

Pengaruh Rasio Sudu Terpancung Berpenampang Segitiga terhadap Kinerja Turbin Crossflow

Priyo Heru Adiwibowo*, Grummy Walianduw, Ika Nurjannah, Aris Purwanto

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Email : priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id, grummywailanduw@unesa.ac.id, ikajannah@unesa.ac.id,
arispurwanto@unesa.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 Mei 2024

Revised: 20 Juni 2024

Accepted: 28 Juli 2024

Keywords:

Mikrohidro

Turbin *Crossflow*

Rasio Sudu Terpancung

Daya

Efisiensi

Published by

Impression : Jurnal Teknologi dan Informatika

Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Energi merupakan kebutuhan fundamental bagi kehidupan manusia. Salah satu alternatif energi terbarukan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yaitu sistem pembangkit skala kecil yang memanfaatkan aliran air. Pada PLTMH, turbin *crossflow* banyak digunakan, namun memiliki keterbatasan dalam menghasilkan daya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rasio sudu terpancung berpenampang segitiga terhadap kinerja turbin *crossflow* poros horizontal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan rasio sudu terpancung 0,2; 0,4; 0,6, dibandingkan dengan sudu *v* yang tidak terpancung (rasio 1), dan plat datar (rasio 0) pada turbin *crossflow* poros horizontal. Jumlah sudu yang digunakan adalah 3 yang akan diuji dengan variasi kapasitas air sebesar, 11,024 L/s, 14,322 L/s, dan 18,113 L/s dengan variasi pembebanan terhadap daya dan efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya maksimum diperoleh pada rasio sudu terpancung 0,4 dengan kapasitas aliran 18,113 L/s dan beban 8000 gram sebesar 4,204 Watt. Efisiensi tertinggi dicapai pada rasio sudu terpancung yang sama, yaitu 0,4, dengan kapasitas 11,024 L/s dan beban 5000 gram sebesar 85,77%. Pencapaian ini disebabkan karena pada rasio sudu terpancung 0,4 aliran dapat dimanfaatkan secara lebih optimal sehingga menghasilkan putaran (RPM) yang tinggi serta torsi yang lebih besar.

Energy is a fundamental need for human life. One renewable energy alternative is the Microhydro Power Plant (PLTMH), a small-scale power generation system that utilizes water flow. In PLTMH, crossflow turbines are widely used, but have limitations in generating power. This study aims to analyze the effect of the truncated blade ratio with a triangular cross-section on the performance of a horizontal-axis crossflow turbine. This study uses an experimental method by varying the truncated blade ratio of 0.2; 0.4; 0.6, compared to untrimmed v-blades (ratio 1), and flat plates (ratio 0) in a horizontal-axis crossflow turbine. The number of blades used is 3 which will be tested with variations in water capacity of 11,024 L/s, 14,322 L/s, and 18,113 L/s with variations in loading on power and efficiency. The results of the study showed that the maximum power was obtained at a cut-off blade ratio of 0.4 with a flow capacity of 18.113 L/s and a load of 8000 grams of 4.204 Watts. The highest efficiency was achieved at the same cut-off blade ratio, namely 0.4, with a capacity of 11.024 L/s and a load of 5000 grams of 85.77%. This achievement was due to the fact that at a cut-off blade ratio of 0.4 the flow could be utilized more optimally, resulting in high rotation (RPM) and greater torque.

Corresponding Author:

Priyo Heru Adiwibowo

Department of Mechanical Engineering, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Gedung A6 Kampus UNESA Ketintang Surabaya 60231

Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam Prioritas Riset Nasional (PRN) tahun 2020-2024 telah ditetapkan sembilan fokus riset, salah satunya adalah energi. Fokus riset energy diharapkan mampu menghasilkan dan memanfaatkan sumber-sumber energy terbarukan, seperti bahan bakar bersih berbasis energy baru dan terbarukan, teknologi listrik berbasis energy baru dan terbarukan (Lubis et al., 2019; Purwanto, 2025; Samsurizal et al., 2021; Sugiyono, 2016). Meningkatnya standar hidup dan populasi menyebabkan pertumbuhan yang cepat dalam konsumsi listrik di Asia Tenggara, meningkatkan kekhawatiran tentang keamanan energi, keterjangkauan, dan kelestarian lingkungan (Arifandy et al., 2021; Arsita et al., 2021; Brunerová et al., 2017). Salah satu energi terbarukan yang berpotensi dikembangkan di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga air (Fitriana et al., 2025; Muliawan & Yani, 2017). Di banyak bagian dunia, tenaga air adalah salah satu cara paling efisien untuk menghasilkan energi terbarukan yang andal. Ada sumber daya air yang tersedia, dan saya berharap bahwa mereka akan menjadi bagian penting dari sistem energi berkelanjutan di masa depan (Nishi & Inagaki, 2017; Sammartano et al., 2016; Sritram & Suntivarakorn, 2017). Sistem ini dapat meningkatkan standar hidup masyarakat pedesaan dan mendukung layanan pembangunan seperti pendidikan dan perawatan kesehatan. Hambatan utama untuk adopsi lebih lanjut dari sistem skala kecil adalah biaya dan keberlanjutan jangka panjang. Keuntungan dari turbin ini dalam desain mudah, dapat dibuat secara lokal dengan biaya rendah tetapi tidak memiliki efisiensi yang lebih rendah. Desain turbin saat ini memiliki efisiensi sekitar 70-85 (Saefudin et al., 2017).

