

## ANALISIS PERFORMA *RUNNER* TURBIN *CROSS-FLOW* UNTUK PLTPH BERKAPASITAS 5 KW

### *PERFORMANCE ANALYSIS OF CROSS-FLOW TURBINE RUNNER FOR PLTPH WITH CAPACITY 5 KW*

Fadhlan Wildy<sup>(1)</sup>, Waskito<sup>(2)</sup>, Remon Lapisa<sup>(3)</sup>, Jasman<sup>(4)</sup>

<sup>(1), (2), (3), (4)</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

[dickycheam@gmail.com](mailto:dickycheam@gmail.com)

[waskito@ft.unp.ac.id](mailto:waskito@ft.unp.ac.id)

[remonlapisa@ft.unp.ac.id](mailto:remonlapisa@ft.unp.ac.id)

[jasman@ft.unp.ac.id](mailto:jasman@ft.unp.ac.id)

#### Abstrak

Air yang dimanfaatkan dengan benar bisa dijadikan sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan skala *pico hydro*. Pembuatan pembangkit listrik tenaga air *pico hydro* sangat ekonomis, karena tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dalam pembuatannya, tidak seperti pembuatan PLTA konvensional pada umumnya. Turbin *cross-flow* yaitu jenis turbin air yang memiliki tekanan dan seing dimanfaatkan sebagai PLTA, seperti pembangkit listrik *pico hydro*. Penelitian mengenai turbin tipe *Cross-flow* dengan jenis *pico hydro* ini sudah banyak dilakukan. Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran runner terhadap daya listrik. Hal yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan konstruksi runner yaitu jumlah sudu, ketebalan, bentuk dan kelengkungan. Tujuan dari penelitian ini Dapat merancang dan menganalisis runner dengan baik untuk turbin *cross-flow* dan Memaksimalkan kinerja runner dan menyesuaikan bentuk runner sesuai kondisi alam di sekitar tempat turbin itu di pasang., Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Computation Fluids Dynamics* (CFD) dengan bantuan perangkat lunak Autodesk CFD 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa semakin besar variasi kemiringan sudu maka semakin rendah torsi runner turbin dan diperoleh bahwa tingkat efisiensi yang paling maksimal ditujukan pada variasi kemiringan sudu 20°. Kesimpulan pada penelitian ini yaitu Semakin besar kemiringan sudut sudu  $\alpha$ 1 maka semakin kecil efisiensi turbin. Lebar dan Panjang runner mempengaruhi kinerja kerja turbin agar menyesuaikan debit aliran yang berada pada tempat runner itu dipasang

**Kata Kunci :** Analisis, *Runner*, Turbin *Cross-flow*, PLTPH, Kapasitas 5 KW

#### Abstract

*hydro. Making a pico hydro hydroelectric power plant is very economical, because it doesn't require too much money to make it, unlike making conventional hydropower plants in general. Cross-flow turbined are a typed of water turbines that has pressure and are often used as hydroelectric power plants, such as pico hydro power plants. Much research has been carried out on cross-flow type turbines with the pico hydro type. Similar research discusses the effect of runner rotation on electrical power. Thing thats must be consideres in the procesed of making a runner construction are the number of blades, thickness, shape and curvature. The aim of this researchs is to design and analyzed runners well for cross-flow turbines and maximize runner performance and adjust the shape of the runner according to the natural conditions around where the turbine is installed. This research uses the Computation Fluids Dynamics (CFD) research method with the help of devices. Autodesk CFD software 2021. The research results show that the greater the blade slope variation, the lower the turbine runner torque and it was founds that the maximums levels of efficiency was aimed at a blade slope variation of 20°. The conclusion of this research is that the greater the inclination of the blade angle  $\alpha$ 1, the smaller the turbine efficiency. The width and length of the runner affect the working performance of the turbine so that it adjusts the flow rate where the runner is installed.*

