sebesar  $0,00632 \text{ m}^3/\text{s}$ . Torsi yang dihasilkan kincir air tipe undershot dengan jumlah 8 sudu dan sudut sudu  $15^\circ$  nerbahan akrilik adalah sebesar 0,08829 N.m. Setelah dilaksanakan studi eksperimental diperoleh bahwa pengaruh penggunaan sudu berbahan akrilik pada kincir air tidak membutuhkan aliran air yang cukup deras untuk membangkitkan daya listrik. Selain itu, bahan akrilik memiliki keunggulan sebagai bahan yang cukup tahan terhadap karat dan paparan sinar matahari langsung. Efisiensi kincir air tipe undershot dengan jumlah 8 sudu pada sudut sudu  $15^\circ$  dengan bahan akrilik adalah sebesar 33 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, D., Zulfikar, A. J., Yusuf, M., & Siahaan, R. (2022). Optimasi kekuatan tekan beton kolom silinder diperkuat selubung komposit laminat jute dengan metode anova. *Jcebt*, 6(1), 30–36. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Barbarelli, S., Amelio, M., & Florio, G. (2017). Experimental activity at test rig validating correlations to select pumps running as turbines in microhydro plants. *Energy Conversion and Management*, 149(2), 781–797.
- Basem, A., Moawed, M., Abbood, M. H., & El-Maghlany, W. M. (2022). The design of a hybrid parabolic solar dish–steam power plant: An experimental study. *Energy Reports*, 8(2), 1949–1965.
- Cui, Y., Tan, Z., & An, C. (2022). Research and application of multi-functional acrylic resin grouting material. *Construction and Building Materials*, 359(5), 129381.
- Derlini, D., & Zulfikar, A. J. (2022). Penyelidikan Kegagalan pada Alat Pemisah Karet Alam Jenis LRH 410. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(3), 51–61.
- Desti, I. (2022). Literature Review: Upaya Energi Bersih dan Terjangkau. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 4(1), 8–11.
- Detrina, I., Karimi, S., & Indrawari. (2019). Literature Study: Managing Catchments for Hydropower Sustainability in Sumatera Barat. *Ecotrophic*, 13(1), 41– 48.
- Ferdina, R., Surya, L. S., & Putri, A. (2022). Perubahan Warna Resin Akrilik Heat Cure Setelah Direndam Dengan Larutan Desinfektan: Scoping Review. *Menara Ilmu*, 16(1), 103–112.
- Hariswan, A. M., DP, E. N., & Mela, N. F. (2022). Pengungkapan Emisi Karbon Perusahaan Pertambangan Di Indonesia. *Al-Iqtishad*, 18(1), 19–41.
- Hidayat, N., Zulfikar, A. J., & Iswandi, I. (2022). Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Jute Terhadap Kekuatan Tarik Belah Beton Kolom Silinder. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 18–26.
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Cogeneration potential of an operating diesel engine power plant. *Energy Reports*, 8(16), 744–754.
- Langer, J., Quist, J., & Blok, K. (2021). Review of Renewable Energy Potentials in Indonesia and Their Contribution to a 100% Renewable Electricity System. *Energies*, 14(21), 7033.

- Limb, B. J., Markey, E., Vercellino, R., & Quinn, J. C. (2022). Economic viability of using thermal energy storage for flexible carbon capture on natural gas power plants. *Journal of Energy Storage*, 55(1), 105836.
- Lv, Z., Zhang, H., Liang, J., Zhao, T., Xu, Y., & Lei, Y. (2022). Microalgae removal technology for the cold source of nuclear power plant: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 183(2), 114087.
- Nugraha, M. N., Kusumanto, R., & Indrayani. (2021). Preliminary Analysis of Mini Portable Hydro Power Plant Using Archimedes Screw Turbine. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE)*, 76–89.
- Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., & Salsabila, M. S. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability*, 15(1), 2342.
- Poudel, R. C., Manwell, J. F., & McGowan, J. G. (2020). Performance analysis of hybrid microhydro power systems. *Energy Conversion and Management*, 215(2), 112873.
- Pouran, H. M., Lopes, M. P. C., Nogueira, T., Branco, D. A. C., & Sheng, Y. (2022). Environmental and technical impacts of floating photovoltaic plants as an emerging clean energy technology. *IScience*, 25(11), 105253.
- Sana, I. A. (2017). *Pengaruh Penambahan Variasi Konsentrasi Nanoselulosa Kulit Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Kekuatan Fleksural Plat Ortodonti Resin Akrilik Self-Cure Metode Spray-On*.
- Saputra, M. D. (2020). *Studi Eksperimental Pengaruh Aspect Ratio Terhadap Performa Pada Model Turbin Air Sumbu Vertikal Jenis Savonius*.
- Siregar, D. A., Zulfikar, A. J., Siahaan, M. Y. R., & Siregar, R. A. (2022). Analisis Kekuatan Tekan Selubung Komposit Laminat E-glass pada Beton Kolom Silinder dengan Metode Vacuum Bagging. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(1), 20–25.
- Teguh, N. A., & Nisaa, A. F. (2021). Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP) Implementation in Indonesia : A mini-review. *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, 3(1), 9–20.
- Wang, D., Zhang, C., Zulfikar, A. J., Mehrez, S., Huynen, I., Mahariq, I., & Elbadawy, I. (2023). Tuning layer thickness and layer arrangement in a GdMnO<sub>3</sub> and GdMnO<sub>3</sub>-MoSe<sub>2</sub> bi-layer absorber to cover the S, C, and X band frequency range. *Surfaces and Interfaces*, 36(1), 102507.
- Yuhazri, M. Y., Zulfikar, A. J., & Ginting, A. (2020). Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1003(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012135>
- Zulfikar, A. J. (2020). The Flexural Strength of Artificial Laminate Composite Boards made from Banana Stems. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 334–340.
- Zulfikar, A. J., Ritonga, D. A. A., Pranoto, S., Nasution, F. A. K., Arif, Z., & Junaidi, J. (2023). Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Polimer Diperkuat Serbuk Kulit Kerang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 30–40.
- Zulfikar, A. J., Siahaan, M. Y. R., Irwan, A., Nasution, F. A. K., & Ritonga, D. A. A. (2022). Analisis Kekuatan Mekanik Pipa Air dari Bahan Komposit Serbuk Kulit Kerang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(2), 83–93.