

## Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini Dengan Turbin Spiral

Jeri Imanuel Sayuna<sup>1\*</sup>, Arifin Sanusi<sup>2</sup>, Jefri S. Bale,<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

\*Corresponding author: [jerisayuna24@gmail.com](mailto:jerisayuna24@gmail.com)

### ABSTRAK

Air merupakan sumber energi alternatif potensial bagi manusia. Manfaat air meliputi bidang industri, rumah tangga, pertanian, dan aktivitas lingkungan. Pembangkit Listrik mini tentunya sangat membutuhkan energi air sebagai bahan utamanya. Sering kita jumpai disepanjang jalan pedesaan terutama di area persawahan sangat minim sekali penerangan yang ada. Pemanfaatan air sebagai irigasi tentunya juga bisa kita manfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil, dengan memanfaatkan aliran yang ada kita bisa membuat alat pembangkit listrik skala kecil yang menyesuaikan besarnya aliran air irigasi persawahan. Hasil dari penelitian pembuatan alat pembangkit listrik tenaga air mini dengan metode vdi 2222 guna penerangan jalan di area persawahan bisa bermanfaat di masyarakat. Turbin yang digunakan yaitu jenis turbin yang berbentuk spiral dan memakai jenis generator PMG. Dari hasil pengujian didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk charger baterai 12Vdc, 7,2Ah rata-rata per 5 menit yaitu ada penambahan tegangan sebesar 0,209 Vdc, sedangkan untuk pengisian baterai dari kondisi 0 sampai baterai penuh dibutuhkan waktu selama 5 jam 10 menit. Dengan beban lampu 7 watt, arus 0,27 A serta sensor LED dengan arus 0,11, tegangan baterai 12,8 Vdc maka baterai dapat digunakan selama 20 jam.

### ABSTRACT

*Water is a potential alternative energy source for humans. The benefits of water include industrial, household, agricultural and environmental activities. Of course, mini power plants really need water energy as their main ingredient. We often encounter them along rural roads, especially in rice fields, with very little lighting. Of course, we can also use water for irrigation as a small-scale hydroelectric power plant. By utilizing the existing flow, we can make a small-scale power generator that adjusts the amount of water flow for irrigation of rice fields. The results of research on making mini hydroelectric power plants using the VDI 2222 method for street lighting in rice fields can be useful for the community. The turbine used is a spiral turbine type and uses a PMG generator type. From the test results, it was found that the time needed to charge a 12Vdc battery, 7.2Ah, is an average of 5 minutes, namely an additional voltage of 0.209 Vdc, while charging the battery from 0 to full battery takes 5 hours and 10 minutes. With a light load of 7 watts, a current of 0.27 A and an LED sensor with a current of 0.11, a battery voltage of 12.8 Vdc, the battery can be used for 20 hours.*

**Keywords:** *Alternative energy, Water for irrigation, VDI 2222, Spiral turbine, hydroelectric power plant*

### PENDAHULUAN

Air merupakan sumber energi alternatif terbarukan yang dapat diperoleh kembali layaknya angin dan sinar matahari. Fungsi air meliputi pemanfaatan di rumah tangga, rekreasi, industri, aktifitas lingkungan dan penggunaan di bidang pertanian. Saluran irigasi tentunya memiliki potensi sumber daya air yang mampu dimanfaatkan sebagai alternatif pembangkit listrik tenaga air. Pemanfaatan sungai di beberapa daerah berbeda-beda, ada yang digunakan untuk

memenuhi kebutuhan sehari-hari, sebagai pembangkit listrik, saluran irigasi persawahan, dan lain-lain. Pembangkit Listrik tenaga air adalah Pembangkit Listrik yang menggunakan air sebagai sumber penggerak utamanya, dengan memanfaatkan energi potensial jatuhnya air maka akan didapatkan besar putaran turbin air, semakin tinggi jatuhnya air yang memutar turbin maka semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan dari perputaran generator. Secara fungsi pembangkit listrik tenaga air memiliki tiga komponen utama yaitu air