**Keywords :** Analysis, *Runner*, *Cross-flow Turbine*, PLTPH, Capacity 5 KW

## I. Pendahuluan

Pemanfaatan air menjadi sumber energi dalam skala yang kecil masih banyak ditemukan di wilayah terpelosok (R. R. Al Hakim, 2020). Pemanfaatan energi terbarukan sangat penting (Abdillah et al., 2023). Air yang dimanfaatkan dengan benar bisa dijadikan sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan skala *pico hydro* yang jarang sekali ditemui di Indonesia (Bandri et al., 2021). Hal ini berbanding terbalik dengan negara Laos di mana Masyarakat disana banyak memanfaatkan pembangkit *pico hydro* sebagai sumber energi listrik (Khomsah & Zuliari, 2015). Padahal energi listrik menjadi sebuah keperluan yang sangat penting dalam kehidupan (Arban et al., 2021). Pembuatan pembangkit listrik tenaga air *pico hydro* sangat ekonomis, karena tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dalam pembuatannya, tidak seperti pembuatan PLTA konvensional pada umumnya (IESR, 2017). PLTA khususnya *pico hydro* dapat dijadikan sebagai energi alternatif untuk menggantikan sumber energi konvensional dengan memanfaatkan sumberdaya air sebagai sumber energinya (Muzaka et al., 2021). Pembangkit listrik tenaga *pico hydro* ini cocok digunakan pada desa-desa terpencil yang dengan aliran listrik yang terbatas dan mempunyai aliran sungai (M. L. Hakim et al., 2020).

Sumber daya air yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga *pico hydro* yaitu aliran sungai yang berada di Tandikek Utara. Kawasan ini yaitu Kawasan dengan aliran listrik yang terbatas, sehingga untuk membantu masyarakat penulis berinisiatif untuk memasang turbin tipe Cross-flow di daerah ini agar dapat membantu masyarakat setempat.

Turbin *cross-flow* yaitu jenis turbin air yang memiliki tekanan dan seing dimanfaatkan sebagai PLTA, seperti pembangkit listrik *pico hydro* (Riadi et al., 2021). Aliran air pada turbin ini mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh *guid vane* pemacu dan masuk keputaran sudu turbin (Purwantono et al., 2018). Dalam memutuskan penggunaan turbin ini sebagai pembangkit listrik didasari oleh kemampuan turbin yang sangat tinggi (Mafruddin & Irawan, 2014).

Penelitian mengenai turbin tipe Cross-flow dengan jenis *pico hydro* ini sudah banyak dilakukan. Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran runner terhadap daya listrik pernah dilakukan oleh (Arif et al., 2017). Penelitian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan laju putaran runner yang dipakai (Purwanto et al., 2021), semakin kencang laju runner semakin besar daya listrik dihasilkan (Darwito et al., 2022).

Rancangan dan pembentukan *runner* turbin akan berdampak terhadap efisiensinya (Putra & Prasetyo,

2018). Hal yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan konstruksi runner yaitu jumlah sudu, ketebalan, bentuk dan kelengkungan (Sugiri, 2011). Semakin banyak jumlah sudu maka akan menyebabkan putaran turbin semakin meningkat (Suswantoro et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa daya turbin bergantung terhadap besaran torsi dan kecepatan angular yang disebabkan karena putaran turbin. Dari variasi putaran runner dihasilkan daya dan efisiensi maksimum yaitu 4,572 watt dengan efisiensi 28,342% pada kecepatan 70 rpm dan daya minimum pada kecepatan runner 90 rpm sebesar 3,674 watt (Muliawan & Yani, 2016).

Berdasarkan studi literatur yang digunakan dan kajian dari peneliti sebelumnya dapat diketahui bahwa efisiensi dan daya yang dihasilkan turbin bergantung pada putaran runner. Sehingga pada kajian ini penulis ingin merancang dan memaksimalkan putaran runner yang ada pada turbin Cross-flow skala *pico hydro* di daerah Tandikek Utara. Oleh karena itu peneliti melakukan sebuah kajian berjudul "Analisis Performa Runner Turbin Cross-flow Untuk PLTPH Berkapasitas 5 KW".