Turbin aliran silang adalah jenis turbin hidro yang unik dengan dua tabrakan, baik tanpa baling-baling panduan yang mampu mencapai efisiensi beban total lebih dari 90% (Anam & Adiwibowo, 2020). Berdasarkan data pada buku *Outlook Energi 2014* (Indonesia, 2014), Indonesia memiliki total potensi panas bumi sebesar 28.910 MW, potensi tenaga hidro mencapai 75.000 MW, potensi biomassa sebesar 32.654 MW, dan potensi dari sumber energi terbarukan lainnya. Namun, pemanfaatan potensi dari sumber energi terbarukan tersebut belum maksimal, terutama pada tenaga hidro dan laut (Nengsih, 2020; Prastuti, 2021). Salah satu cara untuk memanfaatkan tenaga hidro adalah dengan mengubah tenaga hidro tersebut menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin air (Dewangga et al., 2022). Pemanfaatan energi alternatif ini juga dapat mencegah semakin menumpuknya polusi pembakaran fosil sehingga udara kita tidak didominasi dengan karbondioksida serta karbomonoksida yang mengganggu sistem pernafasan serta merusak lapisan atmosfer. Menurut Jurnal Energi yang dikeluarkan oleh PLTMH secara bahasa dapat diartikan mikro adalah kecil dan *hydro* adalah air, maka mikrohidro adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berskala kecil. Pembangkit tenaga listrik ini memanfaatkan aliran irigasi atau aliran sungai sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator (Ullah et al., 2019).

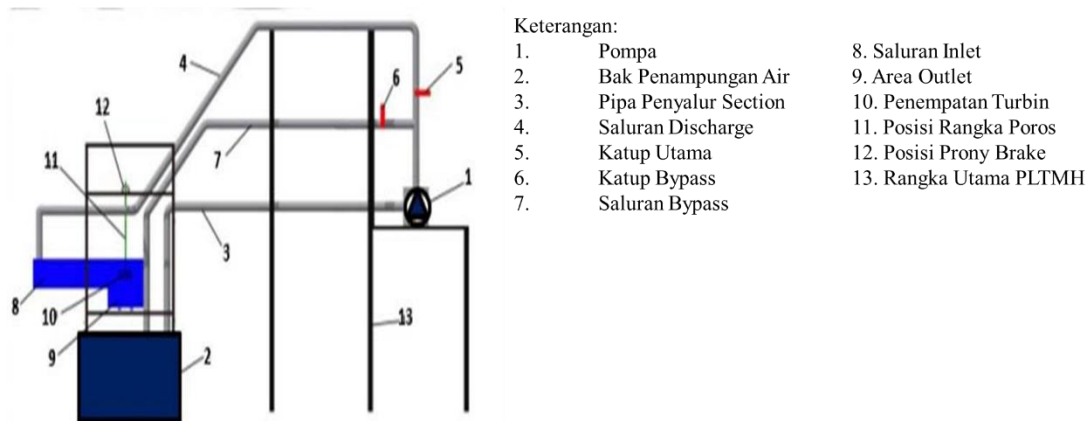
Pemakaian jenis Turbin *Crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan jenis turbin mikro hidro lainnya. Pada kondisi daya yang sama turbin ini mempunyai beberapa kelebihan. Kelebihan pertama adalah hemat biaya pembuatan. Dikarenakan ukuran Turbin *Crossflow* lebih kecil dan praktis dibanding turbin lainnya (Budiarsyah & Putra, 2023). Dengan ukuran yang kecil, bisa disimpulkan dalam pembuatannya tidak memerlukan bahan-bahan yang terlalu banyak dan biaya yang besar. Sedangkan kelebihan yang kedua adalah efisiensi. Efisiensi rata-rata turbin ini tergolong tinggi hal ini dikarenakan pemanfaatan aliran air pada turbin ini dilakukan dua kali (Mafruddin & Irawan, 2018; Saleh et al., 2019).

Tujuan dari penelitian eksperimen ini adalah menghasilkan turbin crossflow poros horizontal dengan sudu berpenampang segitiga terpancung yang optimal dari segi efektifitas dan daya yang dihasilkan sehingga dapat digunakan untuk skala kecil pada pemukiman yang dekat dengan sumber air sehingga energi potensial terbarukan tersebut dapat lebih dimanfaatkan.