sebagai sumber penggeraknya, turbin dan generator sebagai penghasil listrik. Turbin yang digunakan merupakan jenis turbin spiral, sedangkan generator menggunakan jenis generator magnet permanen.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Rancang Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini Dengan Metode VDI 2222” Metode VDI 2222 merupakan metode perancangan sistematis terhadap desain untuk merumuskan dan mengarahkan berbagai macam metode desain yang makin berkembang akibat kegiatan riset (Pahl, 2010). Metode ini digunakan dalam proses perancangan dengan menambahkan beberapa penyesuaian parameter didalamnya. Pada penyelesaian penjabaran metode VDI 2222 terdapat 4 tahapan perancangan sebagai alur perancangan Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air mini yaitu menganalisa, membuat konsep, merancang, dan penyelesaian. Metode VDI 2222 dapat melakukan analisis yang rasional dan mengidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi untuk mencapai solusi optimal yang kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang sesuai dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut. Hasil dari tahapan akan menjadi pengambilan keputusan dalam perancangan Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini dengan syarat-syarat teknis yang disusun dari daftar keinginan penggunaan yang dapat diukur.

## **METODE PENELITIAN**

Metode perancangan adalah kegiatan pemetaan dari ruang fungsional (tidak kelihatan/ imajiner) kepada ruang fisik (kelihatan dan dapat diraba atau dirasa) untuk memenuhi tujuan – tujuan akhir perancang secara spesifik atau obyektif. Dengan metode ini dimungkinkan melakukan analisa yang rasional dan penentuan syarat – syarat awal yang realitas. Metode perancangan yang digunakan untuk tugas akhir ini mengacu pada VDI 2222 (*Verein Deutsche Ingenieuer* atau Persatuan Insinyur Jerman) dan disesuaikan

dengan kebutuhan untuk perancangan alat yang akan dibuat.

Metode VDI 2222 adalah sebuah metode pendekatan sistematis terhadap desain untuk merumuskan dan mengarahkan berbagai macam metode desain yang makin berkembang akibat kegiatan riset (Pahl dan Beitz, 1984 ). Metode ini masih relevan digunakan karena sesuai dengan alur proses manufaktur model saat ini yang sangat ditentukan oleh sebuah rancangan. Didalam tahapan perancangan tersebut, terdapat keterkaitan antara proses, yang mana proses perancangan selanjutnya bergantung dari hasil penilaian proses yang dilakukan dari beberapa alternatif konstruksi. Untuk menentukan pemilihan alternatif yang digunakan, dilakukan penilaian terhadap masing – masing alternatif yang tersedia. Penilaian diberikan pada beberapa aspek yaitu berupa aspek teknis maupun aspek ekonomis.

### **Analisis rancangan**

Analisis atau merancang merupakan suatu kegiatan pertama dari tahap perancangan dalam mengidentifikasi suatu masalah. Kegiatan dari analisis / merencana ini adalah ;

- Pemilihan pekerjaan (studi kelayakan analisis pasar, hasil penelitian, konsultasi pemesan, pengembangan awal, hak paten kelayakan lingkungan).
- Penentuan kelayakan

### **Mengonsep**

Dari tahap analisis yang telah dilakukan menjadi dasar tahap kedua, yaitu tahap perancangan konsep produk. Spesifikasi perancangan berisi syarat – syarat teknis produk yang disusun dari daftar keinginan pengguna yang dapat diukur. Tahapan – tahapan mengonsep adalah

- Memperjelas pekerjaan
- Membuat daftar tuntutan
- Penguraian fungsi keseluruhan
- Membuat alternatif fungsi bagian
- Variasi konsep
- Menilai alternatif konsep berdasarkan aspek teknis – ekonomis

- Pengambilan keputusan alternatif konsep rancangan

**Merancang**

Merancang merupakan tahapan dalam penggambaran wujud produk yang didapat dari hasil penilaian konsep rancangan. Konstruksi rancangan ini merupakan pilihan optimal setelah melalui tahapan penilaian penilaian teknis dan ekonomis. Tahapan dalam merancang adalah ;

- Membuat pradesain berskala
- Menghilangkan bagian kritis
- Membuat perbaikan pradesain
- Menentukan pradesain yang telah disempurnakan.