## II. Metode Penelitian

### A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang diterapkan pada kajian ini yaitu *Computation Fluids Dynamics* (CFD) dengan bantuan *Autodesk CFD 2021*. CFD merupakan metode komputasi yang digunakan untuk mempelajari dinamika fluida (Fermi Muhammad Iwan, 2014). Penerapan *Computation Fluids Dynamics* dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai dinamika fluida (Prajitno et al., 2023). Dalam proses analisis, turbin yang dianalisis adalah jenis turbin Crossflow, dimana turbin ini digunakan sebagai penggerak generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro. Simulasi yang digunakan untuk menganalisis turbin Crossflow ini adalah *Computation Fluid Dynamic* (CFD).

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di workshop fabrikasi Departemen Teknik Mesin FT UNP pada bulan Agustus – Desember 2021.

### C. Jenis dan Sumber Penelitian

Jenis data berdasarkan cara mendapatkannya dibedakan menjadi dua jenis yaitu data primer dan sekunder. Pada penelitian ini jenis data yang digunakan adalah data primer. Data primer adalah data yang didapat dari pengumpulan secara langsung yang berasal dari lokasi penelitian serta dari penelitian simulasi CFD pada komputer menggunakan perangkat Lunak *Solidwork*.

## D. Peformasi Turbin secara Teoritis

### a. Perhitungan Power Max Menurut Mockmore

Diketahui hasil dari nilai power max menggunakan rumus mockmore adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} HP &= H Q e / 8,8 \\ &= (4,8 \times 3,28) \text{ ft} \times (52,2 \times 0,035) \text{ cfs} \times 87\% / 8,8 \\ &= 15,74 \text{ ft} \times 1,84 \text{ cfs} \times 0,87 / 8,8 \\ &= 2,86 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_i &= HP \times 0,74 \text{ kW} \\ &= 2,86 \times 0,74 = 2,13 \text{ kW} \end{aligned}$$

### b. Perhitungan Daya

#### 1) Daya Air

$$\begin{aligned} P_a &= Q \rho g H_e \\ &= 0,052 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,8 \text{ m} \\ &= 2448,576 \text{ watt} \\ &= 2,44 \text{ kw} \end{aligned}$$

#### 2) Daya Turbin

$$\begin{aligned} P_t &= Q \rho g H_e \eta_t \\ &= 0,052 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,8 \text{ m} \times 87\% \\ &= 2,44 \times 0,87 \\ &= 2,12 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### 3) Daya Listrik

$$\begin{aligned} P_i &= P_t \times 82\% \\ &= 2,12 \times 82\% \\ &= 2,12 \times 0,82 \\ &= 1,73 \text{ kW} \end{aligned}$$

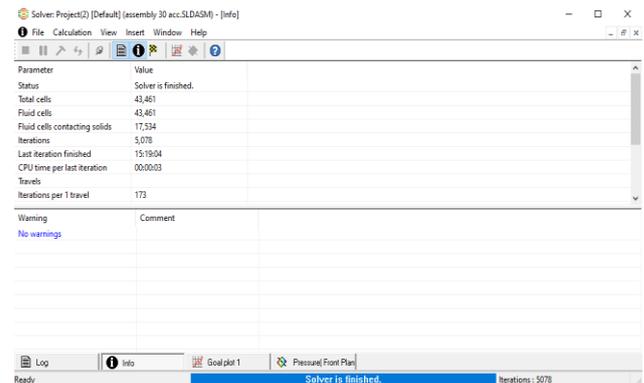
## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Penelitian