METODE PENELITIAN

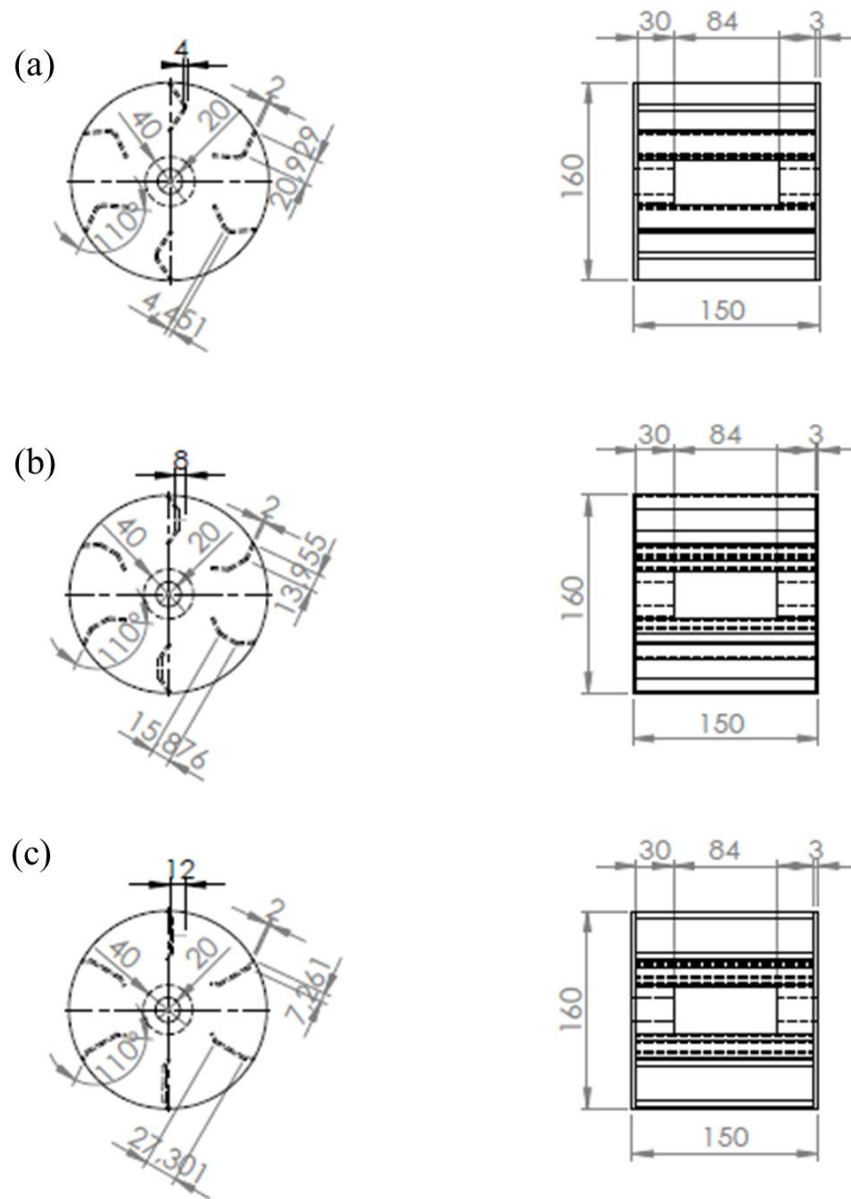
Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Unesa secara eksperimen. Dalam melakukan penelitian, terdapat dua cara pengukuran untuk memperoleh data yaitu pengukuran secara langsung (*direct measurement*) dimana hasil pengukuran dapat ditampilkan dan dibaca secara langsung. Pengukuran tak langsung (*indirect measurement*) adalah cara kedua yang dipilih dalam

penelitian ini dimana dari hasil pengukuran masih diperlukan proses lanjut yaitu pengolahan data dan penalaran terhadap hasil pengukuran. Peralatan yang digunakan dalam eksperimen didesain khusus untuk mengetahui pengaruh variasi banyak sudu turbin berpenampang L. Gambar 1 menunjukkan setup alat yang kami gunakan untuk eksperimen.



Gambar 1 Setup eksperimen

Saluran inlet berfungsi sebagai jalur utama aliran air dari pompa menuju turbin sehingga perannya sangat penting dalam menjaga kelancaran suplai fluida. Geometri saluran inlet dirancang dengan dimensi tinggi 400 mm, panjang 2000 mm, dan lebar 160 mm. Dengan ukuran tersebut, saluran mampu menyalurkan debit air secara stabil sebelum memasuki runner turbin. Selain itu, proporsi dimensi yang dipilih juga bertujuan untuk meminimalkan kehilangan energi akibat gesekan dinding maupun turbulensi aliran, sehingga efisiensi sistem dapat tetap terjaga. Turbin reaksi digunakan sebagai objek penelitian untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Dalam penelitian ini, fokus utama adalah menganalisis pengaruh variasi rasio panjang sudu pengganggu terhadap sudu utama berbentuk setengah lingkaran pada kinerja turbin reaksi aliran crossflow. Untuk itu, dirancang sebuah desain turbin seperti ditunjukkan pada Gambar 2, dengan variasi rasio panjang sudu terpancung masing-masing sebesar 0,6; 0,4; dan 0,2. Melalui variasi tersebut diharapkan dapat diketahui bagaimana perbedaan dimensi sudu pengganggu memengaruhi efisiensi, daya output, serta karakteristik aliran pada turbin.



Gambar 2 Desain dari turbin crossflow dengan variasi rasio terpancing (a) rasio 0,2, (b) rasio 0,4, dan (c) rasio 0,6

Dalam analisis turbin, air yang masuk ke runner membawa sejumlah energi dalam bentuk tekanan, kecepatan, dan elevasi. Energi ini dihitung dalam bentuk head fluida berdasarkan persamaan Bernoulli. Selanjutnya, besarnya debit aliran menentukan volume air yang mampu memberikan gaya dorong pada sudu turbin. Kombinasi antara head dan debit menentukan besarnya daya air yang tersedia. Namun, tidak seluruh energi tersebut dapat diubah menjadi energi mekanik, karena sebagian hilang akibat gesekan, turbulensi, dan fenomena hidrodinamika lain. Oleh karena itu, diperlukan persamaan yang menjelaskan daya poros turbin dan perbandingannya dengan daya air untuk mengetahui efisiensi konversi energi, persamaan berikut diambil dari buku karya (Pritchard & Mitchell, 2016):

1. Luas Penampang Aliran (A)

Luas penampang aliran berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kecepatan aliran yang melewati saluran. Luas penampang aliran dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = t.l \quad (2.1)$$

Dimana :

A = Luas penampang saluran (m²)

t = Tinggi ambang pada ujung keluaran pengarah (m)

l = Lebar keluaran pengarah (m)