**Penyelesaian**

Setelah tahap merancang selesai dilakukan maka tahap penyelesaian akhir adalah ;

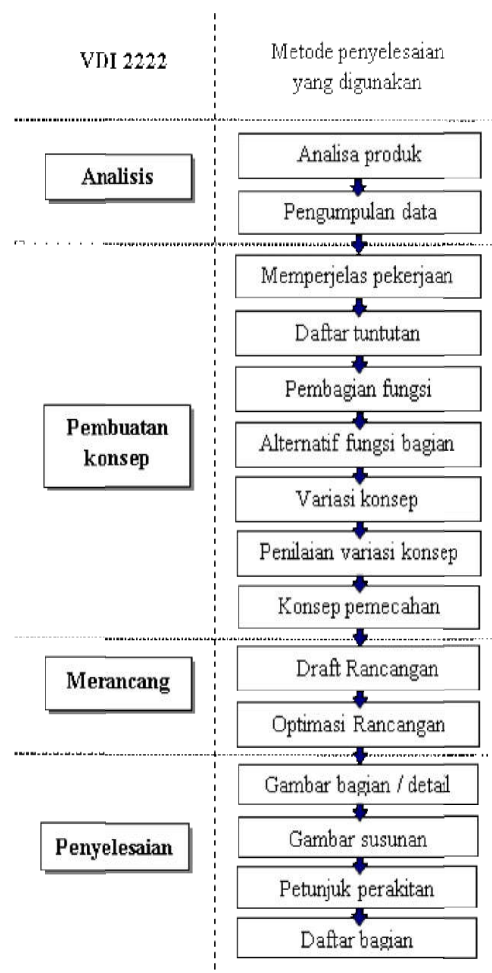
- Membuat gambar susunan
- Membuat gambar bagian atau detail dan daftar bagian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Prosedur perancangan dengan metode VDI 2222 dapat dijelaskan secara terperinci seperti pada Gambar 1 dibawah ini. Konsep rancangan dari Tabel 1 dan Gambar 2 dapat dikembangkan dengan membuat alternatif konsep, setiap alternatif dinilai kelebihan dan kekurangannya lalu dieliminasi sebagai konsep rancangan terpilih semua prinsip alternatif fungsi bagian dibuat untuk memilih komponen yang digunakan dalam mewujudkan desain produk. jika telah diperoleh prinsip – prinsip solusi tersebut perlu dianalisis, ketika prinsip dan solusi tersebut dianggap tidak berfungsi bisa hilangkan, dengan tujuan agar tidak terjadi banyak evaluasi yang harus dilakukan. Setelah alternatif fungsi bagian selesai, langkah selanjutnya yaitu melakukan melakukan dengan cara menghubungkan masing – masing alternatif fungsi bagian komponen

satu dengan yang lainnya. Salah satu metode yang umumnya digunakan dalam mengevaluasi konsep rancangan adalah diagram morfologi.

Metode morfologi yang digunakan adalah menentukan secara acak kemungkinan – kemungkinan yang terjadi pada penggabungan dari beberapa alternatif sehingga dihasilkan semua variasi dari konsep rancangan. Evaluasi konsep alat pembangkit listrik tenaga air mini menghasilkan tiga variasi rancangan seperti pada gambar 4.5.



Gambar 1. Prosedur rancangan dengan metode VDI 222

Tabel 1. daftar tuntutan perancangan

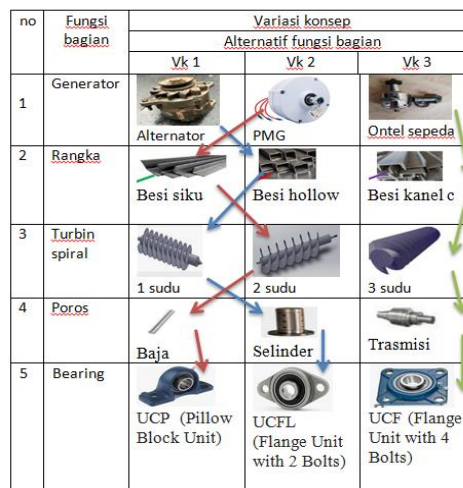
Tuntutan	Deskripsi
Tuntutan Primer	
Daya yang di butuhkan	kebutuhan beban sebesar 12 Watt selama 12 jam dari 1 lampu dengan kapasitas daya lampu sebesar 9 Watt.
Tuntutan Sekunder	
Muda dalam pengoperasian alat	Pengoperasian alat dapat dilakukan oleh satu orang untuk semua proses, dengan menggunakan prinsip Standar Operasional Prosedur (SOP).
Keinginan	
Perawatan yang mudah	Tidak memerlukan tenaga ahli atau peralatan khusus dalam perawatan.