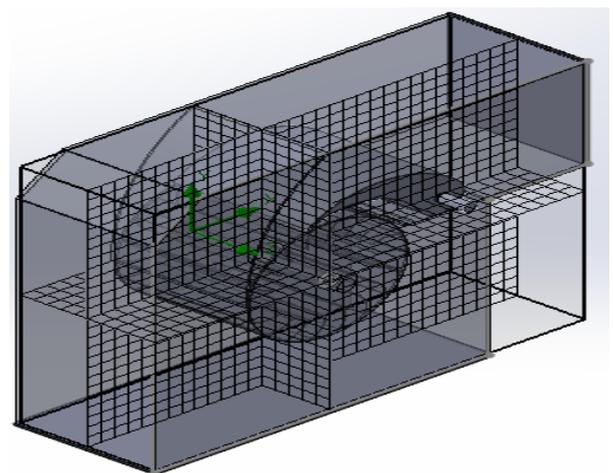
Kajian ini menereapkan penelitian *Computational Fluids Dynamic* dengan memvariasikan kemiringan sudut sudu air masuk pada *runner* dengan variasi kemiringan 20 derajat, 30 derajat dan 40 derajat dengan bukaan *guidevane* 100% selanjutnya pada variable control yakni kecepatan aliran air masuk sebesar 0,204 m/s, debit air sebesar 0,052 m<sup>3</sup>/s, dan head yang digunakan 5 meter. Variable terikat atau nilai ukur adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan dari putaran *runner* turbin.

#### 1. Performasi Turbin *Crossflow* secara Numerik Menggunakan Simulasi CFD

Hasil *element size meshing* diketahui pada Gambar 1. Hasil *meshing* dianalisis dengan model internal dan kondisi air masuk dibuat dengan keadaan *Physical Features, Fluid Flow, Time dependent, dan Rotation*.



Gambar 1. Hasil *Meshing*

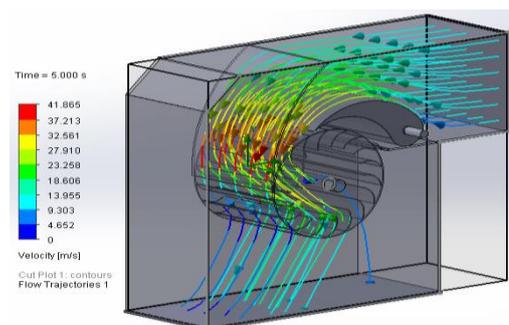


Gambar 2. *Meshing Turbin Crossflow*

Pada proses *set up boundry condition* terdiri atas *inlet, outlet*. Hasil penelitian menggunakan analisis simulasi CFD bentuk aliran dan kecepatan air, dan tekanan turbin.

#### a. Hasil Simulasi bentuk aliran

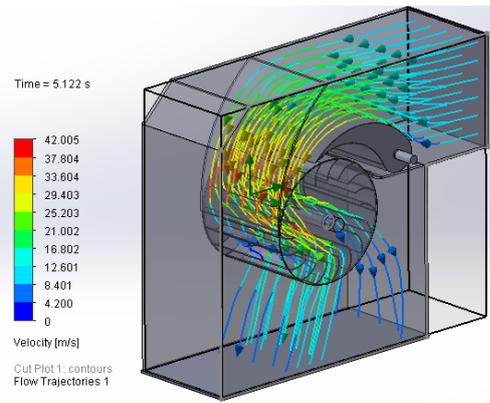
Hasil analisis CFD bentuk aliran turbin *crossflow* telah diketahui. Setiap pada hasil *runner* yang telah diuji diketahui sebagai berikut.



Gambar 3. *Contour dan Streamline Velocity* Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 20°

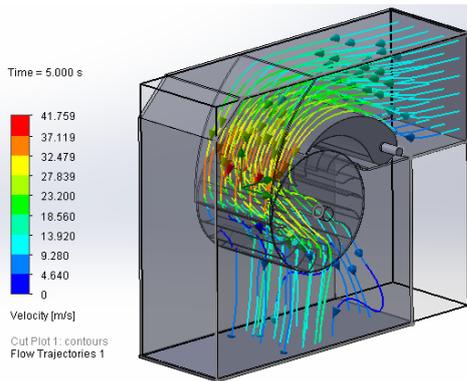
Hasil yang diperoleh dari analisis *velocity* variasi sudu *runner* 20° diketahui bahwa bentuk dan

kecepatan aliran sebesar 8,431 m/s.