2. Kecepatan Aliran (V)

Kecepatan aliran pada saluran penampang dapat diukur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran pada saluran pengarah (m/s)

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

A = luas penampang aliran (m²)

3. Daya Air yang mengalir (Pa)

Daya air yang dimiliki air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho . A . V^3 \quad (2.3)$$

Dimana :

Pa = Daya air (watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

A = Luas penampang aliran (m²)

V = Kecepatan aliran (m/s)

4. Gaya (F)

Besaran gaya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = m.g \quad (2.4)$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = Beban (kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

5. Torsi (T)

Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = (F \text{ beban} - F \text{ neraca}) . r \quad (2.5)$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari poros (m)

6. Kecepatan anguler turbin (ω)

Kecepatan anguler atau kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \quad (2.6)$$

Dimana :

ω = Kecepatan (rad/s)

π = 3,14

n = Putaran (rpm)

7. Daya Turbin

Daya turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = T \cdot \omega \quad (2.7)$$

Dimana :

P_t = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

8. Efisiensi Turbin (η)

Efisiensi turbin dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100 \quad (2.8)$$

Dimana:

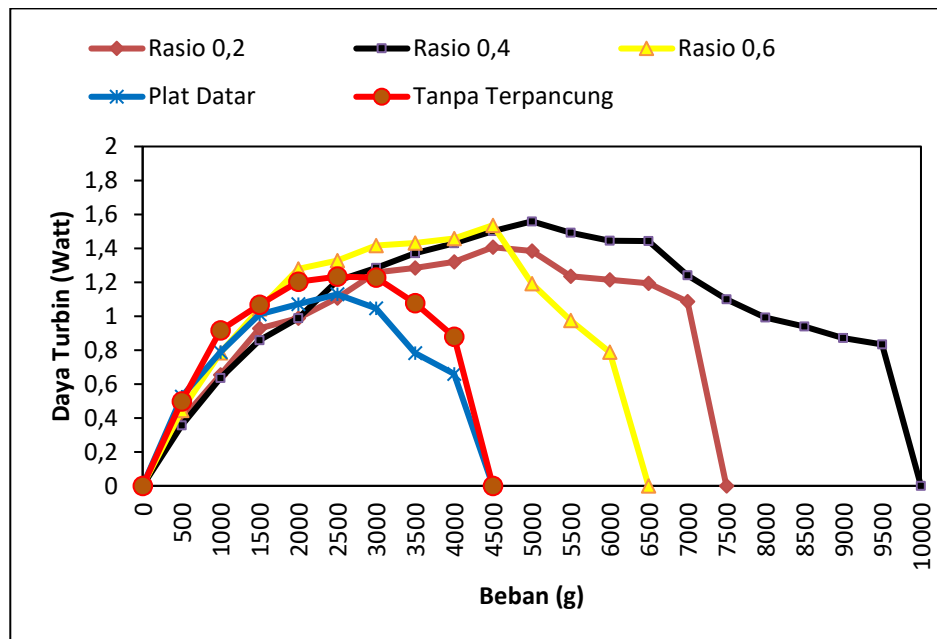
η = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (Watt)

P_a = Daya air (Watt)

HASIL PENELITIAN

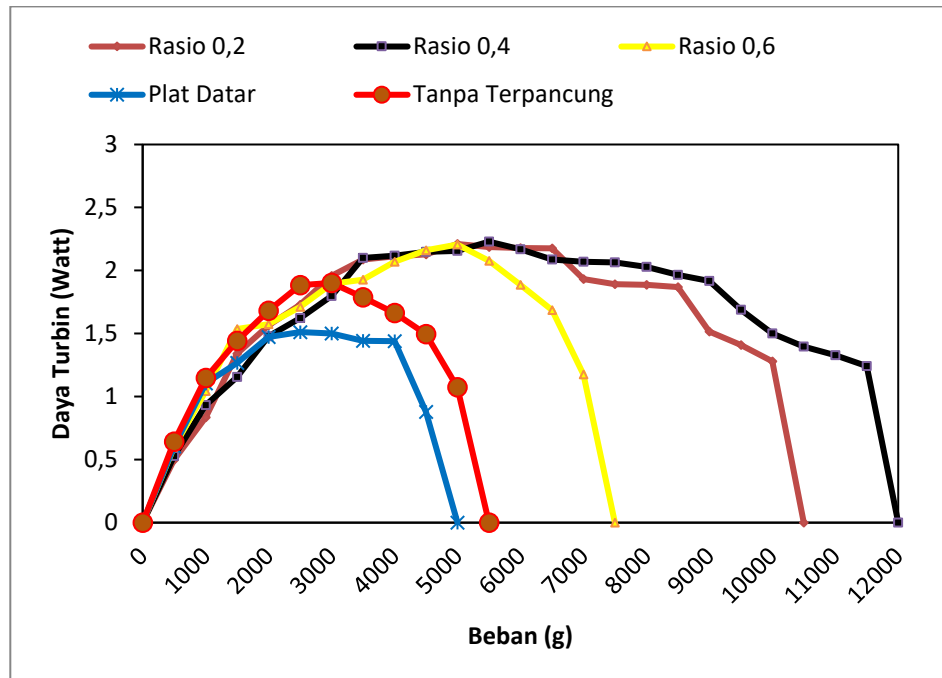
Hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi rasio diameter terhadap daya dan efisiensi pada turbin *crossflow* dengan sudu plat datar poros horizontal. Data yang didapatkan selama proses pengujian dimasukkan kedalam tabel yang sebelumnya telah dibuat, data dalam penelitian ini meliputi besar sudut pada bukaan katup saluran *bypass*, tinggi ambang pada *V-Notch Weir*, tinggi ambang pada saluran, kecepatan putaran turbin, berat beban, hasil neraca dan gaya yang dihasilkan neraca pegas. Hasil penelitian kemudian disajikan kedalam bentuk nilai dan grafik, tabel pengambilan data juga dilampirkan agar memudahkan dalam memahami grafik yang disajikan. Data tersebut didapatkan dari pengujian turbin *crossflow* poros horizontal dengan sudu plat datar dan variasi rasio sudu terpancung 0,2; 0,4; 0,6, dibandingkan dengan sudu v yang tidak terpancung (rasio 1), dan plat datar (rasio 0) pada turbin *crossflow* poros horizontal. Data yang dihasilkan digunakan untuk perhitungan daya dan efisiensi dihasilkan turbin. Sebelum melakukan perhitungan daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin maka perlu diketahui terlebih dahulu kapasitas air dan kecepatan aliran air.