Tabel 2. Alternatif bagian fungsi

Fungsi bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Turbin	Turbin archimedes 1 sudu	Turbin archimedes 2 sudu	Turbin archimedes 3 sudu
Poros	Baja	Silinder	Transmisi
Material rangka	Besi hollow	Besi siku	Besi kanal c
Material kesing	Stainless Steel	Plat pvc	Aluminium
Dinamo	Alternator	PMG	Sepeda ontel

- Pada Alternatif fungsi keseluruhan 1, rangka alat dibuat menggunakan besi hollow. Turbin spiral yang digunakan 1 sudu. Dan generator menggunakan dinamo alternator.
- Pada Alternatif fungsi keseluruhan 2, material rangka alat dibuat menggunakan besi siku. Turbin spiral yang digunakan 2 sudu. Dan generator menggunakan dinamo pmg.
- Pada Alternatif fungsi keseluruhan 3, Fungsi rangka alat dibuat dari besi kanal c. turbin spiral yang digunakan 3 sudu.

Untuk mendapatkan hasil rancangan yang optimal perlu dilakukan evaluasi dan penilaian pada alternatif – alternatif fungsi dari setiap alternatif berdasarkan aspek teknis. Menentukan nilai bobot dari tiap aspek yang akan dinilai, yaitu dengan cara menilai dari tiap aspek.



Gambar 2. penentuan alternatif konsep

Dari keterangan gambar di atas bahwa variasi yang masuk dalam konsep perancangan adalah variasi 2. Sesuai pertimbangan untuk dapat direalisasikan maka, dipilihlah variasi 2 untuk dilanjutkan pada proses berikutnya. Variasi 2 yaitu : material rangka alat dibuat menggunakan besi siku yang berukuran 4x4 mm, turbin menggunakan spiral 2 sudu. Generator menggunakan dinamo PMG.

- Perhitungan daya yang dibutuhkan  
Agar dapat mengetahui konsumsi energi untuk beban satu buah lampu DC 12 volt dengan daya 9 Watt dan waktu pemakaian 12 jam diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$W = p \times t$$

$$W = 9 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 108 \text{ Wh}$$

- Jadi, daya listrik dari 1 beban lampu yang dibutuhkan selama 12 jam sebesar 108 Wh
- Pengukuran kecepatan dan debit aliran pada saluran irigasi dan masuk turbin.

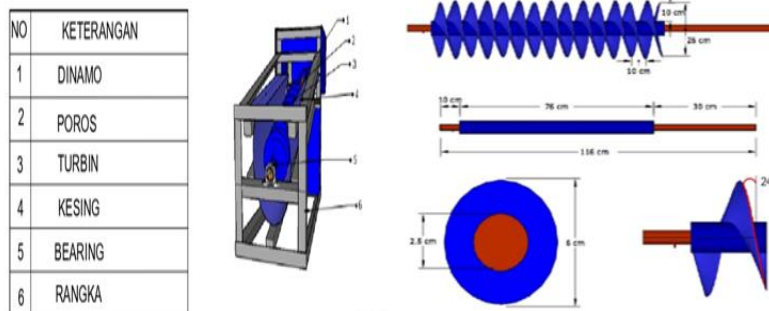
Instalasi turbin Archimedes dilakukan pada saluran irigasi dengan lebar 64 cm dan tinggi air 20,4 cm dimana luas penampang aliran adalah 1305,6 cm<sup>2</sup> atau 0,13056 m<sup>2</sup>. Kecepatan aliran pada saluran irigasi tersebut diukur dengan menggunakan stopWatt dan pelampung dengan jarak 4 m, dimana hasil pengukuran sebanyak lima kali diperoleh kecepatan rata-rata 2,568 m/s. sehingga debit

aliran air pada saluran air tersebut adalah 0,3353 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan debit aliran masuk turbin adalah 0,055 m<sup>3</sup>/s