**Gambar 4.** *Contour dan Streamline velocity* Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 30°

Hasil yang diperoleh dari analisis *velocity* variasi sudu runner 30° diketahui bahwa bentuk dan kecepatan aliran sebesar 8,032 m/s.

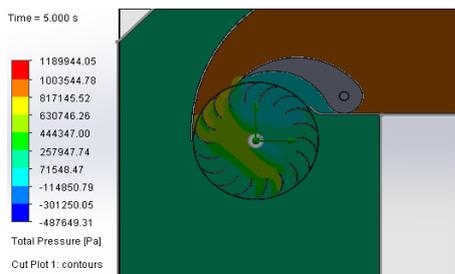


**Gambar 5.** *Contour dan Streamline velocity* Aliran Sudu Runner Kemiringan Sudu 40°

Hasil yang diperoleh dari analisis *velocity* variasi sudu runner 40° diketahui bahwa bentuk dan kecepatan aliran sebesar 8,105 m/s.

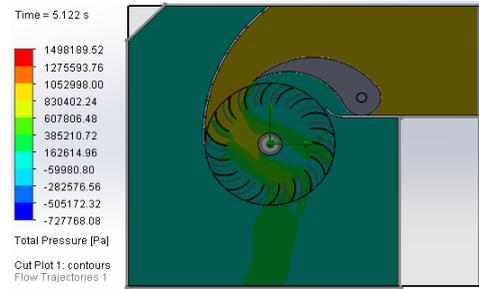
**b. Hasil Simulasi Bentuk Tekanan Turbin**

Hasil analisis simulasi *pressure* turbin *crossflow* dilihat pada gambar dibawah ini.



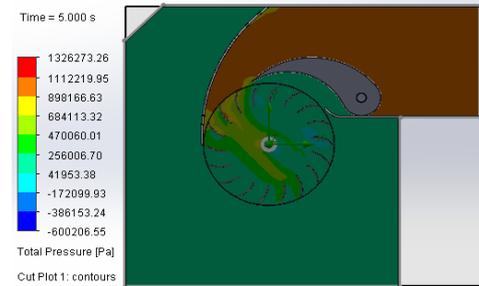
**Gambar 6.** *Contour Preassure* Kemiringan Sudu 20°

Hasil yang diperoleh dari analisis variasi sudu runner 20° diketahui nilai *preassure* sebesar  $3,43 \times 10^5$  Pa.



**Gambar 7.** *Contour Preassure* Kemiringan Sudu 30°

Hasil yang diperoleh dari analisis variasi sudu runner 30° diketahui nilai *preassure* sebesar  $3,50 \times 10^5$  Pa.

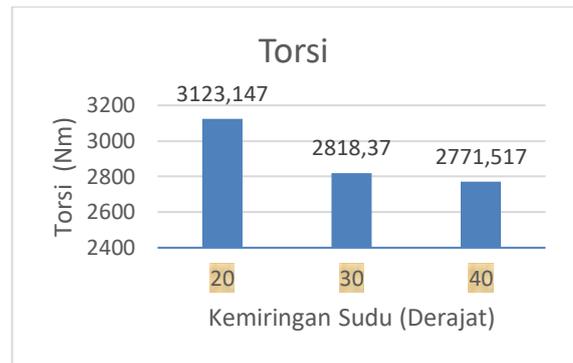


**Gambar 8.** *Contour Preassure* Kemiringan Sudu 40°

Hasil yang diperoleh dari analisis variasi sudu runner 40° diketahui nilai *preassure* sebesar  $3,55 \times 10^5$  Pa.

**2. Hasil Perhitungan Torsi Turbin Crossflow**

Hasil analisis perhitungan torsi Turbin Crossflow diketahui pada gambar berikut.