Gambar 3 Daya turbin pada kapasitas 11,024 L/s

Berdasarkan Gambar 3 daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,2 terus meningkat hingga pembebanan 4500 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,406 Watt, lalu mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram. Berikutnya daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 5000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,599 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 10000 gram. Kemudian daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,6 juga mengalami peningkatan daya turbin hingga pembebanan 4500 gram dengan daya yang dihasilkan 1,536 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 6500 gram. Berikutnya pada turbin tidak terpancing mengalami peningkatan sampai pembebanan 2500 gram dengan daya yang dihasilkan 1,233 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 4500 gram. Dan pada turbin plat datar mengalami peningkatan sampai pembebanan 2500 gram dengan daya yang dihasilkan 1,129 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 4500 gram.

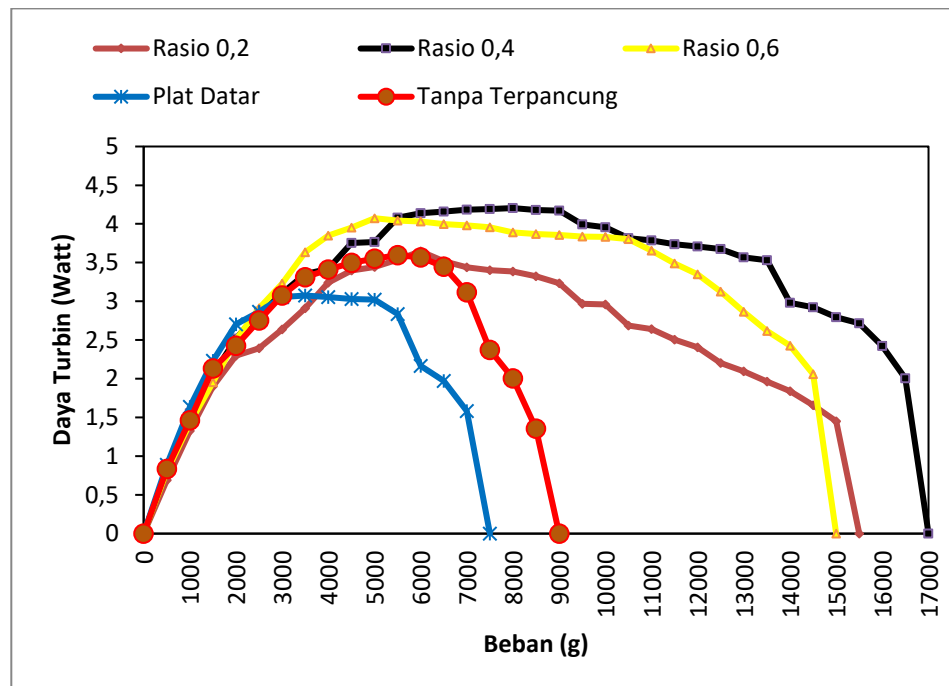
Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 11,0231 L/s turbin dengan pancung 8 mm menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 1,599 Watt. Pada kapasitas aliran air 11,0231 L/s mengalami peningkatan daya dari kapasitas sebelumnya hal ini dikarenakan gaya dorong yang diberikan sanggup membuat turbin berputar meski pembebanan semakin meningkat. Selain itu turbin dengan pancung 8 mm memiliki lebar sudu yang seimbang antara lebar pancung dengan sudu yang tidak terpancing dibandingkan turbin yang terpancing 4 mm, 12 mm, tidak terpancing dan plat datar menjadikan turbin lebih efektif untuk memanfaatkan energi kinetik dari air. Sedangkan pada titik tertentu mengalami penurunan nilai daya yang dihasilkan disebabkan karena pembebanan yang semakin besar sehingga perlu adanya gaya lebih besar untuk memutar turbin.