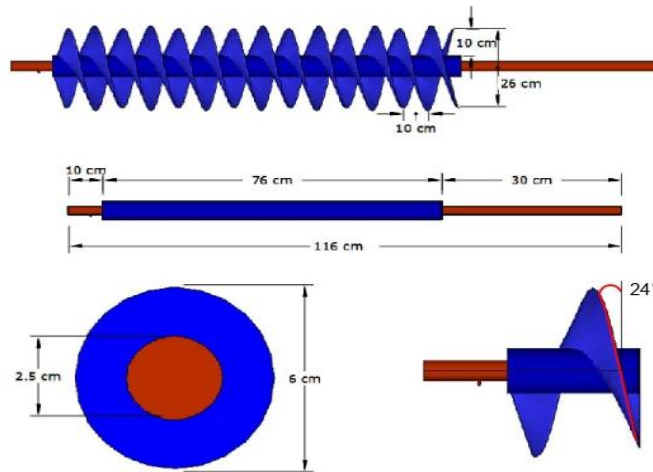
- Daya hidrolis

Perhitungan daya hidrolis sebesar 161,865 Watt. Dapat dilihat pada lampiran 4. Perhitungan daya hidrolis.

- Pengujian alat



Gambar 3. hasil desain alat pembangkit listrik tenaga air mini



Gambar 4. Desain turbin spiral

Tabel 1. Nilai Tiap Aspek

Parameter Penilaian					
Nilai	5	4	3	2	1
Keterangan	Baik sekali	Baik	Cukup	Kurang	Buruk

Tabel 4. Tabel Penilaian Segi Teknis

No	Aspek yang di nilai	Factor penggali	AFK						Nilai Ideal	
			AFK 1		AFK2		AFK3			
1.	Pencapaian fungsi	5	3	15	4	20	4	20	5	24
2.	Konstruksi	4	3	12	4	16	2	8	4	16
3.	Pembuatan	5	3	15	3	15	3	15	5	25
4.	Perakitan	4	3	12	3	12	3	12	4	16
5.	Pengoperasian	3	2	6	3	9	3	9	3	9
6.	Perawatan	4	2	8	3	12	3	12	4	16
Jumlah			68		84		76		107	

Tabel 5. Tabel data hasil pengukuran prototype PLTA Mini dengan turbin spiral

Pengujian	Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (I)	Putaran generator (RPM)	Daya output (Watt)
1	9,81	0,68	229,8	6,6708
2	10,2	0,69	259,4	7,038
3	9,93	0,72	228,7	7,1496
Rata-rata	9,98	0,69	239,3	6,9528

*Efisiensi turbin*

Dari hasil perancangan sampai pada pengujian alat pembangkit listrik tenaga air mini dengan turbin spiral, dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas daya hidrolis 161,865 Watt, daya turbin 6,9528 Watt.

Perhitungan efisiensi turbin

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_a} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{6,9528}{161,865} \times 100 \%$$

$$\eta = 4,295 \%$$

**Pembahasan**

Keberhasilan metode VDI 2222 dalam proses perencanaan alat prototype PLTA Mini dengan turbin spirral dalam proses perencanaan berdasarkan empat tahap yang di ikuti oleh peneliti yaitu empat tahap sebagai berikut:

1. Merencana
2. Mengkonsep

3. Merancang
4. Penyelesaian

Dari empat tahap ini peneliti mampu menghasilkan sebuah perancangan alat prototype pembangkit listrik tenaga air mini dengan turbin spirral sesuai desain Gambar dan spesifikasi alat dengan penilaian segi teknis yang terpilih, variasi konsep diberikan skor berdasarkan kriteria yang dimiliki oleh konsep. Konsep yang terpilih adalah variasi konsep 2 (dua), yang mendapat rating nilai 84. Dengan material rangka besi siku 3x3, material bilah turbin, plat pvc, sudut kemiringan turbin 30°, sudut ulir 24°, diameter turbin 300 mm, panjang turbin 800 mm, 2 sudu, dan 7 lilitanulir terhadap turbin spirral yang di rancang dengan beberapa komponen utama, yaitu: Dinamo permanen magnet. Menghasilkan kapasitas daya hidrolis 161,865 Watt, daya output generator 6,9528 Watt, dan efisiensi 4,295 %. Efisiensi turbin ini masih sangat renda karena beban yang

digunakan hanya 1 mata lampu dengan daya 9 Watt, dimana daya optimal turbin belum tercapai disisi lain putaran generator hanya berkisar 239,3 rpm yang mana putaran nominal generator yang digunakan adalah 500 rpm dengan tegangan output 12 volt dan daya 300 Watt. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa tegangan yang dihasilkan hanya 9,98 Volt atau belum mencapai tegangan 12 Volt DC. Oleh karena itu, untuk menaikkan efisiensi turbin maka pengujian harus dilakukan pada pembebanan yang lebih besar dengan penambahan lampu, termasuk menaikkan putaran pada generator. Putaran pada generator ini dapat dinaikan melalui penambahan diameter puli pada turbin atau penambahan tingkat transmisi dari turbin ke transmisi pengantar dan generator.