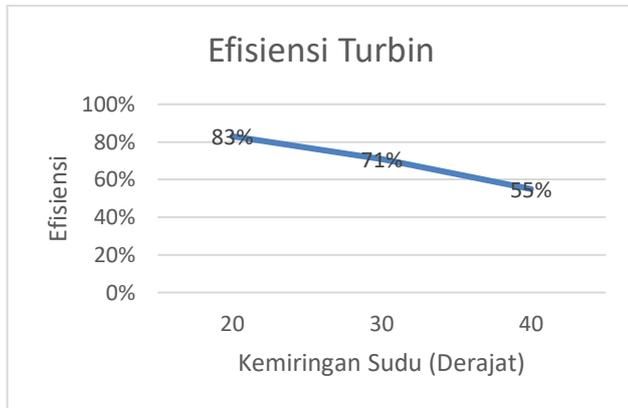


**Gambar 9.** Grafik Torsi Runner

Gambar diatas menunjukkan hasil variasi kemiringan sudu 20° menghasilkan putaran sebesar 3123,147 Nm, variasi kemiringan sudu 30° menghasilkan putaran sebesar 2818,37 Nm, dan variasi kemiringan sudu 40° menghasilkan putaran sebesar 2771,517 Nm. Diman dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi kemiringan sudu maka semakin renda torsi runner turbin.

**3. Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin**

Hasil dari analisis efisiensi turbin ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 10.** Grafik Efisiensi Turbin dengan Variasi Kemiringan Sudu

Gambar menunjukkan hasil variasi kemiringan sudu 20° memiliki nilai efisiensi turbin sebesar 83%, variasi kemiringan sudu 30° memiliki nilai efisiensi turbin sebesar 71%, dan variasi kemiringan sudu 40° memiliki nilai efisiensi turbin sebesar 55%. Dari hasil analisis diatas diperoleh bahwa tingkat efisiensi yang paling maksimal ditujukan pada variasi kemiringan sudu 20°.

## B. Pembahasan

Hasil simulasi kecepatan aliran dan bentuk aliran air skala pikohidro menghasilkan kecepatan aliran dan bentuk aliran untuk variasi kemiringan sudu 20°, 30°, 40° menghasilkan nilai dan bentuk yang sedikit berbeda pada runner dikarenakan terjadinya pembelokan air yang disebabkan oleh variasi kemiringan sudu terhadap runner yang perolehan hasil mendekati nilai secara teoritis. Hasil simulasi tekanan menghasilkan tekanan yang sedikit berbeda nilainya, hal tersebut disebabkan oleh bedanya bentuk kemiringan pada sudu tersebut yang menyebabkan bentuk aliran memiliki hambatan yang berbeda walaupun pada proses simulasi velocity inlet nilai yang dimasukkan sama sebesar 9,7 m/s. Torsi terbesar dihasilkan oleh runner turbin dengan variasi kemiringan 20° dengan nilai sebesar 3123,147 Nm. Efisiensi maksimum yang dihasilkan dari hasil simulasi adalah variasi kemiringan sudu 20° dengan nilai sebesar 83%.

## IV. Kesimpulan

Dari hasil simulasi menggunakan solidwork turbin crossflow dengan velocity dan variasi kemiringan sudu, didapatkan kesimpulan bahwa Bentuk aliran memiliki hasil yang sedikit berbeda untuk setiap variasi kemiringan sudu, karena tekanan dan hambatan yang diterima oleh sudu akan berbeda pada setiap variasi kemiringan sudu tersebut. Semakin besar kemiringan sudut sudu  $\alpha$  maka semakin kecil efisiensi turbin. Lebar dan Panjang runner mempengaruhi kinerja kerja turbin agar menyesuaikan debit aliran yang berada pada tempat runner itu dipasang.