Gambar 4 Daya turbin pada kapasitas 14,322 L/s

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 4 daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,2 terus meningkat hingga pembebanan 5000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 2,211 Watt, lalu mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 10500 gram. Berikutnya daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 5500 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 2,229 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 12000 gram. Kemudian daya turbin pada turbin rasio sudu terpancing 0,6 juga mengalami peningkatan daya turbin hingga pembebanan 5000 gram dengan daya yang dihasilkan 2,206 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram. Berikutnya pada turbin tidak terpancing mengalami peningkatan sampai pembebanan 3000 gram dengan daya yang dihasilkan 1.902 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 5500 gram. Dan pada turbin plat datar mengalami peningkatan sampai pembebanan 2500 gram dengan daya yang dihasilkan 1,512 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 5000 gram.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 14,322 L/s turbin dengan pancung 8 mm menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 2,229 Watt. Hal ini terjadi karena peningkatan kapasitas aliran air menjadikan gaya dorong air terhadap turbin menjadi lebih besar, sehingga daya turbin juga mengalami peningkatan dari kapasitas sebelumnya. Selain itu pancung 8 mm memiliki lebar sudu yang seimbang antara lebar pancung dengan sudu yang tidak terpancing dibandingkan turbin yang terpancing 4 mm, 12 mm, tidak terpancing dan plat datar. Sehingga dengan kapasitas aliran 14,322 L/s menjadikan turbin lebih efektif untuk memanfaatkan energi kinetik dari air. Sedangkan pada titik tertentu mengalami penurunan nilai daya yang dihasilkan disebabkan karena pembebanan yang semakin besar sehingga perlu adanya gaya lebih besar untuk memutar turbin.



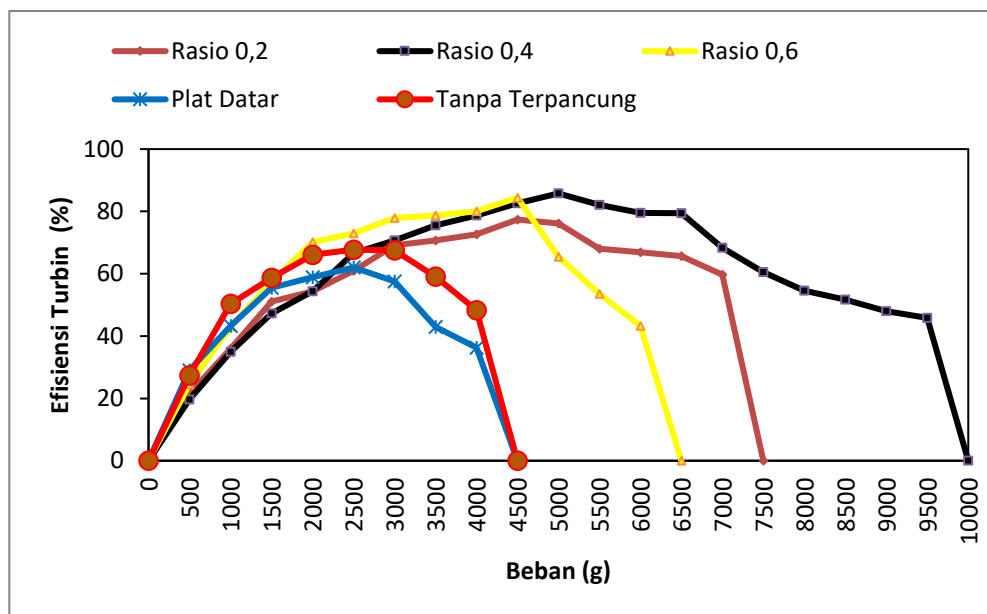
Gambar 5 Daya turbin pada kapasitas 18,113 L/s

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 5 daya turbin pada turbin rasio sudu terpancung 0,2 terus meningkat hingga pembebanan 6000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 3,645 Watt, lalu mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 15500 gram. Berikutnya daya turbin pada turbin rasio sudu terpancung 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 8000 gram dengan daya yang dihasilkan sebesar 4,204 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 17000 gram. Kemudian daya turbin pada turbin rasio sudu terpancung 0,6 juga mengalami peningkatan daya turbin hingga pembebanan 5000 gram dengan daya yang dihasilkan 4,073 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 14500 gram. Berikutnya pada turbin tidak terpancung mengalami peningkatan sampai pembebanan 5500 gram dengan daya yang dihasilkan 3.596 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 9000 gram. Dan pada turbin plat datar mengalami peningkatan sampai pembebanan 3500 gram dengan daya yang dihasilkan 3.075 Watt dan mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 18,113 L/s turbin dengan pancung 8 mm menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 4,204 Watt. Pada kapasitas aliran air 18,113 L/s mengalami peningkatan daya dari kapasitas sebelumnya dikarenakan gaya dorong air terhadap turbin menjadi lebih besar, sehingga daya turbin juga mengalami peningkatan. Selain itu pancung 8 mm memiliki tebal sudu yang tidak terlalu tebal dan tidak terlalu tipis sehingga aliran tidak menerpa punggung sudu dibandingkan turbin yang terpancung 4 mm, 12 mm, tidak terpancung dan plat datar menjadikan turbin lebih efektif untuk memanfaatkan energi kinetik dari air. Sedangkan penurunan daya turbin disebabkan karena adanya peningkatan pembebanan.