#### KESIMPULAN

Keberhasilan metode VDI 2222 dalam proses perencanaan alat prototype PLTA Mini dengan turbin spiral sebagai alternatif penerangan jalan persawahan di Desa kamanasa. Dalam proses perencanaan berdasarkan empat tahap yang di ikuti oleh peneliti yaitu empat tahap, Merencana, Mengkonsep, Merancang, dan Penyelesaian alat dengan spesifikasi panjang turbin 800 mm, diameter turbin 300 mm, diameter poros 20 mm, panjang poros 1100 mm, sudut turbin  $30^\circ$ , sudut ulir  $26^\circ$ , dan perhitungan daya  $W = p.t = 9 \text{ Watt} \times 12 \text{ hw} = 108 \text{ hw}$  mampu menghasilkan kapasitas daya hidrolis 161,865 Watt, daya output generator 6,9528 Watt, dan efisiensi 4,295 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jabar, M. A., Golwa, G. V., Prasetyo, C. B., & Kusuma, T. I. (2020). Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Prototipe Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Menggunakan Jenis Turbin Archimedes-Screw. *Jurnal Mechanical*, 11(2), 36–43.
- [2]. Juliana, I. P., Weking, A. I., & Jasa, L. (2018). Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Terhadap Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), 393. <https://doi.org/10.24843/mite.2018.v17i03.p14>
- [3]. Kusuma, T. I., Prasetyo, C. B., Jabar, M. A., & Golwa, G. V. (2020). Rancang Bangun Prototype System Pico Hydro pada Penampungan Air Perumahan dengan Metode VDI 2221. *Jurnal Mechanical*, 11(1), 19–28.
- [4]. Malino, S. (2021). *Unjuk Kerja Turbin Archimedes Screw Dengan*. 3(3).
- [5]. Nugraha, A., Ramadhan, M. N., Syarif, A., & Adianto, D. S. (2022). Analisis Kinerja Turbin Archimedes Screw Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 48–56. <https://doi.org/10.34128/je.v9i1.183>
- [6]. Nugroho, A. D. (2017). Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Archimedes Screw. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 3. <https://doi.org/10.28989/senatik.v3i0.130>
- [7]. Nurdin, A., & Himawanto, D. A. (2018). Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 783–796. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2340>
- [8]. Seminar, P., Teknologi, N., Kowi, A., Tohari, M., Mesin, P. T., Teknik, F., & Surabaya, U. M. (2021). *Pengaruh Sudu Contra Rotating Small Hydro Turbine Dengan Variasi Sudut Blade Pada Eksperimen Prototype Turbin Air*. 4, 1–9.
- [9]. Slameto, Budi Suharto, & Ervina Fitriana Bekt. (2020). Pembuatan Dan Pengujian Turbin Ulir Dua Sudu. *Jurnal Teknik Energi*, 6(2), 547–550.



- <https://doi.org/10.35313/energi.v6i2.1720>
- [10]. Suyanto, M., Syafriudin, S., Nugroho, A. C., P, P. E., & Subandi, S. (2021). Perancangan sistem Pembangkit Listrik Pico Hydro Putaran Rendah Menggunakan Turbin Screw. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.33087/jepca.v4i1.47>
- [11]. Syahputra, T. M., Syukri, M., & Sara, I. D. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro dengan menggunakan Turbin Ulir. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 16–22. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/kitekro/article/view/6757>
- [12]. Uyun. (2020). Rancang bangun low head turbin piko hidro. *Jurnal Sains &...*, X(1), 67–79. <http://repository.unsada.ac.id/1609/>
- [13]. Wahyudi, D., Hari, D., Prasetio, T., & Noor, M. F. (2022). *Unjuk Kerja Turbine Archimedes Screw pada PLTMH dengan Variasi Debit Air dan Kemiringan Poros*. 13(September), 28–34.