## Referensi

- Abdillah, N. I., Nurdin, H., Indrawan, E., & Prasetya, F. (2023). ANALISIS DESAIN BILAH TERHADAP PEFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGNAKAN SOFTWARE QBLADE NREL ' S 822 PERFORMANCE ANALYSIS ON TAPERLESS TYPE HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE ( HAWT ) USING QBLADE SOFTWARE. 5(3), 244–249.
- Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk KetahananEnergi Di Indonesia: Literatur Review. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–11.
- Arban, A., Erizon, N., Purwantono, P., & Prasetya, F. (2021). Pegaaruh Debit Air Terhadap Putaran Runner Turbin Crossflow Skala Mikro Hidro. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(3), 81–87. <https://doi.org/10.24036/vomek.v3i3.231>
- Arif, M. S., Margianto, & Marlina, E. (2017). Pengaruh putaran Runner Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan Dengan Memvariasi Ukuran Nozzle pada Prototype Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1).
- Bandri, S., Premadi, A., & Andari, R. (2021). STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO (PLTPh) RUMAH TANGGA. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(1), 16. <https://doi.org/10.36275/stsp.v21i1.345>
- Darwito, L., Nurdin, H., Purwantono, P., & Kurniawan, A. (2022). Analysis of Power and Efficiency of Cross-flow Turbine Due to Changes in Runner Rotation. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 4(1), 9–16. <https://doi.org/10.46574/motivection.v4i1.108>
- Fermi Muhammad Iwan. (2014). Pemanfaatan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) Dalam Perancangan Kompor Biomassa. *Jurnal Teknobiologi*, V(1), 15–19.
- Hakim, M. L., Yuniarti, N., Sukir, & Damarwan, E. S. (2020). Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 75–81.
- IESR. (2017). Energi Terbarukan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Khomsah, A., & Zuliari, E. A. (2015). Analisa Teori: Performa Turbin Cross Flow Sudu Bambu 5 ” sebagai Penggerak Mula Generator

Induksi 3 Fasa. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1, 79–88.

- Mafruddin, M., & Irawan, D. (2014). Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2), 7–12. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.12>
- Muliawan, A., & Yani, A. (2016). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat. *Journal of Sainstek*, 8(1), 1–9.
- Muzaka, K., Prayogo, G. S., & ... (2021). Pemanfaatan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Desa Pesucen Kabupaten Banyuwangi. *Journal of Social ...*, 1(3), 65–69. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jrespro/article/view/677>
- Prajitno, D. H., Sholeh, D. R., & Fitriani, B. (2023). Pengaruh Jumlah Blade Dan Angle Impeller Terhadap Pola Aliran Dan Homogenitas Pada Proses Pencampuran CaCO<sub>3</sub> Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic. *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference*, 3(1).
- Purwanto, Sangadji, R., & Rusmiyanto, D. (2021). Assesment Torsi Runner Cross Flow Panjang 130 mm dengan Computation Fluid Dynamics (CFD) pada Mini Mikrohidro. *PROSIDING KEMARITIMAN 2021*, 2(1), 105–119.
- Purwantono, P., Syahrul, S., & Adri, J. (2018). Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki dan Kaplan. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 18(1), 13–18. <https://doi.org/10.24036/invotek.v18i1.173>
- Putra, T. D., & Prasetyo, A. (2018). Pengaruh Sudu Hydrofoil Naca 9407 Terhadap Efisiensi Turbin Aliransilang (Cross-Flow) Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh). *Proton*, 10(2), 12–19.
- Riadi, D., Lapis, R., Nurdin, H., & Mulianti, M. (2021). Analisis Kecepatan Air Masuk Terhadap Bukaannya Guide Vane Turbin Crossflow Skala Pico Hydro Dengan Simulasi Cfd. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(3), 94–101. <https://doi.org/10.24036/vomek.v3i3.232>
- Sugiri, A. (2011). Pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap unjuk kerja turbin aliran silang. *Jurnal Mechanical*, 2(1), 48–52. [http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian\\_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku\\_id=22007](http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=22007)
- Suswanto, E., Gani, U. A., & Taufiqurrahman, M. (2021). Analisis pengaruh jumlah sudu turbin air tipe crossflow terhadap output PLTMH skala laboratorium. *Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 2(1), 81–89. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/47136>