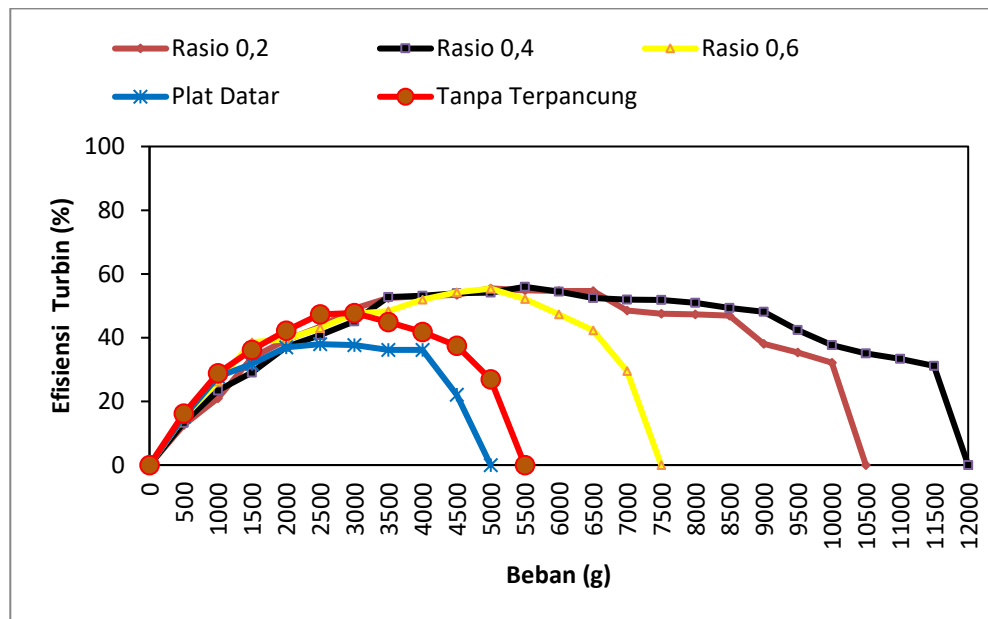
Berdasarkan gambar 6 menunjukkan efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,2 meningkat hingga pembebanan 4500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 77,39 %, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 5000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 85,77% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 10000 gram. Kemudian efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,6 juga mengalami peningkatan efisiensi turbin hingga pembebanan 4500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan 84,40% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti

berputar pada pembebanan 6500 gram. Sudu tidak terpancung meningkat hingga pembebanan 2500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 67,75%, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 4500 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu plat datar mengalami peningkatan hingga pembebanan 2500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 62,03% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 4500 gram. Dari gambar 6 tersebut dapat disimpulkan bahwa turbin dengan sudu rasio sudu terpancung 0,4 memiliki nilai efisiensi tertinggi dari variasi sudut sudu lain mencapai efisiensi turbin 85,77% pada kapasitas 11,024 L/s. Hal ini sesuai dengan perumusan dalam mencari efisiensi yaitu daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikali 100 persen. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai kapasitas aliran mempengaruhi besarnya daya turbin karena putaran dan torsi yang berbeda dalam tiap pembebanan.



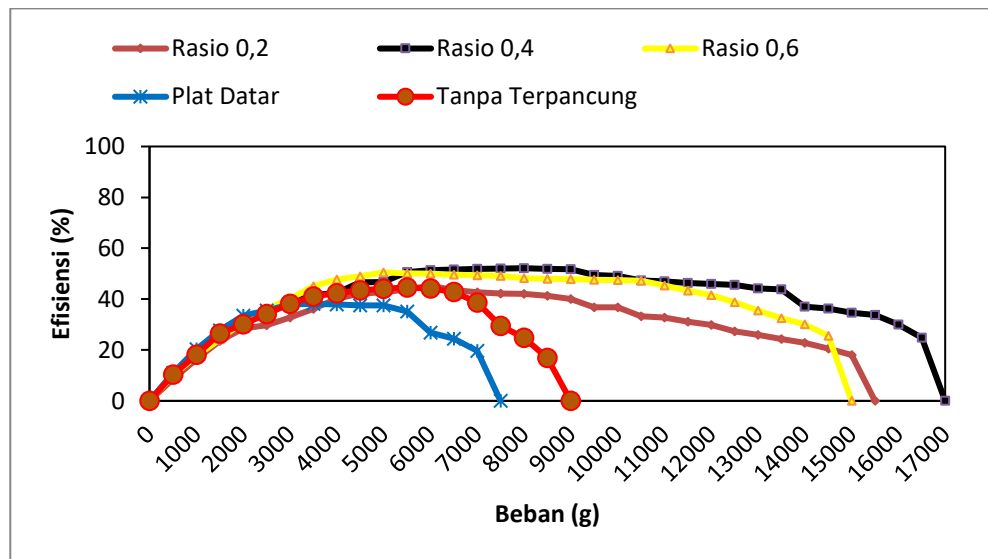
Gambar 6 Efisiensi turbin pada kapasitas 11,024 L/s

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,2 terus meningkat hingga pembebanan 5500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 56,48%, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 10500 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 5500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 55,95% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 12000 gram. Kemudian efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,6 juga mengalami peningkatan pembebanan hingga 5000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 55,37% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram. Sudu tidak terpancung meningkat hingga pembebanan 2500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 37,95%, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 5000 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu plat datar mengalami peningkatan hingga pembebanan 3000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 47,73% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 5500 gram. Dari gambar 7 tersebut dapat disimpulkan bahwa turbin dengan sudu rasio sudu terpancung 0,4 memiliki nilai efisiensi tertinggi dari variasi sudut sudu lain mencapai efisiensi turbin 55,95% pada kapasitas 14,322 L/s. Hal ini sesuai dengan perumusan dalam mencari efisiensi yaitu daya turbin dibagi dengan daya air lalu dikali 100 persen. Sehingga dapat dilihat bahwa nilai kapasitas aliran mempengaruhi besarnya daya turbin karena putaran dan torsi yang berbeda dalam tiap pembebanan.



Gambar 7 Efisiensi turbin pada kapasitas 14,322 L/s

Gambar 8 menunjukkan efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,2 terus meningkat hingga pembebanan 6000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 45,23%, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 15500 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,4 mengalami peningkatan hingga pembebanan 8000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 52,16% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 17000 gram. Kemudian efisiensi turbin pada sudu rasio sudu terpancung 0,6 juga mengalami peningkatan pembebanan 5000 gram dengan efisiensi yang dihasilkan 50,54% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 15000 gram. Sudu tidak terpancung meningkat hingga pembebanan 5500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 44,61%, lalu mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 9000 gram. Berikutnya efisiensi turbin pada sudu plat datar mengalami peningkatan hingga pembebanan 3500 gram dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 38,15% dan mengalami penurunan efisiensi hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 7500 gram.



Gambar 8 Efisiensi turbin pada kapasitas 18,113 L/s

PENUTUP KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Daya maksimum diperoleh pada turbin dengan rasio sudu terpancing 0,4, yaitu sebesar 4,204 Watt pada kapasitas 18,113 L/s dengan pembebanan 8000 gram. Setelah itu, daya maksimum berturut-turut dihasilkan pada turbin dengan rasio sudu terpancing 0,2; 0,6; sudu tanpa terpancing; dan sudu plat datar.
- Efisiensi optimum dicapai pada turbin dengan rasio sudu terpancing 0,4, yaitu sebesar 85,77 % pada kapasitas 11,024 L/s dengan pembebanan 5000 gram. Setelah itu, efisiensi optimum secara berurutan diperoleh pada turbin dengan rasio sudu terpancing 0,2; 0,6; sudu tanpa terpancing; dan sudu plat datar.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan variasi sudu penampang segitiga terpancing terhadap kinerja turbin reaksi crossflow poros horizontal, disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai visualisasi proses aliran fluida pada rasio sudu terpancing dengan jarak yang lebih rapat di sekitar kondisi yang menghasilkan performa maksimum.

REFERENSI

- Anam, D. K., & Adiwibowo, P. H. (2020). EXPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU SETENGAH LINGKATAN TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN CROSSFLOW POROS HORIZONTAL. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1).
- Arifandy, M. I., Cynthia, E. P., Muttakin, F., & Nazaruddin, N. (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil. *Sitekin: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(1), 116–122.
- Arsita, S. A., Saputro, G. E., & Susanto, S. (2021). Perkembangan kebijakan energi nasional dan energi baru terbarukan Indonesia. *Jurnal Syntax Transformation*, 2(12), 1779–1788.
- Brunerová, A., Roubík, H., Brožek, M., Herák, D., Šleger, V., & Mazancová, J. (2017). Potential of tropical fruit waste biomass for production of bio-briquette fuel: Using Indonesia as an example. *Energies*, 10(12), 2119.

- Budiarsyah, G., & Putra, M. A. (2023). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Crossflow Terhadap Kinerja Pembangkit Mini Hidro. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 109–118.
- Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 71–76.
- Fitriana, L., Saputro, H., Purwanto, A., Huda, D. S., & Muslim, Ri. (2025). MATHEMATICS MODELLING AND EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF VORTEX WATER TURBINE BLADE DESIGN OF TURBINE EFFICIENCY. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 401–414. <https://doi.org/10.21776/jrm.v16i1.1899>
- Indonesia, D. E. N. R. (2014). Outlook Energi Indonesia 2014. *Jakarta: Dewan Energi Nasional*.
- Lubis, S., Lubis, F., & Harahap, P. (2019). PLTB sebagai alternatif energi baru terbarukan. *Seminar Nasional Teknik Industri 2019*, 4(1).
- Mafruddin, M., & Irawan, D. (2018). Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2), 223–229.
- Muliawan, A., & Yani, A. (2017). Analisis daya dan efisiensi turbin air kinetis akibat perubahan putaran runner. *Sainstek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(1), 1–9.
- Nengsih, S. (2020). Potensi Air Laut Aceh Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 4(2), 81–86.
- Nishi, Y., & Inagaki, T. (2017). Performance and flow field of a gravitation vortex type water turbine. *International Journal of Rotating Machinery*, 2017(1), 2610508.
- Prastuti, O. P. (2021). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*.
- Pritchard, P. J., & Mitchell, J. W. (2016). *Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics*. John Wiley & Sons.
- Purwanto, A. (2025). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Oksigen dalam Laminar Premixed Flame dengan Bahan Bakar Metana. *Impression : Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 4(2), 271–277. <https://doi.org/10.59086/jti.v4i2.975>
- Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., & Arifin, S. (2017). Turbin screw untuk pembangkit listrik skala mikrohidro ramah lingkungan. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 1(3).
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., & Purwanto, R. (2019). Analisis karakteristik turbin crossflow kapasitas 5 kw. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255–261.
- Sammartano, V., Morreale, G., Sinagra, M., & Tucciarelli, T. (2016). Numerical and experimental investigation of a cross-flow water turbine. *Journal of Hydraulic Research*, 54(3), 321–331.
- Samsurizal, S., Azzahra, S., Fikri, M., Azis, H., & Yogiarto, A. (2021). Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya. *TERANG*, 4(1), 125–135.
- Sritram, P., & Suntivarakorn, R. (2017). Comparative study of small hydropower turbine efficiency at low head water. *Energy Procedia*, 138, 646–650.
- Sugiyono, A. (2016). Outlook energi Indonesia 2015-2035: Prospek energi baru terbarukan. *J Energi Dan Lingkungan*, 12, 87–96.
- Ullah, R., Cheema, T. A., Saleem, A. S., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., & Park, C. W. (2019). Performance analysis of multi-stage gravitational water vortex turbine. *Energy Conversion and Management*, 198, 111788.